



HAL
open science

Metaorquestração Instrumental: um modelo para repensar a formação de professores de matemática

Rosilângela Lucena

► **To cite this version:**

Rosilângela Lucena. Metaorquestração Instrumental: um modelo para repensar a formação de professores de matemática. Education. Universidade Federal de Pernambuco, 2018. Portuguese. NNT: . tel-01988752

HAL Id: tel-01988752

<https://hal.science/tel-01988752>

Submitted on 22 Jan 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE
CENTRO DE EDUCAÇÃO – CE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E
TECNOLÓGICA – EDUMATEC
CURSO DE DOUTORADO

ROSILÂNGELA MARIA DE LUCENA SCANONI COUTO

**METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL: um modelo para
repensar a formação de professores de matemática**

Recife

2018

ROSILÂNGELA MARIA DE LUCENA SCANONI COUTO

**METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL: um modelo para
repensar a formação de professores de matemática**

Tese de doutoramento apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica do Centro de Educação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção de grau de doutora em Educação Matemática e Tecnológica.

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Orientadora:

Profa. Dra. Verônica Gitirana Gomes Ferreira (UFPE)

Coorientador:

Prof. Dr. Luc Trouche (École Normale Supérieure de Lyon)

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Amanda Nascimento, CRB-4/1806

C871m Couto, Rosilângela Maria de Lucena Scanoni.
Metaorquestração instrumental : um modelo para repensar a formação de professores de matemática / Rosilângela Maria de Lucena Scanoni Couto. – Recife, 2018.
382f. : il.

Orientadora: Verônica Gitirana Gomes-Ferreira.

Coorientador: Luc Trouche

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Pernambuco, CE.
Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica, 2018.

Inclui Referências e Apêndices.

1. Matemática – Estudo e ensino. 2. Professores- Formação. 3. Tecnologia educacional. 4. UFPE - Pós-graduação. I. Gomes-Ferreira, Verônica Gitirana (Orientadora). II. Trouche, Luc (Coorientador). III. Título.

371.3 CDD (22. ed.)

UFPE (CE2018-87)

ROSILÂNGELA MARIA DE LUCENA SCANONI COUTO

**METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL: um modelo para repensar a formação
de professores de matemática**

Tese de doutoramento apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica do Centro de Educação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção de grau de doutora em Educação Matemática e Tecnológica.

Aprovada em: 20/12/2018.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Verônica Gitirana Gomes Ferreira (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco – Brasil

Prof. Dr. Luc Trouche (Coorientador)
Institute Français de l'Éducation – IFE/ENS de Lyon – França

Profa. Dra. Ana Isabel Sacristán Rock (Examinador Externo)
Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN – México

Prof. Dr. Jorge Tarcísio da Rocha Falcão (Examinador Externo)
Universidade Federal do Rio Grande do Norte – Brasil

Prof. Dr. Rogério da Silva Ignácio (Examinador Externo)
Universidade Federal de Pernambuco – Brasil

Profa. Dra. Iranete Lima (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco – Brasil

Dedico este trabalho ao meu esposo, Eduardo Henrique Scanoni do Couto, e ao nosso filho, Thúlio Lucena Scanoni Couto.

AGRADECIMENTOS

A Deus, meu amigo de todas as horas, a minha mais profunda gratidão.

Ao meu esposo, Eduardo Henrique Scanoni do Couto, e ao meu filho, Thúlio Lucena Scanoni Couto, por toda ajuda, compreensão e cuidados a mim dedicados.

Às minhas famílias, Lucena, Scanoni Couto e Igreja Evangélica Batista da Várzea, pelo incentivo, apoio e orações.

Aos meus orientadores, Profa. Dra. Verônica Gitirana e Prof. Luc Trouche, pela parceria e pelos grandes ensinamentos compartilhados durante estes quatro anos de muito trabalho, mas também de muitas conquistas. Foi uma honra ter vocês dois ao meu lado nesta caminhada, chamada doutorado.

Aos membros da Banca Examinadora, de tese e de qualificação, Profa. Dra. Ana Isabel Sacritán, Profa. Dra. Jana Trgalová, Prof. Jorge Tarcísio da Rocha Falcão, Profa. Dra. Iranete Lima, Prof. Dr. Franck Gilbert René Bellemain e Prof. Dr. Rogério da Silva Ignácio, pelas valiosas contribuições a esta pesquisa.

À coordenação, ao corpo docente e aos funcionários do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica, pela cordialidade e pelo profissionalismo dedicados a nós, pós-graduandos.

Ao grupo Lematec, pelas contribuições dadas a este estudo, pelo trabalho alegre e colaborativo que sempre desenvolvemos na perspectiva do crescimento e fortalecimento do grupo e das pesquisas em Educação Matemática e Tecnológica.

Aos diretores e equipes do *Institute Français d'Éducation* (IFÉ) e do Laboratório Eductice, ambos da *École Normale Supérieure de Lyon* (ENS) – França, pelo acolhimento e profissionalismo com que me receberam, integrando-me em diferentes atividades que contribuíram para meu desenvolvimento profissional, além de todo suporte dado para garantir o avanço da pesquisa durante a realização de meu Doutorado Sanduíche (PDSE) em Lyon – França.

Ao Prof. Gérard Vergnaud, por suas ricas contribuições a esta pesquisa dadas durante uma reunião com doutorandos brasileiros em Paris, organizado pela Profa. Tania Maria Mendonça Campos. A ambos, meus sinceros agradecimentos.

Ao povo brasileiro que financia pesquisas no Brasil inteiro, por meio de órgãos governamentais, tais como a Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior CAPES e Propesq, representado pela CAPES, agradeço pelo financiamento de minhas bolsas

de doutorado (Edumatec/UFPE) e doutorado sanduíche (PDSE). Sem este esse apoio financeiro, muito do que consegui construir no Brasil e na França, durante estes quatro anos, não seria possível.

À Propesq/UFPE – Pró-Reitoria para Assuntos de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal de Pernambuco, pelo auxílio financeiro para custear minha participação em eventos nacionais e internacionais que muito contribuíram para a divulgação da pesquisa e para minha formação: CIAEM, Chiapas – México (2015); ICME, Hamburgo – Alemanha (2016); Ladima, Goiás – Brasil (2016); e École d'Étè, Paris – França (2017).

Aos meus ex-alunos e alunos, aos professores que significaram minha vida escolar e acadêmica e a todos os professores parceiros de profissão, com os quais tive a oportunidade de exercer, talvez, a mais difícil, no entanto, a mais relevante de todas as profissões: a docência. Vocês foram meu maior incentivo para retornar à universidade e lutar pela realização deste sonho, o doutorado.

Por fim, e não menos importante, agradeço a você, prezado leitor, por seu interesse por esta pesquisa. Minha expectativa é a de que este estudo o favoreça de alguma forma.

A todos vocês, meus sinceros agradecimentos.

*Se fosse ensinar a uma criança a beleza da música
não começaria com partituras, notas e pautas. A
experiência da beleza tem de vir antes.*

Rubem Alves

RESUMO

Esta pesquisa objetiva desenvolver e experimentar um modelo de formação de professor que empodere o docente a conceber, para uma dada situação (Vergnaud), orquestrações instrumentais (Trouche) para dar suporte à gênese instrumental do estudante. Esse modelo, a Metaorquestração Instrumental (MOI), é definido como uma gestão sistemática e intencional, por um(uns) formador(es), de artefatos e professores (ou licenciandos) para enfrentar uma Metassituação (MS), definida como uma composição de cinco situações de diferentes naturezas e níveis de dificuldades: reflexão sobre a fundamentação teórica; enfrentamento de uma situação matemática com artefatos digitais; observação de uma orquestração instrumental; reflexões sobre a articulação teórico e prática; síntese e análise das reflexões. A MOI é composta de uma composição de orquestrações instrumentais (sequenciadas ou imbricadas), cada uma das OI operando sobre uma componente da MS. O *Design Experiments* (Brown) fundamentou a metodologia iterativa que deu suporte ao *design* de tal modelo. Sua primeira versão foi uma aula para estudantes de mestrado, especialmente desenvolvida para a introdução da noção da Orquestração Instrumental. Ela deu origem ao *design* do primeiro modelo da MOI. Um *re-design* desse modelo foi experimentado em uma turma de licenciatura em matemática com 23 estudantes e duas formadoras, e analisado graças à metodologia de análise microgenética-videográfica. Tal análise permitiu a expansão do primeiro modelo, adicionando novos conceitos, como: reação *ad hoc*, metaconfiguração didática, metamodo de execução e metaperformance didática; novas características, como flexibilidade e interactividade; e novos fenômenos, como efeito cascata. As interações na MOI dão luz não apenas à relação sujeito-artefato, mas também ao trabalho coletivo e à mediação, componentes essenciais do modelo de formação de professor.

Palavras-chave: Orquestração Instrumental. Metaorquestração instrumental. Formação de professores. Esquemas. Gênese instrumental.

ABSTRACT

This research aims to design and experience a teacher education model, empowering the teachers to conceive, for facing given *situations* (Vergnaud), *instrumental orchestrations* (Trouche) aiming to support students' *instrumental geneses* (Rabardel). This model, the *Instrumental Meta-Orchestration* (IMO) is defined as a systematical and intentional monitoring, by one (some) teachers trainer(s), of artefacts and teachers (or pre-service teachers) facing a Meta-Situation (MS), defined as a composition of five situations of different natures and difficulties: questioning a theoretical background; facing a mathematical situation in using digital tools; observation of on instrumental orchestration; reflection on articulating theory and practice; synthesis and analysis of the reflection. The IMO is composed of a composition of instrumental orchestrations (sequenced, imbricated or parallel ones), each of them operating on a situation component of the MS. The *Design Experiments* (Brown) grounded the iterative methodology supporting the *design* of such a model. Its first instantiation was a class of master students, specially devoted to the introduction of the notion of instrumental orchestration. It allows to *design* a first IMO model. A *re-design* of this model was tried out in a prospective mathematics teacher class with 23 students and two teacher trainers, and questioned thanks to a microgenetic-videographical analysis. It leads to the expansion of the first model: adding new concepts, such as *ad hoc* reactions, didactical meta-configuration, exploitation meta-model and didactical meta-performance; new features, such as *flexibility* and *interactivity*; and new phenomena, such as *cascade effect*. The IMO interactions give insight, not only to subject-artefact relationship, but also to collective work and mediation, essential components of any model of teacher education.

Keywords: Instrumental orchestration. Instrumental meta-orchestration. Teachers Education. Scheme. Instrumental genesis.

RÉSUMÉ

Cette recherche vise la construction et la mise à l'épreuve d'un modèle de formation des professeurs de mathématiques, les rendant capable de concevoir des *orchestrations instrumentales* (Trouche) de *situations* d'enseignement (Vergnaud) soutenant les *genèses instrumentales* (Rabardel) des élèves. Ce modèle, la Méta-Orchestration Instrumentale (MOI) est définie comme une coordination systématique et intentionnelle, par un (ou des) formateur(s), des artefacts et des enseignants en formation faisant face à une Méta-Situation (MS). Une MS est définie comme une composition de cinq situations de nature différente : questionner un cadre théorique ; traiter, avec des outils numériques, une situation mathématique ; observer une orchestration instrumentale ; réfléchir sur l'articulation entre théorie et pratique ; analyser et synthétiser les réflexions antérieures. La MOI est la composition d'orchestrations instrumentales (successives, imbriquées ou menées en parallèle), chacune d'entre elle opérant sur l'une des situations composantes de la MOI. La méthodologie de *Design Experiment* (Brown) fonde la conception itérative de ce modèle. Sa première instanciation a été une classe d'étudiants en master, dédiée à l'introduction de la notion d'orchestration instrumentale. Elle a abouti à la conception d'un premier modèle. Une reconception de ce modèle a été réalisée dans une classe de professeurs en formation, et questionnée grâce à une analyse microgénétique et vidéographique des schèmes en jeu. Elle a conduit à une expansion du premier modèle, incorporant : de nouveaux concepts, comme *réactions ad hoc*, *méta-configurations didactiques*, *méta-modes d'exploitations*, et *méta-performance didactique* ; de nouvelles caractéristiques, comme la *flexibilité* et *l'interactivité* ; et de nouveaux phénomènes, comme les *effets de cascade*. Les interactions auxquelles donnent lieu les MOI éclairent, non seulement les relations entre les sujets et les artefacts, mais aussi leur travail collectif et les médiations en jeu, composantes essentielles de tout modèle de formation des enseignants.

Mots-clés: Orchestration instrumentale. Méta-Orchestration Instrumentale. Formation des enseignants. Schème. Genèse instrumentale.

RESUMEN

Esta investigación objetiva desarrollar y experimentar un modelo de formación del profesorado que empodera al profesor a concebir, para una dada situación (Vergnaud), orquestaciones instrumentales (Trouche) para dar soporte a la génesis instrumental del estudiante. Este modelo, la Meta-Orquestación Instrumental (MOI), se define como la gestión sistemática e intencional, por un (unos) formador(es), de artefactos y profesores (o licenciandos) para resolver una Meta-Situación (MS), definida como una estructura de cinco situaciones de diferentes naturalezas y niveles de dificultad: reflexión sobre la fundamentación teórica; enfrentamiento de una situación matemática con artefactos digitales; observación de una orquestación instrumental; reflexión sobre la articulación teórica y práctica; síntesis y análisis de las reflexiones. A MOI es compuesta por una estructura de orquestaciones instrumentales (secuenciadas o imbricadas), cada una de las OI operando sobre un componente de la MS. El *Design Experiments* fundamentó la metodología iterativa que dio soporte al *design* de tal modelo. Su primera instanciación fue una clase para estudiantes de maestría, especialmente desarrollada para la introducción de la noción de la Orquestación Instrumental. Ella dio origen al *design* del primer modelo de la MOI. Un *re-design* de este modelo fue experimentado en una clase de licenciatura en matemáticas con 23 estudiantes y dos formadoras, y analizado gracias a la metodología de análisis microgenética-videográfica. Tal análisis permitió la expansión del primer modelo: añadiendo nuevos conceptos como: reacción *ad hoc*, meta-configuración didáctica, meta-modo de ejecución y meta-performance didáctica; nuevas características, como la flexibilidad y la interactividad; y nuevos fenómenos, como efecto cascada. Las interacciones en la MOI ponen en evidencia a la relación sujeto-artefacto, sino también al trabajo colectivo y a las mediaciones, componentes esenciales del modelo de formación del profesorado.

Palabras clave: Orquestación Instrumental. Meta-Orquestación instrumental. Formación del profesorado. Esquemas. Génesis instrumental.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 1 – | Fundamentos teóricos da MOI | 34 |
| Figura 2 – | Os dois componentes da gênese instrumental | 41 |
| Figura 3 – | A ferramenta para o desenvolvedor e para o usuário | 44 |
| Figura 4 – | Elementos de um cenário de execução didática | 47 |
| Figura 5 – | As complexas características do <i>Design Experiments</i> | 55 |
| Figura 6 – | Esquema de composição de <i>design Experiments</i> considerando suas características | 57 |
| Figura 7 – | Esquema da estruturação das etapas da pesquisa | 60 |
| Figura 8 – | <i>Design</i> da MOI – 1. ^a versão | 61 |
| Figura 9 – | Estrutura de organização dos dados para análise microgenética..... | 67 |
| Figura 10 – | Metaorquestração instrumental do estudo preliminar | 72 |
| Figura 11 – | Cenário da configuração didática e modo de execução das OI ₁ e OI ₂ | 74 |
| Figura 12 – | Estrutura de coleta de dados – Estudo Preliminar..... | 76 |
| Figura 13 – | Situação matemática da OI – Construção de um boneco no GeoGebra..... | 79 |
| Figura 14 – | Enunciado da situação matemática | 80 |
| Figura 15 – | Ilustração da ampliação e redução das partes do corpo | 82 |
| Figura 16 – | O Homem Vitruviano de Leonardo Da Vinci | 83 |
| Figura 17 – | As proporções da estrutura óssea masculina | 84 |
| Figura 18 – | A cabeça como unidade de medida | 84 |
| Figura 19 – | Área de visualização do <i>software</i> GeoGebra | 86 |
| Figura 20 – | Alterações configuração didática e no modo de execução da OI ₁ e OI ₂ | 90 |
| Figura 21 – | Grupo C determinando a razão de proporcionalidade..... | 92 |
| Figura 22 – | Início da instrumentalização do grupo C..... | 93 |
| Figura 23 – | Construção da cabeça e tronco na vertical passando pelo centro da circunferência | 95 |
| Figura 24 – | Pressupostos teóricos e construção da orquestração instrumental | 105 |
| Figura 25 – | Cenário da OI ₃ | 106 |
| Figura 26 – | Disposição dos sujeitos e artefatos no cenário da OI ₃ | 108 |
| Figura 27 – | Cenário da OI ₄ | 113 |
| Figura 28 – | <i>Design</i> da MOI – 1. ^a versão testada | 118 |
| Figura 29 – | Refinamento do cenário de execução didática | 124 |
| Figura 30 – | Características do modelo teórico metaorquestração instrumental | 126 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 31 – | Redesign da metaconfiguração didática – Estudo Principal | 134 |
| Figura 32 – | Estrutura de coleta de dados da MOI | 136 |
| Figura 33 – | Estrutura de análise ao longo da formação..... | 137 |
| Figura 34 – | Trajetória de análise individual de apropriação da orquestração instrumental..... | 138 |
| Figura 35 – | <i>Design</i> da Configuração Didática da OI1 | 142 |
| Figura 36 – | <i>Webdocs Studium</i> | 144 |
| Figura 37 – | Interface parcial do <i>webdoc</i> didático sobre orquestração instrumental..... | 145 |
| Figura 38 – | Estrutura textual do <i>webdoc</i> | 146 |
| Figura 39 – | Alguns recursos do <i>webdoc</i> | 148 |
| Figura 40 – | Temáticas discutidas no <i>webdoc</i> | 155 |
| Figura 41 – | Ilustração com questões para refletir..... | 155 |
| Figura 42 – | HQ 1: <i>A instrumentada</i> | 156 |
| Figura 43 – | Parte da interface do fórum de discussão – <i>Google Groups</i> | 160 |
| Figura 44 – | Situação didático-matemática e o desenho fornecido pelas formadoras.... | 181 |
| Figura 45 – | Cenário das configurações didáticas da OI ₂ e OIp..... | 186 |
| Figura 46 – | As etapas do processo da OIp | 193 |
| Figura 47 – | Linha do tempo 1 – Situação Matemática..... | 194 |
| Figura 48 – | Leitura, interpretação e tomada de informação no protocolo de orientação | 195 |
| Figura 49 – | Construção da cabeça no <i>tablet</i> – tentativa por controle deslizante..... | 196 |
| Figura 50 – | Mediação no processo de construção do boneco | 197 |
| Figura 51 – | Construção da cabeça no <i>tablet</i> – tentativa por propriedades geométricas..... | 198 |
| Figura 52 – | Momento da troca do <i>tablet</i> pelo <i>notebook</i> | 200 |
| Figura 53 – | Uso de uma variável como unidade de medida no controle deslizante – raio..... | 200 |
| Figura 54 – | Tentativa de validação do boneco construído | 201 |
| Figura 55 – | Tentativa de conectar cabo de carregamento para evitar reinicialização ... | 202 |
| Figura 56 – | Tentativa de construção do boneco | 202 |
| Figura 57 – | Última tentativa de construção do boneco do grupo D | 203 |
| Figura 58 – | Linha do tempo 2 – configuração didática | 205 |
| Figura 59 – | Algumas informações do protocolo de orientação | 206 |

| | | |
|-------------|--|-----|
| Figura 60 – | Linha do tempo 3 – modo de execução..... | 208 |
| Figura 61 – | EA ₁ e EA ₂ assumem simultaneamente o controle do <i>tablet</i> | 214 |
| Figura 62 – | EA ₁ assume o controle do <i>notebook</i> | 215 |
| Figura 63 – | Linha do tempo 4 – gênese instrumental..... | 216 |
| Figura 64 – | Ferramentas do GeoGebra utilizadas para construção da cabeça | 220 |
| Figura 65 – | Construção do círculo articulado ao controle deslizante..... | 223 |
| Figura 66 – | Multiplicação de coordenadas do centro da circunferência pela variável do controle deslizante | 226 |
| Figura 67 – | Cabeça e tronco construídos sem o controle deslizante | 228 |
| Figura 68 – | Construção de controle para vincular objetos já construídos | 230 |
| Figura 69 – | Fases da construção do boneco – cabeça, tronco e membros..... | 239 |
| Figura 70 – | Boneco construído pelo <i>duo</i> | 240 |
| Figura 71 – | Comportamento do boneco construído ao movimentar o controle deslizante..... | 241 |
| Figura 72 – | Linha do tempo 5 – <i>performance</i> didática | 245 |
| Figura 73 – | Desenho do boneco (1.º modelo) e condição de escolha de um modelo.... | 248 |
| Figura 74 – | EA ₂ fica no controle do <i>tablet</i> e do protocolo de orientação | 250 |
| Figura 75 – | EO ₂ filma com um <i>tablet</i> o trabalho do <i>duo</i> | 250 |
| Figura 76 – | F ₁ tenta reproduzir, no <i>notebook</i> , a construção feita no <i>tablet</i> pelo <i>duo</i> | 251 |
| Figura 77 – | Mediação de F ₁ por meio de uma pergunta..... | 252 |
| Figura 78 – | Situação de formação da orquestração instrumental 2 | 254 |
| Figura 79 – | Critérios de observação definidos pelos componentes do grupo D | 266 |
| Figura 80 – | <i>Design</i> da configuração didática da OI ₃ | 282 |
| Figura 81 – | <i>Design</i> da configuração didática da OI ₄ | 302 |
| Figura 82 – | Linha do tempo da apresentação do grupo D na OI ₄ | 306 |
| Figura 83 – | Critérios de observação escolhidos pelo grupo D | 307 |
| Figura 84 – | Recorte da construção do boneco do grupo E | 313 |
| Figura 85 – | Segunda tentativa do grupo D de construção do boneco (sem pescoço) ... | 314 |
| Figura 86 – | Print da construção final do boneco do grupo D..... | 316 |
| Figura 87 – | Comprimento do arco AB e a relação com a construção da boca do boneco | 317 |
| Figura 88 – | Distinção entre os bonecos do grupo D e do grupo E | 319 |
| Figura 89 – | Apresentação da construção da cabeça e tronco feita pelo <i>duo</i> na OI _p | 322 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 90 – | Eventos externos do <i>design</i> da MOI | 342 |
| Figura 91 – | Prescrição de novas características à metaorquestração instrumental..... | 346 |
| Figura 92 – | Relação dos esquemas e papéis/funções da MOI..... | 352 |
| Figura 93 – | Legenda para identificação de uso de protocolos entre orquestrações..... | 355 |
| Figura 94 – | Trajectoria de apropriação da temática: gênese instrumental | 356 |
| Figura 95 – | Trajectoria de apropriação da temática: situação matemática..... | 358 |
| Figura 96 – | Trajectoria de apropriação da temática: configuração didática..... | 361 |
| Figura 97 – | Trajectoria de apropriação da temática: modo de execução | 363 |
| Figura 98 – | Trajectoria de apropriação da temática: <i>Performance</i> didática | 365 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|-------------|--|-----|
| Quadro 1 – | Índice dos eventos selecionados..... | 94 |
| Quadro 2 – | Detalhamento da análise microgenética do Evento 1..... | 96 |
| Quadro 3 – | Índice dos eventos selecionados da OI ₃ | 110 |
| Quadro 4 – | Análise microgenética da discussão teórico-prática..... | 110 |
| Quadro 5 – | Instrumento de análise..... | 139 |
| Quadro 6 – | A voz, o texto e as funções..... | 150 |
| Quadro 7 – | Gêneros textuais encontrados no <i>webdoc</i> | 152 |
| Quadro 8 - | Trechos do <i>webdoc</i> : fonte para respostas e proposição de novas questões | 157 |
| Quadro 9 – | Estratégia de discussão teórica – quadrinhos de uma orquestração instrumental..... | 158 |
| Quadro 10 - | Estratégia de discussão teórica - Quadrinhos de uma orquestração instrumental – (Continuação)..... | 159 |
| Quadro 11 – | Instrumento de análise de postagens em fórum de discussão | 164 |
| Quadro 12 – | Postagens sobre artefato e instrumento | 167 |
| Quadro 13 – | Postagens sobre esquemas..... | 169 |
| Quadro 14 – | Postagens sobre instrumentalização e instrumentação..... | 172 |
| Quadro 15 – | Postagens sobre a Configuração Didática | 174 |
| Quadro 16 – | Postagens sobre a <i>performance</i> didática | 176 |
| Quadro 17 – | Tomada de informação e decisões iniciais..... | 217 |
| Quadro 18 – | Preparação do GeoGebra para início da resolução da situação matemática | 218 |
| Quadro 19 – | Destaque a possível processo de antecipação em um esquema de EA1 ... | 219 |
| Quadro 20 – | Tentativa de construção da cabeça com um raio “ajustável” | 221 |
| Quadro 21 – | Tentativa de construção de um controle deslizante com uma variável como medida | 222 |
| Quadro 22 – | Tentativa de construção de variável como raio da circunferência já construída | 224 |
| Quadro 23 – | Tentativa de construção de um controle deslizante sem uso de variável ... | 225 |
| Quadro 24 – | Mediação de F ₁ como artefato de EA ₁ e EA ₂ | 227 |
| Quadro 25 – | Tentativa de construção do boneco sem o uso do controle deslizante | 228 |
| Quadro 26 – | Construção de F ₁ no <i>notebook</i> e com modificações por EA ₁ e EA ₂ | 230 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Quadro 27 – | Início da resolução da situação matemática no <i>notebook</i> | 231 |
| Quadro 28 – | 1. ^a tentativa de construção do tronco do boneco – Segmento | 233 |
| Quadro 29 – | Tentativa de construção do tronco do boneco – perpendicular | 234 |
| Quadro 30 – | Tentativa de construção do tronco do boneco – tangente | 235 |
| Quadro 31 – | Tentativa de construção do tronco do boneco – reta | 236 |
| Quadro 32 – | 2. ^a tentativa de construção do tronco com a ferramenta “Segmento” | 238 |
| Quadro 33 – | Manipulação de objetos construídos para percepção de incoerências | 240 |
| Quadro 34 – | Última tentativa de construção do boneco no GeoGebra | 242 |
| Quadro 35 – | Definição e uso do critério “ter lido o <i>webdoc</i> para escolha do EO” | 261 |
| Quadro 36 – | Definição e uso do critério “ser instrumentalizado com o GeoGebra para escolha do EA” | 262 |
| Quadro 37 – | Definição do critério “lançar a sorte para decidir o EA ou EO entre os três que conhecem o GeoGebra” | 263 |
| Quadro 38 – | Definição do critério “ <i>indicar a si mesmo ou a outro para ser EA ou EO</i> ” | 265 |
| Quadro 39 – | Escolha de elementos da OI para serem observados e registrados | 267 |
| Quadro 40 – | Registro de eventos relacionados aos artefatos/instrumentos em jogo | 268 |
| Quadro 41 – | Registro de eventos relacionados aos esquemas de uso dos EA | 268 |
| Quadro 42 – | Registro de eventos relacionados aos conhecimentos dos usuários em relação ao GeoGebra | 269 |
| Quadro 43 – | Registrar eventos relacionados aos conhecimentos matemáticos | 270 |
| Quadro 44 – | Registro de eventos relacionados ao tempo de resolução da situação | 270 |
| Quadro 45 – | Registro de eventos que tenham relação com a configuração didática | 271 |
| Quadro 46 – | Registro de eventos que tenham relação com o modo de execução | 272 |
| Quadro 47 – | Registrar eventos que tenham relação com a <i>performance</i> didática | 273 |
| Quadro 48 – | Questões elaboradas para o fórum da OI3 | 279 |
| Quadro 49 – | Instrumento de análise de postagens em fórum de discussão da OI3 | 285 |
| Quadro 50 – | 1. ^a Discussão sobre artefato e instrumento | 287 |
| Quadro 51 – | 2. ^a Discussão sobre artefato e instrumento | 288 |
| Quadro 52 – | Discussão sobre gênese instrumental | 290 |
| Quadro 53 – | Discussão objetivo da orquestração instrumental | 293 |
| Quadro 54 – | Instrumento de análise de eventos da OI ₄ relativo a um subobjetivo | 304 |
| Quadro 55 – | Explicar esquemas de uso de um artefato | 308 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Quadro 56 – | A instrumentalização do <i>duo</i> | 309 |
| Quadro 57 – | Validação do papel e função estudante-observador | 309 |
| Quadro 58 – | Distinção entre artefato e instrumentação | 310 |
| Quadro 59 – | Elementos da configuração didática da OI _p – tempo e o <i>tablet</i> | 311 |
| Quadro 60 – | Condições da situação matemática e o conceito de proporção | 311 |
| Quadro 61 – | O tempo e as reações <i>ad hoc</i> | 312 |
| Quadro 62 – | Primeira tentativa de construção do boneco inspirado no boneco do grupo E | 313 |
| Quadro 63 – | Relação entre a situação e o esquema de validação | 314 |
| Quadro 64 – | Troca de funções/papéis e as contribuições para construção do boneco.... | 315 |
| Quadro 65 – | Discussão sobre os procedimentos de construção do terceiro boneco | 316 |
| Quadro 66 – | Distinção entre artefato e esquema na construção do terceiro boneco..... | 318 |
| Quadro 67 – | Apresentação da análise do experimento da OI _p pelo grupo D..... | 320 |
| Quadro 68 – | Esquemas de uso e os comandos do GeoGebra como artefatos..... | 322 |
| Quadro 69 – | Escolha e possibilidade de troca do artefato | 323 |
| Quadro 70 – | Discussão sobre o processo de instrumentação..... | 324 |
| Quadro 71 – | Conhecimento matemático e os esquemas de uso..... | 325 |
| Quadro 72 – | Conhecimentos matemáticos correlatos à situação matemática..... | 325 |
| Quadro 73 – | Artefatos: limitações, possibilidades e correlações com instrumentação | 327 |
| Quadro 74 – | Conclusão da análise do experimento | 328 |
| Quadro 75 – | Antecipação de esquemas e artefatos de desenho geométrico | 328 |
| Quadro 76 – | Diferencial oferecido pelos comandos do <i>software</i> GeoGebra..... | 329 |
| Quadro 77 – | Construção do boneco com e sem <i>software</i> | 330 |
| Quadro 78 – | Interação entre os estudantes-atores, estudantes-observadores e formadoras..... | 331 |

LISTA DE ABREVIATURAS

- OI – Orquestração Instrumental
MOI – Metaorquestração Instrumental
OI_p – Orquestração Instrumental Pivot
OI_n – Orquestração Instrumental n
S_n – Situação n
EA – Estudante(s)-ator(es)
EA_n – Estudante-ator n
EO – Estudante(s)-observador(es)
EO_n – Estudante Observador
F_n – Formadora

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 26 |
| 1.1 | A FORMAÇÃO DE PROFESSORES: O ENSINO DE MATEMÁTICA INTEGRADO ÀS TECNOLOGIAS DIGITAIS..... | 26 |
| 1.2 | DA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL À MOI – A ORIGEM DA TESE .. | 29 |
| 1.3 | PROBLEMA DE PESQUISA | 30 |
| 1.4 | HIPÓTESE | 30 |
| 1.5 | OBJETIVOS | 30 |
| 1.5.1 | Objetivo geral..... | 30 |
| 1.5.2 | Objetivos específicos..... | 31 |
| 1.6 | ESTRUTURA DO TEXTO | 31 |
| 2 | FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... | 33 |
| 2.1 | FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL | 34 |
| 2.1.1 | O conceito de situação e a noção de esquema..... | 34 |
| 2.1.2 | Abordagem Instrumental do Didático | 39 |
| 2.1.2.1 | A diferenciação entre artefato e instrumento..... | 39 |
| 2.1.2.2 | A gênese instrumental..... | 40 |
| 2.1.2.3 | Esquemas de uso e de ação instrumentada | 41 |
| 2.1.3 | O modelo da orquestração instrumental | 43 |
| 2.1.3.1 | Acepção de tecnologia..... | 43 |
| 2.1.3.2 | Orquestração instrumental | 46 |
| 2.1.4 | Etapas de uma orquestração instrumental..... | 48 |
| 2.2 | DA ORQUESTRAÇÃO À METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL | 50 |
| 2.2.1 | Noção de metaorquestração instrumental..... | 51 |
| 2.2.2 | Noção de metassituação..... | 51 |
| 2.3 | QUESTÕES DE PESQUISA | 52 |
| 2.3.1 | Questões sobre a MOI | 52 |
| 2.3.2 | Questão relativa à metaconfiguração didática e metamodo de execução..... | 52 |
| 2.3.3 | Questões relativas à gênese instrumental | 52 |
| 2.3.4 | Questões relativas à metaperformance didática | 53 |
| 3 | METODOLOGIA DA PESQUISA | 54 |
| 3.1 | <i>DESIGN EXPERIMENTS</i> | 54 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 3.2 | ETAPAS ITERADAS DA PESQUISA..... | 59 |
| 3.3 | <i>DESIGN</i> DA METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL | 60 |
| 3.3.1 | A OI₁ e a situação matemática..... | 61 |
| 3.3.2 | A OI₂ e a situação de observação da prática | 62 |
| 3.3.3 | A OI₃ e a situação de discussão teórico-prática | 62 |
| 3.3.4 | A OI₄ e a situação de análise e reflexão sobre os dados da OI₁, OI₂ e OI₃ | 63 |
| 3.4 | ESTRUTURA DE COLETA DE DADOS DA MOI..... | 63 |
| 3.5 | ANÁLISE MICROGENÉTICA | 65 |
| 3.6 | ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA | 68 |
| 4 | O ESTUDO PRELIMINAR..... | 69 |
| 4.1 | O CONTEXTO DO ESTUDO PRELIMINAR | 69 |
| 4.1.1 | Objetivo geral do estudo preliminar | 70 |
| 4.1.2 | Objetivos específicos..... | 70 |
| 4.2 | MÉTODO | 70 |
| 4.2.1 | Sujeitos e campo de pesquisa | 71 |
| 4.2.2 | O <i>design</i> da metaorquestração instrumental | 71 |
| 4.2.3 | Coleta dados da MOI..... | 75 |
| 4.2.4 | Método de análise dos dados da MOI..... | 77 |
| 4.3 | ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ESTUDO PRELIMINAR | 77 |
| 4.3.1 | Orquestração instrumental 1 – OI₁..... | 78 |
| 4.3.1.1 | A situação matemática da OI ₁ | 78 |
| 4.3.1.2 | A configuração didática da OI ₁ | 86 |
| 4.3.1.3 | Modo de execução | 87 |
| 4.3.1.4 | Performance didática da OI ₁ | 88 |
| 4.3.1.5 | Análise microgenética da performance didática do grupo C..... | 91 |
| 4.3.2 | Orquestração instrumental 2 – OI₂..... | 98 |
| 4.3.2.1 | A situação de observação da prática | 98 |
| 4.3.2.2 | Configuração didática da OI ₂ | 99 |
| 4.3.2.3 | Modo de execução | 100 |
| 4.3.2.4 | Performance didática | 101 |
| 4.3.3 | Orquestração instrumental 3 – OI₃..... | 104 |
| 4.3.3.1 | A situação de discussão teórico-prática:..... | 104 |
| 4.3.3.2 | Configuração Didática OI ₃ | 105 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 4.3.3.3 | Modo de execução | 107 |
| 4.3.3.4 | Performance didática | 107 |
| 4.3.3.5 | Análise microgenética da discussão teórico-prática | 109 |
| 4.3.4 | Orquestração Instrumental OI₄ | 111 |
| 4.3.4.1 | Situação de reflexão e análise:..... | 112 |
| 4.3.4.2 | Configuração didática | 112 |
| 4.3.4.3 | Modo de execução da OI ₄ | 113 |
| 4.3.4.4 | Performance didática | 114 |
| 4.4 | CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO PRELIMINAR PARA A MOI..... | 115 |
| 4.4.1 | Refinamento das definições correlatas à orquestração instrumental na MOI..... | 116 |
| 4.4.2 | Definições necessárias à metaorquestração instrumental..... | 116 |
| 4.4.3 | Caracterização da metaorquestração instrumental | 117 |
| 4.4.4 | Detalhamento das situações e classe de situações MS de formação | 117 |
| 4.4.5 | Melhoramento do <i>design</i> da MOI | 117 |
| 4.4.6 | Integração, exclusão e/ou concepção de novos artefatos à metaorquestração | 119 |
| 4.4.7 | Aperfeiçoamento e/ou criação de instrumentos de análise de dados | 120 |
| 5 | ESTUDO PRINCIPAL – FORMAÇÃO INICIAL..... | 122 |
| 5.1 | FUNDAMENTOS TEÓRICOS COMPLEMENTARES | 122 |
| 5.1.1 | Adaptações do cenário de elementos de execução didática..... | 123 |
| 5.1.2 | Definição de metassituação | 125 |
| 5.1.3 | Definição de MOI e características | 125 |
| 5.1.4 | Definição das etapas da MOI..... | 127 |
| 5.1.5 | Formas de destinação e modos de engajamento | 128 |
| 5.2 | MÉTODO DO ESTUDO PRINCIPAL | 131 |
| 5.2.1 | Sujeitos e campo de pesquisa | 132 |
| 5.2.2 | Aspectos éticos da pesquisa | 133 |
| 5.2.3 | <i>Redesign</i> da MOI | 134 |
| 5.2.4 | Método de coleta dos dados da MOI..... | 136 |
| 5.2.5 | Método de análise dos dados da MOI | 137 |
| 5.3 | ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS OI DO ESTUDO PRINCIPAL..... | 139 |
| 5.3.1 | A Orquestração instrumental 1 | 140 |

| | | |
|--------------|---|------------|
| 5.3.1.1 | Situação..... | 140 |
| 5.3.1.2 | Configuração Didática – OI ₁ | 141 |
| 5.3.1.3 | O <i>webdoc</i> didático | 143 |
| 5.3.1.3.1 | <i>O desenvolvimento do webdoc</i> | 144 |
| 5.3.1.3.2 | <i>Análise a priori do uso do webdoc</i> | 146 |
| 5.3.1.4 | Modo de execução | 159 |
| 5.3.1.5 | Método de análise da OI ₁ | 163 |
| 5.3.1.6 | Performance didática | 164 |
| 5.3.1.6.1 | <i>Gênese instrumental e modos de engajamento do grupo D</i> | 165 |
| 5.3.1.6.2 | <i>Efeitos na situação, configuração didática e do modo de execução</i> | 177 |
| 5.3.2 | A Orquestração instrumental pivot – OIp | 178 |
| 5.3.2.1 | A situação matemática e didática | 179 |
| 5.3.2.2 | Análise a priori da situação didático-matemática..... | 180 |
| 5.3.2.3 | Configuração didática da OIp | 185 |
| 5.3.2.4 | Modo de execução – OIp..... | 187 |
| 5.3.2.5 | Análise <i>a priori</i> da OIp | 187 |
| 5.3.2.6 | Método de análise da OIp | 190 |
| 5.3.2.6.1 | <i>Coleta de dados</i> | 191 |
| 5.3.2.6.2 | <i>Os dados</i> | 192 |
| 5.3.2.7 | Performance didática da OIp – banco de exemplos | 192 |
| 5.3.2.7.1 | <i>Exemplos que dão destaque à situação matemática</i> | 194 |
| 5.3.2.7.2 | <i>Exemplos que dão destaque à configuração didática</i> | 203 |
| 5.3.2.7.3 | <i>Exemplos que dão destaque ao modo de execução</i> | 208 |
| 5.3.2.7.4 | <i>Exemplos que dão destaque à gênese instrumental</i> | 215 |
| 5.3.2.7.5 | <i>Exemplos que dão destaque à Performance Didática (mise en scène)</i> | 243 |
| 5.3.3 | A orquestração instrumental 2 – Observação da prática | 252 |
| 5.3.3.1 | A situação de observação da prática | 253 |
| 5.3.3.2 | Análise a priori da situação de formação..... | 254 |
| 5.3.3.3 | Configuração didática – OI ₂ | 256 |
| 5.3.3.4 | Modo de execução – OI ₂ | 257 |
| 5.3.3.5 | Método de análise da OI ₂ | 258 |
| 5.3.3.6 | <i>Performance</i> didática da OI ₂ | 260 |
| 5.3.3.6.1 | <i>A Escolha dos papéis – OI_{2.1}</i> | 260 |
| 5.3.3.6.2 | <i>A definição dos critérios de observação – OI_{2.1}</i> | 265 |

| | | |
|--------------|--|------------|
| 5.3.3.6.3 | <i>A Observação – protocolo de observação e filmagem - OI_{2.2}</i> | 267 |
| 5.3.3.6.4 | <i>Outros eventos observados apenas pela filmagem – OI_{2.2}</i> | 271 |
| 5.3.3.6.5 | <i>Eventos relativos à configuração didática e o modo de execução</i> | 273 |
| 5.3.4 | A orquestração instrumental 3 – Articulação teoria e prática | 275 |
| 5.3.4.1 | Situação de articulação teórico-prática..... | 276 |
| 5.3.4.2 | Análise <i>a priori</i> da situação de formação – S3..... | 279 |
| 5.3.4.3 | Configuração didática da OI ₃ | 281 |
| 5.3.4.4 | Modo de Execução – OI ₃ | 282 |
| 5.3.4.5 | Análise <i>a priori</i> da orquestração instrumental OI ₃ | 283 |
| 5.3.4.6 | Método de análise da OI ₃ | 284 |
| 5.3.4.7 | Análise das interações no fórum da OI ₃ – grupo D | 285 |
| 5.3.4.8 | <i>Performance</i> didática da OI ₃ | 294 |
| 5.3.5 | A orquestração instrumental 4 – OI₄ | 297 |
| 5.3.5.1 | A situação | 297 |
| 5.3.5.2 | Análise <i>a priori</i> da situação de formação (S ₄)..... | 298 |
| 5.3.5.3 | Configuração didática da OI ₄ | 299 |
| 5.3.5.4 | Modo de execução da OI ₄ | 301 |
| 5.3.5.5 | Análise <i>a priori</i> da OI ₄ | 302 |
| 5.3.5.6 | Método de análise da OI ₄ | 303 |
| 5.3.5.7 | <i>Performance</i> didática – análise da apresentação da análise do grupo D – OI ₄ | 305 |
| 5.3.5.8 | Síntese da <i>performance</i> didática da OI ₄ | 331 |
| 5.4 | METAPERFORMANCE DIDÁTICA – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 341 |
| 5.4.1 | <i>Design</i> da Metaorquestração Instrumental | 341 |
| 5.4.2 | Metassituação | 344 |
| 5.4.3 | As características da MOI | 345 |
| 5.4.4 | A metaconfiguração didática e o metamodo de execução | 347 |
| 5.4.4.1 | A metaconfiguração didática | 347 |
| 5.4.4.2 | Metamodo de execução | 348 |
| 5.4.5 | <i>Mise en œuvre</i> e o <i>Mis en scène</i> | 348 |
| 5.4.6 | O papel dos artefatos na metaorquestração instrumental | 349 |
| 5.4.7 | A relação dos esquemas com a situação e os papéis/funções | 351 |
| 5.4.8 | O trabalho coletivo e o desenvolvimento de esquemas | 353 |
| 5.4.9 | A trajetória de apropriação da orquestração ao longo da formação | 354 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.4.9.1 | Gênese instrumental..... | 356 |
| 5.4.9.2 | Situação matemática | 358 |
| 5.4.9.3 | Configuração didática | 360 |
| 5.4.9.4 | Modo de execução | 362 |
| 5.4.9.5 | <i>Performance</i> Didática..... | 364 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 368 |
| 6.1 | CONCLUSÕES | 368 |
| 6.2 | LIMITAÇÕES DA PESQUISA..... | 375 |
| 6.3 | PERSPECTIVAS FUTURAS DE PESQUISA..... | 375 |
| | REFERÊNCIAS..... | 377 |
| | APÊNDICE A - PROTOCOLO DE ORIENTAÇÃO PARA ESTUDANTES- ATORES DA OI_P | 381 |
| | APÊNDICE B - PROTOCOLO DE ORIENTAÇÃO PARA ESTUDANTES- OBSERVADORES DA OI₂ | 382 |

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho de tese propõe elaborar e validar um modelo para a formação de professores de matemática sobre a Orquestração Instrumental (OI) – a Metaorquestração Instrumental (MOI). Esta pesquisa emergiu e se desenvolveu em um contexto de formação de professores, na perspectiva de favorecer a articulação da teoria-prática e integração das tecnologias digitais para o ensino. Uma formação que se pauta na articulação entre teoria e prática tende a facilitar o trabalho do professor, tomando aspectos teóricos nas decisões de abordagens. Além disso, lida também com uma formação que busca a integração de recursos digitais no ensino. Integração essa que representa um desafio no tanto no âmbito nacional e internacional. O desenvolvimento da Educação de um país reflete na melhoria econômica e social.

Em termos teóricos, vemos o modelo da orquestração instrumental (TROUCHE, 2005) como um modelo flexível que fornece ao professor elementos suficientes para colocar em cena, vivenciar e refletir sobre projeto didático quando em um cenário rico em tecnologias, principalmente as digitais. Nesse sentido, tomamos como pressuposto para a tese que a formação do professor de matemática deve contemplar o modelo da Orquestração Instrumental (OI) numa perspectiva teórico-prática. O refinamento teórico de um modelo que dê conta da formação teórico-prática do professor para integrar as tecnologias digitais, estudado nesta tese, busca avançar não apenas as pesquisas, ao estender o modelo da OI para o contexto da formação de professores.

1.1 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES: O ENSINO DE MATEMÁTICA INTEGRADO ÀS TECNOLOGIAS DIGITAIS

O movimento da Educação Matemática no Brasil vem impactando cada vez mais a formação de professores de matemática, especialmente, a formação inicial. Dentre as lutas por melhorias, está a busca pela superação de um currículo ultrapassado das Práticas de Ensino de Matemática.

Durante muito tempo, o foco dessa disciplina era, essencialmente, como ensinar conteúdos matemáticos e não a formação integral do professor de matemática. No entanto, as novas abordagens teórico-metodológicas começam a apontar para a necessidade de mudanças nos componentes curriculares. Tais mudanças são evidenciadas por Valente (2014) como um processo de institucionalização de temáticas a serem tratadas, delineado pelas transformações

que ocorrem no sistema educacional, como também pelos resultados de pesquisas da Educação Matemática, com desdobramentos nos currículos escolares. Segundo ele, a disciplina Prática do Ensino de Matemática deveria ser um lugar “privilegiado para análise de concepções e perspectivas para a atuação profissional dos futuros docentes” (p. 182).

Nesse processo, é inegável a importância da Resolução do Conselho Nacional de Educação e Conselho Pleno, a CNE/CP n.º 2/2002, que aumentou a carga horária das Práticas de Ensino e Estágio Supervisionado, o que oportunizou, segundo Valente (2014, p. 188), “Uma nova proposta de valorização da disciplina como componente curricular importante para a formação de novos professores de matemática, visando não somente uma valorização teórica da matemática, mas um suporte prático e de acordo com novos conceitos de ensino”.

Além do desafio da integração teoria-prática, enfrenta-se também a complexidade de se propiciar uma formação que permita integração das tecnologias digitais para dar suporte à prática docente. O universo *web* e sua diversidade de artefatos digitais à disposição de seus usuários é um espaço em constante evolução e fértil para o desenvolvimento de práticas educativas. No âmbito da educação matemática cada vez mais *software*, aplicativos entre outros dispositivos são desenvolvidos na perspectiva de favorecer o ensino e a aprendizagem de matemática. Entretanto, a integração desses artefatos está longe de ser uma realidade nas salas de aula de matemática.

Em uma revisão de literatura sobre pesquisas que investigam a formação de professores, inicial e em serviço, realizada por Zbiek e Hollebrands (2008), revelam-se concepções de professores quanto a ensinar e aprender matemática com a tecnologia digital e os aspectos que as influenciam. Os resultados apontados por essas pesquisas possibilitaram a esses autores inferir que as concepções dos professores quanto à tecnologia influenciam o uso dessa no desenrolar de sua prática docente e que sua formação para integração das tecnologias à sua prática influencia suas concepções e ações em relação a essas.

Segundo esses autores, algumas das pesquisas revisadas revelam, ainda, que, no uso de tecnologias, professores em formação ou em serviço preferem focar no ensino da tecnologia em vez do uso dessa como instrumento para aprender e ensinar matemática. Esses autores afirmam ainda que, embora esses professores mudem à medida que eles incorporam tecnologias à sua prática docente, preocupações de diferentes naturezas, muitas correlatas à sua realidade, emergem nesse percurso. As preocupações compreendem: conhecimento necessário para uso das tecnologias, impactos advindos desse uso, seleção de situações, gerenciamento do uso da

tecnologia em sala de aula, impactos que podem afetar alunos, outros professores e o currículo (ZBIEK; HOLLEBRANDS, 2008).

De acordo com Bittar (2011), as tecnologias da informação e comunicação podem contribuir com a elaboração de situações de ensino pelo professor e com a aprendizagem dos estudantes, mas não por si só. Em pesquisa-ação sobre a integração de tecnologias na prática pedagógica do professor que ensina matemática na Educação Básica, Bittar aponta mudanças quanto às concepções e postura desses profissionais quanto ao uso de tecnologias em sala de aula.

Nesse contexto, podem-se perceber dois problemas: o primeiro consiste no fato da formação do professor exigir a constituição de diversos tipos de conhecimentos, que permeiam elementos do conteúdo, da formação teórica e da prática; o segundo exige uma formação que articule teoria e prática. Tais aspectos são fundamentais à mudança de concepção e conduta desses professores na perspectiva não apenas do uso, mas, principalmente, da integração de tecnologias digitais para ensinar e aprender matemática. Isso tem levado a grandes desafios à formação inicial e em serviço, presencial ou a distância, de professores de matemática.

Em pesquisa de mestrado (COUTO, 2015), foram investigadas as mediações didáticas *on-line* realizadas por tutores da disciplina de geometria analítica, de um curso de licenciatura a distância, em um cenário rico em tecnologia com articulação de diferentes registros de representação semiótica. Nessa pesquisa, constatou-se a dificuldade dos tutores em integrar às suas mediações as tecnologias disponibilizadas para explicar o conteúdo matemático em foco. Ora os tutores revelavam não ter domínio dos artefatos do ambiente virtual, ora a dificuldade evidente era o fazer matemática com esses artefatos, uma vez que comumente os conteúdos demandam diferentes registros de representação semiótica.

Outro resultado relevante identificado foi a falta de planejamento e de formação dos tutores na tutoria *on-line* para uso dos artefatos. Um forte exemplo foi o não uso do *software* para construção de curvas – *K3Dsurf* que foi inserido pelo professor formador da disciplina no ambiente virtual Moodle, no qual funcionava a disciplina. A análise da atuação dos tutores revela indícios da falta de formação desses quanto ao uso do *software*, uma vez que o artefato não foi utilizado para ajudar os licenciandos a construir e compreenderem curvas.

Couto (2015) coloca em evidência que nem sempre um ambiente didático rico em tecnologias digitais e o uso ou tentativas de uso irão oferecer aos professores e estudantes um diferencial quanto ao ensino e a aprendizagem de matemática. Como visto anteriormente, a

formação teórico-prático pode favorecer a mudança de concepção, as práticas docentes e dirimir dificuldades advindas da realidade do professor que busca fazer matemática com tecnologias digitais.

Nesse sentido, veem-se surgir no âmbito do estudo do uso de tecnologias digitais em sala de aula de matemática modelos teóricos que favorecem essa integração. A exemplo disso, tem-se a Abordagem Instrumental do Didático (RABARDEL, 1995), que permite analisar e compreender como o estudante faz uso dos artefatos para aprender matemática. E ainda, o modelo teórico Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2004, 2005), que visa ao desenvolvimento de configurações didáticas e modos de execução dessas, para dar suporte à prática docente no que concerne ao uso de tecnologias para ensinar/aprender matemática.

1.2 DA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL À MOI – A ORIGEM DA TESE

A MOI emergiu de um estudo preliminar pautado no modelo da orquestração instrumental, realizado em uma turma de mestrado de uma instituição pública de ensino superior. Um convite para ministrar uma aula sobre a orquestração instrumental foi feito pelas professoras da disciplina de Metodologia da Pesquisa, desta turma, à autora desta pesquisa. Além do estudo da OI, interessava às professoras da disciplina e aos mestrandos compreender como os pesquisadores que fazem uso desse modelo têm definido para suas pesquisas métodos e técnicas para coleta e análise de dados.

Como discutir métodos e técnicas de pesquisa correlatas a um modelo teórico, desconhecido pelos mestrandos? Esse foi um dos primeiros desafios para a pesquisadora. Era preciso fazê-los conhecer o que é a OI, assim como uma OI. Em seguida, discutir que tipos de dados podem emergir de uma orquestra, para pensar sobre as possíveis técnicas de coleta e análise desses dados. Surge, então, um segundo desafio: como inserir os mestrandos em um contexto de coleta e análise de dados à luz do modelo teórico? Uma coisa era certa: a aula sobre Orquestração Instrumental não poderia ser uma discussão de textos lidos sobre o modelo teórico para dessa tirar os exemplos em torno dos aspectos metodológicos.

Assim, iniciou-se um trabalho de estruturação de uma formação pautada na OI com foco no ensino e compreensão desse modelo, desde seus fundamentos teóricos à experimentação e análise de uma OI. Para isso, era preciso propor mais que uma formação teórica, vislumbrou-se, então, uma formação teórico-prática sobre o modelo: a Metaorquestração Instrumental. Um

modelo teórico-metodológico para formação de professores de matemática sobre a OI, com foco na integração de tecnologias digitais ao ensino de matemática.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Esse panorama aponta para a emergência de formação de professores de matemática para o uso integrado de tecnologias digitais ao ensino de matemática. Uma formação que articule teoria e prática, capaz de favorecer a apreensão dos fundamentos teóricos da orquestração instrumental. A metáfora orquestração instrumental, introduzida por Trouche (2005) ao modelar a sala de aula fazendo analogia a uma orquestra, revela-se um caminho frutífero quanto ao problema que este trabalho se propõe resolver. Inicialmente, criada para estudar a integração de tecnologias em sala de aula, foi pensada, neste estudo, como base para construção de situações de formação teórico-prática para docência.

1.4 HIPÓTESE

Temos como hipótese que o modelo da Orquestração Instrumental (OI) oferece um importante arcabouço teórico e sistematização necessária para se orquestrar situações ricas em tecnologias digitais para a formação inicial do professor de matemática no que concerne à compreensão desse modelo teórico. Uma formação que articula teoria, prática e reflexão sobre o uso de tecnologia no ensino e aprendizagem da matemática. Os resultados do estudo preliminar realizado em uma turma de mestrado, analisados por Lucena, Gitirana e Trouche (2016), culminaram na proposição deste estudo de doutoramento.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 **Objetivo geral**

Conceber e validar o modelo teórico – Metaorquestração Instrumental (MOI) – para formação teórico-prática de professor de matemática sobre o a OI.

1.5.2 Objetivos específicos

- a) desenvolver e analisar uma orquestração instrumental com situação matemática explorada por meio de recursos tecnológicos, que façam emergir conhecimentos matemáticos e conhecimentos correlatos à teoria;
- b) desenvolver e analisar uma estrutura de orquestrações instrumentais articuladas que possam favorecer a formação do licenciando sobre o modelo teórico orquestração instrumental, quando na resolução de situações de formação e matemática com artefatos tecnológicos à estas integrados;
- c) validar a MOI como modelo teórico para formação de professores de matemática sobre a Orquestração Instrumental;
- d) definir e aprimorar os conceitos base da Metaorquestração Instrumental.

1.6 ESTRUTURA DO TEXTO

O modelo MOI emergiu de um experimento de elaboração de uma aula para uma turma de mestrado para discussão da OI e métodos de pesquisa em torno desse modelo. A partir desse experimento, as primeiras definições relativas à metaorquestração instrumental surgiram e um estudo desses dados foi traçado a fim de refinar a MOI como modelo para o *design* de uma formação teórica-prática sobre a OI. Com as análises de dados gerados no estudo preliminar, foi possível o refinamento teórico que cunhou definições e deu maior precisão a alguns já existentes. Uma nova abordagem teórica foi inserida para complementar o estudo principal. Também foi possível aperfeiçoar o *design* da OI, da MOI e de suas características. Novos instrumentos de análise foram criados e outros aperfeiçoados. A seguir, tem-se a estrutura organizacional do texto.

No capítulo 2, apresentam-se os fundamentos teóricos desta pesquisa. Inicialmente, discute-se a noção de esquema e o conceito de situação, segundo Gérard Vergnaud (1996) e, na sequência, algumas acepções de tecnologia (VEIRA PINTO, 2005; COSTA e SILVA, 2013), além da Abordagem Instrumental do Didático segundo Pierre Rabardel (1995) e o modelo da Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2005). Apresentam-se, ainda, a definição de MOI, seus elementos, características, avanços quanto ao refinamento do modelo teórico e questões de pesquisa correlatas ao modelo.

O capítulo 3 trata dos fundamentos metodológicos da pesquisa. O *Design Experiments* (COBB, 1990; BROWN, 1992) é apresentado como modelo teórico-metodológico no qual o *design* da MOI foi desenvolvido. Por fim, há o detalhamento do método de pesquisa estruturada e pautada no *Design Experiments*, com destaque para discussão sobre a técnica de análise de dados adotada, a análise Microgenética-videográfica (MEIRA, 1994).

O capítulo 4 é destinado à discussão do experimento que originou a pesquisa, e o modelo da MOI. Segue-se a descrição da metodologia já com as devidas adaptações necessárias. Nessa, também são revelados os instrumentos de análise ora criados, ora adaptados, assim como os aspectos éticos da pesquisa. Apresentam-se, ainda, as quatro orquestrações instrumentais do modelo, resultados e análise dessas.

O capítulo 5 é destinado à apresentação do estudo principal, realizado com licenciandos na formação inicial. Concentram-se fundamentos teóricos complementares, a abordagem teórica Modos de Engajamento e Modos de Destinação (REMILLARD, 2010) inserida a título de complementação do quadro teórico, uma demanda gerada a partir da análise feita no Estudo Principal, seu método. Discute-se uma análise de um dos grupos de estudantes que trabalharam coletivamente durante a MOI, focando a sua gênese instrumental relativa a cinco temas da OI: situação didática, gênese instrumental, configuração didática, modo de execução e performance didática. Uma análise e discussão da metaperformance didática sintetiza os resultados do estudo.

Por fim, segue-se o capítulo 6, destinado às considerações finais, que retomam elementos centrais da pesquisa e resultados mais relevantes. Também se abordam as limitações da pesquisa, as quais emergiram durante todo processo de estrutura, desenvolvimento e análise dos dados oriundos dos dois estudos nos quais o modelo foi testado. O capítulo é encerrado com perspectivas futuras de pesquisas a partir do estudo realizado, considerando seus resultados e limitações.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo está dividido em quatro seções, nas quais são apresentadas as abordagens teórico-metodológicas que compõem o quadro teórico que fundamentam esta pesquisa, tanto os conceitos como a metodologia.

Na primeira seção, discute-se sobre os conceitos de Situação e Esquema, segundo Vergnaud (1996). Esses conceitos são indispensáveis e relevantes à discussão de outros fundamentos teóricos que serão apresentados, tais como a Abordagem Instrumental do Didático (RABARDEL, 1995), com foco na gênese instrumental e em seus processos de instrumentalização e instrumentação. Além dessa, discute-se o modelo da Orquestração Instrumental e a necessidade de transição entre esse e o modelo da Metaorquestração Instrumental.

Na segunda seção, o modelo MOI, desenvolvido na perspectiva da formação teórico-prática-reflexiva de professores de matemática, para o uso integrado de tecnologias digitais ao ensino de matemática é discutido. E ainda, apresentam-se sua definição, suas características e seu *design*. Na sequência, as questões de pesquisa, as quais serão respondidas durante o desenvolvimento deste trabalho, que é composto por um estudo preliminar e um estudo principal, são apresentadas.

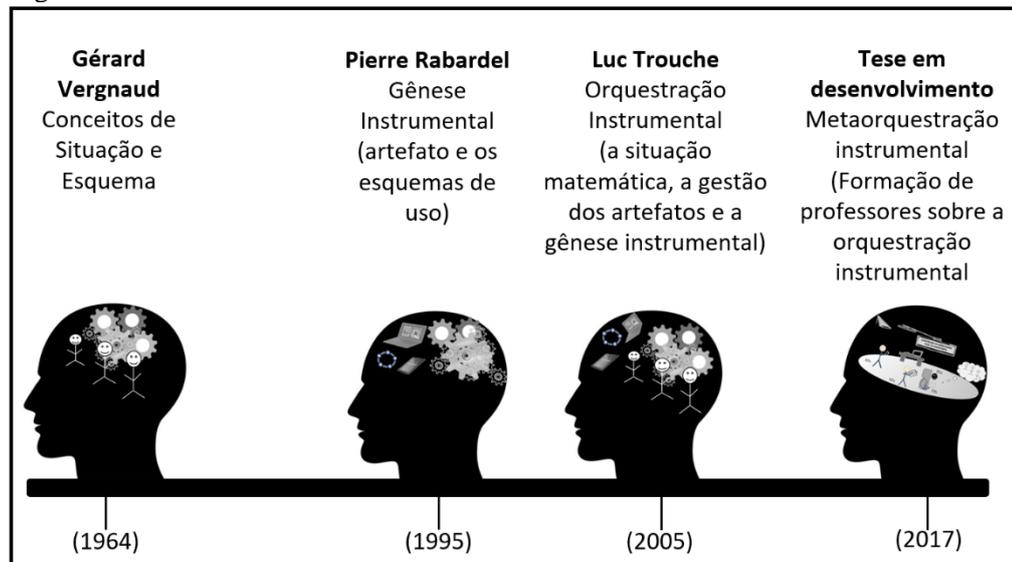
A terceira seção apresenta o *Design Experiments* como modelo teórico-metodológico que fundamenta a criação do *design* da MOI. Discutem-se suas características, finalidades e função no desenvolvimento de novos *designs*. Também é estabelecida uma relação entre os fundamentos do *Design Experiments* e como eles influenciaram o desenvolvimento do modelo MOI.

A quarta e última seção deste capítulo apresenta a metodologia da pesquisa, a começar pelo *Design Experiments* MOI. A metodologia da pesquisa é detalhada e discutida, assim como o *design* da MOI, enquanto modelo de formação composto por quatro diferentes orquestrações instrumentais desenvolvidas para favorecer a compreensão dos participantes da formação quanto ao modelo teórico OI. A estrutura de coleta e a análise de dados também são apresentadas, sendo essa última pautada na técnica de análise microgenética-videográfica.

2.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA ORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL

A metáfora orquestração instrumental para ser discutida demanda uma prévia discussão sobre pressupostos teóricos que a fundamentam (Figura 1). Assim, inicialmente serão apresentadas as acepções de Situação e Esquema segundo Vergnaud (1996; 2013), adotadas nesta pesquisa. Sem essas não se pode compreender os processos de gênese instrumental, a instrumentalização e a instrumentação, inerentes à Abordagem Instrumental do Didático (RABARDEL, 1995).

Figura 1 – Fundamentos teóricos da MOI



Fonte: Elaborada pela autora.

Apresentam-se, ainda, algumas acepções de tecnologia, temática relevante considerando que a OI se desenvolve em ambiente rico em tecnologia. Por fim, discute-se articuladamente aos pressupostos anteriores, o modelo teórico Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2005) a partir do detalhamento da sua definição, *design*, características, finalidades e etapas denominadas: configuração didática, modo de execução e performance didática. A Orquestração Instrumental é o fundamento teórico central do modelo teórico desenvolvido nesta tese: a Metaorquestração Instrumental.

2.1.1 O conceito de situação e a noção de esquema

Nesta subseção, discutem-se os conceitos Situação e Esquema, cruciais à concepção, desenvolvimento e análise de uma OI. Para o processo de gênese instrumental, principal foco

das orquestrações instrumentais, as características da situação matemática norteiam a escolha, o uso e, também, as condições de uso dos artefatos pelo indivíduo que busca resolvê-la. Ao mesmo tempo, tal resolução fica condicionada à escolha e utilização do artefato.

Essa relação entre o sujeito e o artefato, desencadeada por uma situação a ser resolvida, demanda esquemas do repertório do sujeito ou mesmo que esse os desenvolva. É a identificação e a análise desses esquemas em situação que permitem ao pesquisador inferir sobre a gênese instrumental do sujeito. Por isso, é relevante discutir sobre esses conceitos que possuem uma relação dual, como bem afirma Vergnaud (2013, p. 50): “não há situação sem esquemas, nem esquemas sem situação”.

O conceito de esquema é trazido por Vergnaud dos trabalhos de Piaget (1968), em sua discussão da teoria do conhecimento pautada nos processos de adaptação e acomodação. Para Vergnaud (2009, p. 85, tradução nossa), “[...] a teoria do conhecimento como um processo de adaptação é essencial; mas o que é que se adapta, e a que? A resposta mais razoável é que o que se adapta é a forma de organização da atividade, os esquemas, e eles adaptam-se a situações”.

Segundo Vergnaud (1996, p. 171), a acepção de situação não é de sentido amplo, mas a mesma adotada pelos psicólogos, cujas funções são os processos cognitivos e as respostas dos sujeitos quando confrontados às situações. Essa acepção, de acordo com o teórico, remete a duas ideias:

1 – a ideia de variedade: existe uma grande variedade de situações num dado campo conceptual, e as variáveis de situação são um meio de gerar de forma sistemática o conjunto das classes possíveis; 2 – a ideia de história: os conhecimentos dos alunos são formados pelas situações com que eles depararam e que progressivamente dominaram, nomeadamente pelas primeiras situações susceptíveis de dar sentido aos conceitos e aos procedimentos que se pretende ensinar-lhes (VERGNAUD, 1996, p. 171).

Confrontar o indivíduo a uma variedade de situações, de uma mesma classe de situações, contribui para dar significado aos conceitos a que fazem referência. Proporcionar novas experiências a partir da diversificação e variedade de situações ao sujeito com situações relativamente conhecidas o ajuda a lidar situações inéditas, com as quais ainda não está familiarizado.

São as situações que dão sentido aos conceitos matemáticos, mas o sentido não está nas próprias situações. Também não está nas palavras nem nos símbolos matemáticos. O sentido é uma relação do sujeito com as situações e os significantes (VERGNAUD, 1996, p. 167).

De um modo geral, uma situação pode ser entendida como situação-problema. Quando em situação de resolução de problemas de uma dada classe de situações, o indivíduo pode evocar competências existentes ou ter a necessidade de desenvolver outras. Vergnaud alerta também que situações vivenciadas durante outros momentos que mobilizam o conhecimento matemático e dão sentido a esses conceitos matemáticos, precisando, desse modo, ser consideradas. As competências é a capacidade que o sujeito dispõe para realizar o tratamento de diferentes situações de diferentes classes de situações.

Há classes de situações em que: (a) o sujeito dispõe, no seu repertório, em dado momento de seu desenvolvimento e sob certas circunstâncias, das competências necessárias ao tratamento relativamente imediato da situação; (b) o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias, o que o obriga a um tempo de reflexão e exploração, a hesitações, a tentativas frustradas, levando-o eventualmente ao sucesso ou ao fracasso (VERGNAUD, 1993, p. 5-6).

É importante observar que as classes de situações às quais o sujeito deve ser confrontado devem remetê-lo a algo que faça sentido para ele. É preciso que o sujeito possua, ainda que em parte, competências necessárias à resolução da situação proposta.

O conceito de situação possui outras acepções, principalmente na didática da matemática, sendo uma delas a de situação didática, “[...] que compreende uma situação matemática incorporada em um sistema de condições que conduzem o sujeito à tomada de decisões determinadas pela intervenção do professor, perceba o estudante ou não a necessidade matemática” (BROUSSEAU, 2011, p. 2, tradução nossa).

Esse autor caracterizou situação matemática como estruturas simples tal como exercícios, problemas etc., as quais “têm como objetivo a representação mínima necessária para explicar ou justificar a aplicação de um enunciado matemático por um indivíduo ou grupo de indivíduos, sem interferência didática externa” (BROUSSEAU, 2011, p. 2, tradução nossa). As “situações diferem em sua estrutura, regras, funcionamento, formas de produção de conhecimento” (BROUSSEAU, 2011, p. 2, tradução nossa).

O conceito de esquema, assim como o de situação, possui diferentes acepções, mas adotou-se nesta pesquisa a definida por Vergnaud (2013, p. 284-285, tradução nossa): “o esquema é a organização invariante da atividade para uma definida classe de situações”. Ainda segundo esse autor, uma definição analítica pode ser dada como o esquema consiste em uma totalidade dinâmica e funcional formada por quatro componentes, a saber:

- a) um objetivo, com subobjetivos e antecipações;
- b) regras de ação, de tomada de informação e de controle;
- c) invariantes operatórios que são os conceitos-em-ação e o teoremas-em-ação;
- d) possibilidades de inferência em situação.

Esses componentes, constituintes da totalidade do esquema, são o que o torna dinâmico e funcional. O objetivo, subjetivos e antecipações, para Goigoux e Vergnaud (2005), dão o caráter intencional do esquema do sujeito em situação, consistem em eventuais resultados esperados em relação à atividade. Do objetivo emergem os subobjetivos que, segundo Vergnaud (2013), são organizados em sequência e hierarquicamente, e dão origem às muitas antecipações.

Esses subobjetivos têm íntima relação com as regras geradoras. As regras de ação, de tomada de informação e de controle são consideradas a dimensão geradora do esquema. Segundo Vergnaud (2013), as regras geradoras são responsáveis pelo percurso de condução e da atividade.

Destacamos, ainda, os invariantes operatórios, componentes do esquema classificados por Vergnaud como: teoremas e conceitos em ação. Para Vergnaud (1996), os teoremas em ação são proposições ou afirmações, conhecimentos operatórios dos esquemas, considerados como verdadeiros sobre a situação pelo sujeito, mas que podem ser verdadeiros ou falsos quando analisados do ponto de vista da área do conhecimento (como a matemática) e consistem no conhecimento matemático (ou do conhecimento em jogo) explorado durante a experiência. Já os conceitos em ação são objetos, predicados, ou categorias de pensamento tidos pelo sujeito como pertinentes, relevantes. Por não serem afirmações, proposições não são suscetíveis de serem verdadeiras ou falsas. Os conceitos em ação são necessários ao processo de elaboração de proposições – teoremas em ação. Os conceitos em ação podem corresponder ou não aos conceitos matemáticos, mas a não correspondência não os fazem verdadeiros ou falsos: o teste de veracidade só existe em afirmações.

Por fim, tem-se a possibilidade de inferências. As possibilidades de inferências em situação consiste em tirar conclusões a partir de ligações, feitas pelo sujeito, entre os invariantes operatórios e o cálculo em termos de objetivos, antecipações e regras. Nesse sentido, as inferências possíveis referem-se aos novos conhecimentos inferidos. É uma operação cognitiva pela qual o sujeito afirma a verdade de uma proposição por consequência de articulação com outras proposições já reconhecidas como verdadeiras pelo sujeito. Para Vergnaud, essa

articulação entre proposições é o que relaciona componentes do esquema e justifica as ações, comportamentos do sujeito.

Alguns aspectos inerentes ao esquema são relevantes para a pesquisa e, por isso, apresentados a seguir.

Primeiro, o esquema aborda uma classe de situações. Podem-se associar ao esquema quantificadores universais que permitem definir seu alcance e limites. Um esquema é universal, como o conceito. Segundo, é a organização que é invariante, não o comportamento observável. Esquemas geram comportamentos diferentes dependendo das variáveis da situação. Terceiro, o esquema não apenas organiza comportamento observável, mas também a atividade de pensamento subjacente (VERGNAUD, 2013, p. 138, tradução nossa).

Assim, as funções de organização e a geração de atividades, atribuídas ao esquema, visam às situações que são familiares ao sujeito, mas também o enfrentamento de novas situações, o que permite aumentar o propósito de aplicação do esquema. Nesse sentido, “o esquema é, então, um instrumento para questionar a realidade” (VERGNAUD, 2013, p. 48).

Um dos grandes desafios para quem investiga os esquemas de um sujeito é a observação desse. De acordo com Vergnaud, isso não é uma tarefa fácil, dado que componentes do esquema nem sempre são explicitados, o que indica que muito desse fica implícito. Confrontar o sujeito às classes de situações permite que, a partir de suas ações em situação, revele seus esquemas ou mesmo componentes desses.

Para Vergnaud, os esquemas, em geral, são eficazes, mas nem sempre efetivos. Um esquema é estruturado a partir de um objetivo o qual se busca atingir na situação, sendo, portanto, eficaz. Mesmo quando “[...] uma criança utiliza um esquema ineficaz para determinada situação, a experiência a leva (a) mudar de esquema (b) modificar o esquema” (VERGNAUD, 1993, p. 10). O esquema busca atingir esse objetivo, mas nem sempre de forma eficiente, nem sempre o esquema atinge excelência, sem perdas ou desperdícios, e nem mesmo atinge o objetivo apesar de ser seu foco. Com essa discussão, Vergnaud diferencia esquema de algoritmo. Um algoritmo é um esquema, mas nem todo esquema é um algoritmo, pois nem todo esquema é efetivo. O algoritmo, por sua vez, garante que ao aplica-lo se alcançará a solução da situação, ele é efetivo.

A organização invariante do comportamento do sujeito em situação favorece a observação do esquema, não apenas para identificá-lo, mas também para verificar quando esse

é substituído ou modificado. Favorece, ainda, a observação do esquema ou componentes deste, individuais ou partilhados, quando o sujeito está em situação de trabalho coletivo.

2.1.2 Abordagem Instrumental do Didático

Nesta subseção, discute-se a diferenciação entre artefato e instrumento, os processos de gênese instrumental, instrumentalização e instrumentação, e o desenvolvimento de esquemas de uso e de ação instrumentada. Para isso, os conceitos de situação e esquema são relacionados ao comportamento dos sujeitos em situação com suporte de artefato tecnológico. Esses conceitos são importantes para se compreender a relação do sujeito com o artefato, de onde emergem os esquemas de uso de ação instrumentada.

2.1.2.1 A diferenciação entre artefato e instrumento

Nosso ponto de partida é o conceito de artefato. Não estamos interessados em uma discussão centrada no artefato em si mesmo, mas no processo de utilização desse.

O artefato é para o sujeito um objeto a conhecer, mas para conhecer para poder gerenciar o seu funcionamento para responder a alguns os critérios prescritos ou simplesmente esperados. Os artefatos não são apenas meios individuais, eles são passíveis de compartilhamento e divisão do trabalho, eles têm um significado incorporado em uma prática social. Portanto, artefatos estão em constante evolução e refletem um estado histórico da prática de usuários ao mesmo tempo que modelam tal prática (RABARDEL, 1995, p. 54, tradução nossa).

O artefato é uma produção humana, material e externa de um ou mais desenvolvedores, concebida a partir de critérios, para exercer determinadas funções, atuar como ferramenta, com as finalidades para as quais fora criado. Um indivíduo que faça uso desse artefato imprime sobre ele seus esquemas mentais de uso, transformando-o em um instrumento seu.

Um instrumento é uma produção humana, cognitiva e interna do usuário, que pode ser desenvolvida de forma individual ou coletiva, resultante de um processo denominado gênese instrumental. Segundo Rabardel, um instrumento é uma entidade mista formada por dois componentes:

[...] de uma parte, um artefato, material ou simbólico, produzido para o sujeito ou para outros; de outra parte, um ou mais esquemas de utilização associados ao artefato, resultam de uma construção própria do sujeito, autônoma ou de

uma apropriação de seus ShSU já formada exteriormente (RABARDEL, 1995, p. 95, tradução nossa).

É nessa perspectiva de uma conceitualização psicológica de artefato e de instrumento que repousa a Abordagem Instrumental (RABARDEL, 1995), para o campo da ergonomia e da didática, e sobre a qual buscaremos discutir a gênese instrumental.

2.1.2.2 A gênese instrumental

De acordo com Rabardel (1995), a gênese instrumental é a transformação do artefato gerada pela ação do sujeito, tornando-o um instrumento à medida que o sujeito passa pelo processo de instrumentação ao integrá-lo à sua prática. A transformação do artefato em instrumento não é própria da estrutura da ferramenta, mas dos esquemas que o sujeito desenvolve para integrá-lo.

No âmbito da sala de aula, se o professor deseja guiar seus alunos em suas gêneses instrumentais, é indispensável a disponibilização de artefatos (calculadoras, *softwares*, transferidor, régua etc.) para que esses estudantes possam inseri-los como suporte à prática de resolver situações matemáticas (tarefas, problemas, exercícios). Ao tentar resolver a situação com suporte do artefato, os esquemas mentais dos alunos os orientarão à integração do artefato às ações de uso do dele, as quais permitirão a resolução da situação matemática ou de outra natureza, proposta. Quanto isso ocorre, tem-se o instrumento. Tais esquemas “[...] envolvem habilidade para usar o artefato de forma proficiente e conhecimento sobre as circunstâncias em que o artefato é útil” (DRIJVERS; TROUCHE, 2008, p. 8, tradução nossa).

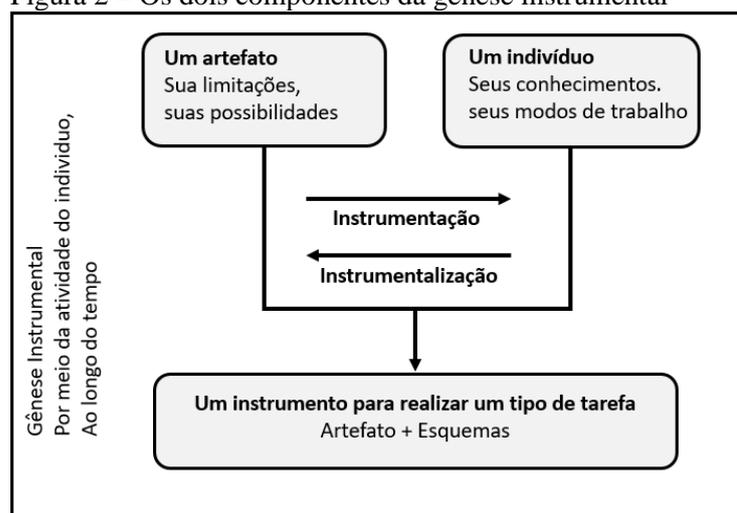
A diferenciação dos processos que resultam na gênese instrumental, instrumentalização e instrumentação emerge à medida que a inserção e a integração do artefato à prática do aluno ou do professor ocorrem. Em síntese, segundo Drijvers e Trouche (2008), quando o artefato é moldado pelo usuário, tem-se a instrumentalização e, quando o primeiro molda o pensamento do segundo, tem-se a instrumentação.

Os processos de instrumentalização são direcionados para o artefato: seleção, inserção, produção e estabelecimento de funções, desvios, atribuições de propriedades, transformação do artefato, de sua estrutura, de seu funcionamento, etc. até a produção integral do artefato pelo sujeito. Os processos de instrumentação são relativos ao sujeito: à emergência e evolução de seus esquemas de uso e de ação instrumentada: sua constituição, sua evolução para acomodação, coordenação e assimilação recíproca, a

assimilação de novos artefatos aos esquemas já constituídos, etc. (RABARDEL, 1995, p. 5, tradução nossa).

A Figura 2 exemplifica a gênese instrumental como resultante da atividade de um indivíduo com o artefato, ao longo do tempo, norteados por seus conhecimentos e forma de trabalho.

Figura 2 – Os dois componentes da gênese instrumental



Fonte: Trouche (2005, p. 101, tradução nossa).

Em sala de aula, quando o professor decide favorecer a gênese instrumental de seus estudantes, em geral, os dois processos de instrumentalização e de instrumentação ocorrem. Para isso, é muito importante que o professor tenha domínio do conhecimento específico presente na situação, mas também conhecimento quanto às tecnologias em jogo, as quais serão disponibilizadas. Esses conhecimentos são relevantes para que o professor possa dar suporte aos estudantes, exercendo seu papel de mediador.

2.1.2.3 Esquemas de uso e de ação instrumentada

Uma consequência da relação esquemas-artefato para a Abordagem Instrumental é a distinção dos esquemas pelo objetivo da ação do sujeito sobre o artefato para realização da situação. Rabardel (1995), inspirado na noção de esquema de Vergnaud (1996), revela que seu interesse pela temática reside em poder identificar as características das situações que o sujeito leva em conta, sejam aquelas em que os esquemas já foram construídos ou estão em processo de construção.

(I) Esquemas de uso (Schèmes d'usage – Sh.U.) são esquemas elementares relativos às tarefas secundárias que consistem em ações e atividades diretamente ligadas ao artefato e à gestão das características e propriedades específicas desse; (II) Esquemas de ação instrumentada (Schèmes d'action instrumentée – Sh.A.I.) incorporam os esquemas elementares (Sh.U.), mas são relativos às tarefas primárias nas quais ocorrem transformações operacionais sobre o objeto da atividade, para a qual o artefato é um meio de realização. (III) Esquemas de atividade coletiva instrumentada (SH.A.C.I.) concentram-se por um lado em especificar os tipos de ação ou atividade, os tipos de resultados aceitáveis etc. quando o coletivo compartilha o mesmo instrumento ou trabalha com uma mesma classe de instrumentos; por outro lado, concentram-se sobre a coordenação de ações individuais e integração de seus resultados como uma contribuição para a realização de objetivos comuns (RABARDEL, 1995, p. 91-92, tradução nossa).

Esses esquemas de uso ou de ação instrumentada do usuário em relação ao artefato são responsáveis por transformá-lo em um instrumento para si próprio. Tais esquemas emergem durante dois processos imbricados e denominados: instrumentação e instrumentalização. Trouche (2004) afirma que, embora sejam processos interdependentes, os diferenciar é indispensável para a análise da gênese instrumental.

A instrumentalização ocorre quando o sujeito insere o artefato em sua prática na intenção de conhecer suas propriedades, sua interface e funcionalidades, desenvolvendo assim esquemas de uso. No entanto, quando o indivíduo atribui funções aos artefatos, os esquemas de ação instrumentada ou esquemas mentais evoluem, dando origem às novas formas de utilização do artefato, surge então o instrumento. Quando isso ocorre, tem-se o processo de instrumentação do sujeito que passa a integrar de fato o instrumento a sua prática. (RABARDEL, 1995, p. 93, tradução nossa).

O professor, ao propor situações com o uso de artefatos, coloca seus alunos em processo de gênese instrumental; nesse movimento, ele favorece a realização pelos alunos de ações, tais como manipular e experimentar ferramentas para resolver uma dada situação matemática. Essas ações marcam o início da instrumentalização desses estudantes. Segue-se um processo dialético entre instrumentação e instrumentalização, que culminam nas ações instrumentadas. Ao resolver a situação, o estudante estará instrumentado em relação ao artefato utilizado, integrado à sua prática, ou seja, um instrumento.

2.1.3 O modelo da orquestração instrumental

Nesta subseção, são apresentadas, inicialmente, acepções sobre tecnologia, com destaque àquela adotada nesta pesquisa. Esse conceito é relevante à discussão da OI, pelo fato desse modelo ter sido desenvolvido em ambiente rico em tecnologias digitais.

Na sequência, discute-se a OI a partir de sua definição e de um *design* desenvolvido nesta pesquisa para explicar seus elementos, característica, entre outros aspectos relevantes. Também são apresentadas e discutidas as etapas do modelo: configuração didática, modo de execução e performance didática.

2.1.3.1 Acepção de tecnologia

A etimologia da palavra tecnologia revela os diferentes significados. Ela pode ser entendida como um conjunto de processos, métodos, técnicas e ferramentas relativos à arte, à indústria, à educação etc.; também pode ser entendida como conhecimento técnico e científico e suas aplicações a um campo particular; tudo o que é novo em matéria de conhecimento técnico e científico; linguagem peculiar a um ramo determinado do conhecimento, teórico ou prático; e ainda, aplicação dos conhecimentos científicos à produção em geral.

Uma OI, cujo foco é a gênese instrumental do aluno, é desenvolvida em uma perspectiva de inserção-integração de tecnologias à prática desses indivíduos. Mas qual o significado de tecnologia para o modelo da Orquestração Instrumental à luz da Abordagem Instrumental? Essa não é uma questão simples de se responder, haja vista as diferentes acepções existentes de tecnologia.

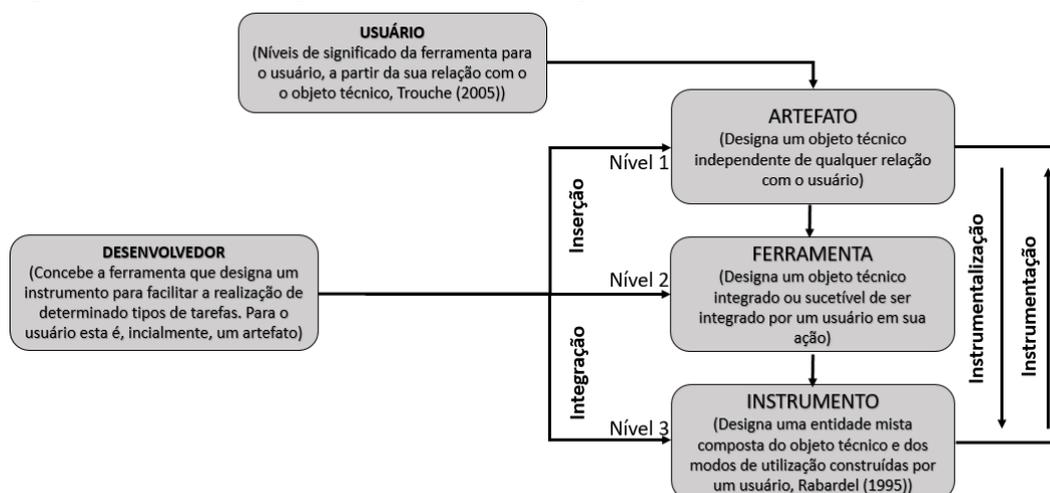
Há quatro significados que integram as principais acepções de tecnologia, segundo Vieira Pinto (2005, pp. 219-220): “(I) o de valor fundamental e exato de “logos” da técnica ou epistemologia da técnica; (II) de sinônimo de técnica, equivale pura e simplesmente à técnica; (III) de sentido de conjunto de todas as técnicas de que dispõe determinada sociedade; e (IV) de ideologia da técnica”.

Esses significados da tecnologia, sejam os que provêm da etimologia ou mesmo os identificados por Vieira Pinto, a partir das acepções sobre o termo, são relevantes à discussão que aqui queremos desenvolver, ainda que em síntese. A falta de entendimento sobre acepção de tecnologia adotada nesta pesquisa pode incorrer em confusão e enganos no que concerne, por exemplo, à concepção de orquestrações instrumentais com apenas ferramentas digitais,

excluindo-se as convencionais, por exemplo. Isso seria o mesmo que acreditar que as ferramentas tecnológicas dizem respeito a apenas o que é novo ou digital, atribuindo à tecnologia uma supervalorização.

O diagrama da Figura 3, inspirado nos três níveis relativos à ferramenta identificados por Trouche (2005), sintetiza as relações estabelecidas entre o usuário e o objeto técnico. Uma ferramenta é uma criação humana na qual se imprimem funções que visam atender às finalidades para as quais foi criada. Para o seu desenvolvedor (criador), uma ferramenta designa um instrumento por ele mesmo constituído (objeto técnico + modos de utilização). Ferramentas são criadas para facilitar a execução de tarefas ou tipos de tarefas. O desenvolvedor conhece bem o objeto técnico (artefato), mas também os modos de utilização que permitem a realização das tarefas a que está destinado, sendo, para ele, a ferramenta um instrumento, mas para o usuário essa relação é diferente.

Figura 3 – A ferramenta para o desenvolvedor e para o usuário



Fonte: Elaborada pela autora.

As relações que se estabelecem entre o objeto técnico e o seu usuário são bem diferentes daquelas entre esse e seu o desenvolvedor. Na Figura 3, podemos observar os três níveis, apontados por Trouche (2005), que descrevem bem tais relações. O primeiro nível consiste em entender que, o que para o desenvolvedor é uma ferramenta, para o usuário que não tem qualquer relação com o objeto técnico ela não passa de um artefato. No segundo nível, um objeto técnico que é inserido, integrado ou suscetível à integração por um usuário em sua ação pode ser entendido como uma ferramenta. Nesse nível, o usuário, por instrumentalização, já conhece as características, funcionalidades e para quais finalidades fora criado o objeto técnico,

tem-se uma ferramenta. No terceiro nível, a relação do usuário com o objeto técnico evolui, significativamente, em relação àquela do segundo nível. Isso porque, nesse nível, o usuário, por instrumentação, desenvolve modos de utilização do objeto técnico para realização de suas tarefas. Esses modos são próprios do usuário, e sua associação ao objeto técnico transforma-o em um instrumento.

Nesse último caso, e na perspectiva do usuário, é preciso compreender dois aspectos: o primeiro é que se o instrumento, segundo Rabardel (1995), é um produto cognitivo do usuário, ocorrendo então dois tipos possíveis de transformação, diante da necessidade do usuário em atender às demandas de sua atividade, ele pode:

- a) moldar o objeto técnico (ter sua estrutura alterada); e,
- b) moldar as funções do objeto técnico (executar uma função, para qual não foi criado).

O próprio desenvolvedor de uma ferramenta poderá assumir a condição de usuário com a ferramenta que criou. As tarefas que terá que executar com a ferramenta podem exigir dele o desenvolvimento de novos modos de utilização do objeto técnico, não designados por ele quando da concepção.

Retomando agora à questão sobre o significado da tecnologia adotado na modelo da Orquestração Instrumental, a partir dos níveis definidos por Trouche (2005) sobre o objeto técnico e o usuário, é possível perceber que a noção de tecnologia utilizada é o primeiro dos quatro significados que apresentamos anteriormente. Segundo Vieira Pinto (2005, p. 220):

A técnica, na qualidade de ato produtivo, dá origem a considerações teóricas que justificam a instituição de um setor do conhecimento, tomando-a por objeto e sobre ela edificando as reflexões sugeridas pela consciência que reflete criticamente o estado do processo objetivo, chegando ao nível da teorização. Há sem dúvida uma ciência da técnica, enquanto fato concreto e por isso objeto de indagação epistemológica. Tal ciência admite ser chamada de tecnologia (VIEIRA PINTO, 2005, p. 220).

Vieira Pinto apresenta a tecnologia como uma ciência da técnica, em que o objeto é a técnica, admitindo-se para essa o nome de tecnologia. A técnica é definida como um ato produtivo e humano, logo a máquina é a materialização da técnica. A máquina, em uma OI, pode ser entendida como uma ferramenta, constituída do objeto técnico (simbólico, material etc.) que compreende a técnica (características, funcionalidades, entre outros), resultado de um ato humano de seu desenvolvedor. Tal ferramenta pode significar para o usuário (TROUCHE,

2005), a partir de sua relação com o objeto técnico, um artefato, uma ferramenta ou um instrumento, em que há a incorporação da técnica.

Dessa forma, as técnicas incorporadas aos diferentes tipos de dispositivos materiais, sejam eles mecânicos ou eletrônicos, pressupõem tanto a analógica quanto a digital. Assim, embora o modelo teórico criado por Trouche tenha foco nas tecnologias digitais, isso não restringe outros tipos de tecnologias, como as convencionais ou ditas analógicas, por exemplo. O modelo é flexível e passível de criação de orquestrações instrumentais que venham favorecer o fazer matemática com tecnologias, não importando sua natureza.

2.1.3.2 Orquestração instrumental

Uma orquestra, de forma geral, pode ser reconhecida como um agrupamento instrumental, composto por maestro e instrumentistas, seus instrumentos e partituras, todos dispostos em um espaço com a finalidade de executar uma música. A metáfora da orquestração instrumental (TROUCHE, 2004) compara a sala de aula a uma orquestra, em que o professor é o maestro.

Nesse contexto, o maestro (o professor) conduz os músicos (seus alunos) a usarem artefatos e transformá-los em instrumentos musicais (instrumentos didáticos), os quais lhes permitirão executar as partituras musicais resolver as situações matemáticas. A música é resultado de todos os procedimentos executados pelos instrumentistas, guiados pelos maestros, com seus instrumentos, respeitadas as condições impostas pela partitura executada.

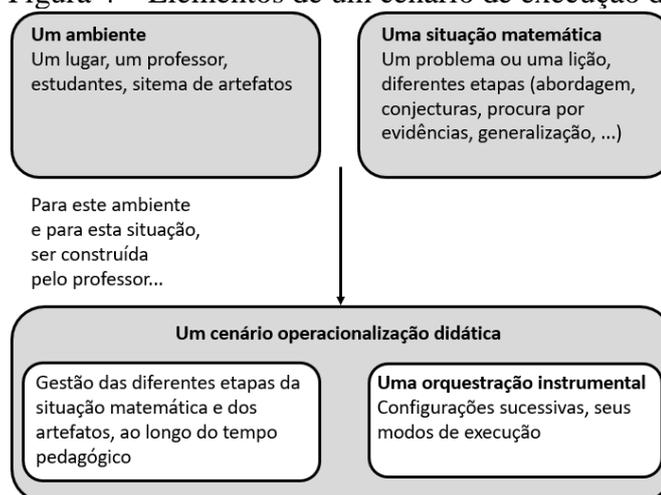
A metáfora é um modelo teórico que muito tem contribuído com pesquisas que buscam investigar a prática docente em sala de aula rica em tecnologias, na assistência dada aos estudantes no uso de artefatos para resolução de situações propostas. Dessa forma, apresentamos, a seguir, sua definição cunhada por Trouche (2005).

Uma orquestração instrumental é o arranjo sistemático e intencional dos elementos (artefatos e seres humanos) de um ambiente, realizado por um agente (professor) no intuito de efetivar uma situação dada e, em geral, guiar os aprendizes nas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrio dos seus sistemas de instrumentos. É sistemático porque, como método, desenvolve-se numa ordem definida e com um foco determinado, podendo ser entendido com um arranjo integrado a um sistema; é intencional porque uma orquestração não descreve um arranjo existente (sempre existe um), mas aponta para a necessidade de um pensamento *a priori* desse arranjo (TROUCHE, 2005, p. 126, tradução nossa).

Compreender uma orquestração instrumental é, antes de tudo, compreendê-la como uma organização da prática docente com propósitos, por isso é dita intencional. Essa intencionalidade exige do professor uma organização pautada em critérios e objetivos claros e bem definidos, os quais nortearão as decisões do professor rumo à sistematização, ou seja, à articulação, à assistência e ao controle relativos às ações previstas e passíveis de execução, por parte dele e dos alunos. A intencionalidade é forte aliada da sistematização, e essas são determinantes no que diz respeito à elaboração e operacionalização de uma OI, cujo principal objetivo é guiar os estudantes em suas gêneses instrumentais.

Conceber uma OI é o mesmo que criar um ambiente fértil e munido de uma estrutura adequada de suporte às ações que nele serão desenvolvidas. É em um cenário de execução didática (TROUCHE, 2005), projetado pelo próprio professor, que ele poderá organizar e gerir, ao longo do tempo pedagógico, o sistema de artefatos, sujeitos, papéis e funções a exercer e as diferentes etapas do tratamento da situação matemática.

Figura 4 – Elementos de um cenário de execução didática



Fonte: Drijvers e Trouche (2008, p. 26, tradução nossa).

Os princípios da orquestração instrumental são a configuração didática, o modo de execução, ambos caracterizados por Trouche (2004), e a performance didática, caracterizada por Drijvers et al. (2010). Os princípios da OI corroboram com o planejamento da gestão dos elementos que compõem o cenário de execução didática. Também, norteiam a forma como a orquestração será operacionalizada no cenário didático (Figura 4) e, ainda, permitem analisar a performance da OI ou não.

2.1.4 Etapas de uma orquestração instrumental

Segundo Bellemain e Trouche (2016, p. 7) “[...] uma configuração didática é um arranjo particular (podemos dizer: uma arquitetura) dos estudantes e dos artefatos”. Ela diz respeito a um conjunto de situações e escolhas didáticas que deverão ser realizadas pelo professor, as quais irão compor tal arquitetura. Algumas dessas são indicadas por Bellemain e Trouche (2016), tais como:

- a) a análise do currículo para definição do que se pretende ensinar e do que se espera que o aluno aprenda (expectativas de aprendizagem);
- b) a escolha ou elaboração da situação matemática, seguida de sua análise, a qual norteará a escolha dos artefatos que serão disponibilizados;
- c) a organização dos sujeitos partícipes da orquestra;
- d) a definição dos papéis e da função que cada estudante deverá assumir, inclusive, o próprio professor, durante a execução da configuração;
- e) a escolha de técnicas de trabalho para apreensão dos objetos matemáticos por meio das tecnologias disponibilizadas (DRIJVERS et al., 2010).

Um modo de execução é uma forma de utilização dos artefatos em uma dada configuração (podemos dizer: uma forma de viver em certa arquitetura). Para uma configuração proposta, existem vários modos possíveis de execução dessa (BELLEMAIN; TROUCHE, 2016, p. 7). Mesmo com papéis e funções bem definidos na configuração didática, há diversas formas de exercer uma mesma função. A previsão dessas formas de atuação é parte também do modo de execução. Para Drijvers et al. (2010),

É a forma como o professor decide a configuração didática para o benefício das suas intenções didáticas. Isso inclui decisões sobre a forma como uma tarefa é introduzida e trabalhada, seja sobre os papéis dos artefatos para ser jogado, e na técnica e esquemas para ser desenvolvida e estabelecida pelos alunos (DRIJVERS et al., 2010, p. 215).

Todas essas ações são pensadas pelo professor quando ele prevê um modo de execução no desenvolvimento da configuração didática, mesmo sabendo que há outras formas de operacionalizá-la. Tal aspecto passa a ser evidenciado quando a configuração didática começa a ser executada e diferentes modos de execução surgem e se diferenciam do proposto pelo professor inicialmente.

Drijvers et al. (2010, p. 215) afirmam que “[...] a performance didática consiste no desempenho alcançado pelo cenário projetado, em que se faz possível, verificar a viabilidade das intenções e o sucesso da realização da orquestração instrumental”. Esses autores propõem o conceito de performance didática na perspectiva de que sejam descritos todos os ajustes que o professor é levado a realizar durante o modo de execução da OI, em pleno andamento.

Essa descrição é relevante porque ela põe em evidência os ajustes planejados pelo professor para atender às demandas ocasionadas por situações, que poderiam ocorrer e por ele já previstas. Também dá visibilidade às decisões *ad hoc* que emergem para dar conta das situações imprevistas, e que são tomadas para atender uma necessidade momentânea, a fim de não comprometer o todo já estruturado.

As descrições não são importantes apenas para dar luz aos ajustes do professor, mas também para, a partir delas, permitir a caracterização de critérios que deverão ser levados em conta na execução da OI observada. Isso pode modificar, por exemplo, a configuração didática e o modo de execução da orquestração, seja para aperfeiçoá-la ou mesmo para criar novas orquestrações.

À medida que o modo de execução está em andamento e os necessários ajustes do professor são efetivados, a *performance* didática, a partir da descrição desses, também evidencia limitações, potencialidade e desafios correlatos. Promove-se, assim, uma reflexão por parte do professor sobre a própria prática, seu sistema de artefatos disponibilizados e seus conhecimentos docentes mobilizados para conceber, organizar e gerir a OI em jogo.

A *performance* didática favorece, ainda, a caracterização de eventos que tornam possíveis as análises sobre a orquestração concebida e adaptada, mas, principalmente, sobre o processo de gênese instrumental dos estudantes, por meio de seus *feedbacks*. A forma como utilizam o conjunto de artefatos disponibilizados, como ocorre a produção de instrumentos e que conhecimentos são evocados e revelados para resolver a situação matemática são exemplos do que pode ser evidenciado.

Quanto aos ajustes planejados pelo professor para atender às demandas ocasionadas na execução das situações, esses são evidenciados e analisados quanto à sua eficácia. Ganham visibilidade, também, as decisões *ad hoc* que emergem para dar conta das situações imprevistas, e que são tomadas no momento em que surgem, para atender uma necessidade momentânea, a fim de não comprometer o todo já estruturado. Essas, mesmo em um processo *ad hoc*, também contribuem para a evolução na instrumentação do professor.

A *performance* didática também permite ao professor a identificação e caracterização dos esquemas de uso e de ação instrumentada dos estudantes quando em processo de gênese instrumental. Isso põe em evidência aspectos relacionados à configuração didática e ao modo de execução que favorecem ou não o desenvolvimento da gênese instrumental dos alunos.

Esses aspectos são relevantes por permitir a caracterização de critérios que deverão ser levados em conta no *redesign* da orquestração concebida, seja para aperfeiçoá-la ou mesmo para criar novas orquestrações. Essa descrição é passiva de análise, a qual nos permitirá perceber limitações, potencialidades e desafios correlatos à orquestração. Promove-se, assim, uma reflexão por parte do professor sobre a própria prática, seu sistema de artefatos e seus conhecimentos docentes mobilizados para conceber, organizar e gerir a OI.

2.2 DA ORQUESTRAÇÃO À METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL

O advento das tecnologias da informação e da internet fizeram emergir uma variedade de artefatos tecnológicos digitais. Rapidamente, eles foram inseridos na sociedade e ganharam papel relevante junto às mais diferentes práticas, em distintas áreas, espaços, instituições, inclusive a escola. Mais do que ter tais artefatos à sua disposição e inseri-los em sua prática, o professor de matemática tem um enorme desafio: a integração desses. Isso se dá pelo domínio da técnica, neles imbricada.

Assim, temos pensado na formação do professor de matemática no sentido de conhecer e experimentar diferentes dispositivos digitais em suas aulas de matemática, o que exigirá do professor mais que conhecimento específico; exigirá conhecimento sobre a técnica digital e de formas de integração dela para resolver situações matemáticas específicas. Fato que só ocorre por meio da instrumentalização e instrumentação desse profissional no que concerne a tais dispositivos.

Conhecimentos matemáticos e tecnológicos são indispensáveis à integração desses para ensinar e aprender matemática com tecnologias. Cabe ao professor uma organização sistemática e intencional de sua prática, de forma que esses conhecimentos venham a favorecer o trabalho do professor quanto à gênese instrumental dos estudantes. Tais conhecimentos lhes permitirão a escolha ou elaboração de boas situações matemáticas, como também de boas ferramentas digitais para dar suporte aos estudantes no processo de resolução de tais situações. O domínio desses conhecimentos exige uma formação adequada para criação de orquestrações

instrumentais capazes de favorecer a integração efetiva dessas técnicas digitais ou mesmo das analógicas, seja na perspectiva da prática do professor ou do aluno.

A discussão sobre o modelo da Orquestração Instrumental realizada anteriormente neste trabalho, tal como sobre seus pressupostos teóricos e elementos constituintes, permite-nos chegar a duas conclusões importantes: a primeira é que de fato temos um modelo teórico que pode ser usada pelo professor de matemática para promover as gêneses instrumentais de seus estudantes; a segunda é que os princípios pelos quais se desenvolve uma OI não dão conta de alcançar variáveis relevantes à formação teórico-prática-reflexiva, inicial e continuada de professores de matemática.

Orquestrar uma formação, evidentemente, incorre na manutenção e inserção de novos princípios, como também na metamorfose de outros já existentes. Os esforços concentram-se, neste momento, em pensar um modelo teórico pautado na OI, para formar professores e futuros professores de matemática sobre a OI. É nesse contexto que se desenvolve, nesta tese, o Modelo Teórico MOI, o qual será inicialmente apresentado na seção a seguir. A sua evolução teórica é construída ao longo deste trabalho como resultado dos estudos realizados.

O modelo teórico OI criado para estudar a integração de ferramentas digitais em sala de aula foi pensado, neste estudo, como base para dar suporte a situações de formação teórico-prática para docência. Assim, serão apresentadas, a seguir, duas definições que guiaram o estudo preliminar desta pesquisa.

2.2.1 Noção de metaorquestração instrumental

A metaorquestração instrumental é um modelo para formação de professores, pautado na OI que visa fazer o professor se apropriar do modelo teórico Orquestração Instrumental. O modelo é composto por uma sequência de diferentes orquestrações instrumentais, cujas situações, também, são de natureza diferentes.

2.2.2 Noção de metassituação

Uma metassituação é uma sequência de situações articuladas com o objetivo de formação teórico-prática de professores. A sequência é composta por situações de apresentação e discussão dos conceitos da orquestração instrumental, implementação desses conceitos para

o tratamento de uma situação matemática, mobilizando tecnologias digitais, reflexão, discussão sobre a atividade realizada e criação de uma OI propriamente dita.

2.3 QUESTÕES DE PESQUISA

As noções de metaorquestração instrumental (MOI) e de metassituação (MS) apontam para outro desafio tão relevante quanto defini-los, a necessidade de um *design* metodológico. A expectativa é que o *design* metodológico dê suporte ao desenvolvimento, testagem, análise, validação para o refinamento do modelo teórico MOI. E ainda, que nos ajude a responder às questões de pesquisa, as quais evidenciamos nos tópicos a seguir.

2.3.1 Questões sobre a MOI

- a) Que adaptações no modelo teórico Orquestração Instrumental são necessárias para pensar a MOI de formação inicial do professor de matemática no contexto da correlação teoria-prática?
- b) Como atores e artefatos sofrem metamorfose em relação aos papéis exercidos nas diferentes orquestrações instrumentais que compõem a MOI?

2.3.2 Questão relativa à metaconfiguração didática e metamodo de execução

- a) Quais elementos devem compor o *design* de uma metaconfiguração didática para dar suporte a MS de formação sobre a Orquestração Instrumental?
- b) Como se articulam as orquestrações instrumentais, considerando a metaconfiguração didática e o metamodo de execução para dar suporte à metassituação de formação?

2.3.3 Questões relativas à gênese instrumental

- a) Como identificar e analisar diferentes tipos de esquemas dos participantes da formação durante a resolução das situações propostas, no trabalho individual e coletivo?

2.3.4 Questões relativas à metaperformance didática

- a) O que valida a MOI, enquanto modelo para formação teórico-prática, de professores de matemática?
- b) Quais os diferentes modos de execução desenvolvidos pelos grupos durante a operacionalização do metamodo de execução?

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo, apresenta-se a teoria metodológica de caráter intervencionista e experimental, *Design Experiments* (BROWN, 1992; COBB, 1992; COLLINS, 1990), que fundamenta o método desta pesquisa. Descreve-se o *design Experiments* desenvolvido da MOI. Em seguida, discute-se o método da pesquisa em quatro seções.

3.1 DESIGN EXPERIMENTS

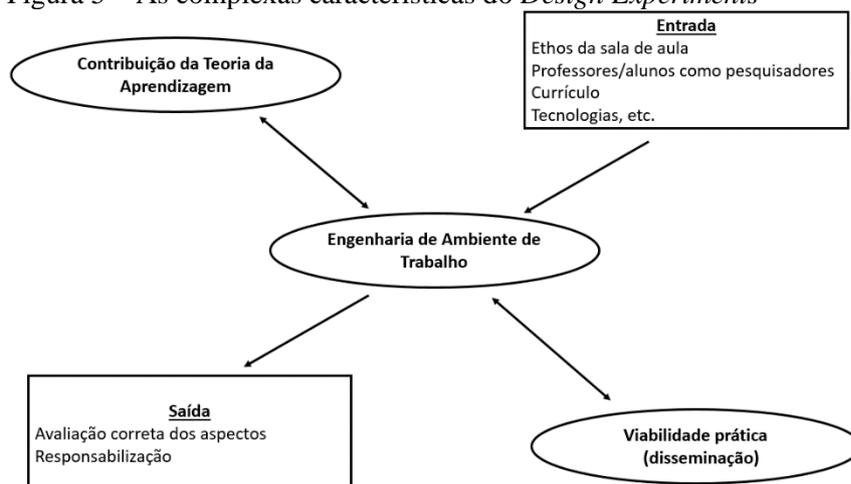
A complexidade da dinâmica da sala de aula e do processo de ensino-aprendizagem exige cada vez mais do professor a criação de novas orquestrações de ensino em que as tecnologias digitais estejam integradas. Demanda, também, acompanhamento durante a execução do ensino orquestrado e a análise de suas variáveis, as quais são responsáveis pelo sucesso ou pelo fracasso do processo de ensino-aprendizagem. É relevante o desenvolvimento de metodologias que deem suporte à concepção, operacionalização, análise e reflexão sobre a prática desenvolvida em sala de aula, especialmente quando há o suporte de tecnologias digitais.

Na qualidade declarada de cientista de *design* e de alguém que atua como engenheiro de ambientes educativos inovadores, sobre os quais desenvolve estudos experimentais, Brown (1992, p. 141-142) afirma que “a vida em sala de aula é sinérgica: aspectos que muitas vezes são tratados de forma independente, como a formação de professores, a seleção de currículos, testes e assim por diante realmente fazem parte de um todo sistêmico”. Não é possível pensar em formas de intervir no âmbito da sala de aula sem considerar a multiplicidade de variáveis que estão em jogo no processo de ensino e aprendizagem.

Assim, Brown (1992) cria o *Design Experiments* (Figura 5) com características complexas do contexto educativo, sobre o qual buscou desenvolver uma Teoria da Aprendizagem. Trata-se de um ambiente de aprendizagem criado para fomentar a resolução de problemas, o pensamento crítico e a aprendizagem reflexiva.

Concentrado em estudar processos de aprendizagem a mudanças conceituais, tanto em professores quanto em alunos, Brown (1992, p. 142, tradução nossa) defende a necessidade de “criação de um *ethos* em uma sala de aula que promova autorreflexão da aprendizagem e, finalmente, maiores preocupações com a tecnologia, questões sobre o currículo e a avaliação” (Figura 5). A etimologia da palavra *ethos* vem do grego e significa característica habitual, a maneira de ser, os hábitos de uma pessoa.

Figura 5 – As complexas características do *Design Experiments*



Fonte: Brown (1992, p. 142, tradução nossa).

Ao que projeta o *design* cabem as mudanças que devem ser realizadas no sistema como um todo. Os estudos de Brown apontam para algumas dessas transformações. Professor e alunos deixam de ser detentor do saber e indivíduo passivo, respectivamente. O docente assume o papel de pesquisador e mediador dos processos de suporte à aprendizagem do discente que assume o papel de copesquisador, convidado a ser corresponsável por sua aprendizagem (Figura 4).

O currículo trabalhado preza pela recorrência de temas, visando ao aprofundamento desses, em vez de ampliá-los. Brown (1990, p. 150) apresenta mais dois aspectos relevantes: “o ambiente tecnológico que não é projetado para estimular a prática e a programação, mas, sim, incentivar a aprendizagem intencional, a reflexão e a comunicação, e os métodos de avaliação que se concentram na capacidade dos alunos de descobrir e usar o conhecimento” (Figura 5).

Transversalmente, pode-se observar, na Figura 4, que todo processo anteriormente descrito, desde a criação do *ethos* até a responsabilização, é desenvolvido na perspectiva de contribuir com uma teoria da aprendizagem e, também, com a melhoria da prática educativa. As experimentações reiteradas possibilitam o teste e a verificação da viabilidade da teoria na prática. Publicizar os resultados e análises, inerentes ao *Design Experiments* e ao desenvolvimento de teorias, permite a disseminação desses.

Brown (1992) discute o caráter teórico e prático (experimental) do *Design Experiments* e sua relevância para a criação de configurações que contribuam com a pesquisa e a prática. Para esse autor, intervir com foco na aprendizagem dos alunos exige, de quem projeta tais

ambientes, orquestrar todos os aspectos em um período da vida diária nas salas de aula, o que considera uma atividade de pesquisa.

Pensar em *Design Experiments* como uma teoria metodológica exige saber como ela é vista:

- a) “*Design Experiments* tem uma natureza pragmática de ‘engenharia’ de formas específicas de aprendizagem e de orientação teórica – desenvolvendo teorias específicas ao estudar sistematicamente essas formas de aprendizagem e os meios de apoiá-las” (COBB et al., 2002, p. 9); e
- b) *Design Experiments* “a longo prazo pode se constituir em uma ciência sistemática de como projetar ambientes educacionais com novas tecnologias que podem ser introduzidas com sucesso” (COLLINS, 1990, p. 4).

Isso evidencia dois aspectos potenciais do *Design Experiments*, enquanto aporte metodológico: primeiro, a orientação para projetar ambientes educacionais de aprendizagem ricos em tecnologias, inclusive as digitais; segundo, o desenvolvimento simultâneo à criação destes ambientes, de teorias capazes de orientar tal processo.

Design Experiments, idealmente, resultam em maior compreensão de uma ecologia de aprendizagem – um sistema complexo e interagindo envolvendo múltiplos elementos de diferentes tipos e níveis – projetando seus elementos e antecipando como esses elementos funcionam juntos para apoiar a aprendizagem. *Design Experiments*, portanto, constituem um meio de abordar a complexidade que é uma marca registrada dos contextos educacionais. Os elementos de uma ecologia de aprendizagem tipicamente incluem as tarefas ou problemas que os alunos são solicitados a resolver, os tipos de discurso que são encorajados, as normas de participação estabelecidas, as ferramentas e os meios materiais relacionados fornecidos e os meios práticos pelos quais os professores de sala de aula podem orquestrar as relações entre esses elementos. Utilizamos a metáfora de uma ecologia para enfatizar que os contextos projetados são conceituados como sistemas interagindo e não como uma coleção de atividades ou uma lista de fatores separados que influenciam o aprendizado. Além de criar projetos que são eficazes e que às vezes podem ser afetados por “mexer na perfeição”, uma teoria de *design* explica porque os *designs* funcionam e sugere como eles podem ser adaptados a novas circunstâncias (COBB et al., 2002, p. 10).

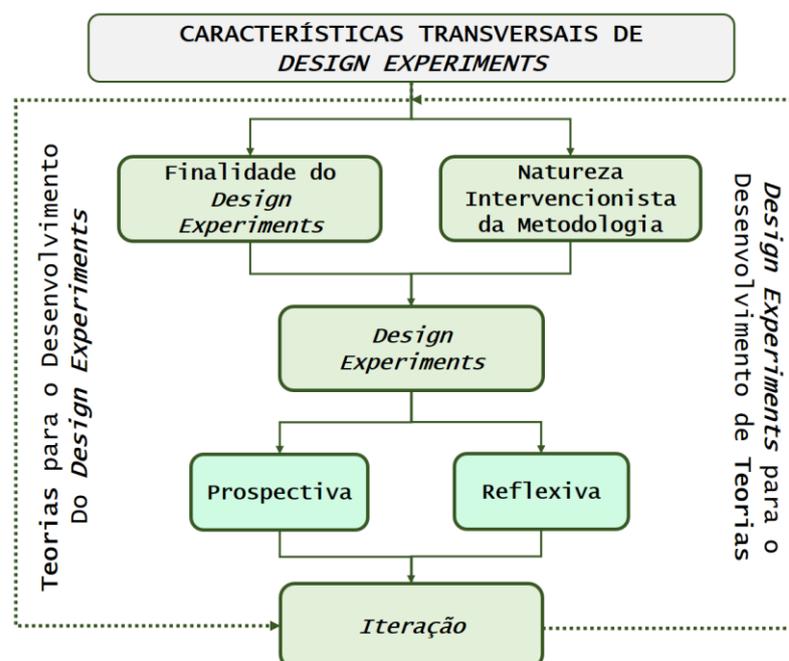
Projetar e experimentar para testar e validar, reiteradamente, são processos a serem vivenciados no *Design Experiments*, os quais demandam que em um primeiro momento haja controle e, em um segundo momento, a especificação das variáveis envolvidas. Para isso, devem-se especificar os tipos de variáveis a serem consideradas: “as dependentes, com as quais podemos mensurar o sucesso ou fracasso de qualquer inovação e, as independentes, que

são as variáveis sobre as quais temos controle na concepção do *design*” (COLLINS, 1990, p. 7).

Collins investiga uma metodologia de *Design Experiments* para estudar a inserção de diferentes tecnologias no contexto escolar e a construção de uma ciência sistemática de como projetar ambientes educacionais para que a integração dessas tecnologias seja bem-sucedida. Esse autor defende o trabalho de especificação das variáveis, que é de extrema relevância porque elas permitem que o engenheiro estabeleça uma relação direta entre as variáveis controladas e especificadas, com o sucesso ou o fracasso do *design*, na perspectiva para qual foi criado.

Outro ponto relevante a ser considerado são as características do *Design Experiments*. Elas não são exatamente as mesmas em cada pesquisa que faz uso da referida metodologia, pois cada *design* possui especificidades para cumprir seu papel em cada pesquisa para qual é concebido. Entretanto, Cobb et al. (2002), no desenvolvimento de sua Teoria de *Design* para Inovações Educacionais, mapearam cinco características transversais comuns a pesquisas desenvolvidas com *design Experiments*. A partir da especificação feita por esses autores sobre cada uma das características, foi organizado um esquema (Figura 6) para que se percebam as relações existentes entre elas no *design*.

Figura 6 – Esquema de composição de *design Experiments* considerando suas características



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 6, pode-se observar que a primeira característica transversal é a **finalidade do *Design Experiments***. Segundo Cobb et al. (2002, p. 10), “a finalidade do *design* é a construção de uma ciência sistemática de como criar ambientes educacionais para que as novas tecnologias possam ser introduzidas com sucesso”. Esses autores interpretam de forma ampla os processos de aprendizagem, intencionando não perder de vista o que geralmente é pensado como conhecimento. Mais que isso, consideram a evolução das práticas de aprendizagem, entre outros aspectos.

Esse olhar abrangente a respeito dos meios que dão suporte aos processos de aprendizagem contribui para verificar as possibilidades e restrições relativas aos artefatos, práticas de ensino e aprendizagem, políticas públicas e formas de mediação, por exemplo. No entanto, esses autores deixam claro que há de se ter cuidado com a teoria para que a finalidade do *Design Experiments* não se concentre nos cenários específicos, criados para dar suporte às novas formas de aprendizagem.

A segunda característica é a **natureza intervencionista da metodologia**. É peculiar ao *Design Experiments* a condição de bancos de ensaio, desenvolvidos para experimentações, o que é relevante quando se deseja investigar e estudar diferentes formas que favoreçam o cenário educacional. Isso oportuniza o surgimento de novas formas de ensinar e, conseqüentemente, novas formas de aprender.

Inúmeras e diferentes situações que acontecem no percurso da concepção, experimentação, teste e validação do *design* precisam ser caracterizadas, haja vista a complexidade dos fenômenos a serem estudados. Cobb et al. (2002, p. 10) afirmam que é “importante no detalhamento do *design* que seja feita uma distinção entre elementos que são alvo de investigação e aqueles que podem ser auxiliares, acidentais ou assumidos como condições de fundo”.

A terceira característica transversal é o ***Design Experiments* específico**, concebido de forma a favorecer o desenvolvimento de teorias. Essa característica resulta da combinação das duas primeiras, **finalidade** e **natureza intervencionista**. O caráter experimental da metodologia coloca “em xeque” não apenas o *design* criado, mas, essencialmente, a teoria desenvolvida por meio de testes. Cobb et al. (2002) revelam que todo *Design Experiments* tem duas faces, uma **prospectiva** e outra **reflexiva**.

Segundo esses autores, a face prospectiva consiste na implementação dos *designs* com base em um processo de aprendizagem hipotético e os meios pelos quais esse será sustentado,

com a finalidade de submeter as minúcias desse processo à análise. Já a face reflexiva diz respeito aos experimentos aos quais o *design* deve ser submetido. Cobb et al. (2002, p. 10) afirmam que se trata de “testes condicionados, muitas vezes em vários níveis de análise”. Durante os experimentos, também são realizados os testes que permitem verificar se serão aceitas ou refutadas, como também pode ser oportunizada a geração de outras conjecturas alternativas.

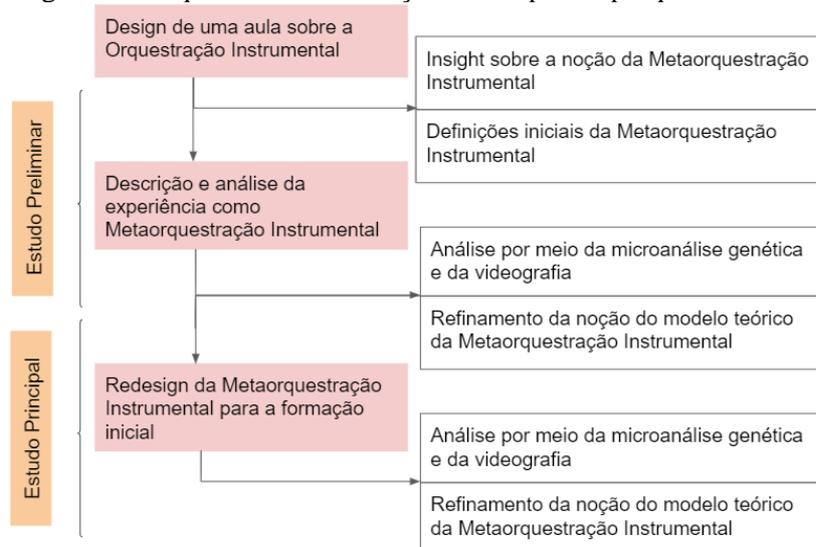
A quarta característica é a **iteração** que emana da junção dos aspectos prospectivos e reflexivo, as duas faces inerentes ao *Design Experiments*. Durante os testes das conjecturas, em que podem ser refutadas, outras são geradas e também devem ser submetidas a teste. Isso incorre em iteração, pautada em ciclos de invenção e revisão. Para Cobb et al. (2002, p. 10), “o que espera desse processo é a construção de uma estrutura explicativa que especifica as expectativas que se tornam o foco da investigação durante o próximo ciclo de investigação”.

O conhecimento dessas características é algo importante, pois favorece o trabalho daqueles que desejam criar *design* ricos em tecnologias. A revisão de outras pesquisas é relevante por permitir identificar essas características em outros contextos de uso da metodologia, mas também pela possibilidade de se identificar outras ainda não mapeadas. Entretanto, Cobb et al. (2002) deixam claro a necessidade de se realizar estudo preliminar para o desenvolvimento de *Design Experiments* quando a área de estudo em foco, também relacionada à teoria, é pouco pesquisada.

3.2 ETAPAS ITERADAS DA PESQUISA

Esta pesquisa ocorreu em duas vivências de *design* da MOI. As variáveis focadas são relativas a todos os elementos que descrevem o modelo da MOI, que vão a cada novo estudo sendo refinadas. Inicialmente, tomam-se por base os elementos da OI.

Figura 7 – Esquema da estruturação das etapas da pesquisa



Fonte: Elaborada pela autora.

A figura reflete as duas etapas que aparecem como etapas iteradas da construção, teste, análise e reconstrução tanto do modelo teórico da MOI como de um modelo de MOI que é posto em prática, posteriormente analisado à luz da microanálise genética e da videografia. Esse resultado possibilita, baseado no campo teórico já construído, a construção das noções básicas do novo modelo, assim como o uso dessas para fazer o *design* de uma metaorquestração.

Um primeiro estudo, denominado de Estudo Preliminar, realizado com estudantes de mestrado, deu origem à tese. No entanto, ele não nasce como um estudo, mas como uma aula planejada para um mestrado, em uma disciplina de metodologia. A partir da análise de tal experimentação, o estudo foi traçado, foi refinada a ideia de MOI e realizou-se uma experimentação com estudantes da licenciatura em Matemática.

3.3 DESIGN DA METAORQUESTRAÇÃO INSTRUMENTAL

Nesta seção, discute-se o *design* inicial da MOI. Apresentam-se, também, os sujeitos e o campo de pesquisa. Discute-se a escolha dos estudos realizados, a técnica de análise microgenética associada à técnica de videografia (MEIRA, 1994) para a realização das análises dos dados coletados, como também a estrutura de coleta e de análise de dados.

Figura 8 – *Design* da MOI – 1.^a versão

Fonte: Elaborada pela autora.

O *design Experiments* para MOI foi criado na perspectiva de melhor estruturar as orquestrações instrumentais que dão suporte à metassituação de formação. E, ainda, proporcionar o refinamento do modelo teórico em foco e, conseqüentemente, a extensão da orquestração instrumental. O *design* da MOI, na primeira versão (Figura 8), consiste em uma estrutura de quatro orquestrações instrumentais (OI₁, OI₂, OI₃ e OI₄), criada para promover o estudo e a apropriação do modelo teórico Orquestração Instrumental. Essas orquestrações dão suporte aos participantes da formação na resolução das situações propostas em cada orquestra.

As orquestrações instrumentais (Figura 8) da metaconfiguração didática possuem finalidades distintas, embora articuladas entre si. As orquestrações OI₁ e OI₂ são interdependentes, de caráter experimental e simultâneas, ou seja, ocorrem ao mesmo tempo (T₁). Sequencialmente, a OI₃ e a OI₄ acontecem em tempos distintos (T₂) e (T₃). Ambas têm forte caráter articulador das orquestrações instrumentais. A OI₃ faz articulação entre estudo introdutório da teoria, feito preliminarmente à formação, com as práticas vivenciadas nas OI₁ e OI₂. Já a OI₄ faz articulação entre teoria e prática pautada na análise dos dados coletados.

3.3.1 A OI₁ e a situação matemática

A OI₁ é destinada à vivência prática de uma OI. A situação proposta é, essencialmente, matemática e visa ao trabalho dos sujeitos com conhecimentos específicos, explorados de forma integrada às tecnologias disponibilizadas. Trata-se de uma simulação, na qual o futuro professor em formação ficará na qualidade de estudante que busca aprender matemática com uso integrado de tecnologias.

Ao assumir o papel de estudante na OI₁, o futuro professor poderá ter uma noção sobre as dificuldades advindas da situação matemática proposta, como também das potencialidades e restrições em relação às tecnologias disponibilizadas. Essa experimentação deve fazer emergir

exemplos correlatos aos elementos da OI: configuração didática, modo de execução e *performance* didática.

3.3.2 A OI₂ e a situação de observação da prática

A segunda orquestração consiste na observação da prática dos eventos que ocorrem na OI₁. Por isso, a OI₁ e a OI₂, ocorrem simultaneamente. A OI₂ possui uma situação de formação, que demanda dos sujeitos interessados em resolvê-la, conhecimentos básicos de pesquisa, integrados às tecnologias disponibilizadas. O trabalho de observação permite o registro dos eventos da OI₁, e esses registros passam a compor o banco de dados da metaorquestração, produzidos pelos próprios participantes.

A observação e a coleta de dados envolvem processos de pesquisa. Trata-se de uma experiência que põe o futuro professor na condição de professor-pesquisador da própria prática. Assim, o licenciando pode perceber as escolhas feitas pelos sujeitos que trabalham para resolver a OI₁, as ações, os conhecimentos evocados, utilizados e desenvolvidos. Pode identificar as dificuldades quanto aos usos dos artefatos, situações inesperadas, decisões *ad hoc* das formadoras etc. Dessa observação, eventos que dizem respeito à situação matemática, aos processos de gênese instrumental ou às etapas da modelo teórico em estudo, entre outros, também podem emergir.

3.3.3 A OI₃ e a situação de discussão teórico-prática

A OI₃ foi elaborada para dar suporte à situação de formação proposta que permite aos seus resolvedores relacionarem os conhecimentos adquiridos com as leituras preliminares feitas sobre OI com as vivências nos experimentos das OI₁ e OI₂. Esse é um momento muito rico, no qual as primeiras relações entre a teoria e a prática começam a ser externadas pelos participantes.

À medida que participam de um dos experimentos, os sujeitos podem exercer diferentes funções. Na OI₁, executam a situação matemática; logo, são estudantes-atores (EA); na OI₂, observam a prática dos EA; logo, são estudantes-observadores (EO). A situação de formação da OI₃ tem forte natureza articuladora entre teoria e prática. Para isso, desenvolve-se coletivamente, com participantes da formação e o formador, fomentador da discussão, que provoca com questões que ajudem na compreensão da teoria em estudo.

3.3.4 A OI₄ e a situação de análise e reflexão sobre os dados da OI₁, OI₂ e OI₃

A quarta OI traz à tona os dados coletados na OI₂ referentes à OI₁. A situação de formação proposta consiste em um trabalho analítico-reflexivo sobre tais dados relacionados aos conhecimentos adquiridos com as vivências nas OI₁, OI₂ e OI₃. A comunicação da análise dos dados à luz do aporte teórico que está sendo estudado poderá revelar ao formador os conhecimentos dos participantes construídos durante a formação.

A OI₄ consiste em um momento de reflexão sobre a própria prática. E, à medida que os participantes têm acesso ao que fizeram e como fizeram, podem refletir sobre isso e aprender a partir dessa reflexão, o que também é válido para o formador, que poderá refletir sobre sua prática e modificá-la. Adaptações à própria MOI e metassituação de formação criadas são previstas após este trabalho de análise e reflexão.

3.4 ESTRUTURA DE COLETA DE DADOS DA MOI

A estrutura de coleta de dados visa à obtenção dos dados no ato da sua produção, de forma que contribuam para identificar as escolhas, verificar conhecimentos e procedimentos e compreender as motivações das ações dos sujeitos, entre outros aspectos relevantes à análise. Assim, optou-se por uma estrutura pautada, essencialmente, na técnica de observação, estruturada e não estruturada, feita com o auxílio de diferentes ferramentas de coleta e pelos participantes da metaorquestração.

Uma das técnicas de observação que compõe a estrutura de coleta de dados da metaorquestração “[...] consiste em recolher e registrar os fatos da realidade sem que o pesquisador utilize meios técnicos especiais ou precise fazer perguntas diretas” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 191), uma técnica não estruturada. Nesse caso, o observador faz registros cursivos (anotações em papel com lápis/caneta etc.), baseados em suas impressões sobre o que vê e percebe. Sua atuação é não participante, ou seja, ele entra no grupo, mas não deve interagir com os demais integrantes durante o período em que observa os fenômenos do experimento.

Outra técnica escolhida é a observação estruturada ou sistemática, que “[...] utiliza instrumentos para a coleta dos dados ou fenômenos observados e que se realiza em condições controladas, para responder a propósitos preestabelecidos” (MARCONI; LAKATOS, 2003, p. 192). Para isso, optou-se por dois modelos inerentes à observação estruturada ou sistemática:

entrevista e filmagem. As filmagens realizadas são do ambiente da aula e da captura da tela do computador utilizado.

Utilizou-se a técnica de entrevista padronizada ou estruturada, que, de acordo com Marconi e Lakatos (2003, p. 197), “[...] é aquela em que o entrevistador segue um roteiro previamente estabelecido; as perguntas feitas ao indivíduo são predeterminadas. Ela se realiza de acordo com um formulário [...]”. A atuação do entrevistador nesse processo é individual e não participante. Esse faz as perguntas do formulário ao entrevistado e registra as respostas dadas.

Também foi utilizada a técnica de filmagem, que consiste no ato de filmar, registrar a imagem, ação, movimento do que é observado. Para Belei et al.,

Com a filmagem pode-se reproduzir a fluência do processo pesquisado, ver aspectos do que foi ensinado e apreendido, observar pontos que muitas vezes não são percebidos. O vídeo também permite a ampliação, a transformação das qualidades, das características e particularidades do objeto observado (2008, p. 193).

A filmagem também é feita de forma individual, não participante, visando um registro mais fidedigno do que será filmado. Entretanto, há de se reconhecer os riscos de distorções quanto à qualidade da filmagem em relação à tela do computador, por exemplo. Dessa forma, decidiu-se pela inserção de mais uma técnica de coleta de dados, a captura contínua de tela por filmagem. Trata-se de um tipo de filmagem feita por meio de *softwares* específicos para este fim. Em geral, tais *softwares* captam som (interno ao computador e externo) e imagem, além de acompanharem o movimento do cursor do mouse a cada ação do usuário, produzindo vídeos de boa qualidade para futuras análises.

Uma última técnica é a coleta do material produzido pelos licenciandos, nas diferentes etapas do trabalho e assumindo diferentes papéis. Todos os materiais coletados compõem um banco de dados resultantes do planejamento, execução, análise e reflexão das orquestrações instrumentais pertencentes à MOI. Assim, os dados passivos de análise terão origem nas informações contidas nas anotações do observador e no formulário de entrevista, como também nas filmagens realizadas, via câmera ou *software de* captura de tela, e, ainda, nas produções dos licenciandos.

3.5 ANÁLISE MICROGENÉTICA

As análises das orquestrações que compõem a MOI têm por foco principal o entendimento dos seus sujeitos sobre o modelo orquestração instrumental, na perspectiva de validar o modelo. A análise deve contemplar os conhecimentos sobre a teoria que são adquiridos pelos participantes durante a formação, a partir de experiência teórico-prática-reflexiva. Outro foco relevante de análise é o entendimento sobre o processo de gênese instrumental, ou seja, a transformação que o artefato e o sujeito sofrem por meio da instrumentalização e instrumentação.

Dessa forma, buscou-se escolher uma técnica de análise de dados que desse conta de responder às questões de pesquisa, já anunciadas e os objetivos relacionados a cada orquestração criada e à MOI. Considerou-se que os dados a serem analisados seriam os que revelassem aspectos essencialmente cognitivos, comunicativos e gestuais dos participantes, visto que são, geralmente, externados pela ação. E a ação do sujeito é fundamental para ajudar na identificação de seus esquemas ou componentes de esquemas. Além disso, buscou-se uma técnica que fosse viável à natureza dos nossos dados, a maioria advindos das filmagens realizadas pelos sujeitos de pesquisa.

Esses aspectos favoreceram a escolha da análise microgenética interpretativa. Trata-se de uma técnica que permite analisar condutas minuciosamente. A abordagem interpretativa admite que “[...] ações cognitivas, comunicativas ou gestuais possuem influência em virtude do significado que elas adquirem em contextos socioculturais específicos” (MEIRA, 1994, p. 60). Para esse autor, o foco principal de tal abordagem não está em identificar como surgem as ações, “[...] mas identificar seus significados em relação à atividade e situações específicas” (MEIRA, 1994, p. 60). Assim, dois princípios apontados por Meira devem guiar a análise microgenética dos dados, a saber:

O primeiro recomenda que a análise de processos (e.g., de resolução de problemas) é sempre mais informativa que a descrição de produtos (e.g., estratégias de resolução). O segundo princípio complementa que a análise deve inspecionar ações detalhadamente, sem perder de vista o significado da atividade em que tais ações se inserem (1994, p. 60).

O processo de análise microgenética é fortemente apoiado pela videografia, pois a partir dos registros é possível ao pesquisador acessar reiteradamente as mesmas informações do vídeo, as quais revelarão as ações cognitivas, comunicativas e gestuais dos que foram filmados

em plena atividade. É possível resgatar, ainda, os diálogos e as produções, individuais ou colaborativas, dos participantes em um dado experimento, por exemplo.

A Videografia (estudo da atividade por meio de filmagens em vídeo) e a Análise Microgenética (estudo detalhado da evolução das relações entre agentes e situações) combinam-se para formar um modelo de coleta e análise de dados que permite uma interpretação robusta e consistente dos mecanismos psicológicos subjacentes à atividade humana (MEIRA, 1994, p. 59).

A escolha pela análise microgenética é justificada pelo foco da técnica nas minúcias relativas às ações desenvolvidas pelos sujeitos na resolução das situações propostas em cada orquestração que compõe a MOI, sejam essas situações-problemas de matemática ou de outra natureza.

No entanto, a busca por essas minúcias em um vídeo exige de quem o analisa a criação de um índice de eventos constituídos de extratos, feitos a partir do vídeo, que possam ser significativos à análise. É importante, entretanto, deixar claro seu significado para a análise microgenética para que não se estabeleçam relações incoerentes com esse. A seguir, tem-se o ponto de vista de Góes sobre essa questão:

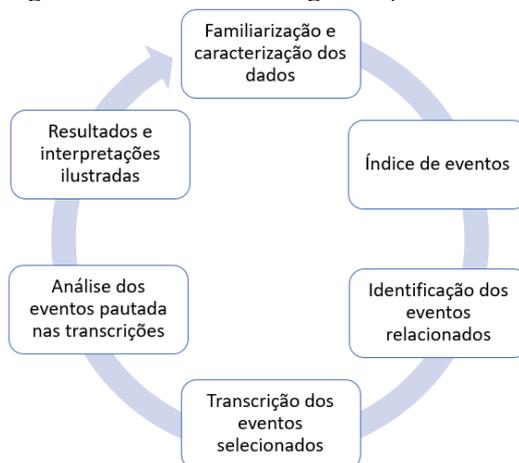
Em resumo, essa análise não é micro porque se refere à curta duração dos eventos, mas sim por ser orientada para minúcias indiciais – daí resulta a necessidade de recortes num tempo que tende a ser restrito. É genética no sentido de ser histórica, por focalizar o movimento durante processos e relacionar condições passadas e presentes, tentando explorar aquilo que, no presente, está impregnado de projeção futura (2000, p. 15).

Assim, a perspectiva microgenética que adota para analisar os dados da MOI orienta o acompanhamento preciso do processo de resolução das situações propostas em cada orquestração. Os detalhamentos do raciocínio, das estratégias de resolução, das escolhas realizadas, do uso de artefatos, das metamorfoses, entre outros aspectos, permitiram identificar, compreender e caracterizar as ações dos sujeitos envolvidos. Tal procedimento permite inferir sobre o sucesso ou fracasso da MOI para o ensino do modelo da OI.

Outro aspecto relevante a ser considerado é a estrutura organizacional que favorece as análises dos dados videografados. Para isso, à luz da análise microgenética, a estratégia de organização de dados será adotada. Trata-se da mesma utilizada e sugerida por Meira (1994, p. 62), quando em investigação da atividade matemática de crianças durante sessões de resolução de problemas. A partir da descrição feita por Meira sobre tais estratégias de organização de

dados, um esquema (Figura 9) que revela as seis etapas que compõem a estrutura de análise foi elaborado.

Figura 9 – Estrutura de organização dos dados para análise microgenética



Fonte: Elaborada pela autora.

A primeira etapa (Figura 9) diz respeito à familiarização com os dados e caracterização da atividade, o que exige do investigador que assista aos vídeos por completo, várias vezes e sem interrupção, fazendo anotações, ainda que preliminares, sobre os eventos identificados, os quais deverão ter relação com o problema de pesquisa; a segunda consiste na criação do índice de eventos. Esse deve ser feito a partir das observações e anotações realizadas na primeira etapa; a terceira marca o início da análise interpretativa mais rigorosa feita ao identificar, no índice, os eventos correlatos ao problema de pesquisa; a quarta consiste na descrição dos acontecimentos, acompanhados de gestos dos sujeitos e da transcrição detalhadas dos áudios referentes aos eventos selecionados na terceira etapa. Essas transcrições não substituem o vídeo, mas dão suporte à análise minuciosa dele. Entenda-se por transcrição a descrição dos acontecimentos, ações e gestos presentes nos vídeos, acompanhados da transcrição do áudio; a quinta etapa consiste em assistir reiteradamente os episódios, com análise exaustiva das transcrições, visando interpretações coerentes dos microprocessos correlatos à atividade e a caracterização sólida dessa; por fim, a sexta etapa destina-se à divulgação dos resultados e da apresentação de interpretações ilustradas por modelos advindos dos vídeos e transcrições analisados.

Tais ilustrações favorecem o entendimento do leitor aos aspectos teóricos abordados pelo investigador, mas também oportunizam interpretações outras, oriundas do leitor. Vale

ressaltar que o conteúdo de diários de bordo, elaborado a partir de observações diretas, produções dos licenciandos e histórico de uso dos ambientes a distância podem ser úteis para complementar as análises referentes aos vídeos.

3.6 ASPECTOS ÉTICOS DA PESQUISA

Os experimentos realizados em cada estudo proposto dependeram da autorização dos participantes da formação em fornecer seus dados produzidos durante a vivência na MOI, por meio da aplicação de técnicas de coleta de dados. As técnicas são: vídeo-gravação, aplicação de questionário, captura de tela de computador, entrevista e observação. Os dados analisados passam pela concordância dos estudantes. Garante-se a preservação do sigilo e a privacidade dos participantes observados e filmados.

Por se tratar de uma pesquisa a ser realizada como atividade de uma disciplina, a autorização é solicitada sobre o uso dos dados para pesquisa apenas após o final do período letivo da disciplina com todas as notas entregues. No início, é feita a solicitação de filmagem, principalmente por serem eles recursos utilizados por eles para sua atividade da disciplina.

4 O ESTUDO PRELIMINAR

Este capítulo está dividido em quatro seções. Na primeira, apresenta-se o estudo preliminar, objetivos para os quais esse foi criado e sua metodologia. Na segunda, discorre-se sobre os sujeitos e campo de pesquisa, assim como os critérios de escolha que foram adotados, e apresenta-se o *design* da MOI, criado e testado em situação de formação de mestrandos. Na terceira, são revelados o método de coleta de dados a partir de uma estrutura que informa as técnicas e os instrumentos de coleta utilizados, além dos sujeitos e da função desenvolvida por cada um durante a coleta são evidenciados. Na quarta e última seção, apresentamos o método de análise de dados, pautado na Análise Microgenética associada à Videografia e a estrutura de análise. Essa favorece o desenvolvimento de instrumentos de análise, em conformidade com a natureza dos dados coletados.

4.1 O CONTEXTO DO ESTUDO PRELIMINAR

O estudo preliminar foi desenvolvido para apresentar o modelo teórico Orquestração Instrumental a estudantes da disciplina de Metodologia da Pesquisa de um curso de mestrado. Como já informado, no texto introdutório deste trabalho, objetivava-se que esses mestrandos pudessem se apropriar dos elementos teóricos que fundamentam esse modelo. Buscava-se, ainda, fazer com que os mestrandos reconhecessem técnicas de pesquisa (coleta e análise) que podem ser utilizadas no desenvolvimento do método, haja vista o modelo não ter um método próprio.

À medida que o *design* de formação era desenvolvido, percebeu-se a relevância de se criar um modelo de formação fundamentado no modelo da orquestração instrumental, e, para o ensino desse modelo, nasce então o modelo MOI. Assim, foi iniciado um processo de concepção e de testes (estudo preliminar e estudo principal) na perspectiva de validar a MOI como modelo teórico. Trata-se de um campo fértil ao desenvolvimento e execução de situações teórico-prática-reflexiva para a formação, presencial e/ou distância, de professor de matemática. O uso da OI norteou escolhas rumo à criação de um *design* específico para o modelo desenvolvido e refinado, considerando as duas testagens realizadas. O *design* da MOI possui uma estrutura flexível e passível a adaptações.

Inspirado no *design Experiments* (BROWN, 1992; COLLINS, 1990), que contribuiu para direcionar a concepção, os testes e o processo de validar e refutar nossas conjecturas sobre MOI e seu *design*. A escolha pelo *design Experiments* se deu essencialmente por dois motivos:

- a) a possibilidade de usar o modelo teórico Orquestração Instrumental para conceber um *design Experiments* específico para o modelo que se desejava desenvolver – a MOI;
- b) a possibilidade de experimentação, teste, validação e redesign da MOI numa perspectiva de refinamento e de expansão desse modelo teórico que o fundamenta.

4.1.1 Objetivo geral do estudo preliminar

Conceber e testar uma MOI, para a formação teórico-prática-reflexiva de professor de matemática sobre a Orquestração Instrumental, na perspectiva do refinamento do modelo que se pretende validar.

4.1.2 Objetivos específicos

- a) Conceber uma MOI, para a formação teórico-prática-reflexiva de professor de matemática, sobre a Orquestração Instrumental;
- b) testar uma MOI na perspectiva do refinamento do modelo teórico em desenvolvimento;
- c) analisar os resultados advindos da execução de uma MOI, na perspectiva de validar ou refutar aspectos que a compõem;
- d) caracterizar as contribuições resultantes do estudo preliminar para o refinamento do modelo MOI.

4.2 MÉTODO

Uma MOI criada foi vivenciada em uma turma da disciplina de Metodologia de Pesquisa de um curso de Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica, visando à formação de mestrandos sobre Orquestração Instrumental (OI) e às metodologias de pesquisa utilizadas.

4.2.1 Sujeitos e campo de pesquisa

A experimentação teve como sujeitos os participantes da aula, com a participação efetiva de 23 mestrandos e duas professoras pesquisadoras, em uma sessão que durou 4 h/a. Pela própria natureza interdisciplinar do referido curso de mestrado em que se realizou o experimento, era esperado que os mestrandos participantes deste estudo tivessem formação superior diversa. Os sujeitos e campo de pesquisa não foram escolhidos, tornaram-se sujeitos após a aula. Isso se deve ao fato da pesquisa emergir a partir de um convite recebido pela autora desta tese, das professoras da referida disciplina, que objetivavam uma discussão, com os 28 mestrandos matriculados, sobre a Orquestração Instrumental.

Embora a OI não seja uma metodologia, há sempre uma necessidade do desenvolvimento de um método que atenda aos objetivos da pesquisa dos que a utilizam. Assim, as professoras da disciplina desejavam que os mestrandos conhecessem, na teoria e na prática, a OI, entretanto evidenciando a metodologia utilizada, especialmente, para essa vivência.

O convite das professoras foi motivado pelos trabalhos que a autora desta pesquisa vem desenvolvendo sobre a OI, nos quais se incluem sua dissertação de mestrado (COUTO, 2015), entre outros trabalhos já publicados dentro dessa temática.

Ao final da aula ministrada, foi solicitado formalmente aos estudantes o uso dos dados gerados durante a aula para a pesquisa. Todos os participantes concordaram em ceder os dados, após a explicação sobre o uso desses e dos objetivos da pesquisa.

Para favorecer a fluidez da leitura, serão utilizadas algumas abreviações: OI, orquestração instrumental; EA, estudante-ator; EO, estudante-observador; e F, formadora. Enquanto sujeitos de pesquisa, os mestrandos são denominados estudantes (ator ou observador), ou seja, trata-se de, em alguns momentos, identificá-los a partir da função que exerceram durante o experimento. As pesquisadoras e professoras da disciplina também são identificadas pela função, formadoras.

4.2.2 O *design* da metaorquestração instrumental

No estudo preliminar, pensou-se a MOI para a formação teórico-prática sobre a OI e sobre metodologias de pesquisa para os mestrandos em Educação Matemática e Tecnológica, consideraram-se dois critérios:

- a) promover uma vivência prática de uma OI para uma dada situação matemática, a fim de revelar o modelo como suporte ao desenvolvimento de situações de ensino;
- b) contemplar a formação dos mestrandos sobre metodologias para pesquisar orquestrações instrumentais.

Esperava-se que os mestrandos, ao final da formação, trouxessem à tona o entendimento sobre a OI experimentada e observada na resolução da situação matemática:

- a) os princípios de uma orquestração instrumental;
- b) a relação entre artefato e instrumento;
- c) os diferentes processos de gênese instrumental;
- d) a relação entre a situação e os recursos escolhidos para a aula;
- e) a importância da gestão de recursos para o sucesso de uma OI;
- f) a relação entre conhecimento matemático, conhecimento do *software* e da geometria dinâmica.

A Figura 10 é um panorama geral do *design* da MOI usado neste estudo preliminar. O *design* foi elaborado com base nos princípios da Orquestração Instrumental: configuração didática, modo de execução e performance didática. A configuração didática e o modo de execução compõem o planejamento; já a *performance* didática revela muito do planejado e do que foi mudado. Lucena, Gitirana e Trouche (2016) discutem aspectos do primeiro teste do *design* da Metaorquestração.

Figura 10 – Metaorquestração instrumental do estudo preliminar



Fonte: Lucena, Gitirana e Trouche (2016, p. 6).

Assim, estruturou-se o *design* da metaorquestração como a composição de quatro orquestrações instrumentais (OI₁, OI₂, OI₃, OI₄) articuladas entre si. As orquestrações OI₁ e OI₂ ocorrem simultaneamente, com duração prevista de uma hora e meia. As demais orquestrações,

OI₃ (duração de uma hora) e OI₄ (duração de uma hora e meia) ocorrem de forma sequencial. Percebeu-se, então, a existência de uma configuração maior que engloba a composição, a qual vai sendo construída ao longo dos estudos, a metaconfiguração didática.

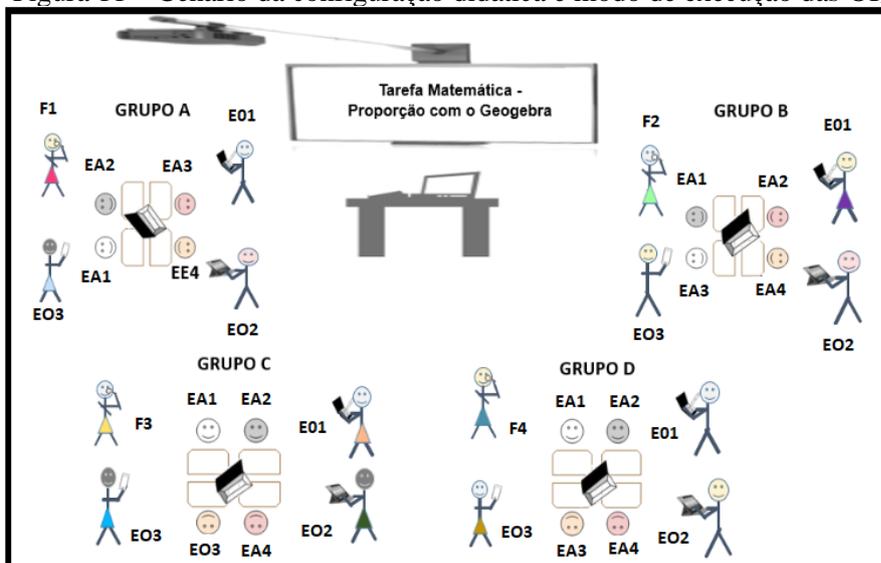
A turma tinha 28 estudantes matriculados; logo, planejou-se o seguinte para as orquestrações OI₁ e OI₂:

- a) os estudantes (mestrandos) são divididos em quatro grupos (A, B, C, D), cada um com sete estudantes e uma formadora (professora/pesquisadora) em sua composição;
- b) para a execução da situação matemática, cada grupo escolhe quatro de seus integrantes para ser estudantes-atores (EA₁, EA₂, EA₃, EA₄);
- c) três dos sete componentes do grupo assumem a função de estudantes-observadores (EO₁, EO₂, EO₃), os quais devem se dividir para realizar um dos três tipos de técnicas de coleta de dados indicadas pelas formadoras. As técnicas são: observação não estruturada por meio do registro cursivo, observação estruturada por meio da filmagem, assumindo o papel de apoio técnico, e entrevista por meio da aplicação de questionário, assumindo o papel de entrevistador. Vale salientar que o estudante na função de observador não deve interagir com os participantes de seu grupo, durante o experimento, exceto o entrevistador que fará as perguntas, porém sem intervir nas respostas do entrevistado;
- d) as duas professoras da disciplina e as duas pesquisadoras assumem a função de formadoras (F₁, F₂, F₃, F₄), para observar a atuação de cada grupo como um todo e realizar a filmagem do trabalho dos grupos. Também orientam a coleta de dados e explicam como cada estudante-observador deve proceder.

A OI₁ possui uma configuração didática pensada para dar suporte à resolução da situação matemática que tem caráter prático e focada no conhecimento matemático integrado às tecnologias disponibilizadas. Já a OI₂ dá suporte à realização da situação proposta que diz respeito aos métodos de pesquisa com técnicas e instrumentos de coleta de dados. A OI₂ tem caráter prático e centrado nas ações instrumentadas dos estudantes-observadores, ao investigar os colegas realizando a situação matemática na OI₁. Os dados gerados na execução da OI₁ servem como artefatos para a OI₂. Como metaconfiguração didática, já se percebe o imbricamento das duas orquestrações, e a integração entre protocolos de uma e artefatos da outra.

A Figura 11 apresenta o cenário da configuração didática e do modo de execução planejados das OI_1 e OI_2 .

Figura 11 – Cenário da configuração didática e modo de execução das OI_1 e OI_2



Fonte: Lucena, Gitirana e Trouche (2016, p. 7).

Podem-se observar na figura os seguintes elementos da configuração didática da OI_1 e da OI_2 : sujeitos, artefatos, ambiente didático, elementos de gestão da sala de aula, papéis e funções. Quanto ao modo de execução, dessas duas orquestrações, os estudantes devem assumir um papel ativo, enquanto as formadoras assumem um papel mais passivo, atuando como observadoras do trabalho dos estudantes, dando suporte apenas quando solicitado. Espera-se que esses estudantes reflitam sobre os métodos de coleta de dados, pois é importante à disciplina de Metodologia de Pesquisa, mas também sobre as etapas e princípios da OI , tais como processos de instrumentação e instrumentalização, a importância de cada recurso e da gestão desses na execução da situação e a relevância dos esquemas. Essas reflexões são essenciais para as fases seguintes em que todos os estudantes assumem uma mesma função.

Após a execução das OI_1 e OI_2 , inicia-se a OI_3 , cuja situação visa fomentar uma discussão sobre a OI . De sua configuração didática e modo de execução, destaca-se o compartilhamento prévio com todos os estudantes de um texto para a realização de leitura introdutória sobre a OI . E ainda, a apresentação com *slides*, feita pelo professor, para conduzir a discussão com os estudantes.

O modo de execução é marcado pelo caráter articulador que evoca os elementos para se fazer entender os aspectos práticos, vivenciados na OI_1 e OI_2 . A OI_3 é centrada na ação do

professor, o qual provoca os estudantes à discussão e procura fazer com que esses estabeleçam relações entre às práticas realizadas nas OI_1 e OI_2 com os fundamentos teóricos lidos e que estão sendo colocados em pauta para discussão.

Na sequência, tem-se a execução da OI_4 . A situação de formação dessa orquestra consiste na análise coletiva dos dados obtidos nas OI_1 e OI_2 , para discussão coletiva à luz do que foi estudado na OI_3 . A configuração didática nessa orquestração reagrupa os estudantes para que analisem os dados coletados por meio dos instrumentos utilizados nas OI_1 e OI_2 para coleta. Após, segue-se a apresentação da análise de um grupo, discussão e reflexão sobre essa, com toda turma e formadoras. Cada grupo apresenta suas análises da situação, as quais são discutidas. O modo de execução revela o caráter teórico-prático-reflexivo dessa orquestração em relação à OI ; o trabalho coletivo dos grupos em analisar e refletir sobre os dados que ora produziram, ora coletaram.

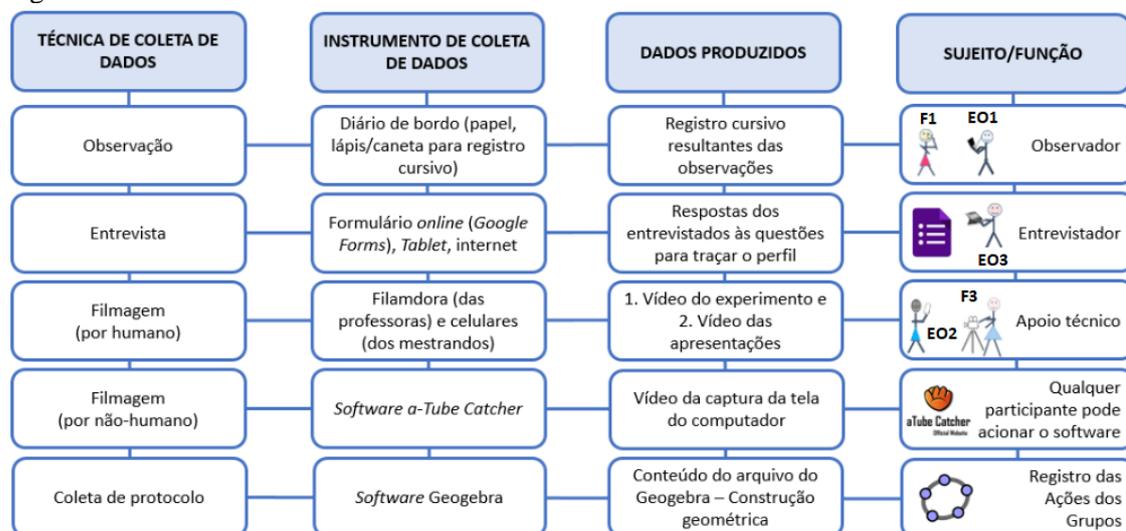
4.2.3 Coleta dados da MOI

Aos mestrandos na função de estudante-observador (EO), couberam as diferentes tarefas de coleta de dados do experimento realizado por seu grupo. Os dados coletados pelos EO, assim como vídeos da câmera e as observações feitas pelas formadoras, são dados da pesquisa que foram analisados.

Para isso, construiu-se uma estrutura de coleta de dados (Figura 12), a qual detalha as técnicas e os instrumentos de coleta de dados utilizados pelos estudantes-observadores da OI_2 :

- a) o questionário estruturado aplicado para traçar o perfil dos estudantes-atores da OI_1 ;
- b) a observação e diário de bordo relativo ao experimento da OI_1 ;
- c) a filmagem das ações dos estudantes-atores ao resolverem a situação matemática no experimento da OI_1 ;
- d) a captura de tela (em vídeo) como importante instrumento para pesquisas com o uso de recursos computacionais.

Figura 12 – Estrutura de coleta de dados – Estudo Preliminar



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 12, pode-se observar, além das técnicas de coletas de dados, os respectivos instrumentos de coleta utilizados. Para observação, foi sugerido o uso do diário de bordo (papel e caneta/lápis) para registrar as interações e ações dos EO. Quanto à entrevista, um formulário previamente elaborado pelas formadoras foi aplicado, com a finalidade de traçar o perfil dos estudantes-atores no que concerne a sua formação e conhecimentos relativos ao uso de tecnologias digitais, inclusive de *softwares* de geometria dinâmica, a exemplo do GeoGebra. O formulário aplicado foi elaborado no *GDrive* e estava na versão *on-line*.

Já para realização da filmagem, foi sugerido o uso de celulares (Figura 12). Outra forma de filmagem adotada foi a captura de tela por meio do *software aTube Catcher*, capaz de filmar a tela do computador e todas ações realizadas nesse, inclusive o áudio do usuário e os movimentos do cursor do mouse. Esse instrumento de coleta não necessita de acompanhamento, como ocorre na filmagem por dispositivos. Basta ao usuário o download do aplicativo, a escolha dos requisitos de funcionamento, iniciar e finalizar a captura, de forma manual ou programada, quando assim o desejar.

Todos os dados coletados compõem um banco de dados resultantes do planejamento, execução e análise das orquestrações instrumentais que compõem a MOI. E estão arquivados no *Google Drive*, em posse exclusiva da autora deste trabalho e de seus orientadores. As anotações, formulários, fotos e os vídeos resultantes das filmagens e capturas de telas foram compartilhados com todos os participantes de cada grupo que os produziu, a partir da

autorização prévia para tal. A análise desses dados foi autorizada pelos participantes deste Estudo Preliminar, sendo resguardadas a identidade e imagem desses.

4.2.4 Método de análise dos dados da MOI

Os dados coletados durante a execução da MOI são resultantes das informações contidas nas anotações do observador, nas filmagens realizadas por estudantes e formadoras e, também, pelo *software aTube Catcher* (captura de tela). Tais dados foram produzidos nas orquestrações OI₁, OI₂ e OI₃. Algumas questões inviabilizaram a coleta de dados na OI₄ e, por isso, embora sua descrição tenha sido feita dada sua relevância na MOI, essa não será analisada integralmente.

A técnica de análise microgenética associada à videografia foi escolhida para nortear as análises dos dados coletados. Essa técnica propõe, segundo Meira (1994), um estudo minucioso dos eventos identificados e selecionados dos vídeos produzidos e assistidos reiteradamente, de forma que tais eventos selecionados tenham relação estreita com as questões de pesquisa que se deseja responder.

Dessa forma, buscou-se seguir a estratégia sugerida por Meira (1994) para estruturar as análises dos dados:

- a) familiarização com os dados e caracterização da atividade;
- b) criação do índice de eventos relevantes à pesquisa;
- c) análise interpretativa e rigorosa dos eventos correlatos ao problema de pesquisa;
- d) transcrições literais dos áudios e descrições detalhadas das ações, gestos dos sujeitos presentes nos eventos selecionados;
- e) assistir reiteradamente os episódios, apoiado pela análise das transcrições/descrições, e interpretar os eventos correlatos à atividade e à caracterização sólida dessa;
- f) divulgação dos resultados, se possível com ilustrações das interpretações realizadas.

As anotações resultantes de observações, feitas em diários de bordo, podem ajudar a complementar as análises.

4.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DO ESTUDO PRELIMINAR

Nesta seção, são descritas, detalhadamente, as quatro orquestrações instrumentais que compõem a MOI, evidenciando a configuração didática, o modo de execução e a *performance*

didática de cada uma delas. Também são descritas as situações matemática/formação de cada orquestra que compõem a MS.

Para favorecer a leitura e entendimento sobre o que foi planejado (configuração didática e modo de execução) e os resultados alcançados com a operacionalização de cada orquestra da metaorquestração (*performance* didática), optou-se por fazer a descrição de cada orquestra, seguida dos resultados e análise dos resultados alcançados.

Na primeira subseção, tem-se a descrição da OI_1 e da situação matemática a partir de uma breve discussão sobre os conceitos de proporção e simetria correlatos à situação. Em seguida, discute-se a análise microgenética da OI_1 , nos dados coletados na OI_2 . O foco dessa análise está na gênese instrumental dos estudantes-atores.

Na segunda seção, há uma descrição minuciosa da OI_2 e da situação de formação. Intenciona-se revelar tal orquestração como artefato suporte da OI_1 . Além disso, a OI_2 é um artefato para metaorquestração, visto que os dados coletados a partir da realização da situação proposta servirão à formação e às análises que buscam validar o modelo teórico em foco.

Na terceira seção, segue-se à descrição e à análise dos dados coletados na OI_3 . Essa se refere à discussão entre os estudantes e formadoras, com base na experiência teórico-prática, iniciada na leitura prévia de um texto sobre a OI e vivenciada na OI_1 e OI_2 .

4.3.1 Orquestração instrumental 1 – OI_1

A OI_1 foi especialmente desenvolvida para que os mestrandos vivenciassem os conceitos fundamentais da OI , tais como: a noção de artefato, instrumento, esquemas de uso e gênese instrumental. A noção de situação, para qual a orquestração é criada. Assim, inicialmente, serão apresentados e discutidos a situação matemática e, em seguida, os elementos da OI_1 .

4.3.1.1 A situação matemática da OI_1 .

A definição da situação matemática OI_1 foi um verdadeiro desafio para as formadoras, considerando que foi previsto que os mestrandos tinham formações diferentes, dada a natureza do curso de mestrado. Dessa forma, o conceito matemático proporção foi escolhido como essencial para se modelar a situação matemática da OI_1 . Além desse conceito, outros seriam explorados, tais como simetria. Os conceitos demandados são estudados no Ensino

Fundamental; logo, são básicos e comuns à formação escolar de todos os participantes da formação.

Além disso, foi definido que a situação deveria ser realizada em um *software* de geometria dinâmica. A articulação entre os dois conceitos baseou-se em Hoyles et al. (1991), em que os pesquisadores utilizam e experimentam a situação de construção de um boneco com o programa LOGO, respeitando as proporções do corpo humano, até a construção de um programa para bonecos de todos os tamanhos com a manutenção da semelhança entre eles, com base no que Laborde et al. (1993, p. 48) discutem sobre a diferença entre desenho e figura, salientando a importância da ferramenta de arrasto na Geometria Dinâmica.

Figuras podem ser vistas como assumindo o papel da realidade em relação à teoria, bem como assumindo o papel de modelo para a teoria geométrica. Alguns fatores materiais do espaço físico real são modelados pela geometria e expressos na teoria por afirmações (em linguagens natural ou mais formal). Mas essas afirmações podem novamente ser representadas em forma material como o traçado do espaço físico em 2D.

A noção de figura geométrica refere-se a essa última forma, que é resultado do processo de teorização seguida do processo de materialização. Como representação material (desenho), a figura dá origem à impressão visual enquanto aponta para conceitos. Para considerar esse papel dual, desenho e figura são distinguidos. Desenho refere-se à entidade material, enquanto figura refere-se ao objeto teórico ou, como observa Parzys (1988, p. 80): “Figura é o objeto geométrico que é descrito pelo texto que o define”. Assim, decidiu-se por oferecer o desenho do boneco (Figura 13), para que os estudantes se mantivessem com um boneco simples, com foco nas razões entre os comprimentos das partes do boneco.

Figura 13 – Situação matemática da OI – Construção de um boneco no GeoGebra

Construa um boneco (cabeça, tronco e membros inferiores e superiores), com vista frontal.

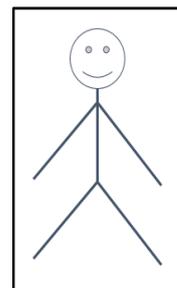
Condições:

I – Escolha uma pessoa do seu grupo como **modelo** e verifique a **razão** entre a altura de sua cabeça e maior comprimento de seu corpo (tronco e membros);

II – Construa o desenho de um corpo humano no software de geometria dinâmica **GEOGEBRA**;

III – A **simetria** entre os lados direito e esquerdo do corpo e as **razões** estabelecidas devem ser respeitadas mesmo se **ampliarmos** ou **diminuirmos** qualquer parte do corpo.

IV – O **tempo** para conclusão da atividade é de **30min**.



Fonte: Lucena, Gitirana e Trouche (2016).

Os primeiros conhecimentos envolvidos foram: (I) *razão entre as medidas de comprimentos*. Sugeriu-se a adoção de um modelo vivo, sem fornecer instrumentos de medição. A hipótese é que a falta de indicação de um instrumento favorece a discussão da diferenciação entre artefato e instrumento, pois levaria os estudantes à busca de diferentes artefatos e à transformação de artefatos em diferentes instrumentos.

A instrução (II) solicita a construção do boneco, com as condições (III), que exigem simetria e invariância das razões obtidas. Escolheu-se por não orientar os tipos de ferramentas que os estudantes poderiam utilizar, ficando por conta de seus conhecimentos do GeoGebra e da Geometria. Assim, diferentes experiências entre artefatos e situações seriam vivenciadas, para o enriquecimento das discussões sobre a OI traçada.

A condição de manutenção da proporção, ao se arrastar qualquer das partes do boneco, explora o aspecto dinâmico do *software* com o uso de construção de uma figura que não se deforme ao se ampliar qualquer das partes a qual põe o estudante a pensar sobre as propriedades que definem um objeto geométrico. Eles podem utilizar a circunferência como objeto geométrico base para manutenção das distâncias, por exemplo, assim como utilizar a translação dos segmentos. Assim, a resolução dos estudantes trará oportunidade para observação e discussão da relação entre conhecimento matemático, artefato, instrumento e formação do aluno em uma configuração didática.

No enunciado da situação matemática a seguir (Figura 14), pode-se perceber uma nítida articulação entre diferentes conhecimentos matemáticos, de diferentes blocos de conteúdos, além dos inerentes à geometria dinâmica e ao *software* indicado. Para o entendimento e resolução dessa situação matemática, espera-se que sejam evocados os conceitos matemáticos: proporção e simetria.

Figura 14 – Enunciado da situação matemática

“Construa um boneco (cabeça, tronco e membros inferiores e superiores) com vista frontal. (I) Escolha uma pessoa do seu grupo como modelo e verifique a razão entre a altura de sua cabeça e maior comprimento de seu corpo (tronco e membros); (II) Construa o desenho de um corpo humano no software de geometria dinâmica Geogebra (III) A simetria entre os lados direito e esquerdo do corpo e as razões estabelecidas devem ser respeitadas mesmo se ampliarmos ou diminuirmos qualquer parte do corpo.”

Fonte: Elaborada pela autora.

O recurso da Geometria Dinâmica, conjuntamente com a solicitação do boneco ser ampliado e/ou reduzido sem deformação (II), atribui à situação matemática a perspectiva do trabalho com as construções geométricas. Essas são feitas a partir das propriedades das figuras, com o controle da razão entre comprimentos de suas partes e da simetria entre os dois lados. O *software* permite que a situação se concentre em um trabalho com as figuras geométricas em vez de com o desenho em si.

No que concerne à (I) determinação da razão, o estudante estará diante de uma situação de medição de comprimentos, a partir do qual obterá sempre um número racional, aproximação da medida real, e que “[...] em consequência podemos sempre definir a razão de duas delas como o quociente de suas grandezas” (ÁVILA, 1986, p. 1). A palavra razão tem origem latina, *ratio*, que significa a divisão ou o quociente entre dois números a e b , representado por $a:b$ ou ainda, a/b , sendo que ambas as formas devem ser lidas “ a está para b ”.

Na matemática escolar, comumente, tem-se definido razão entre números como o quociente de um número por outro diferente de zero. Essa ideia de razão cumpre um papel importante no estudo das proporções. A palavra proporção, também, emana do latim *proportione*, relação entre as partes de uma grandeza, relação entre duas razões em situação de igualdade. Dessa forma, pode-se representar a proporção entre as razões, a/b e c/d , por meio da igualdade: $a/b = c/d$.

Logo, apresentamos a definição de proporcionalidade direta, cujo entendimento é necessário à resolução da situação proposta. Para isso, usaremos a definição apresentada por Ávila (1986, p. 1), especialmente, pelo fato de este atribuir à proporção uma perspectiva algébrica, a partir do uso do termo ‘variáveis’, além da comumente utilizada ‘grandezas’ correlata às estruturas multiplicativas.

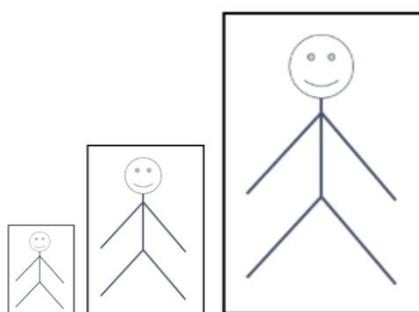
Definição 1. *Diz-se que duas variáveis (ou grandezas) x e y são proporcionais – mais especificamente, diretamente proporcionais – se estiverem assim relacionadas:*

$$y = kx \text{ ou } y/x = k,$$

onde k é uma constante positiva, chamada constante de proporcionalidade.

Há razões entre comprimentos de diferentes partes do corpo humano que atribui a esse certa harmonia. A menos de pequena variação, as mesmas razões aparecem nas nas pessoas em geral. Essas razões serão base para a construção do desenho de um boneco. Conjuntamente, com noções de construções geométricas que preservem tais razões, garantirão a ampliação e a redução proporcional das partes do corpo do boneco (Figura 15), sem que haja deformações ao ampliar/reduzir qualquer de suas partes (braços e pernas).

Figura 15 – Ilustração da ampliação e redução das partes do corpo do boneco



Fonte: Elaborada pela autora.

No processo de construção do boneco, surge outro conceito importante na elaboração do desenho, o de simetria (III). Ao observar o desenho dado como modelo (Figura 15), é muito provável que o estudante consiga perceber o segmento que representa o tronco como parte de um eixo de simetria, a partir do qual se deve buscar garantir a congruência e espelhamento entre as partes do corpo (braços, pernas, por exemplo).

A palavra simetria origina do grego (*sin* = com e *métron* = medida). Segundo o Guia do Livro Didático:

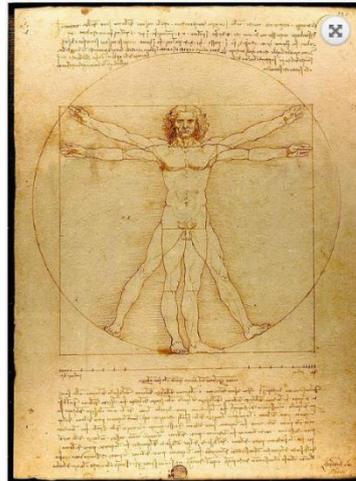
Do ponto de vista matemático, mas não formal, o conceito de simetria envolve três noções básicas: um conjunto de elementos; uma transformação “interna” desse conjunto em si mesmo; a existência de um subconjunto desse conjunto maior que fica invariante quando submetido a tal transformação. Os exemplos mais simples de simetria surgem na geometria, nos casos em que o conjunto mencionado é o plano, a transformação é uma de suas isometrias e o subconjunto em causa é uma figura simétrica em relação a tal isometria. Mais particularmente, se a isometria é a reflexão em relação a uma reta (eixo de simetria), diz-se que a figura possui simetria de reflexão [...] (BRASIL, 2006, p. 33).

De acordo com a definição anteriormente apresentada, a situação matemática em foco, verifica-se um caso de simetria, cuja isometria é a de reflexão em relação a uma reta

denominada eixo de simetria. Dessa forma, a construção geométrica do boneco deve ter uma simetria de reflexão.

Além do conhecimento matemático propriamente dito, a noção intuitiva que o estudante tem do próprio corpo, enquanto ‘objeto simétrico’, pode orientá-lo ao uso do conceito de simetria. É sabido que existem pequenas diferenças entre as medidas de um lado e do outro do corpo humano, as quais são observáveis a partir de sua medição. Um exemplo clássico dessa relação entre simetria e parte do corpo humano é o desenho *O Homem Vitruviano* (Figura 16), criado por Leonardo da Vinci por volta de 1487, inspirado no trabalho do arquiteto Vitrúvio Pollio.

Figura 16 – O Homem Vitruviano de Leonardo Da Vinci

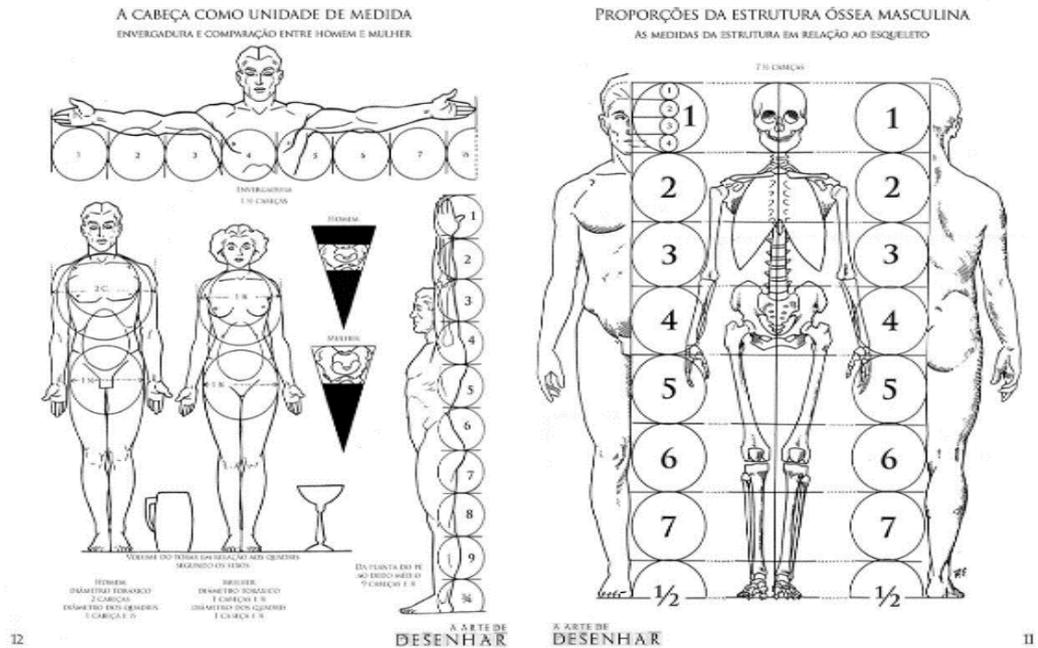


Fonte: <http://www.leonardodavinci.net/>

O estudo de simetria dos templos de Vitrúvio apresenta uma proporção que relaciona partes do corpo humano, mas que provoca significativa “diferença entre a natural harmônica corporal” (SANTOS, 2007, p. 4). As críticas à regra de Vitrúvio faz com que Leonardo da Vinci reduza as razões apresentadas.

Vitrúvio apresenta a proporção entre as partes do corpo tal qual a cabeça seria $1/8$ da altura do corpo, os pés seriam $1/6$ do corpo e a face $1/10$ do corpo, Mas, Da Vinci as modifica, e define a largura do busto como $1/4$ da altura do corpo, cuja razão aplica-se sobre os ombros; o pescoço de $1/15$ do corpo humano para $1/24$ e o pé de $1/6$ da altura do corpo para $1/7$. (SANTOS, 2007, p. 4).

Figura 17 – As proporções da estrutura óssea masculina



Fonte: SILVA (2012, p. 11).

Até os dias de hoje, ainda se utiliza da técnica de desenho que estabelece as razões proporcionais de partes do corpo humano, buscando a garantia da simetria e semelhança dessas. Um exemplo disso pode ser observado na Figura 17, pertencente à obra *A Arte de Desenhar – Proporções do Corpo Humano*.

Na Figura 18, pode-se perceber que a técnica de desenho apresentada consiste em traçar uma linha vertical ao desenho de um corpo humano, a qual irá representar o eixo de simetria. Essa vai da cabeça, passa pelo nariz e pelo tronco do corpo até o espaço entre os pés. Essa linha deverá nortear o traçado do desenho das partes simétricas que estão no lado direito e esquerdo do corpo. Pode-se perceber, ainda, o desenho de círculos que se tangenciam, traçados paralelamente à linha vertical, estabelecendo a cabeça como unidade de medida, como podemos observar:

Figura 18 – A cabeça como unidade de medida
A CABEÇA COMO UNIDADE DE MEDIDA
ENVERGADURA E COMPARAÇÃO ENTRE HOMEM E MULHER



Fonte: Silva (2012, p. 12).

Assim, o comprimento dos braços seria de três cabeças, ou seja, a razão entre a medida da cabeça e a medida do comprimento do braço seria de $1/3$. Se voltar à Figura 16, pode-se determinar o comprimento de cada parte do corpo, considerando a cabeça como unidade de medida. Ainda que a unidade de medida não seja convencional, propor situações matemáticas que fomentem tais experimentações entre os estudantes é muito relevante no estudo das grandezas geométricas articulado a outras áreas do conhecimento.

A situação matemática é então traçada em sintonia com o recurso a ser utilizado, de forma a contribuir para que o estudante possa:

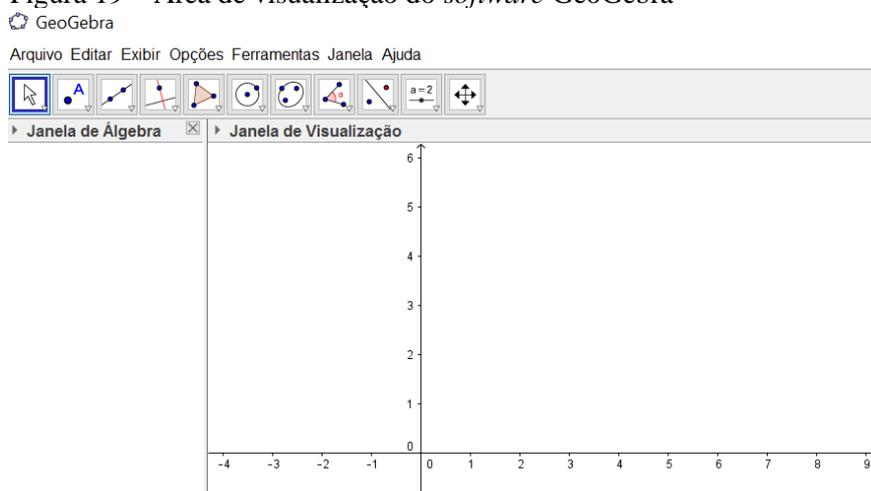
- a. **Do raciocínio proporcional:** observar a variação entre grandezas, estabelecendo relação entre elas e construir estratégias de solução para resolver situações que envolvam a proporcionalidade; resolver situações-problema que envolvam a variação de grandezas direta ou inversamente proporcionais, utilizando estratégias não-convencionais e convencionais.
- b. **Da competência métrica:** ampliar e construir noções de medida, pelo estudo de diferentes grandezas, utilizando dígitos significativos para representar as medidas, efetuar cálculos e aproximar resultados de acordo com o grau de precisão desejável; resolver problemas que envolvam diferentes grandezas, selecionando unidades de medida e instrumentos adequados à precisão requerida.
- c. **Do pensamento geométrico:** resolver situações-problema que envolvam figuras geométricas planas, utilizando procedimentos de ampliação e redução; produzir e analisar transformações e ampliações/reduções de figuras geométricas planas, identificando seus elementos variantes e invariantes, desenvolvendo o conceito de congruência e semelhança.(BRASIL, 1998, p. 33).

A construção realizada pelo aluno pode ser validada por meio da ferramenta de arrasto do *software*. Ao arrastar qualquer parte do boneco, a construção deve resistir, mantendo o objeto geométrico com as proporções e simetria. Esse aspecto da situação, conjuntamente com o artefato, a torna uma situação com validação interna à situação. Se esses são objetivos que se buscam alcançar no ensino dos conceitos que aqui são discutidos, não se pode ignorar que a situação matemática que os relaciona deverá ser desenvolvida por meio de uma técnica diferente das exemplificadas anteriormente – desenho geométrico.

É preciso considerar que todos os conhecimentos matemáticos apresentados podem ser evocados pelo estudante e contribuir para a resolução da situação, e o mesmo não ocorre quando tentar resolvê-la no *software* de geometria dinâmica, uma vez que, além dos conhecimentos específicos, será preciso realizar a transposição desses conhecimentos à luz da geometria dinâmica. Conhecer as ferramentas do *software* (Figura 19) e suas funções, relacionadas à

matemática aplicada, é indispensável para o desenvolvimento de estratégias de resolução possíveis e corretas.

Figura 19 – Área de visualização do *software* GeoGebra



Fonte: Elaborada pela autora.

É preciso pensar que ferramentas do GeoGebra estarão à disposição dos estudantes para que resolvam a situação, a partir dos conhecimentos específicos que possuem e de forma integrada ao *software*. O *software* oferece ferramentas que dispensam, por exemplo, a determinação da razão com uso das medidas do corpo humano.

4.3.1.2 A configuração didática da OI₁

Uma vez definida a situação, inicia-se o processo de planejamento da configuração didática e do modo de execução da orquestração. Ao planejar a OI₁, buscou-se garantir o suporte a uma classe de estudantes explorando conteúdos matemáticos por meio do uso de um *software* de geometria dinâmica.

A gestão dos recursos:

Um dos elementos mais relevantes à configuração didática é a gestão dos recursos humanos, ou seja, dos que participam da OI e dos artefatos disponibilizados no ambiente da sala de aula. Ao orquestrar o ensino, a tecnologia suporte deve ser escolhida em consonância com a situação matemática e não o contrário. Isso porque, enquanto a situação é determinante para escolha da tecnologia, para a formação do professor de matemática sobre a integração de tecnologia digital, a tecnologia deve ser determinante para realização da situação, sem a qual o estudante não conseguirá resolvê-la.

A gestão dos sujeitos:

Outro elemento de gestão são os sujeitos, o processo de gestão dos participantes (mestrandos e professoras), seus papéis e funções na OI₁. Quatro grupos (A, B, C, D) devem ser formados a partir da escolha dos mestrandos, cada um com sete componentes e uma professora/pesquisadora em sua composição. Quanto à execução da situação matemática, cada grupo escolhe quatro de seus integrantes para assumir o papel de estudantes-atores (EA). As professoras/pesquisadoras presentes assumem o papel de formadoras (F). Em relação à OI₁, a função das formadoras consiste em dar suporte sempre que solicitado pelos estudantes-atores, ou quando acharem pertinente a intervenção/mediação.

A gestão das tecnologias:

Para cada grupo de estudantes-atores, a é disponibilizado um *notebook* com acesso à *internet* e os dois *softwares* já instalados. O fato de não permitir o uso de mais de um *notebook* para a realização da situação condiciona o trabalho coletivo dos EA para uma mesma solução da situação. O GeoGebra, *software* de Geometria Dinâmica, é escolhido como artefato suporte por ser gratuito e mais difundido entre os EA. Acreditava-se que alguns dos EA já conhecessem o GeoGebra (para resolver a situação) e o *software aTube Catcher* (para capturar ações realizadas na tela do computador e o áudio dos indivíduos que as realiza). O GeoGebra deve ser instalado nos *notebooks*, previamente, sem mudanças de configurações iniciais. Quanto às formadoras, elas devem usar um *notebook* e um passador de slides próprios, lousa e projetor digital, ambos pertencentes à sala de aula, para explicar a situação matemática, por meio de uma apresentação de slides. O uso da *internet* e de outros artefatos, além dos disponibilizados, é permitido.

A gestão do tempo:

Os estudantes-atores deveriam resolver a situação em 30 minutos da metaorquestração, e deveriam parar no estágio que estivessem, ao completar o tempo.

4.3.1.3 Modo de execução

Um modo de execução da configuração didática foi planejado. A OI₁ deve ser iniciada, por uma das formadoras, com uma apresentação de slides, projetada por um *notebook*, uma lousa e um projetor digital. Um diaporama deve ser criado para ser utilizado pelas formadoras para dar as instruções aos estudantes-atores de cada grupo. As orientações e situação

matemática devem ficar projetadas para que os grupos possam consultar sempre que precisarem.

Os estudantes devem se organizar nos grupos, e formadoras devem distribuir os computadores, já com os *softwares* instalados. Enquanto os EA resolvem a situação matemática, as formadoras deverão acompanhar o trabalho desses estudantes. A comunicação dos EA com outros componentes do grupo ou de outros grupos não é permitida durante o processo de resolução da situação matemática. Os EA devem trabalhar colaborativamente de forma que o estudante que ficar no controle do *notebook* receba ajuda dos demais para resolver a situação.

4.3.1.4 Performance didática da OI₁

A execução da OI₁ colocou em evidência muito do que foi planejado na configuração didática e modo de execução, inclusive situações previstas pelas formadoras que conceberam a MOI. Trata-se de um exemplo rico, cujos resultados revelam os primeiros indícios de que a MOI desenvolvida pode de fato contribuir para formação teórico-prática da OI (LUCENA; GITIRANA; TROUCHE, 2016)

Já as situações inesperadas, não previstas pelas formadoras, muitas vezes, demandaram decisões *ad hoc*, que precisam ser tomadas pelas formadoras para que não houvesse o comprometimento da orquestração. Outras, no entanto, não precisam dessa decisão, pois, mesmo que inesperadas, contribuíram com o que está sendo feito. Há, ainda, os imprevistos para os quais seria interessante a tomada de decisão *ad hoc*, mas que, infelizmente, o contexto não permitiu.

Durante a execução da OI₁, os grupos foram sendo formados à medida que os atrasados iam chegando, o que levou a uma distribuição desigual quanto à formação dos participantes. Além disso, a diversidade quanto à formação desses mestrandos não era um dado conhecido pelas professoras presentes, embora previsto. Isso resultou em grupos com apenas um participante formado em matemática, a exemplo dos grupos B e D.

Quando essa informação foi confirmada, o experimento já havia sido iniciado, não cabendo mais uma decisão *ad hoc*. Tal fato prejudicou bastante o desempenho do grupo B na resolução situação matemática. Os estudantes-atores do grupo D pareceram não sentir o impacto de terem formação diferentes, em matemática e em artes gráficas. A hipótese é que os

conhecimentos de ambas, atrelados ao de fato de conhecerem bem o GeoGebra, contribuíram para a resolução da situação.

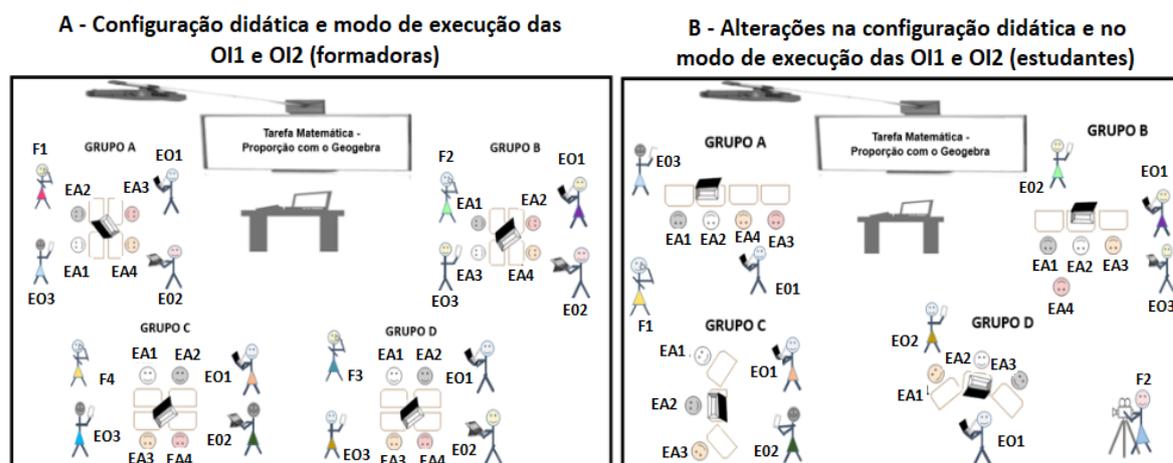
É relevante informar que uma entrevista foi realizada com o objetivo de traçar o perfil dos mestrandos quanto à sua formação específica e sua experiência com ferramentas tecnológicas, inclusive, com *softwares* dinâmicos de matemática. Mas ela foi aplicada durante a execução da OI₁, na OI₂, haja vista serem as duas simultâneas. Dessa forma, os dados coletados não foram utilizados no planejamento da configuração didática e do modo de execução da OI₁. Essa informação, se previa, ajudaria, por exemplo, a pensar a situação matemática, prever o nível de dificuldade dos mestrandos para resolvê-la por meio dos recursos disponibilizados, compor melhor os grupos considerando a formação.

Já passado metade do tempo para conclusão do experimento, o sétimo participante do grupo B é integrado (chega atrasado e, por afinidade, escolhe ficar com esse grupo). Esse mestrando tem formação em matemática, mas sua contribuição não faz o grupo avançar por não conhecer o GeoGebra. Isso põe luz a um aspecto importante no que concerne ao trabalho matemático por meio de artefatos tecnológicos. Nesses casos, não basta à resolução da situação o conhecimento específico; faz-se necessário conhecer, ainda que minimamente, as características e funcionalidades que a técnica impressa no artefato possui. A falta de um desses conhecimentos ao docente certamente dificulta ou inviabiliza seu trabalho.

Enquanto a ausência de alguns mestrandos havia sido prevista, o mesmo não se pode dizer em relação à das formadoras. Na configuração didática da OI₁, cada uma deveria acompanhar um grupo, e, com a falta de duas das quatro formadoras, houve necessidade de uma decisão *ad hoc* que redefiniu o modo de acompanhamento e as funções. Assim, cada uma das duas formadoras presentes observou e deu suporte a dois grupos, mas sem fazer as devidas anotações sobre as atuações dos grupos observados. O suporte dado aos estudantes-atores durante a realização da situação foi limitado, pois as formadoras se alternavam em atendê-los. Outra decisão *ad hoc* consistiu em aumentar o tempo para a conclusão do experimento em mais 10 min. O esforço das formadoras para manter o controle da orquestração, na perspectiva de se evitar que mais imprevistos ocorressem e compromettesse o bom andamento dessa orquestração, foi bastante intenso.

A Figura 20 mostra a diferença entre o cenário da configuração didática e o modo de execução projetados inicialmente e como ambos se desenvolveram durante a execução da OI₁.

Figura 20 – Alterações configuração didática e no modo de execução da OI₁ e OI₂



Fonte: Lucena, Gitirana e Trouche (2010).

Na Figura 20A, acima, pode-se observar que a quantidade de um *notebook* por grupo de quatro estudantes (A e B) não favoreceu o trabalho dos estudantes-atores, os quais buscaram se organizar de uma forma que possibilitasse a visualização da tela por todos os participantes (Figura 20B). Trata-se de uma escolha acertada e bem melhor do que a sugerida pelas formadoras. No entanto, mesmo com uma organização viável, isso não implicou em ser adequada, pois, no caso dos grupos A e B, com 5 e 7 participantes, respectivamente, não dirimiu a dificuldade de visualizar a tela e entender o que estava sendo feito, inviabilizando uma participação mais efetiva.

No grupo A, o participante mais distante do *notebook* se jogava por cima dos colegas quando queria dar uma sugestão, mas, em geral, se mantinha ausente das discussões do grupo. Já no grupo B, um participante decidiu se posicionar por trás do grupo, ficando em pé e curvado. Perceba ainda na Figura 20B que as duas professoras se dividiram, uma para observar os grupos, dando suporte a esses, e a outra ficou responsável pela filmagem. Ambas se revezaram nessas funções.

Outro acontecimento simples, mas não menos importante, ocorreu quando os EA iniciaram a resolução da situação, a qual foi exposta na lousa digital. Nesse momento, os estudantes revelaram a importância de que as orientações tivessem sido distribuídas entre os grupos em um formato impresso, evitando a necessidade de estar olhando para a lousa para visualizá-las. Muitas vezes, essa ação foi dificultada por causa da movimentação dos participantes pela sala de aula. Revela-se, rapidamente, a busca pela inserção de mais um

instrumento, requisitado a partir do conhecimento didático dos estudantes, que já têm experiência docente.

Após a leitura da situação e das orientações, feita por uma das formadoras, os estudantes questionaram sobre qual instrumento deveriam utilizar para fazer as medições. A não disponibilização de artefatos de medição foi intencional. Nesse momento, as formadoras informam que eles poderiam optar por qualquer tipo de instrumento, desde que eles o providenciassem. Inesperadamente, o grupo C optou por usar um cabo de carregador de celular para medir, fato que chamou a atenção das formadoras que tinham previsto o uso régua ou palmo, mas jamais desse artefato. Tal fato será melhor discutido na *performance* didática desse grupo, na seção a seguir.

4.3.1.5 Análise microgenética da performance didática do grupo C

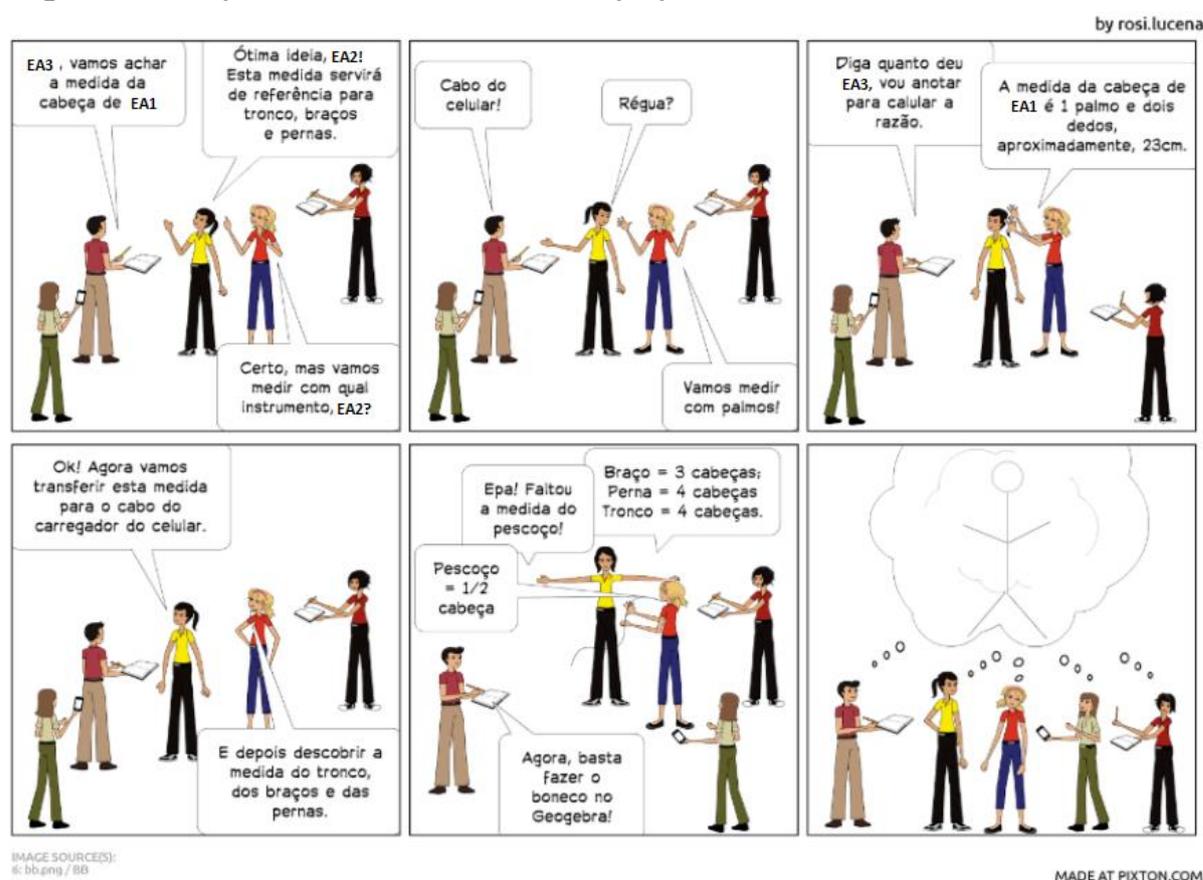
A partir daqui, descreveremos a *performance* didática do grupo C na OI_1 . Trata-se de um exemplo rico, cujos resultados revelam os primeiros indícios de que a MOI desenvolvida pode de fato contribuir para formação teórico-prática da OI. A escolha do grupo C foi pautada na qualidade dos dados coletados, relativos às interações e às ações realizadas por de seus componentes, tanto na OI_1 quanto na OI_2 . O grupo C inicia a realização da situação matemática proposta, alterando parte da configuração didática projetada pelas formadoras (Figura 20A). O grupo opta por uma organização em que os três estudantes-atores ficam encostados na parede da sala de aula, inviabilizando o ângulo de filmagem do estudante-observador às ações do grupo no computador. Após questionamento de F_2 , os estudantes-observadores reorganizam o grupo (Figura 20B), de forma que a filmagem fosse facilitada. Isso não comprometeu o acesso ao que faziam no *notebook*, uma vez que o *software aTube Catcher* estava capturando a tela.

A ausência de um estudante resultou na formação de três estudantes (Figura 20B) à frente da resolução da situação e não quatro (Figura 20A), como projetado. Isso favoreceu as interações dos participantes e a visualização da tela. Uma estudante operava o GeoGebra no computador, enquanto os outros dois, um de cada lado, davam suporte. Vale salientar que esses dois estudantes se alternaram no controle do computador com a saída da estudante que estava no comando, para ser entrevistada, após reclamações.

O primeiro desafio dos EA quanto à resolução da situação consistiu em encontrar a razão de proporcionalidade. Os EA decidiram pela medição da cabeça de um de seus participantes, escolhido como modelo. A medida da cabeça serviu para estabelecer a razão de

proporcionalidade em relação às demais partes do corpo. Os EA determinaram dois instrumentos não convencionais para fazê-lo: o palmo e um cabo de carregador de celular, sendo que esse último representou excelente exemplo na discussão da relação entre artefato e instrumento. As razões foram definidas utilizando a altura da cabeça marcada no cabo do celular. Esse processo pode ser melhor entendido com a leitura da história em quadrinhos criada para ilustrar o passo a passo desse processo (Figura 21).

Figura 21 – Grupo C determinando a razão de proporcionalidade



Fonte: Elaborada pela autora.

A história em quadrinhos que podemos observar na Figura 21 foi criada com base nos trechos da filmagem realizada por um dos estudantes-observadores com o seu celular. O sigilo quanto à imagem e identidades dos estudantes foi garantido pelas formadoras, daí a decisão de reproduzir por meio dos quadrinhos as ações dos EA para determinar a razão de proporcionalidade. Para tal, foi utilizado o *software* de criação de história em quadrinhos PIXTON©, o qual tem uma versão gratuita que dispõe de diversas ferramentas para produção de histórias em quadrinhos, podendo ser acessado a partir do registro de uma conta de usuário.

Outro recurso que contribuiu para traçar o enredo e organizar as personagens na história, atribuindo-lhes as falas e ações corretamente, foram os registros de um dos estudantes-observadores que anotou ações e interações dos EA. Tais registros revelaram as decisões dos EA, haja vista o ruído da sala ter sido captado na filmagem, comprometendo seu áudio.

Em seguida, já com a razão de proporcionalidade estabelecida entre comprimentos das partes do corpo (Figura 21), os estudantes-atores iniciaram a resolução da situação, transitando entre as ferramentas oferecidas no menu do *software* GeoGebra (Figura 22).

Figura 22 – Início da instrumentalização do grupo C



Fonte: Elaborada pela autora.

É possível perceber na Figura 22 que aos 06:54 do início da gravação os EA começam a execução da situação. Como eles se esqueceram de ligar o áudio, não foi possível uma transcrição da discussão entre eles. Os processos de instrumentalização e instrumentação dos estudantes iniciam-se com o acesso aos seguintes ícones do menu: aos 06:54, *círculos*; aos 06:57, *cônicas*; aos 06:59, *polígonos*; e em um intervalo de tempo maior, aos 07:01 a 08:06, o ícone referente a *retas e segmentos*. Depois, passam o cursor pelos mesmos ícones, no intervalo de 08:06 a 08:15, até escolherem a primeira ferramenta e iniciar, assim, a construção do boneco.

As diversas vezes que o processo de construção do boneco foi observado trouxeram à tona a necessidade de se criar um instrumento modelo para um melhor detalhamento da análise microgenética dos eventos identificados.

É relevante à pesquisa compreender como se dá a instrumentação e instrumentalização dos participantes da MOI. Esses processos da gênese instrumental são determinados pelos esquemas de uso e de ação instrumentada, desenvolvidos pelos estudantes-atores em sua relação com o artefato para resolver a situação matemática. Assim, decidiu-se por evidenciar esquemas

ou pelo menos um de seus componentes: regras de ação, os invariantes operatórios, ou seja, teoremas em ação e os conceitos em ação, possibilidades de inferência dos sujeitos (LUCENA; GITIRANA; TROUCHE, 2017a; ROCHA; LUCENA, a publicar).

É válido lembrar que a análise microgenética pressupõe a criação de um índice de eventos, haja vista que uma de suas funções busca captar as minúcias da situação observada. Dessa forma, fez-se uso da videografia por meio do *aTube Catcher*, que capturou as decisões dos EA em relação à resolução da situação com suporte do GeoGebra. Como o áudio não funcionou, o índice de eventos da filmagem referente ao trabalho coletivo do grupo C foi construído apenas a partir das imagens da tela do computador e das interpretações sobre elas.

Assim, o critério utilizado para definir cada evento foi a mudança de estratégia. Nas primeiras vezes em que o vídeo foi assistido, percebeu-se que esse grupo vai testando, experimentando e alternando estratégias de construção. Decidiu-se, então, pela caracterização de cada evento a partir de cada nova estratégia adotada para a construção que os EA buscavam fazer. No Quadro 1, pode-se observar o índice de eventos selecionados:

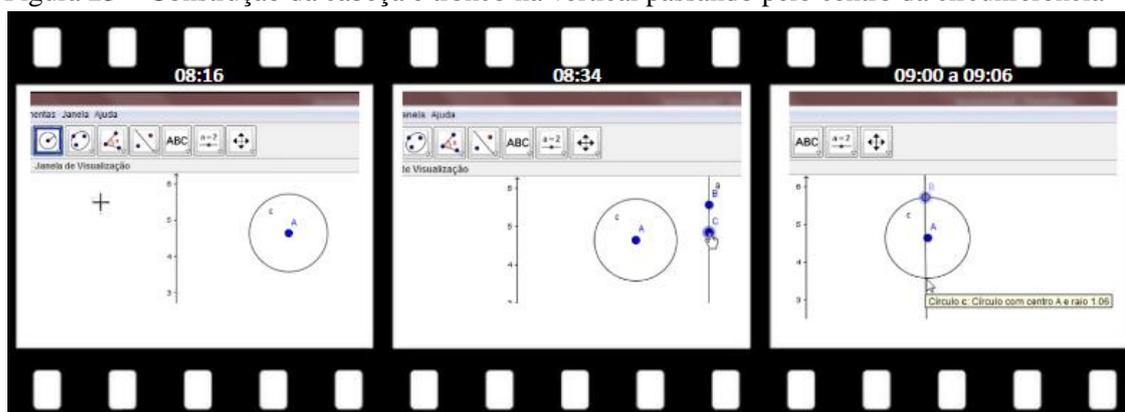
Quadro 1 Índice dos eventos selecionados

| Evento | Síntese do Evento |
|---------------|--|
| 1 | Exploração do Menu do GeoGebra |
| 2 | Construção da cabeça e tronco na vertical passando pelo centro da circunferência |
| 3 | Construção da cabeça com corpo sobre o eixo vertical |
| 4 | Construção de circunferência fixa ao eixo vertical do plano cartesiano |
| 5 | Construção do corpo do boneco com um retângulo |
| 6 | Construção do braço tomando as medidas constantes |
| 7 | Construção dos braços horizontais tomando as medidas constantes |
| 8 | Construção do corpo e reposicionamento do braço |
| 9 | Construção das pernas respeitando apenas a posição diagonal |

Fonte: Elaborado pela autora.

O uso dos dados do estudo preliminar é relevante para pilotar a estratégia de análise dos dados que emergem da MOI. Por isso, a análise de apenas um dos eventos do índice criado (Quadro 1), o segundo evento (Figura 23).

Figura 23 – Construção da cabeça e tronco na vertical passando pelo centro da circunferência



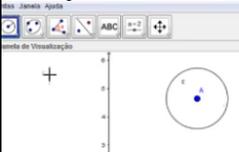
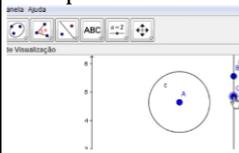
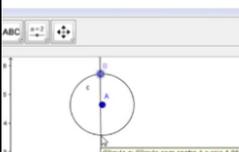
Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 23, podemos observar que os EA iniciam a construção do boneco pela cabeça, escolhendo para isso a ferramenta círculo dados centro e raio (08:24). Na sequência, escolhem a ferramenta reta e traçam uma reta a partir de dois pontos, vendo como funciona a ferramenta, à parte da construção da cabeça do boneco. Depois, eles deletam a reta construída e constroem uma reta que servirá como tronco do boneco. Usam dois pontos da circunferência já construída (08:24), com a reta passando visualmente pelo centro. Uma vez que eles tentaram colocar a reta “paralela ao eixo cartesiano”, passando pelo centro da circunferência, apenas pelo ‘olho’, sem garantir as propriedades geométricas da construção, rapidamente percebem que a reta não fica paralela ao eixo vertical passando pelo centro. Então, os estudantes deletam a reta e partem para outra estratégia de construção do tronco do boneco.

Observa-se no detalhamento da análise microgenética do Evento 1 (Quadro 2) um processo de instrumentalização e instrumentação com as ferramentas do GeoGebra, à parte da construção. Observou-se, ainda, que os esquemas de uso do artefato para resolver a atividade não prezam pela construção geométrica por meio de propriedades, considerando a figura geométrica. Para os EA, as propriedades são garantidas pelo aspecto visual, apenas, considerando o desenho obtido. Assim, percebeu-se que o processo de construção do grupo C é marcado por esquemas de uso que ora resultam na construção de desenhos (que os estudantes acreditam ser figura geométrica), ora resultam na construção de figura geométrica.

Tais aspectos fazem refletir sobre a real necessidade de evidenciar mais minuciosamente os eventos do processo de resolução da situação matemática (Figura 13). A partir daí, deve-se detalhar os esquemas de uso dos estudantes no processo de construção do boneco, inclusive quando esses esquemas resultam em desenho e, também, em construção geométrica. Essa constatação foi discutida por Lucena, Gitirana e Trouche (2017a).

Quadro 2 – Detalhamento da análise microgenética do Evento 1

| Ferramenta do GeoGebra | Etapas do Evento 1 | Regras de ação, controle e tomada de informação | Teoremas em ação | Conceitos em ação |
|--|---|--|---|--|
| (A) Circunferência dados centro e raio  | Construir a cabeça Tempo: 08:24  | Construir a cabeça selecionando a ferramenta circunferência dados centro e raio , a partir de um ponto construído e arrasto, resultando na circunferência (formato da cabeça do boneco dado). | | A circunferência é definida a partir de um ponto construído no plano e a distância do cursor (GeoGebra) ao final do arrasto. |
| (B) Reta que passa por dois pontos  | Construir o tronco Tempo: 08:36  | Testar a ferramenta reta que passa por dois pontos para desenhar uma reta paralela ao eixo das ordenadas do plano cartesiano, tendo como referência a posição vertical do corpo do boneco dado, deletando a construção em seguida. | Reta paralela a uma reta vertical (eixo) é vertical | Reta paralela à outra é definida a partir da construção de uma reta com mesma direção da outra (eixo). |
| (C) Reta que passa por dois pontos   | Fixar a cabeça ao tronco Tempo: 09:01 a 09:06  | Construir o eixo de simetria da circunferência (cabeça) com a ferramenta reta que passa por dois pontos , a partir de dois pontos dela obtidos com o auxílio da caixa de identificação de objetos construídos , passando visualmente pelo centro e paralelo ao eixo das ordenadas. | Uma reta que passa por dois pontos da circunferência e pelo centro desta é um eixo de simetria da circunferência. | O eixo de simetria é definido como a reta que divide a figura em duas partes iguais. |

Fonte: Elaborado pela autora.

O detalhamento dos teoremas e dos conceitos em ação, assim como de outros componentes dos esquemas, permite precisar, inclusive, que alguns esquemas desenvolvidos e que resultam em desenho são válidos para a construção geométrica fora da geometria dinâmica. A análise desses eventos contribui para que se possa inferir sobre o domínio dos estudantes a

respeito da matemática em jogo, sobre a construção geométrica e sobre a geometria dinâmica com maior precisão.

Como se pode perceber, o modelo para detalhamento da análise dos eventos (Quadro 2) mostra-se bastante útil, pois permite evidenciar as minúcias do evento, como também classificá-las. Uma análise mais detalhada será realizada no estudo principal, quando a MOI será novamente testada, já com as alterações necessárias, resultantes dessa primeira experimentação.

Mas, para não finalizarmos aqui, destacamos alguns aspectos relevantes observados, na análise do vídeo, referente ao processo de construção do boneco, pelo grupo C:

- a) chamou a atenção o não uso de construções geométricas pautadas na razão de proporcionalidade, anteriormente determinada (Figura 20). O grupo desenvolve um processo de construção cujos esquemas de uso são centrados na medida dos objetos geométricos com pouca articulação entre os objetos de forma a preservar a razão. Pode-se argumentar que o *software* foi utilizado para desenhar e não para construir um boneco com as propriedades indicadas como uma figura, na qual as razões entre as medidas seriam invariantes;
- b) o desenho do boneco foi realizado com base nas medidas de suas partes em relação a unidade do sistema cartesiano disponível no *software*, em que a altura da cabeça foi colocada como duas unidades. O grupo passa a utilizar como instrumento de medida a escala dos eixos cartesianos e pares ordenados disponíveis na área de visualização do GeoGebra. As medidas obtidas pelas coordenadas cartesianas escolhidas pelos estudantes acompanham as características geométricas do desenho; os estudantes percebem que a construção não satisfaz às condições postas quando tentam diminuir um dos braços do boneco e as demais partes (cabeça, pescoço e braço esquerdo) não variam conforme a manipulação realizada. Eles continuam tentando avançar rumo à construção proposta até que, como relatado por um dos estudantes observadores do grupo, [...] *eles perdem o foco da situação e passam a colorir as partes do boneco*. Percebe-se que o grupo possui pouca familiaridade com o *software* e pouco conhecimento da geometria como figura. Pode-se inferir que a vivência da ideia dinâmica da Geometria revelou que os EA ainda estavam em processo de gênese instrumental para resolver a situação proposta.

4.3.2 Orquestração instrumental 2 – OI₂

A OI₂ foi criada para que os mestrandos pudessem vivenciar a OI com foco na metodologia de pesquisa. Como já informado, a OI₂ ocorreu simultaneamente à Orquestração Instrumental OI₁. Na OI₂, alguns dos mestrandos de cada grupo assumem a função de estudante-observador (EO), simulando uma situação de pesquisa, por meio da aplicação de algumas técnicas de coleta de dados em relação ao experimento realizado na OI₁.

4.3.2.1 A situação de observação da prática

A situação de observação da prática foi criada para atender ao viés metodológico almejado ao estudo da OI, enquanto metodologia de pesquisa. Assim, definiu-se que a situação da OI₂ seria a coleta de dados por meio da observação não estruturada e estruturada, sendo estabelecidas as técnicas que deveriam ser executadas pelos estudantes-observadores, quanto ao uso da observação para coleta de dados e as condições para realização dessa situação:

- a) observação não estruturada ou assistemática. Intencionava-se, com a aplicação dessa OI₂ técnica, que o estudante-observador por ela responsável conseguisse fazer anotações articuladas ao que era observado com o que fora lido no texto sobre OI (OI₃), disponibilizado previamente, contribuindo com as nossas análises sobre a OI₁;
- b) Observação estruturada ou sistemática. Nesse caso, foi definido o uso de três técnicas:
 - entrevista padronizada ou estruturada, realizada de acordo com um formulário. Objetivou-se, com a aplicação desta técnica, traçar o perfil do EA no que concerne a sua expertise quanto ao uso de *softwares* dinâmicos de matemática, inclusive, o GeoGebra;
 - filmagem. Com esta técnica, objetivou-se a captura das interações e ações dos EA durante o processo de resolução da situação matemática, com foco na gênese instrumental desses estudantes.
 - captura de tela, por meio do *aTube Catcher*, um *software* específico para este fim. Objetivou-se capturar as interações dos estudantes com o *software* GeoGebra durante a realização da situação matemática, acompanhando o processo de gênese instrumental dos EA com o GeoGebra.

A restrição de comunicação com outros membros do grupo ou de outros grupos durante o experimento foi mantida para os estudantes-observadores.

4.3.2.2 Configuração didática da OI₂

O critério de escolha das técnicas de coleta de dados demandadas pela situação a ser resolvida são bastante utilizadas por pesquisadores (TROUCHE, 2004; DRIJVERS *et al.*, 2010; COUTO, 2015) na construção do método de suas pesquisas, também fundamentadas pela OI. Assim, a configuração didática planejada foi pensada para dar suporte aos estudantes na execução de tais técnicas.

A gestão dos recursos humanos:

A organização dos sujeitos, estudantes e formadoras e de suas respectivas funções, já foram parcialmente reveladas na OI₁ (Figura 11), haja vista que as orquestrações instrumentais da OI₁ e OI₂ ocorreram de forma simultânea. Entretanto, alguns aspectos da configuração didática da OI₂ serão detalhados.

Inicialmente são escolhidos três dos sete estudantes que compõem o grupo, para assumirem a função de observadores (EO₁, EO₂, EO₃). Depois, os três são distribuídos entre as técnicas de coleta de dados apresentadas pelas formadoras durante os momentos das orientações. A OI₂, assim como a OI₁, é centrada na ação instrumentada dos estudantes. Enquanto na OI₁ os EA vão usar tecnologias para resolver a situação matemática, na OI₂, os EO vão utilizar tecnologias para realizar a situação de observação da prática. Já as professoras assumem a função de formadoras (F₁, F₂, F₃, F₄), para observar a atuação do grupo como um todo e realizar a filmagem da dinâmica da sala de aula durante os experimentos. Além disso, elas devem orientar a coleta de dados e explicar como cada EO deve proceder.

As ações dos estudantes-atores na OI₁ é o espaço de observação da prática com suporte de tecnologias digitais para resolver uma situação matemática. Esse acompanhamento do trabalho coletivo na execução da situação matemática ajuda a entender a gênese instrumental dos componentes de cada grupo. Se, por um lado, essa atuação serve como espaço de conhecimento de parte dos estudantes para subsidiar a OI₃; por outro, os dados coletados por eles servem também para esta pesquisa. Daí a relevância em coletar dados desse processo para poder descrevê-los e analisá-los à luz dos princípios da OI.

A gestão das tecnologias:

As ferramentas digitais são disponibilizadas ou sugeridas aos estudantes-observadores para a realização da situação proposta, de acordo com o papel que cada um escolhe exercer. Para a observação não estruturada, não foram fornecidos artefatos, apenas indicou-se o uso de materiais próprios para anotação (papel e lápis/caneta). Orienta-se que as anotações devem ser feitas com base nos eventos observados, articulados aos elementos do modelo da OI estudado, pautado no texto sobre a OI. Antes de iniciar a observação, os EO são orientados a elencar critérios de observação. Para a entrevista estruturada, elaborou-se um formulário no *Google Drive* (ANEXO 1) constituído por 12 questões, abertas e de múltipla escolha, na perspectiva de traçar o perfil dos estudantes. O preenchimento do formulário deve ser feito em um *tablet* com acesso à internet, pelo entrevistador. Quanto à filmagem do trabalho coletivo de cada grupo na resolução da situação matemática, sugere-se aos EO o uso de seus celulares, pelo fato de não haver câmeras suficientes para todos os grupos. Finalmente, para a captura de tela, deve ser instalado, previamente, em cada *notebook* disponibilizado, o *software aTube Catcher*, gratuito e ideal para este fim. Quanto às formadoras, essas tinham uma filmadora posta em um ponto estratégico da sala (Figura 11) para capturar imagens da atuação da turma como um todo, além de seus celulares, os quais foram utilizados para fazer filmagens dos grupos.

A gestão do tempo:

Para fazer as observações, EO dispõem do mesmo tempo que os EA têm para resolver a situação matemática. O estudante responsável por realizar as entrevistas deve realizá-la com os EA, individualmente, no mesmo tempo que se realiza a situação da OI₁. Cada EA é retirado da atividade para realizar a entrevista.

4.3.2.3 Modo de execução

O modo de execução planejado para OI₂ prevê o uso do mesmo diaporama, a ser projetado por *notebook*, lousa e projetor digital, como na OI₁. A apresentação deve ser feita pelas formadoras para dar instruções aos EA e EO de cada grupo. Esses estudantes devem iniciar sua atuação após as orientações de forma simultânea.

O estudante-observador, responsável pela observação, deve fazer os registros cursivos (anotações), com base em suas impressões sobre o que vê e percebe das interações e ações dos estudantes-atores em relação aos critérios elencados. Sua atuação deve ser não participante, ou seja, ele pertence ao grupo, mas não deve interagir com os demais integrantes, durante o período

em que estiver observando os fenômenos do experimento da OI₁. Instrumentos para realização das anotações não devem ser entregues. Espera-se que os EOs, além dos tradicionais artefatos como papel, lápis/caneta para anotações, façam uso de outros artefatos tais como: *notebook*, *tablet* ou celular.

4.3.2.4 Performance didática

A previsão feita pelas formadoras a respeito da aplicação da técnica de observação direta não estruturada, por registro recursivo, por meio de *notebooks* ou *smartphones*, não se consumou. Todos os observadores fizeram seus registros cursivos por meio de lápis/caneta e papel. Mesmo quando foi sugerido que digitassem as observações em seus computadores/*tablets*/celulares, os observadores preferiram anotar, para depois digitar, passando a limpo as anotações e, em seguida, enviando por *e-mail* para as formadoras.

Acredita-se na possibilidade de que os estudantes-observadores sejam instrumentalizados e instrumentados em relação à técnica da digitação, mas não em fazê-la simultaneamente à observação. Observar e digitar/teclar o que está vendo e ouvindo exige do observador maior atenção quanto ao artefato utilizado, o que pode incorrer em perda de trechos importantes das interações/ações enquanto digita/tecla. Diferentemente da escrita em papel, essa perda pode ser menor, uma vez que permite ao sujeito observar e anotar ao mesmo tempo, ainda que de forma não muito organizada, sem necessariamente fixar o olhar no artefato.

Quanto à filmagem por meio dos celulares, os estudantes-observadores mostraram-se bastante instrumentados em relação à ferramenta, mas revelaram um pouco de dificuldade com a técnica da filmagem, para movimentar-se e definir bons ângulos de filmagem, por exemplo. Mas, no geral, deram conta da função satisfatoriamente. O grupo B, ao atentar para o tempo de duração da bateria que descarregava, fazia a troca do celular. Fizeram a troca três vezes, mas sem prejuízo da filmagem.

Quanto à captura de tela, realizada pelo aplicativo *aTube Catcher*, verificou-se maior dificuldade por parte dos estudantes, pois não o conheciam; alguns pediram ajuda das formadoras para acioná-lo. Nenhum grupo conseguiu fazê-lo sozinho com sucesso. Mesmo após receber algumas orientações, o grupo C acionou a captura de tela sem o áudio. O grupo A imaginou que, ao iniciar a atividade, o aplicativo já iniciaria a captura de tela automaticamente, portanto não acionou o *aTube Catcher* nem solicitou ajuda para isso, o que incorreu na não captura da tela do computador em que realizaram a situação. Desse grupo, tem-se apenas o

arquivo final do boneco produzido e a filmagem externa, além das anotações do estudante-observador.

Quanto à técnica de entrevista, foi planejado o uso de 4 *tablets* de forma que cada grupo ficasse com um. Assim, o entrevistador do grupo poderia ir entrevistando cada um dos estudantes-atores. Mas um imprevisto inviabilizou a aquisição dos *tablets*. Tal situação exigiu das formadoras uma decisão *ad hoc*: entrevistar apenas um dos estudantes-atores de cada grupo, enquanto o experimento ocorresse. Depois de responder, o estudante voltava ao grupo para continuar a resolução da situação matemática.

Os dados coletados com a entrevista não foram analisados na OI₄, nem serão neste trabalho, pois apenas nove dos 23 estudantes, ou seja, menos de 50% dos participantes que participaram do experimento responderam às questões. Essa decisão pauta-se no objetivo não alcançado em relação à entrevista: traçar o perfil da turma, quanto à formação e experiência dos estudantes, com ferramentas digitais e *software* de geometria dinâmica, incluindo o GeoGebra. Entretanto, as respostas à questão “Qual a sua formação inicial?” chamaram a atenção: dos nove estudantes, cinco tinha graduação diferente de matemática. Eram formados em: pedagogia, artes plásticas, computação e sistemas de informação. Uma diversidade que se refletiria, especialmente, na execução da situação matemática.

De modo geral, as expectativas em relação ao desempenho dos estudantes-observadores sobre a técnica utilizada foi satisfatória. Verificou-se certo domínio dos EOs sobre as técnicas de coleta de dados, pois conseguiram:

- a) manter-se fora das interações do grupo, revelando que entendem a importância dessa ação para não influenciar os dados;
- b) fazer registros cursivos fidedignos dos fenômenos que observaram, não acrescentando, nem retirando fatos, visando, por exemplo, beneficiar o grupo que faz parte;
- c) estar atentos aos fatos mais marcantes das interações do grupo, registrando-os. No caso desse experimento, preferencialmente, à luz da OI, o que pressupõe a leitura prévia do texto disponibilizado e o elencar dos aspectos a serem observados.

Quanto ao entrevistador, esse realizou sua função de forma individual e não participante. Leu as perguntas do formulário *on-line* para o entrevistado (estudante-ator) e registrou, por meio do *tablet*, as respostas dadas. O entrevistador na aplicação dessa técnica revelou ser instrumentalizado e instrumentado quanto ao uso do formulário *on-line* e de seu preenchimento

no *tablet*. Em relação aos seus conhecimentos sobre a técnica de entrevista, percebeu-se que todos os entrevistadores conseguiram atender, de forma geral, as expectativas em relação à sua atuação nessa função, pois se mostraram hábeis em:

- a) fazer a leitura prévia do formulário, para conhecer previamente as perguntas que irá fazer ao entrevistado;
- b) criar condições favoráveis para realizar a entrevista. Ações como: convidar para sentar; buscar um lugar mais silencioso; usar de cordialidade; mostrar-se imparcial com as respostas dadas, sem exprimir qualquer tipo de reação ou ação;
- c) informar ao entrevistado sobre a garantia de confidência quanto à sua identidade.

É relevante informar que o ruído produzido pelos grupos não atrapalhou a realização da entrevista. Após a orientação das formadoras, os entrevistadores optaram por lugares mais afastados dos grupos para poder fazer seu trabalho.

Capturando as interações e ações do grupo, o estudante-observador, responsável pela filmagem, atuou de forma individual e não participante, buscando um registro mais fidedigno do trabalho coletivo dos estudantes-atores, por meio do próprio celular. Percebeu-se que os EO precisavam desenvolver esquemas de uso e de ação instrumentadas do celular para filmar, pois apresentaram certa dificuldade em relação à técnica da filmagem, precisando de um suporte maior das formadoras para:

- a) procurar movimentar-se em torno do grupo para garantir a filmagem por diferentes prismas;
- b) encontrar uma angulação e ponto fixo capaz de captar as ações e reações do grupo;
- c) estipular o tempo de carregamento de seu celular, prevendo a necessidade de troca de equipamento, evitando que se percam minutos de interação enquanto providencia outro.

A respeito do *aTube Catcher*, por ser um instrumento de coleta de dados já instalado no computador, não necessita de acompanhamento, como ocorre na filmagem. Basta ao pesquisador o *download* do aplicativo, a escolha dos requisitos de funcionamento e que esse seja iniciado e finalizado quando o usuário assim o desejar. Essas etapas foram cumpridas previamente, por três dos quatro grupos. Além disso, é preciso acionar o aplicativo e, ao final do experimento, encerrar a captura. O grupo A não acionou o aplicativo e, com isso, a resolução integral da situação não foi registrada.

As formadoras acompanharam o trabalho dos grupos, dando suporte sempre que solicitado, inclusive no que concerne ao uso das tecnologias disponibilizadas. Também ficou sob a responsabilidade dessas recolher, organizar e armazenar os dados coletados e disponibilizados pelos grupos.

4.3.3 Orquestração instrumental 3 – OI₃

A criação da OI₃ objetivou proporcionar um espaço de discussão entre os estudantes e as formadoras a respeito da OI. Trata-se de uma orquestração centrada na formadora, mas com participação efetiva dos estudantes. Nessa direção, inicialmente, será apresentada a situação de discussão teórico-prática.

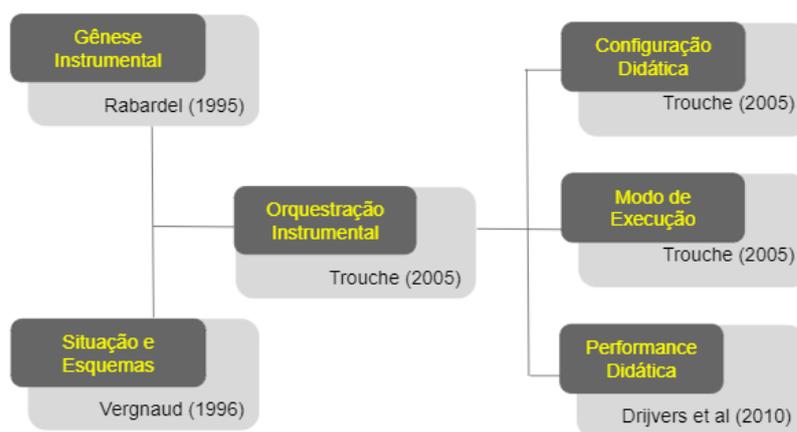
4.3.3.1 A situação de discussão teórico-prática:

A situação da OI₃ consistiu em um confronto coletivo de ideias que articulassem a teoria, ora lida no texto disponibilizado, ora apresentada pela formadora e articulada com a prática vivida na OI₁ e observada na OI₂.

Nesse caso, as expectativas em relação a tal discussão eram que dela emergissem articulações feitas pelos estudantes, considerando os fundamentos teóricos relativos à OI, à Abordagem Instrumental e a noção de Esquema (Figura 23), com os eventos vivenciados (OI₁) ou observados (OI₂).

Previu-se para essa orquestração que tais fundamentos teóricos (Figura 24), estudados anteriormente pelos participantes, trariam à tona diversos aspectos, tais como: artefatos, instrumentos, processo de instrumentalização e instrumentação, ou seja, a gênese instrumental. E, ainda, as etapas de uma orquestração, a importância da situação matemática e sua articulação com os artefatos, a configuração da sala e os recursos disponibilizados. Isso sob o olhar de quem estava observando a orquestração e de quem estava experimentando-a.

Figura 24 – Pressupostos teóricos e construção da orquestração instrumental



Fonte: Elaborada pela autora.

4.3.3.2 Configuração Didática OI_3

A OI_3 tem um forte caráter teórico-prático, pautado nas experiências vividas nas OI_1 e OI_2 . Logo, é preciso que os mestrandos tenham noções prévias sobre os elementos mais básicos da OI , não apenas para dialogar sobre a teoria na OI_3 , mas, principalmente, para entender as experiências nas OI_1 e OI_2 .

Assim, foi proposta aos estudantes a leitura prévia, ao início da metaorquestração, do texto “The Teacher and The Tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom”, de Paul Drijvers, Michiel Doorman, Peter Boon, Helen Reed e Koeno Gravemeijer, publicado na *Educational Studies Mathematics*, em 2010. Esses autores investigaram, entre outros aspectos, os tipos de orquestrações instrumentais que os professores poderiam desenvolver ao usar a tecnologia e até que ponto essas estão relacionadas a seus pontos de vista sobre a educação matemática e o papel da tecnologia integrada.

O critério utilizado para a escolha desse texto é que ele traz uma discussão interessante sobre a metáfora da Orquestração Instrumental e seus princípios. Além disso, tem caracterizados modelos de orquestração instrumentais e análise em profundidade de um desses modelos, revelando e discutindo sua configuração didática, modo de execução e *performance* didática.

A leitura prévia desse texto é indispensável, visto que se trata de uma atividade preparatória para se apropriar do modelo teórico em estudo e participar da discussão sobre a OI .

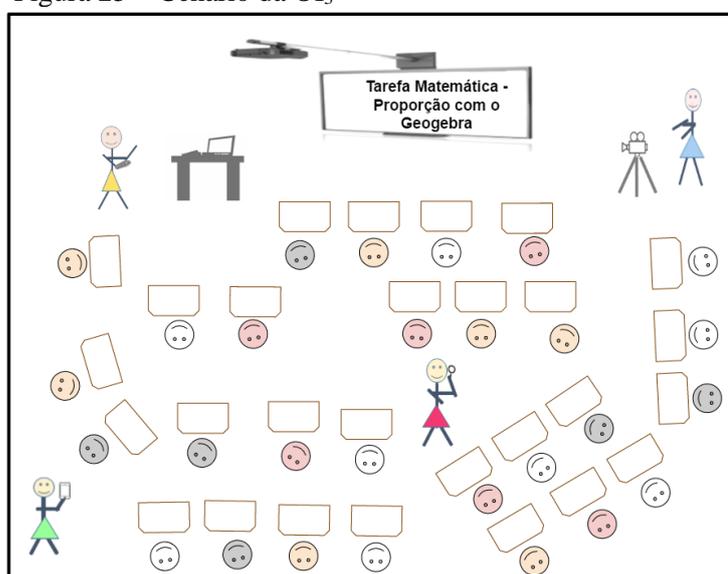
Gestão dos recursos:

Como informado anteriormente, a OI_3 , diferentemente das demais orquestrações instrumentais da metaorquestração, é centrada nas formadoras. São elas que devem fomentar a discussão e articulação entre o modelo teórico e as vivências.

A gestão das tecnologias:

A forma como a OI_3 está projetada dará luz à ação instrumentada das formadoras as quais devem fazer uso de tecnologias digitais para apresentar a OI e promover a discussão teórico-prática, entre elas e os estudantes. Elas também são responsáveis pelo registro das interações, por meio da filmagem e observação. Nesse cenário (Figura 25), os mestrandos ocupam o espaço da sala de aula, todos voltados para as professoras e lousa digital. Inicialmente, sugere-se a organização da turma em forma de semicírculo.

Figura 25 – Cenário da OI_3



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Configuração didática da OI_3 , enquanto uma formadora explica a teoria, outra faz a filmagem de um ponto estratégico do cenário, podendo captar a turma, como um todo. A terceira professora filma com o celular e a quarta observa. Todas devem buscar fomentar a discussão, levantando questões, complementando as falas e articulando ideias apresentadas. A duração prevista para execução da OI_3 é de 1 hora, aproximadamente.

As formadoras devem discutir o modelo teórico em estudo com base em um artigo sobre a OI , que deve ser disponibilizado aos estudantes, previamente. O texto escolhido é um artigo no formato PDF, escrito em inglês. Esse deve ser inserido em uma pasta de documentos do

GDrive e compartilhado com toda turma. O artigo é a fonte que norteará a elaboração do diaporama, uma apresentação do tipo *slide show*, feito por meio do *software powerpoint* (ppt). A criação do diaporama orienta a discussão entre as formadoras e os estudantes. A projeção do conteúdo do diaporama será feita por meio de um apontador de *slides, notebook*, uma lousa e um projetor digital. Uma câmera filma a discussão, assim como o celular particular de uma das professoras.

4.3.3.3 Modo de execução

O modo de execução planejado para a OI₃ prevê a forma como a situação de observação da prática será resolvida pelos participantes (estudantes e formadoras) da formação, considerando os elementos definidos na configuração didática dessa orquestra. A discussão teórico-prática deve ser coletiva, ou seja, envolve toda turma. Assim, é importante que as formadoras organizem a turma no espaço físico em um semicírculo (Figura 25), de forma que todos sejam percebidos.

À medida que a formadora F₂ expõe os fundamentos teóricos da OI, com suporte de um diaporama elaborado com base no texto indicado para leitura e de um kit multimídias, F₁ deve provocar os estudantes com questionamentos, na perspectiva que consigam vincular a teoria em estudo às vivências experimentadas. Já F₃ deve filmar com seu celular a dinâmica da sala de aula e posicionar a câmera para realizar a filmagem com foco inicial na exposição da formadora, depois, na turma. Já F₄ observa os eventos que se sucedem da exposição à discussão e faz o registro cursivo.

4.3.3.4 Performance didática

Mesmo sem ler o texto, os estudantes conseguiram levantar questões interessantes e participar da discussão, estabelecendo relações importantes entre a teoria apresentada e vivenciada. Trechos das falas, transcritos da filmagem realizada nessa orquestração, revelam a riqueza da discussão. A descrição e análise desses trechos serão feitas mais adiante.

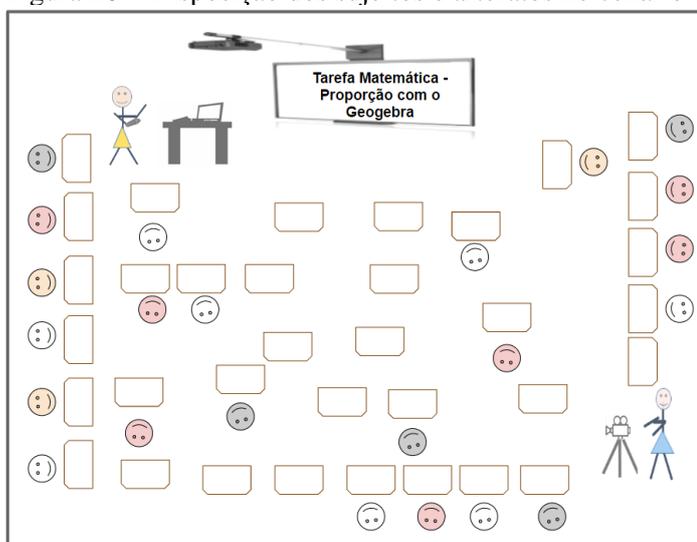
A execução da OI₃ fez emergir ocorrências e decisões relevantes para repensar a configuração didática e o modo de execução desta orquestra.

A OI₃ é iniciada com apenas duas das quatro formadoras com presença prevista. A falta de duas formadoras resultou na decisão *ad hoc*, das que estavam presentes, de manter as funções

que fossem possíveis, as duas, de realizar. Assim, coube à F₂ explicar os fundamentos da OI com suporte do diaporama e das demais tecnologias digitais disponibilizadas para esse fim. E à formadora F₁ coube provocar os estudantes com questões, para guiá-los à articulação do que estava sendo exposto por F₂ sobre a teoria, com as vivências nas OI₁ e OI₂. A intenção era evitar que os estudantes assumissem uma postura passiva, o que descaracterizaria a situação proposta. F₂ também ficou responsável pela filmagem da discussão com a câmera.

Na Figura 26, pode-se observar como os estudantes resolveram se organizar no espaço da sala de aula, alterando a organização projetada inicialmente. Como essa é uma prática recorrente de estudantes, isso foi previsto pelas formadoras e não demandou decisão *ad hoc*, visto que o bem-estar dos estudantes era mais importante.

Figura 26 – Disposição dos sujeitos e artefatos no cenário da OI₃



Fonte: Elaborada pela autora.

A partir da organização dos estudantes no espaço físico da sala, F₁, inicia-se a discussão questionando os estudantes sobre quem fez a leitura do texto indicado. Inesperadamente, dos 23 mestrados presentes, apenas 3 afirmaram ter lido o texto, ainda assim não por completo e com dificuldade. A pergunta foi feita porque as respostas eram importantes para se ter uma ideia do quanto a realização ou não da leitura iria influenciar quantitativa e qualitativamente na participação dos estudantes nesta orquestra.

Tal situação imprevista demandou decisão *ad hoc*. Assim, as formadoras decidiram redirecionar a articulação teoria-prática, centrando os questionamentos no conteúdo apresentado no diaporama. A articulação feita pautou-se no que era exposto pela professora

sobre a OI e no que havia sido experimentado pelos estudantes nas OI₁ e OI₂. Embora o diaporama tenha sido elaborado com base no texto sugerido, constavam nesse apenas aspectos essenciais para se ter uma noção sobre a OI, fazendo com que F₁ apresentasse em sua fala mais detalhes sobre o modelo teórico em foco.

A não leitura do texto, por parte dos estudantes, culminou numa discussão muito restrita, focada, especialmente na gênese instrumental. Segundo os estudantes, o texto era denso, difícil de entender, dado que foi escrito em língua inglesa e que eles não eram instrumentados quanto ao idioma. Acredita-se que tais aspectos podem ter desestimulado a leitura.

4.3.3.5 Análise microgenética da discussão teórico-prática

A OI₃ foi criada na perspectiva de favorecer a realização da situação de formação, que consistiu em uma discussão pautada na articulação entre os pressupostos da OI e as vivências dos participantes nas OI₁ e OI₂. Cada OI que compõe a metaorquestração possui uma configuração didática que as articulam. Identificar e analisar as articulações teórico-práticas nas falas dos estudantes é extremamente relevante.

Dessa forma, dois vídeos produzidos durante a discussão foram assistidos, um com duração de 20:11 (vídeo 1) e o outro de 21:41 (vídeo 2). As reiteradas vezes que esses vídeos foram vistos contribuiu para a criação de um índice de eventos. O índice permitiu organizar trechos correlatos aos eventos, facilitando a análise no sentido de verificar não apenas as articulações externadas pelos estudantes durante a discussão, mas também o entendimento destes em relação à OI.

No Quadro 3, pode-se verificar o índice de eventos criado a partir da seleção dos eventos que apresentavam articulações, feitas pelos estudantes, entre a teoria (OI) e a prática (experimentos). Na primeira coluna, está elencado o quantitativo de eventos selecionados; na segunda, estão especificados os eventos.

Quadro 3 – Índice dos eventos selecionados da OI₃

| Evento | Síntese do Evento |
|--------|--|
| 1 | Definição da OI e explicitação de seus elementos constitutivos |
| 2 | Gênese Instrumental e tipos de artefatos |
| 3 | O palmo <i>versus</i> a cabeça: instrumento de medição e unidade de medida |
| 4 | O <i>software</i> como instrumento de medição |
| 5 | O palmo <i>versus</i> o quadro: como instrumentos de medição |
| 6 | O cabo de celular como instrumento de medição: do artefato ao instrumento |
| 7 | Instrumentalização e Instrumentação |

Fonte: elaborado pela autora

Após a construção do índice de eventos, iniciou-se a transcrição das falas dos mestrandos. No Quadro 4, pode-se observar a análise de um dos eventos do índice criado. Na primeira coluna do quadro, estão descritos os eventos; na segunda e na terceira coluna, a transcrição das falas dos estudantes que tinham relação com o evento. Na segunda coluna, a relação era com o evento e os pressupostos teóricos da OI. Na terceira coluna, a relação era com o evento e outros tipos de conhecimento.

Quadro 4 – Análise microgenética da discussão teórico-prática

| Eventos da OI, da Discussão Teórico-Prática | Articulações teórico-práticas com os pressupostos da OI | Articulações teórico-práticas com a OI e outros tipos de conhecimentos |
|--|---|---|
| <p>(08:58 a 09:26) - F₁: apresentação da definição da OI.</p> <p><i>“Uma orquestração instrumental é o arranjo sistemático e intencional dos elementos (artefatos e seres humanos) de um ambiente, realizado por um agente (professor) no intuito de efetivar uma situação dada (situação) e, em geral, guiar os aprendizes nas gêneses instrumentais e na evolução e equilíbrio dos seus sistemas de instrumentos”</i> (TROUCHE, 2005, p. 126, tradução nossa, grifo nosso).</p> | <p>(09:54 a 10:26) - EO₁*: “O arranjo que foi um arranjo sistêmico onde foram formados os grupos práticos se trabalhar; os artefatos que no caso foi a inserção dos recursos, que seria o <i>software</i>; e as pessoas que seriam os seres humanos em sala de aula, e a interação dos professores que [...] ficaram coordenando, auxiliando.”</p> <p>*Compara elementos da definição com o que vivenciou na OI₁.</p> | <p>(10:28 a 10:54) - EA₁**:</p> <p>“quando eu vejo esta definição, eu fico pensando na Teoria das Situações Didáticas, em que você tem um professor que age com intencionalidade, trazendo uma situação [...] como é feito [...] busca o saber do aluno, aí eu fico pensando será que a diferença básica seria que esta (OI) você tem o instrumento, algo que tá na essência da teoria, e eu sei, que na teoria das situações didáticas isto não existe [...].”</p> <p>**Compara elementos da definição com o que vivenciou na OI.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

O primeiro evento que identificado e analisado emerge do vídeo 1 e diz respeito à definição da OI. Perceba, na transcrição da fala da estudante-observadora – EO₁ (Quadro 4), que ela tenta articular as palavras da definição com as experiências vividas na OI₁: artefato (definição) – *software* (OI₁); seres humanos (definição) – grupos, professoras (OI₁); guiar os aprendizes (definição) – coordenando, orientando (OI₁). Perceba, ainda, que ela usa os termos “arranjo sistêmico”, não os substituindo por outros, de forma que revele uma transposição destes com algo compatível na OI₁. O complemento de sua fala quando diz: “[...] um arranjo sistêmico, onde foram formados os grupos práticos para se trabalhar”, junta-se a essa outros elementos próprios da configuração didática de uma orquestração. Isso dá indícios de que EO₁ compreende bem que esse princípio da OI tem a ver com organização e gestão de artefatos e sujeitos em um dado espaço.

Já a transcrição da fala do EA₁ revela-nos uma articulação teórica entre os componentes da definição da OI, não com a prática, mas com elementos de outra teoria, a das Situações Didáticas – TSD (BROUSSEAU, 2011). O estudante observa a definição da OI e estabelece uma comparação entre seus elementos e o da definição da teoria das Situações Didáticas, e busca algo que as diferencie, dadas as semelhanças que percebeu existir entre elas. Ele afirmou que, em ambas as definições, há: o professor; a situação matemática; a intencionalidade; o saber do aluno. Mas percebeu a relevância que a OI dá ao instrumento, destacando, inclusive, que “o instrumento está na essência da teoria das orquestrações instrumentais”, e que “isto não existe na TSD”.

Embora, os distintos pontos de vista desses estudantes tenham relação com o mesmo evento – apresentação da definição da OI – em ambos os casos, eles revelam esforço para o entendimento da OI, e que os conhecimentos que possuem sobre esse modelo teórico ainda são incipientes e todos correlatos à OI₁. Isso mostra que, de alguma forma, a prática os tem ajudado na articulação e significação de aspectos do modelo teórico em foco.

4.3.4 Orquestração Instrumental OI₄

A OI₄ tem forte caráter reflexivo. De fato, todas as demais orquestrações instrumentais fomentam a reflexão do participante, individualmente e coletivamente. Essa orquestração foi criada para favorecer a análise dos dados coletados pelos estudantes-observadores da OI₂ sobre a atuação dos estudantes-atores da OI₁, pautada na discussão teórico-prática sobre a OI, na OI₃.

4.3.4.1 Situação de reflexão e análise:

A situação da OI₄ propõe aos participantes da MOI a análise dos dados gerados na execução da OI₁ e OI₂. Para isso, os grupos deverão acessar esses dados ou alguns deles (registro cursivo, captura de tela, vídeos) e fazer uma análise destas informações à luz do aporte teórico em estudo. Esse é um momento de reflexão e discussão nos grupos. À medida que os membros do grupo forem resolvendo a situação, eventos serão identificados, discutidos e articulados com os fundamentos teóricos da OI. Em seguida, cada grupo apresentará uma síntese da análise realizada.

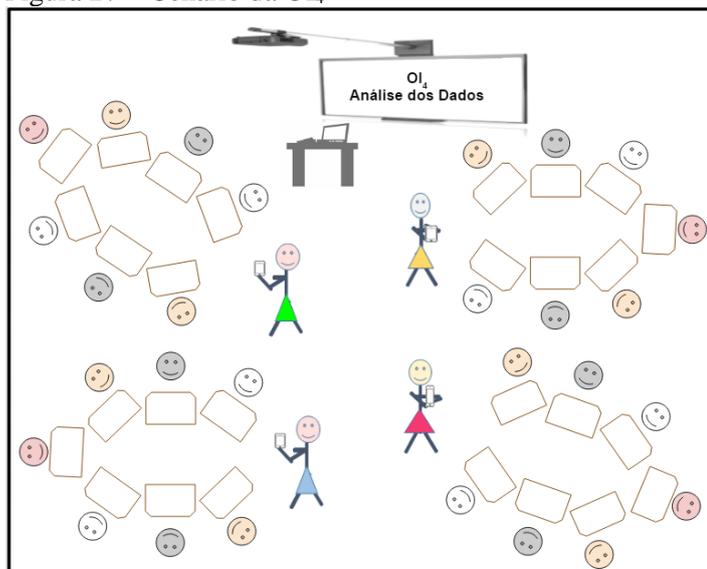
Espera-se que a OI₄ seja o auge da MOI. Isso porque os resultados das análises dos dados, articulados com os conhecimentos e experiências adquiridas nas orquestrações anteriores, oportunizarão uma reflexão, seja sob a ótica do professor que orchestra sua prática, seja sob a ótica do estudante sujeito da orquestração. Ao apresentar a análise feita colaborativamente em grupo, espera-se que as falas dos estudantes deem indícios de sua apropriação quanto ao modelo teórico em estudo. Para dar suporte aos estudantes à realização da situação proposta, uma configuração didática e um modo de execução foram planejados, constituindo, assim, a OI₄.

4.3.4.2 Configuração didática

A configuração didática planejada para OI₄ contemplou a disponibilização de artefatos, a definição da forma de trabalho, a gestão de artefatos e pessoas e o tempo para execução da situação de reflexão e análise.

Gestão dos recursos humanos:

Ao traçar a situação da OI₄, um cenário para essa orquestração foi criado (Figura 27). Pode-se observar que os participantes devem ser reagrupados em seus grupos e organizados em círculos para facilitar a comunicação entre eles. Em seguida, cada grupo terá 30 minutos para acessar os dados e analisá-los. A proposta é que os estudantes escolham uma das fontes e selecionem extratos do que acham mais pertinente ser analisado e discutido.

Figura 27 – Cenário da OI₄

Fonte: Elaborada pela autora.

A gestão das tecnologias:

Na OI₄, nenhuma tecnologia é acrescentada, além daquelas já disponibilizadas desde a OI₁ e OI₂. Assim, considerando o tempo de 30 minutos para a execução da situação, os grupos podem escolher os dados que desejam acessar e os trechos/extratos que pretendem analisar. Os grupos podem optar por assistir o vídeo de captura de tela, feito pelo *aTube Catcher*, ou acessar o formulário do *Gdrive* para verificar as respostas dadas pelos entrevistados. Podem, ainda, assistir trechos dos vídeos das interações dos estudantes-atores na OI₁ ou da discussão que ocorreu na OI₃. Para filmar as interações dos participantes em cada grupo, as professoras devem fazer uso de seus celulares, conforme podemos observar no cenário proposto para OI₄, na Figura 27.

4.3.4.3 Modo de execução da OI₄

O modo de execução planejado para OI₄ está imbricado na situação de análise e reflexão. Dessa forma, caberá às formadoras reagrupar os participantes em seus respectivos grupos e comunicar as condições da situação proposta. Inicialmente, os estudantes deverão discutir sobre as OI₁, OI₂ e OI₃, dando destaque aos principais aspectos observados em cada orquestração de forma articulada à teoria. Para isso, deverão fazer uma análise sobre os dados coletados, podendo acessar: os dados de à captura de tela, feita durante a execução da situação matemática,

o vídeo das interações do grupo, as anotações do observador, texto-base etc. Isso deve ser feito colaborativamente em 30 minutos. Depois, cada grupo deve fazer uma síntese dos principais pontos da discussão e análise, colocando-os em 1 ou 2 slides (15 minutos). Por fim, os grupos deverão fazer uma apresentação oral da síntese da análise, com foco na relevância das orquestrações para formação do professor de matemática com tecnologias integradas (5 min.).

É importante ressaltar que, ao acessar os dados coletados, os grupos poderão focar seu trabalho de análise e síntese em trechos o registro cursivo ou extratos dos vídeos e captura de tela. Esses trechos e extratos podem ser considerados eventos, cujas informações neles contidas favorecem a análise à luz do aporte teórico em estudo:

- a) a captura de tela (OI₁) evidencia, por meio das imagens, os processos de resolução da situação matemática, mas também, por meio de seu áudio, as interações dos estudantes-atores. Isso pode dizer muito sobre suas motivações, dificuldades e escolhas, entre outros aspectos. Esses dados são essenciais para entender o desenvolvimento da gênese instrumental de cada participante durante o trabalho coletivo;
- b) o vídeo (OI₂) das interações do grupo permite acompanhar os gestos e tomadas de decisões externas (como uso de rascunhos, por exemplo), as quais a captura de tela não alcança;
- c) as respostas dadas durante a entrevista, além de ajudar na construção do perfil dos participantes, também contribui para o entendimento sobre alguns fenômenos que venham ocorrer durante o experimento. Isto põe em xeque o planejamento da configuração didática e modo de execução da (OI₁), por exemplo;
- d) vídeo da discussão teórico-prática permite identificar como os participantes entendem a OI e as relações que consegue fazer entre ela e as orquestrações criadas para seu entendimento.

4.3.4.4 Performance didática

As primeiras orquestrações tomaram mais tempo do que o previsto pelas formadoras. Um atraso de 30 minutos foi computado (espera por mestrandos e pelas professoras que iriam participar da metaorquestração, mas infelizmente não puderam). Esse fato se refletiu diretamente no tempo pedagógico da OI₄, para o qual estava previsto 1 hora de duração, ficando apenas 45 minutos para sua execução. O atraso fez com que a OI₄ seguisse em ritmo acelerado,

incorrendo na diminuição do tempo para realizar a situação proposta e na mudança na forma de apresentação oral da síntese de cada grupo, feita de forma aligeirada e sem o diaporama.

A ausência de duas das quatro formadoras também prejudicou o bom andamento da OI₄, haja vista que o registro que cada uma iria fazer das interações de cada grupo era determinante para analisar a *performance* didática da OI₄ na MOI. Sendo assim, as duas formadoras presentes decidiram não filmar os grupos, mas apenas dar suporte às análises que iriam fazer sobre os dados e as vivências, à luz da teoria. Decidiram, ainda, por uma câmera em um ponto estratégico da sala para filmar a apresentação oral da síntese de cada grupo, entretanto, por esquecimento, provavelmente provocado pela exaustão das muitas atividades executadas, em curto período de tempo, a câmera filmadora não foi ligada, inviabilizando qualquer análise da OI₄.

Assim, os participantes, após reunidos em seus respectivos grupos, em 25 minutos, discutiram sobre as orquestrações, seguindo as orientações dadas, na medida do possível. Restando 20 minutos para finalizar a formação, um representante de cada grupo, em 5 minutos, foi convidado para sintetizar, oralmente, os principais pontos analisados sobre os quais refletiram.

4.4 CONTRIBUIÇÕES DO ESTUDO PRELIMINAR PARA A MOI

O estudo preliminar resultou na concepção de um *Design Experiments* para a MOI, um modelo de formação para professores de matemática com integração de tecnologias digitais (LUCENA; GITIRANA; TROUCHE, 2016). A primeira testagem da metaorquestração possibilitou a elicitación de requisitos relevantes ao melhoramento do *design* da metaorquestração e o refinamento teórico deste modelo em desenvolvimento.

As contribuições identificadas no teste e análise dos resultados do estudo preliminar foram organizadas, considerando sua relação com:

- a) as metamorfoses das definições correlatas à orquestração instrumental na MOI;
- b) as definições necessárias de ser cunhadas na MOI;
- c) a caracterização da MOI;
- d) o detalhamento mais preciso das situações e classe de situações da metassituação de formação;
- e) o melhoramento da *design* da MOI;
- f) a necessidade de integração, exclusão e concepção de novos artefatos;
- g) o aperfeiçoamento e/ou criação de instrumentos de análise.

Na perspectiva de uma nova testagem da MOI, apresentam-se, a seguir, as contribuições advindas do estudo preliminar para o refinamento teórico e aperfeiçoamento do *design* desse modelo de formação.

4.4.1 Refinamento das definições correlatas à orquestração instrumental na MOI

O processo de concepção, teste e análises preliminares dos dados da MOI trouxeram à tona a necessidade de se repensar pressupostos e definições correlatos à OI. No contexto da MOI, alguns pressupostos e definições ganham um novo sentido, necessitando ser refinados.

A MOI fundamenta-se no modelo teórico orquestração instrumental e visa que seus participantes se apropriem desse modelo. Logo, as situações propostas, assim como as orquestrações criadas para dar suporte à resolução dessas situações, precisam levar os participantes a refletir e se apropriar durante toda formação dos pressupostos e das definições da OI.

Nessa direção, é relevante que se refine a definição de MS e se definam as etapas da MOI, a saber: metaconfiguração didática, metamodo de execução e metaperformance didática. É importante, ainda, precisar a definição de *performance* didática. Alguns dessas definições foram discutidas por Lucena, Gitirana e Trouche (2018; 2017a).

4.4.2 Definições necessárias à metaorquestração instrumental

A *performance* didática das orquestrações que compõem a MOI revelou que há situações imprevistas pelas formadoras, na configuração didática e no modo de execução, que ocorrem durante a operacionalização da orquestração. Muitas dessas situações demandaram das formadoras decisões *ad hoc*, a exemplo disso, a decisão de reorientar a discussão teórico-prática da OI₃, por causa da não leitura dos estudantes, quanto ao texto indicado.

Entretanto, há situações imprevistas para as quais os estudantes tomam decisões, agem ou reagem. Um exemplo disso foi a decisão das formadoras de não disponibilizar instrumentos de medida aos estudantes. Mas a situação demandava de seus resolvidores que tomassem um componente do grupo para servir de modelo (suas medidas seriam utilizadas para definir a unidade de medida e a razão de proporcionalidade). Sem ter artefatos para fazer as medições, os estudantes-atores do grupo D usaram o cabo de um carregador de celular como instrumento de medida.

Esse exemplo coloca em evidência a necessidade de definir precisamente essa conduta dos estudantes, sempre quando são surpreendidos por algo inesperado ou que de alguma forma interfira no que estão fazendo.

4.4.3 Caracterização da metaorquestração instrumental

O *design* da metaorquestração foi construído com o uso do *Design Experiments*, mas possui características próprias e que precisam ser descritas, algumas das quais são herdadas da OI, tais como: a sistematização, a intencionalidade e rica em tecnologias, especialmente, as digitais. No entanto, o processo de concepção, teste e análises preliminares das orquestrações instrumentais da metaorquestração revelaram outras características: a articulação, o sequenciamento e favorável a diferentes tipos de interação.

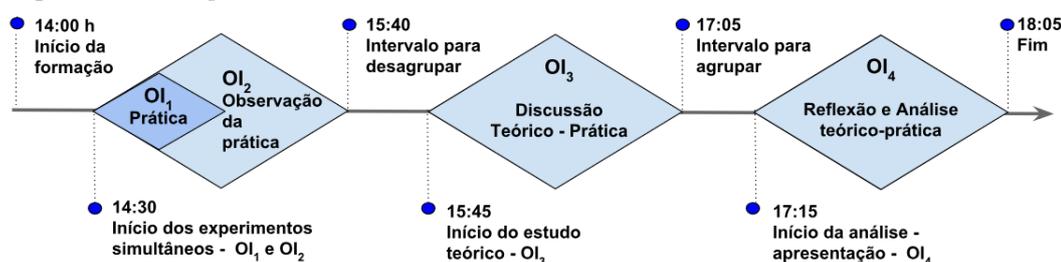
É relevante uma reflexão para precisar se características identificadas são apenas essas e se são descritivas ou prescritivas.

4.4.4 Detalhamento das situações e classe de situações MS de formação

Nesta pesquisa, tem-se usado a noção de situação segundo Vergnaud (1996). As situações que compõem a MS são de naturezas distintas: matemática, de observação da prática, de discussão teórico-prática e de reflexão e análise. É relevante, então, precisar tais situações e revelar a classe de situações a qual pertencem. O detalhamento dos objetivos da situação também deve ser apresentado e diferenciado dos objetivos para os quais a orquestra foi criada. É importante revisar as situações propostas no estudo preliminar na perspectiva de aperfeiçoá-las.

4.4.5 Melhoramento do *design* da MOI

Durante a execução da MOI, ficou evidente a necessidade de se criar uma OI que desse conta do estudo prévio da OI. Isso evitaria que a primeira discussão teórica ocorresse na OI₃, exatamente no momento em que uma noção da teoria já deveria ter sido construída para favorecer a articulação desta com a prática (Figura 28), pautada nos experimentos da OI₁ e OI₂.

Figura 28 – *Design* da MOI – 1.^a versão testada

Fonte: Elaborada pela autora.

Prezar por situações introdutórias à teoria com suporte de recursos (textos, vídeos etc.) não densos e no idioma dos sujeitos em formação parece-nos um bom começo para se pensar na estrutura dessa nova orquestração. Talvez, iniciar a metaorquestração com um estudo de fundamentação teórica, antes dos experimentos.

Outra orquestração do *design* que precisa ser adaptada é a OI₄, ao menos, no que concerne ao tempo de sua execução (Figura 28). Acessar os dados, analisá-los, refletir e discutir sobre eles, elaborar uma síntese da análise e apresentá-la são muitas tarefas para serem feitas em pouco tempo, ainda que em grupo e com suporte das formadoras.

É importante destacar as ações dos sujeitos e, principalmente, o tempo de elas ocorrerem na metaorquestração, seja antes das orquestrações serem executadas, entre a execução de orquestrações ou quando ocorrem simultaneamente (Figura 28). É preciso pensar, também, se o que se passa nestes intervalos são elementos das orquestrações (OI₁, OI₂, OI₃, OI₄) ou da configuração didática, do modo de execução ou da *performance* didática da metaorquestração.

O tempo pedagógico é uma variável crucial ao bom desenvolvimento de uma OI. As orquestrações instrumentais que compõem a metaorquestração são articuladas e cada uma cumpre um papel relevante à formação do aporte teórico em estudo. Assim, inviabilizar a vivência de uma delas pode incorrer em prejuízo quanto à aprendizagem dos estudantes e às análises dos dados por parte do formador, pois a partir dessas análises é que se pode verificar o desempenho dos participantes na orquestração e validar o modelo em desenvolvimento.

A definição do tempo de execução da situação precisa considerar as demandas e restrições impostas aos resolvidores. Precisa, ainda, levar em conta possíveis imprevistos que ocorrem na operacionalização da orquestração, além das dificuldades dos estudantes com a situação ou com o artefato disponibilizado. A definição do tempo de execução de cada orquestração para resolução das situações propostas é tão importante quanto cumprir com precisão o tempo preestabelecido. Tal cuidado é relevante não apenas para garantir a execução

da orquestração planejada, mas também para que se evite que essa execução não seja aligeirada como ocorreu com a OI₄.

É relevante à OI₁ identificar o que sabem os participantes, especialmente sobre os conhecimentos específicos e sobre os artefatos disponibilizados na orquestração demandados pela situação proposta, a qual irão tentar resolver. Traçar o perfil dos sujeitos e utilizá-lo para pensar as situações da metaorquestração pode contribuir significativamente para a validação desse modelo e para o sucesso da orquestração.

A gestão de pessoas e de artefatos, em um cenário de execução didática, é um forte elemento da OI. Logo, há de se cuidar que o quantitativo de pessoas por grupo não traga prejuízo à interação entre elas, tal como à realização coletiva das situações, de forma que nenhum participante deixe de dar sua contribuição.

Há de se ter cuidado, também, com a gestão dos artefatos que são disponibilizados e no quantitativo desses para cada grupo, considerando o quantitativo de participantes. A falta de atenção com este critério poderá inviabilizar desde o trabalho dos estudantes à análise de dados.

Outro aspecto importante é a definição dos papéis e das funções dos sujeitos em cada OI. É preciso também que fiquem claros para o participante da formação os moldes da execução de papéis e funções. Questões como troca de papéis, trabalho individual ou coletivo, em dupla ou em grupo, entre outras, devem ser clarificadas.

4.4.6 Integração, exclusão e/ou concepção de novos artefatos à metaorquestração

Os artefatos disponibilizados em uma OI precisam ser essenciais à resolução da situação proposta. Um exemplo disso é o GeoGebra para a resolução da situação matemática da OI₁. Até a decisão de não disponibilizar um artefato precisa ser bem pensada e estar alinhada aos objetivos e expectativas de aprendizagem. A decisão de não fornecer instrumentos de medidas para realizar medições na OI₁ é um exemplo disso.

Outro aspecto que precisa ser levado em conta é quanto o artefato precisa ser excluído da OI por não dar o suporte esperado à resolução da situação. Um claro exemplo disso é o texto indicado aos estudantes para fundamentação teórica. Denso e escrito em outro idioma que os estudantes não dominavam, culminou em uma não leitura quase que da turma toda. A leitura do texto indicado é fundamental para que o estudante tenha o primeiro contato com a teoria que se busca aprender, sendo que a não leitura pode prejudicar o bom desempenho dos estudantes durante toda formação.

Como a MOI é um modelo em processo de testagem para futura validação, é relevante a produção de um texto didático, em língua portuguesa, destinado ao público-alvo sobre a OI. Enquanto artefato a ser produzido, na perspectiva de que todos os participantes da formação façam sua leitura, é preciso pensar que características esse artefato deve ter, de forma que venha não apenas fomentar a sua leitura, mas também influenciar as ações e o pensamento dos estudantes durante a formação para se apropriar da OI.

4.4.7 Aperfeiçoamento e/ou criação de instrumentos de análise de dados

Por fim, o estudo preliminar revelou o potencial da técnica de análise microgenética associada à videografia, que favorece a análise de dados resultantes das filmagens e observações das interações e ações dos participantes nas orquestrações instrumentais.

Por seu foco nas minúcias dos eventos ocorridos que estão sendo analisados, favorece a identificação de esquemas ou componentes de esquemas dos participantes, extremamente importantes para inferir sobre a gênese instrumental relativa às diferentes situações propostas, tal como sobre a apropriação dos participantes a respeito da OI.

Por meio da identificação e análise dos esquemas, o formador pode descobrir, por exemplo: o que os estudantes sabem, quais conhecimentos constroem no decorrer da formação, como as interações e trabalho colaborativo com os demais componentes de seu grupo ocorrem, como a turma e as formadoras os auxiliam na execução de seus papéis e funções e como se dá o processo de instrumentalização e instrumentação de cada sujeito.

Assim, a videografia se mostra uma técnica relevante à análise microgenética, pois captura ações, gestos, falas, podendo alcançar um quantitativo numeroso de participantes em formação. Mas os vídeos não dão conta de capturar tudo, em todo tempo, que se passa em um experimento, por isso a observação, acompanhada de registros cursivos do observador, não deve ser descartada.

Quando se deseja capturar ações realizadas diretamente no computador, as filmagens não se configuram em uma boa técnica, dadas as distorções causadas pelos reflexos de luz. Assim, os *softwares* de captura de tela são excelentes recursos para esta finalidade.

Embora a técnica de análise microgenética-videográfica tenha se configurado em uma boa escolha para a análise dos dados que foram produzidos na MOI, é fato que os instrumentos criados ainda precisam ser aperfeiçoados. É preciso criar instrumentos que deem conta de melhor evidenciar os esquemas e os componentes de esquemas dos estudantes quando na

realização das situações propostas. Sem isso, as inferências sobre as gêneses instrumentais e apropriação da OI dos participantes da formação pode ser comprometidas.

É preciso também discutir os esquemas dos estudantes perante o trabalho coletivo e caracterizar os modos em que tais esquemas mobilizados pelo coletivo são construídos individualmente.

5 ESTUDO PRINCIPAL – FORMAÇÃO INICIAL

Este capítulo apresenta o estudo principal desta pesquisa que consistiu do refinamento das definições e constituição do modelo teórico da MOI, de novo *Design da MOI*, com as adaptações justificadas a partir das análises do Estudo Preliminar, de teste e análise da MOI.

O Estudo principal foi realizado em uma situação de formação inicial de professores, da modalidade presencial. No entanto, devido a situações *ad hoc* resultantes das greves e manifestações diversas que ocorriam no Brasil, durante o período de testagem do modelo, parte do experimento foi realizado a distância.

Na primeira seção, discute-se o complemento do quadro teórico desta pesquisa, resultado do refinamento teórico do Modelo da MOI, inclusive da OI. Inicialmente, apresentam-se avanços quanto aos elementos de um de execução didática de uma Orquestração. Em seguida, define-se a MS, a MOI, suas características e etapas. Discutem-se, ainda, os modos de destinação e modos de engajamento (REMILLARD, 2010), pressupostos teóricos utilizados para fundamentar a concepção e análise do uso de um texto *webdoc*, uma demanda resultante da análise da OI 3, da metaorquestração.

Na segunda seção, indicam-se os sujeitos, o campo e os aspectos éticos da pesquisa. Discute-se o *redesign* da MOI, enquanto percurso metodológico. As adaptações realizadas no *design* da metaorquestração e que se refletem diretamente em adaptações ao método, também, são resultantes do Estudo Preliminar.

Na terceira seção, há a descrição e análise, individual, de cada situação e orquestração instrumental da MOI, considerando a *performance* didática dos participantes em formação relativa à resolução das situações e ao suporte dado pela orquestra para isto, na perspectiva de garantir a fluidez e melhor compreensão da leitura. Considerando o volume de dados coletados, verificou-se a real necessidade de descrição e análise dessas informações separadamente.

5.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS COMPLEMENTARES

Nesta seção, serão discutidos os avanços relativos ao refinamento teórico de definições da MOI e do cenário de elementos de execução didática da OI. Complementam, ainda, o quadro teórico, a abordagem teórica que discute as formas de destinação e os modos de engajamento de um recurso (REMILLARD, 2010).

5.1.1 Adaptações do cenário de elementos de execução didática

No capítulo 2 deste trabalho, discutiu-se um cenário de elementos de execução didática para OI, sugerido por Drijvers e Trouche (2008). Esses elementos são pontos fundamentais de partida para o professor que deseja orquestrar o ensino: o ambiente, a situação, os sujeitos, os artefatos etc. Também, são consideradas configurações didáticas e os modos de execução que podem ser desenvolvidos a partir destes elementos.

No entanto, durante a concepção e análise de dados da MOI, percebeu-se a necessidade de localizar esses elementos dentro do cenário didático, considerando sua relação com a configuração didática, modo de execução e *performance* didática. Além disso, entendeu-se ser relevante informar que a orquestra se desenvolve essencialmente em dois momentos, planejamento e execução. É durante a execução da orquestra que emergem as situações imprevistas que demandam do professor as decisões *ad hoc*. No entanto, foi observado nas análises do Estudo Preliminar que, diante de situações imprevistas, os estudantes, participantes da metaorquestração, também tomavam decisões.

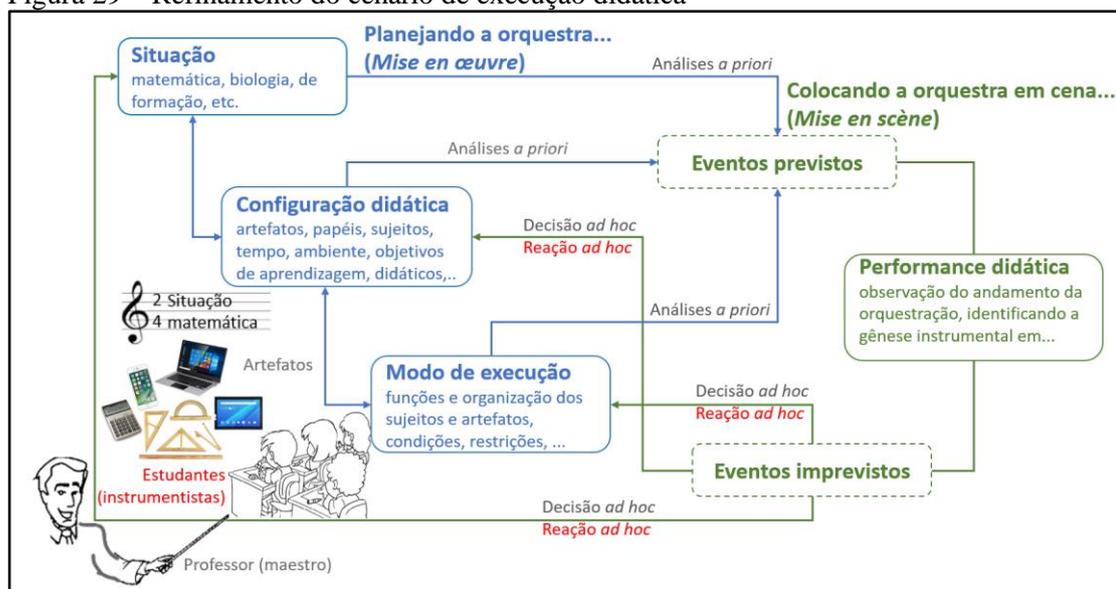
Embora estudantes e formadores façam parte do mesmo cenário didático, há de se defender que as decisões *ad doc* das formadoras são de natureza didática, porque buscam cumprir os objetivos didáticos para os quais a metaorquestração foi criada. Já as decisões dos estudantes, comumente, estão relacionadas aos seus objetivos correlatos à realização das situações que lhes foram propostas. Assim, para diferenciar as decisões daquele que orquestra do que vivencia a orquestra, decidimos cunhar o termo reação *ad hoc* para as decisões tomadas pelos estudantes ou professores na condição de estudante na vivência de uma orquestra.

Assim, reações *ad hoc* são as reações dos estudantes à situação proposta, às condições e às restrições impostas a estes para resolver tal situação, diante de situações inesperadas que emergem durante o trabalho, individual ou coletivo, dos estudantes na orquestração. As reações *ad hoc* podem ocorrer, por exemplo, por causa: das características da situação ou dos conhecimentos exigidos para sua resolução, da habilidade ou não no uso dos artefatos disponibilizados, da gestão dos sujeitos envolvidos (papéis, funções etc.), do tempo de resolução etc. As reações *ad hoc*, tal como as decisões *ad hoc*, podem alterar o planejamento da orquestra – a configuração didática, o modo de execução e, até mesmo, a situação proposta. De uma forma ou de outra, elas são extremamente relevantes à OI. Isso porque, em geral, modificam a orquestra em pleno andamento e, precisam ser consideradas pelo professor

(maestro) para repensar novos arranjos, porém algumas vezes não são percebidas pelo professor (maestro).

Na Figura 29, pode-se observar os elementos do cenário de execução didática proposto por Drijvers e Trouche (2008) e os que foram identificados nas análises do Estudo Preliminar. Esse cenário é discutido por Lucena, Gitirana e Trouche (a publicar).

Figura 29 – Refinamento do cenário de execução didática



Fonte: Elaborada pela autora.

Os elementos de um cenário de execução didática de uma OI estão esquematizados em dois atos (Figura 29). Para isso, utilizaram-se dois termos franceses: o primeiro – *Mise en œuvre* – denota o momento do planejamento da orquestração, a configuração didática e o modo de execução, para dar suporte a realização da situação; o segundo ato – *Mise en scène* – denota o momento em que a orquestra é colocada em cena, ou seja, como ela está sendo executada, como está favorecendo, ou não, a realização da situação proposta – a *performance* didática.

O primeiro ato, *Mise en œuvre* (em azul), é orquestrado pelo professor que determina a situação, escolhe artefatos a ser disponibilizados, define os papéis, funções de cada sujeito, o tempo de duração, etc. E, também, as análises *a priori* de natureza didático-pedagógica (em cinza). O segundo ato, *Mise en scène* (em verde), é a vivência do primeiro ato, pelo professor e seus estudantes. Neste, são confirmadas as previsões feitas pelo professor e a implementação ou não de “planos B” para as situações já previstas. Também são identificadas as decisões *ad*

hoc do professor (em cinza) e as reações *ad hoc* dos estudantes (em vermelho) para os eventos imprevistos.

5.1.2 Definição de metassituação

O *design* da MOI trouxe à tona as diferentes naturezas de uma situação. A Orquestração Instrumental tem por objetivo favorecer as gêneses instrumentais do sujeito, quando na resolução de situações matemáticas com integração de tecnologias digitais. Logo, é natural que a situação que interesse a esse modelo teórico seja matemática.

No entanto, a MOI é um modelo de formação para apropriação da OI, ou seja, os conhecimentos que estão em jogo são prioritariamente os correlatos à OI. Assim, as situações que são propostas no modelo de formação não são apenas de natureza matemática, mas de fundamentação teórica, de discussão teórico-prática etc.

Dessa forma, verificou-se a necessidade de precisar a definição de MS, na perspectiva de não a limitar ao conhecimento específico (no caso a matemática), tal como havia sido definida inicialmente. Não apenas para atender aos propósitos da metaorquestração no sentido da formação, mas também por compreender o potencial da OI e da MOI aplicadas a outras áreas do conhecimento.

Metassituação pode ser entendida como uma situação complexa que pode ser analisada como uma combinação de situações de natureza e dificuldade próprias. Vale salientar que tomamos por situação a noção atribuída por Vergnaud (VERGNAUD, 1991, p. 167).

5.1.3 Definição de MOI e características

Uma das primeiras definições que se buscou refinar foi a do modelo teórico em desenvolvimento. Assim, **Metaorquestração Instrumental** é definida como a gestão sistemática e intencional, por um agente (formador(es)), dos artefatos e dos sujeitos (professores e futuros professores) confrontados com uma MS, com o objetivo de se apropriarem do conceito de OI. Tomou-se como base para o refinamento, a definição de OI cunhada por Trouche (2005).

Com base nessa definição, nos resultados e nas análises realizadas no Estudo Preliminar, verificou-se a relevância de se prescrever as características da MOI. Três delas já são prescritas na OI que fundamenta o modelo em desenvolvimento: a sistematização, a intencionalidade e ser rico em tecnologias, em especial, as digitais. A partir do primeiro teste do *design* da MOI,

a descrição dos resultados e análises evidenciaram mais três características que são essenciais ao modelo e, por isso, devem ser prescritas: a composição (com orquestrações sequenciadas ou imbricadas), a articulação e ser propício à interação. A Figura 30 apresenta as características prescritivas da MOI.

Figura 30 – Características do modelo teórico metaorquestração instrumental



Fonte: Elaborada pela autora.

A sistematização tem por objetivo organizar as orquestrações da metaorquestração de acordo com parâmetros estabelecidos (objetivos, regras, métodos etc.), indivíduos, artefatos e dados, de forma composta (sequencial ou imbricada) e articulada. A sistematização está presente desde a concepção até a análise dos resultados. Isso porque não estrutura apenas o *design*, mas também a coleta e a análise de dados advindos da execução do modelo.

A intencionalidade está diretamente relacionada ao ato de agir conscientemente sobre o que é proposto e sobre os objetivos que se quer alcançar. Assim, a concepção, o desenvolvimento, os testes, as análises, ou seja, tudo que se propõem precisa estar relacionado a tais objetivos.

A composição de orquestrações instrumentais tem a ver com a estrutura do *design* de acordo com que se pretende propor e a relação disso com os objetivos. Assim, as OI podem aparecer de forma sequenciadas ou imbricadas. No primeiro caso, a execução das orquestras ocorre em tempos distintos. Independente da forma como são executadas, ainda assim, devem estar articuladas entre si. No segundo caso, a execução das orquestras é simultânea.

A articulação entre as orquestrações do modelo é uma característica extremamente relevante por dois motivos: primeiro, favorece a geração de novos artefatos produzidos pelos sujeitos em formação, susceptíveis de favorecer a compreensão dos conceitos. Segundo, favorece a realização das situações propostas, pois, por serem resolvidas na sequência em que as orquestrações são executadas, os conhecimentos adquiridos pelos sujeitos durante a

orquestração anterior podem ajudar na realização da próxima situação e na apropriação de novos conhecimentos. A garantia da articulação entre as orquestrações evita que as situações propostas, tal como as suas respectivas orquestrações, se configurem em uma sequência de atividades isoladas e estanques.

O fato de as orquestrações instrumentais serem estruturas ricas em tecnologias, especialmente as digitais, tem a sua essência no objetivo central para o qual esse modelo foi criado (TROUCHE 2005), a saber, as gêneses instrumentais do sujeito. A proposta do autor da metáfora é que os artefatos que compõem o cenário didático sejam tecnologias digitais. Busca-se com isso saber como o sujeito se apropria de matemática com uso de diferentes dispositivos dessa natureza. Isso significa desprezar as tecnologias digitais, mas oportunizar uma formação mais completa e cada vez mais exigida no contexto educativo, social etc. Na MOI, por exemplo, tecnologias digitais e convencionais coexistem e constituem um sistema complexo de recursos.

A característica do modelo de ser propício à interação do sujeito com o artefato e dele com outros sujeitos faz emergir formas distintas de trabalho a serem exploradas. Assim, o sujeito terá a oportunidade de executar situações individualmente com o uso de artefatos tecnológicos digitais, podendo trabalhar coletivamente, em dupla ou em grupo. As interações quando oriundas do trabalho coletivo, comumente, resultam em colaboração (trabalham juntos para alcançar um objetivo comum), cooperativo (cada um executa individualmente uma parte do trabalho para alcançar um objetivo comum) e em mediações (realizadas por quem acompanha os sujeitos que executam as situações, na intenção de dar suporte sempre que necessário ou solicitado).

5.1.4 Definição das etapas da MOI

Assim como o modelo OI dispõe da Configuração Didática, Modo de Execução e Performance Didática, que estruturam e favorecem a análise da orquestração concebida e executada, entendeu-se ser relevante definir tais etapas no contexto da MOI.

O termo meta, nesta pesquisa, tem sido utilizado em uma perspectiva cognitiva, ou seja, diz respeito à capacidade de compreender e refletir sobre a sua própria compreensão. Na MOI, o sujeito que vai se apropriando dos elementos teóricos que compõem a OI também reflete sobre essa compreensão. Mas, também, refere-se sobre os princípios que compõem a metaorquestração, definidos a seguir:

A **metaconfiguração didática** pode ser entendida como uma arquitetura dos sujeitos (estudantes), artefatos, escolhas didáticas e as situações, definidos pelo maestro (professor/formador). Essa arquitetura pressupõe, além do conjunto de orquestrações instrumentais internas a cada orquestração, a organização, articulação e gestão das orquestrações instrumentais que irão compor a MOI.

O **metamodo de execução** didática consiste em diferentes formas de se colocar em execução a arquitetura de cada orquestração instrumental da metaconfiguração didática. Ao menos uma forma de execução da metaconfiguração didática precisa ser prevista.

A **metaperformance didática** é o desempenho alcançado pela metaorquestração instrumental, considerando a viabilidade da arquitetura criada para a apropriação do modelo teórico Orquestração Instrumental. Trata da identificação das situações imprevistas, decisões e reações *ad hoc* que são relevantes para determinar quão bem-sucedidas foram as orquestrações executadas, tanto interna quanto externamente a cada orquestração. Considera também a organização, a articulação, a gestão do conjunto de orquestrações e sua execução, ou seja, a metaconfiguração didática e o metamodo de execução que compõem a metaorquestração.

5.1.5 Formas de destinação e modos de engajamento

A produção e os usos de um recurso com perspectiva de ensino e aprendizagem de seu conteúdo, não importando sua natureza (livros, *softwares*, jogos etc.), demandam de seus desenvolvedores mais que conhecimento específico ou didático-pedagógico, mas também de desenvolvimento de *design*. O ato de pensar o *design* de um recurso é um fio condutor a questões como “Qual é o público-alvo?”; “O que interessa a esse público?”; “Que aspectos devem ser considerados para atrair o interesse desse público?” e “Para que este público irá utilizar esse recurso?” etc.

No entanto, muitas dessas questões não envolvem apenas o processo de produção do recurso, mas também como ele é utilizado pelos seus usuários. Isto porque os usos podem revelar o que realmente interessa ao público-alvo, novas demandas e limitações que poderiam culminar em melhoria do recurso, por exemplo. Essas ideias ganham força na pesquisa de Remillard (2010) que investiga os usos de livros textos curriculares de matemática, produzidos para orientar professores no planejamento de suas aulas. Essa pesquisadora defende que a implementação do currículo depende também da relação que o professor estabelece com os usos

dos recursos. São essas interações entre professor e currículo que interessam a Remillard, não apenas para a conceitualização, mas também para a caracterização.

No que concerne à produção do recurso, Remillard (2010) defende a necessidade de se pensar no público-alvo, em seus interesses quanto ao recurso, o que eles querem, o que fazem e como fazem com o recurso, ou seja, as formas de destinação. Tais variáveis precisam ser levadas em consideração porque, segundo a pesquisadora, são elas que favorecem as projeções, feitas por *designers*, para atender aos desejos, necessidades e práticas desenvolvidas pelo público-alvo com o recurso. Assim, são os *designers* que tornam as formas de destinação, de acordo com Remillard (2010, p. 102, tradução nossa), “[...] acessíveis e visíveis para atender às necessidades de seu público principal”.

A pesquisadora também esclarece:

A forma de destinação de um recurso curricular refere-se às formas físicas, visuais e substantivas que ele assume, à natureza e apresentação de seu conteúdo, os meios pelos quais ele se dirige aos professores. A forma de destinação é o que os professores realmente veem, examinam e interagem ao usar um recurso de currículo (REMILLARD, 2010, p. 108, tradução nossa).

Essas formas dizem respeito aos aspectos que compõem o recurso, daí a relevância do *designer* que precisa torná-los visíveis e acessíveis aos seus leitores/usuários. Em seus estudos com recursos curriculares de matemática e o uso desses por parte dos professores, Remillard afirma ter descoberto cinco categorias de formas de destinação: estrutura, aparência, voz, meio e gênero. Conforme a autora, “[...] cada categoria é relevante para como os professores se engajam e utilizam recursos. Além disso, cada categoria representa um conjunto de considerações de *design* e decisões que nem sempre são explicitadas” (REMILLARD, 2010, p. 110, tradução nossa).

A respeito das formas de destinação dos recursos identificadas, Remillard (2010) esclarece:

- a) estrutura: refere-se à organização (conjunto de itens, outros recursos, que compõem o recurso etc.) e ao conteúdo (inclusão, exclusão e destaques dados aos conceitos, objetivos, orientações, pressupostos, representações etc.);
- b) aparência: refere-se ao visual do recurso (cores, imagens, brilho, estrutura gráfica etc.).
Mais precisamente, é o que os professores veem quando olham para o recurso. Além de ser resultado das diversas opções de *design*, é influenciada pela estrutura do programa;

- c) voz: é manifestada por meio da forma como os autores se comunicam com o professor (leitor/usuário). As sugestões e orientações dadas pelos autores aos professores são exemplos de como essa comunicação ocorre;
- d) meio: refere-se à forma de entrega do recurso. Comumente é utilizado o meio impresso, nas páginas do livro texto. No entanto, é preciso considerar o uso de recursos eletrônicos que tomam por base a *web*. Nesses casos, Remillard aponta para a necessidade de se pensar as interações entre professores com esses recursos e de favorecer a tomada de decisão de navegação do usuário;
- e) gênero: reflete o que é o recurso, as características que o identificam como tal. Remillard exemplifica o recurso curricular, enquanto gênero, como um livro de receitas ou um manual, já que é destinado a orientar a ação de seu leitor. A pesquisadora chama a atenção, ainda, para possibilidade de um recurso ter mais de um gênero, especialmente na perspectiva das tecnologias digitais envolvidas no desenvolvimento de recursos.

É relevante destacar que a investigação de Remillard concentrou-se em recursos curriculares de matemática impressos; logo, as formas de destinação identificadas podem ser ampliadas, ou talvez, não identificadas, a depender da natureza do recurso. Não por acaso, a pesquisadora chama a atenção para os novos tipos de recursos curriculares desenvolvidos por *designers* na forma de páginas virtuais *web*. A variedade de recursos curriculares que podem dar suporte e orientação aos professores dessa natureza influencia o uso que tais professores fazem deles (REMILLARD, 2010).

As formas de destinação de um recurso curricular, produzido e utilizado, são relevantes porque elas fomentam o engajamento de seus leitores/usuários com o recurso, no desenvolvimento de suas práticas, para atingir seus objetivos em um determinado contexto. Segundo Remillard (2010), o leitor se engaja com o recurso, podendo também se envolver com as interações dos autores do recurso, um dos motivos pelos quais as formas de destinação são tão relevantes. A pesquisadora usa o termo engajamento para se referir a como o professor interage com as formas de destinação do recurso curricular (texto, página da *web* etc).

Assim, é preciso observar e analisar os usos dos recursos pelos professores, pois são os usos que ajudam a identificar e explicar os modos de engajamento. Remillard (2010, p. 115, tradução nossa) “descobriu que o modo de um professor engajar um recurso curricular inclui

quatro formas primárias ou tipos de leitura: o que ele lê; quais partes ele lê; quando ele lê; e quem ele é como leitor”.

É nessa direção que a pesquisadora observa as relações de uso de três professores relativas ao mesmo recurso curricular. Os resultados encontrados e analisados por Remillard (2010) apontam que as formas de destinação dos recursos curriculares influenciam os modos de engajamento dos professores com estes. Além disso, revela que a experiência passada dos professores também pode influenciar seus modos de engajamento com novos recursos.

Meu interesse em como os modos de engajamento dos professores são moldados e sua tendência a ser resiliente ao longo do tempo é influenciado pelo *design* de materiais não convencionais que oferecem potencialmente um novo gênero de recursos e antecipam um tipo diferente de uso do professor (REMILLARD, 2010, p. 120, tradução nossa).

Esse interesse é bastante pertinente se considerarmos que recursos curriculares são projetados não apenas para guiar, orientar a prática docente, mas, como bem defende Remillard (2010, p. 120), para “alterar práticas convencionais de ensino e currículo-material”. Daí a relevância da projeção desses recursos com foco em seu público-alvo. Segundo a pesquisadora, as possibilidades de sucesso quanto ao uso e funcionamento de tais recursos são maiores quando os *designers* os projetam para o público pretendido e que se comporta conforme suas expectativas.

As formas de destinação e os modos de engajamento são conceitos relevantes ao desenvolvimento de um texto *webdoc*, destinado a professores de matemática em formação inicial, participantes da MOI. A criação desse *webdoc* visa incentivar a leitura do texto que dará embasamento teórico sobre as Orquestrações Instrumentais a esses participantes. O primeiro contato com os pressupostos teóricos da OI objetiva favorecer a realização das situações propostas e a apropriação desses pressupostos por parte dos participantes da formação.

5.2 MÉTODO DO ESTUDO PRINCIPAL

Nesta seção, apresentam-se os sujeitos, o campo e os aspectos éticos da pesquisa, assim como se discute o (*re*)*Design* da Metaorquestração a partir de seu detalhamento, pautado nas demandas identificadas a partir do primeiro teste desse modelo. Por fim, são evidenciadas as adaptações realizadas nos métodos de coleta e de análise dos dados para esta etapa da pesquisa.

5.2.1 Sujeitos e campo de pesquisa

O modelo teórico de formação MOI foi adaptado para ser vivenciado, dessa vez no âmbito de uma instituição pública de ensino superior, em uma turma do 3º período do curso de licenciatura em Matemática. Essa escolha deu-se pelo fato do modelo ter sido concebido para formação de professores de matemática, embora tenha sido testado, inicialmente, em turma interdisciplinar de um curso de mestrado em Educação Matemática e Tecnológica.

As análises dos dados do Estudo Preliminar revelaram qual a dificuldade para compreender o processo de gênese instrumental dos estudantes uma vez que, nos grupos formados para a realização dos experimentos, a maioria não tinha formação em matemática. Daí a necessidade de se testar o *design* da MOI em uma turma de futuros professores de matemática.

Essa escolha foi motivada também pelo fato de ser comum ao curso de licenciatura o estudo de constructos teóricos e teorias já consolidadas. Logo, tem-se um campo fértil para se promover uma formação com os licenciandos, uma vez que essa visa à apropriação de um modelo teórico, mas também favorecer as futuras orquestrações instrumentais com a integração de tecnologias digitais, nas escolas.

Assim, decidiu-se pela disciplina que incluía em seu programa o ensino de teorias da didática da matemática. Vale salientar que o curso de licenciatura em Matemática escolhido foi o da modalidade ensino presencial (a instituição oferece o mesmo curso na modalidade EaD). Entretanto, situações de formação a distância, pautada em dispositivos digitais e na conectividade oferecida pela *internet*, foram promovidas e vivenciadas. Assim, nosso campo de pesquisa não ficou limitado à sala de aula física, presencial, mas se expandiu, ao associarmos novo ambiente de ensino virtual a novos recursos digitais e à *internet*.

Após consultar a professora da disciplina e os estudantes, e esclarecer sobre os objetivos e da pesquisa, o convite foi lançado e aceito. A turma tinha 24 licenciandos matriculados, participando efetivamente das aulas desde o início da disciplina. Porém, o quantitativo dos que participaram de cada uma das orquestrações foi distinto, variando em cada orquestração, como normalmente acontece no transcorrer de uma disciplina real. O quantitativo de participantes será apresentado na descrição individual de cada orquestração na próxima seção.

Diferentemente do que ocorreu no Estudo Preliminar, em que a metaorquestração foi vivenciada em 4 h/a, o segundo teste da MOI ocorreu em 6 horas presenciais. Dessas, 2 horas foram destinadas aos experimentos da OI_2 e OI_p e 4 horas destinadas às apresentações da OI_4 .

Já as orquestrações OI_1 e OI_3 foram executadas em duas semanas distintas e a distância. Essas ora foram executadas individualmente (OI_1 , OI_2 e OI_3), ora em dupla (OI_p), ora em grupos (OI_4). Após a coleta de dados, foi sugerida a inclusão de uma orquestração de criação de uma OI . Porém, dado que a disciplina já havia finalizado, não foi possível a execução de tal Orquestração como parte da MOI .

A formação dos grupos ocorreu nas OI_p e OI_2 , antes da execução desses experimentos que correu em *duo* (OI_p) e individualmente (OI_2). No dia, quatro grupos foram formados, cada um com quatro componentes. Depois, para dar oportunidade aos estudantes que faltaram, mais dois grupos foram formados. No total, seis grupos foram formados, mas apenas três foram selecionados, para que os dados produzidos pelos seus componentes fossem analisados. Os grupos A, C e D foram selecionados por atender a todos os critérios de escolha:

- a) participação do grupo (ao menos dois dos componentes) em todas as orquestrações da MOI ;
- b) participação do grupo no experimento na OI_p ;
- c) qualidade técnica dos dados do grupo a serem analisados (vídeo com imagem e áudio, arquivos do GeoGebra, captura de tela).

No entanto, o volume de dados coletados fez com que fosse decidida a escolha de apenas um desses três grupos para proceder a análise. Escolheu-se o grupo D porque a frequência e a participação, individual e coletiva, na MOI dos componentes desse grupo foi superior e melhor (qualidade dos dados apresentados) que as dos grupos A e C.

É válido ressaltar que, por ser o campo de pesquisa um espaço de ensino real, não simulado, eventos comuns à dinâmica da sala de aula ocorreram, entre eles a falta de estudantes às orquestrações a distância e presenciais. E, apesar de terem sido criadas oportunidades para que tais estudantes pudessem realizar as situações propostas, os dados produzidos por esses estudantes não foram utilizados para efeito de descrição e análise do modelo de formação, ao menos em um momento em que o grupo D utiliza protocolos do grupo E como artefato na resolução da situação proposta.

5.2.2 Aspectos éticos da pesquisa

Os aspectos éticos explicados e garantidos aos mestrandos e professoras da disciplina em que o primeiro teste da MOI ocorreu foram mantidos, sendo esses esclarecidos à professora da disciplina e aos licenciandos da turma.

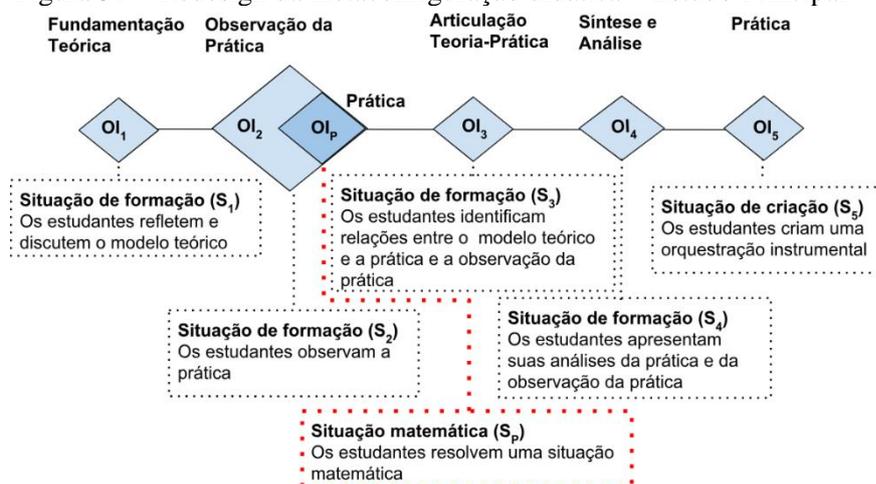
Assim, foi criada uma planilha *on-line* do *Gdrive* e compartilhada com os sujeitos da pesquisa, para que esses se posicionassem favoráveis ou não quanto à utilização restrita dos dados produzidos durante a formação, para efeito de pesquisa. Além disso, também foi garantido que seriam resguardadas a identidade e a imagem dos participantes.

Todos aceitaram participar, considerando as condições supracitadas.

5.2.3 Redesign da MOI

Neste estudo, tem-se um *redesign* da MOI (Figura 31), já com as adaptações necessárias e pautadas nas contribuições do Estudo Preliminar, entre elas a definição, os elementos e as características desse modelo. Esse *redesign* da MOI foi discutido por Lucena, Gitirana e Troche (2018).

Figura 31 – Redesign da metaconfiguração didática – Estudo Principal



Fonte: Elaborada pela autora.

No atual *design* da MOI (Figura 30), pode-se observar que uma orquestração foi acrescentada e denominada (OI₁), já que essa inicia a nova sequência de orquestrações articuladas. A OI₁ tem por objetivo dar suporte à situação S₁ de reflexão e discussão, criada para fundamentação teórica dos participantes da formação. É o primeiro contato dos estudantes com o modelo teórico em estudo. Essa orquestração é vivenciada à distância em um ambiente virtual.

A OI₁ da 1.^a versão do *design* da MOI foi denominada OI_p (Orquestração Instrumental Pivô ou *pivot*). Essa troca foi necessária pela relevância que a OI_p tem para o processo de apropriação do modelo teórico em foco. O termo pivô é de etimologia francesa “*pivot*”, e, entre

seus significados, adotou-se que pivô é aquilo que representa um sustentáculo. De fato, é do experimento OI_p que emergem os eventos que podem ser correlacionados aos elementos teóricos da Orquestração Instrumental.

A OI_2 continua sendo executada simultaneamente à OI_p (antiga OI_1). Enquanto a situação (S_p) da OI_p coloca os participantes na condição de estudante que busca aprender matemática com suporte de tecnologias, a situação (S_2) da OI_2 coloca os participantes no papel do professor que observa o desempenho e a evolução da gênese instrumental dos estudantes na OI_p . A S_2 consiste na observação da prática (S_p). Os experimentos da OI_p e da OI_2 são realizados na sala de aula presencial.

A OI_3 dá suporte à realização da situação S_3 . Trata-se de um convite à articulação entre teoria e prática, entre o que diz a teoria e como ela acontece na prática. A ideia é que, a partir da resolução da S_3 , os participantes da formação consigam estabelecer relações entre o que foi estudado sobre modelo teórico na OI_1 , o que experimentado na OI_p e o que foi observado na OI_2 referente à vivência na OI_p . Essa orquestração, também, é vivenciada a distância em um ambiente virtual.

Já a OI_4 foi estruturada para favorecer a resolução da situação S_4 , que propõe ao participante o acesso aos dados produzidos por ele e por seu grupo, durante a execução das orquestrações. A partir desse acesso, serão possíveis a reflexão e a análise dos dados. Em um segundo momento, participantes apresentarão uma síntese da análise realizada para discutir com toda turma. A OI_4 é vivência em sala de aula presencial.

A última orquestração instrumental (OI_5), integrada ao *design* da MOI, foi concebida para dar suporte à resolução da situação S_5 . Trata-se de uma situação que propõe a prática da teoria. Na OI_5 , os participantes são desafiados a criar uma OI para dar suporte a uma situação escolhida ou criada por ele. Entre outros resultados que podem emergir da execução da OI_5 , a análise da situação e da orquestração criadas poderá revelar ou não se a apropriação dos participantes da formação quanto ao modelo teórico que buscam aprender, a Orquestração Instrumental, foi de fato consolidada.

É relevante informar que, em detrimento do tempo de conclusão da tese, a OI_5 não foi executada. Os participantes da formação tiveram a oportunidade de elaborar orquestrações instrumentais em outro estudo realizado na disciplina. Mas os dados gerados não foram considerados por não atender o rigor necessário e exigido à pesquisa. Logo, as orquestrações criadas pelos participantes fora da metaorquestração instrumental não foram analisadas. Assim,

a estrutura de coleta e análise apresentadas a seguir buscam atender aos dados produzidos nas orquestrações anteriores à OI₅.

5.2.4 Método de coleta dos dados da MOI

O método de coleta de dados deste Estudo tem a ver com a realização de cada situação em cada orquestração correspondente. É a execução da situação na orquestra que produz os dados e, ao mesmo tempo, possibilita sua coleta. A estrutura (Figura 32) busca-se evidenciar as técnicas de coleta de dados, já discutidas na descrição do método do Estudo Preliminar. Destacam-se ainda os instrumentos de coleta, os dados produzidos e quem realiza esta coleta na MOI.

Maior parte dos dados coletados emergem da execução da OI₂. Ao observarem a prática da vivência da OI_p, os estudantes-observadores da OI₂ geram registro cursivo e vídeos. Os *softwares* também contribuem com a coleta de dados, o *A-tube catcher* que gera um vídeo da captura de tela do computador, o arquivo gerado pelo GeoGebra referente à construção do boneco e o formulário do *Gdrive* enviado por *e-mail* aos estudantes para responderem *on-line*.

Figura 32 – Estrutura de coleta de dados da MOI



Fonte: Elaborada pela autora.

Nas OI₁ e OI₃, os estudantes e formadores produzem postagens nos fóruns criados. Como essas postagens ficam registradas no ambiente virtual, basta ao pesquisador acessá-las para proceder à análise. Na OI₄, têm-se protocolos gerados os quais poderão estar em diferentes formatos (diaporamas, vídeos, linhas do tempo, campo conceitual etc.) e o vídeo da

apresentação dos grupos. Há também os registros das interações entre os licenciandos e entre esses e a professora no grupo da disciplina do *WhatsApp*.

Os dados coletados e analisados serão detalhados na descrição e análise de cada OI.

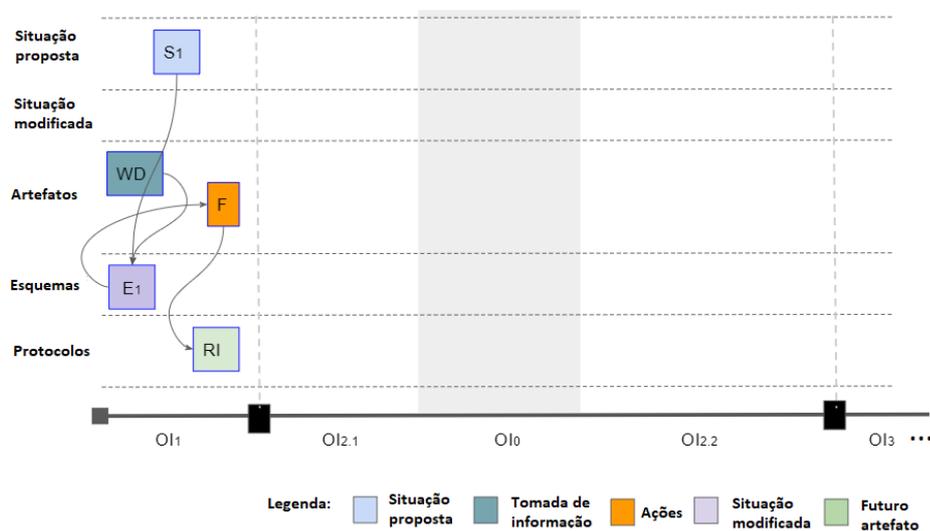
5.2.5 Método de análise dos dados da MOI

As análises incipientes dos dados gerados no Estudo Preliminar validaram a técnica de análise microgenética-videográfica como promissora às análises dos dados produzidos na MOI. Ao mesmo tempo, percebeu-se a necessidade de criar uma estrutura (Figura 33) que permitisse identificar, ao longo da formação, o que deveria ser contemplado na análise, na perspectiva de inferir sobre a apropriação dos estudantes relativa ao modelo teórico estudado.

A estrutura de análise (Figura 33) dá luz à necessidade de que se observe a situação proposta e como os estudantes decidem resolvê-la, na intenção de verificar se há, por parte deles, modificações à situação. Isso é importante porque cada situação foi criada com objetivo de construir ao longo da formação conhecimentos sobre a OI.

Tem-se que observar como os estudantes fazem uso ou não dos artefatos disponibilizados (Figura 33), ou, ainda, se inserem dentro do cenário de execução didática outros artefatos para resolver a situação proposta ou alterada por eles mesmos. Os esquemas de uso dos estudantes quando no uso dos artefatos para resolver a situação podem gerar protocolos distintos que podem se constituir em verdadeiros recursos à medida que vão vivenciando as orquestrações.

Figura 33 – Estrutura de análise ao longo da formação



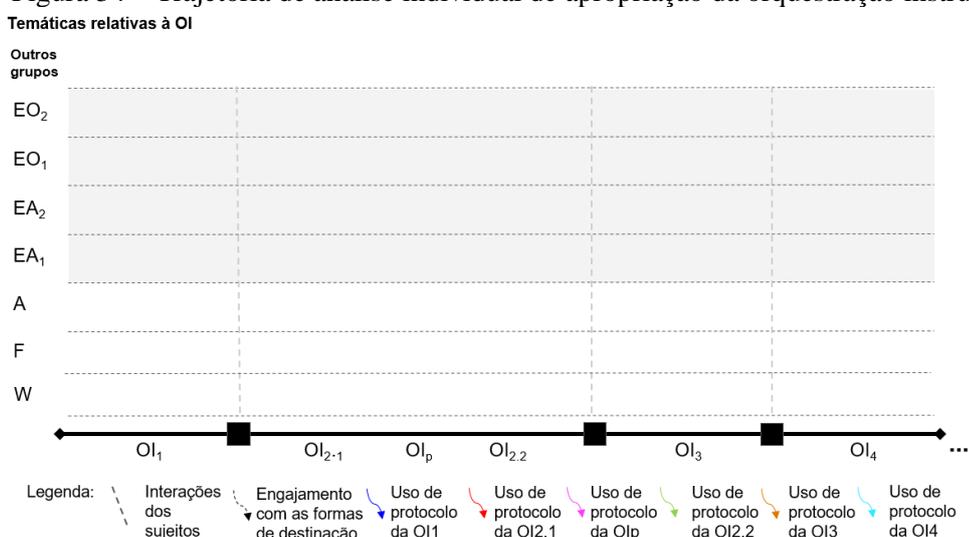
Fonte: Elaborada pela autora.

Na OI_1 , por exemplo, as postagens do fórum podem ser consultadas sempre que o estudante em formação desejar. Ele pode utilizar esse conteúdo para auxiliá-los a resolver as situações de outras orquestrações. Pode, também, utilizar os eventos da OI_p , como exemplos para entender ou explicar elementos teóricos da OI .

Outro aspecto relevante a ser considerado na análise é o acompanhamento individual de cada participante, mesmo quando no desenvolvimento de trabalho coletivo. É esse acompanhamento que permitirá inferir sobre a evolução do estudante ao longo da formação, tal como sua compreensão sobre a OI . Assim, pensou-se em traçar uma trajetória de análise individual (Figura 34) referente ao processo de apropriação do modelo teórico.

A trajetória de análise individual (Figura 34) foi estruturada da seguinte forma: no eixo vertical, tem-se especificado cada componente de um mesmo grupo, estudantes-atores (EA) e estudantes-observadores (EO). Também estão inseridos outros participantes (estudantes, formadoras, autor da OI) para que façam sentido as interações desses com os componentes do grupo em análise. A linha tracejada representa as interações entre sujeitos, indicando como eles interagem entre si, em torno de uma mesma temática. A seta tracejada representa o engajamento dos sujeitos com as formas de destinação do *webdoc*. As setas coloridas representam os protocolos gerados em uma orquestração e utilizados em outras orquestrações pelos sujeitos, indicando como eles interagem com os protocolos, para se apropriarem de cada temática.

Figura 34 – Trajetória de análise individual de apropriação da orquestração instrumental



Fonte: Elaborada pela autora.

No eixo horizontal, tem-se identificada a sequência de orquestrações instrumentais da MOI. Pode-se perceber na Figura 34 que a OI_2 que ocorre simultaneamente à OI_1 , têm-se dois tempos denominados $OI_{2.1}$ e $OI_{2.2}$. Esses correspondem a momentos de execução das subsituações da situação S_2 proposta. A legenda de setas indica o uso de protocolos produzidos pelos estudantes em uma orquestração, evocados para ajudá-los a resolver a situação de outra orquestração. Uso do protocolo da OI_1 (seta azul); uso do protocolo da $OI_{2.1}$ (seta vermelha); uso do protocolo da OI_p (seta rosa); da $OI_{2.2}$ (seta verde); da OI_3 (seta dourada); e da OI_4 (seta azul celeste).

À medida que se identifica a produção de protocolos dos estudantes de um grupo (horizontal), em cada orquestração, um quadradinho registra tal interação, segundo a temática discutida que pode ser: gênese instrumental, situação matemática, configuração didática, modo de execução e *performance* didática. A cada vez que o estudante volta a discutir a mesma temática ao longo da MOI isso é registrado, o que permitirá observar a evolução dos estudantes no processo de apropriação da OI.

Os esquemas dos estudantes foram analisados, neste estudo, em um quadro mais detalhado pautado na definição analítica de esquema produzido por Vergnaud (2005).

Quadro 5 – Instrumento de análise

| Objetivos (subobjetivos) | Regras de ação, de tomada de ação e de controle | Invariantes operatórios (conceitos-em-ação e teoremas-em ação) | Possibilidades de inferência |
|--------------------------|---|--|------------------------------|
| | | | |

Fonte: Elaborado pela autora.

A partir da escolha dos dados que interessam à pesquisa e que compõem o índice de eventos (análise microgenética), tais eventos serão analisados, visando identificar esquemas e classificar componentes de esquemas (Quadro 5). A possibilidade de identificar eventos e componentes de esquemas em eventos analisados foi discutida por Lucena, Gitirana e Trouche (2017a) e Rocha e Lucena (a publicar), em diferentes contextos de formação de professores, inicial e continuada.

5.3 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS OI DO ESTUDO PRINCIPAL

Nesta seção, destaca-se a construção de cada Orquestração, análise *a priori*, com os elementos das Orquestrações Instrumentais, uma a uma.

5.3.1 A Orquestração instrumental 1

Nesta seção, são apresentadas a situação e a **orquestração** instrumental 1 (OI₁) suporte à introdução e discussão da OI. Apresentam-se a configuração didática, seguida de um detalhamento sobre o processo de concepção de um texto multimídia e didático sobre a OI, uma demanda criada a partir da análise dos resultados do Estudo Preliminar. E, ainda, análises *a priori* referentes à resolução da situação e ao suporte dado pela OI₁. Em seguida, tem-se a descrição do método de análise dos dados coletados, dos resultados e análise dos resultados. Por fim, a *performance* didática da OI₁ é discutida.

5.3.1.1 Situação

A orquestração instrumental 1 foi criada a fim de favorecer a realização da situação de formação 1 (S₁). Tinha-se por objetivo o estudo inicial, pautado na leitura, reflexão e discussão sobre os conceitos-chave que fundamentam o modelo teórico OI. A situação de formação 1 (S₁), por sua vez, foi definida dentro de uma classe de situações, a qual visa a fundamentação inicial de uma teoria. Ambas são definidas a seguir:

- a) **Situação de formação:** introduzir e discutir o modelo teórico da orquestração instrumental em um fórum com base na leitura de um *Webdoc* com exemplos.
- b) **Classe de situação de formação:** introduzir e discutir sobre um modelo teórico em um fórum com base na leitura de um texto.

A seguir são descritos dois pontos de vista e espera-se com a realização da situação de formação

(I) Do ponto de vista das formadoras:

- introduzir o modelo teórico OI, do ponto de vista das formadoras, dada a relevância de seu estudo para formação e prática dos futuros professores de matemática;

(II) Do do ponto de vista dos estudantes:

- a) apreciar os fundamentos teóricos da OI;
- b) conhecer e refletir sobre alguns exemplos práticos como suporte ao entendimento da teoria;
- c) expor suas dúvidas sobre o modelo teórico em estudo;
- d) ensaiar respostas, pautadas no modelo teórico, às questões apresentadas pelos colegas.

5.3.1.2 Configuração Didática – OI₁

A orquestração instrumental (OI₁) foi desenvolvida para dar suporte à realização da situação de formação (S₁) e favorecer a gênese instrumental dos estudantes no que concerne ao uso do *webdoc* para discutir sobre a OI em um fórum. Para isso, uma configuração didática foi criada e modo de execução previsto, e consideraram a S₁ e os recursos que os estudantes precisam se instrumentalizar e/ou se instrumentar para realizar tal situação. Levou-se em conta a necessidade de que os estudantes fizessem a S₁ em modalidade a distância. Outro aspecto relevante é a integração do *design* da configuração didática da OI₁ no Lematec *Studium* (BELLEMAIN, 2016). Isso porque a disciplina em que a MOI foi testada está integrada desde o início do período letivo ao Lematec *Studium*. Trata-se de um ambiente desenvolvido por Bellemain (2016), no âmbito do grupo de Pesquisa Lematec – UFPE. É nesse espaço virtual que a professora da disciplina estrutura o conteúdo, as atividades, as orientações e cronograma a ser seguido pelos estudantes matriculados.

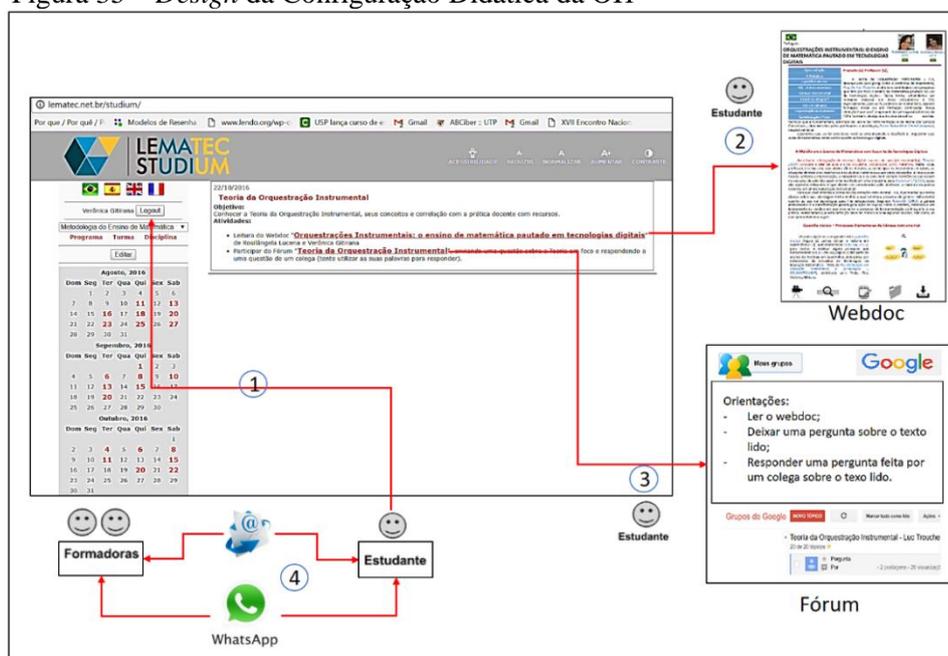
Gestão dos recursos:

Seguem os recursos previstos para a formação e suas respectivas funções:

- a) **Lematec Studium**: ambiente didático virtual de suporte a disciplinas. Sua função na OI₁ é integrar a configuração didática da OI como módulo da disciplina de Metodologia do Ensino de Matemática I. A MOI poderia ter sido vivenciada independentemente de estar nesse ambiente virtual;
- b) **webdoc**: texto multimídia didático cuja função é introduzir a OI e atrair o estudante quanto à sua leitura, para favorecer a apropriação dos leitores sobre o modelo teórico em estudo;
- c) **fórum (Groups Google)**: espaço virtual de discussão. Sua função é propiciar a discussão sobre o modelo teórico à distância. O modelo escolhido compreende uma estrutura de novos tópicos e subtópicos alinhados a cada tópico já criado. O tipo de fórum (como ferramenta) foi escolhido o de inserção de tópicos e/ou subtópicos, o que permite a cada aluno, individualmente, escolher continuar uma discussão ou abrir um novo tópico;
- d) **formadoras (duas)**: são aquelas que orquestram e que acompanham os estudantes na execução das orquestrações. No caso da pesquisa, o papel de formador foi assumido pelas pesquisadoras. A função delas na OI₁ é de suporte técnico e didático, sempre que solicitado. Não foi prevista para essa orquestração a intervenção das

- formadoras no Fórum (mediação). Elas são responsáveis pelo cadastro dos estudantes no *Google Groups* e por tirar dúvidas relativas ao uso dos recursos (fórum, *webdoc*, *Lematec Studium*) ou em relação à situação de formação. Para isso, elas mantiveram os dois canais de interação que a professora da disciplina já fazia uso para se comunicar com os estudantes à distância: o *WhatsApp* e o *e-mail*;
- e) **estudantes**: devem aceitar o convite enviado pelas formadoras via *e-mail*, acessar o espaço virtual do *Groups Google* e realizar postagens no fórum. A dinâmica de postagem definida solicita a postagem por cada estudante de ao menos uma pergunta e uma resposta a uma pergunta de colega sobre o modelo teórico;
- f) **computadores, celulares ou tablets pessoais**: por meio dos quais os estudantes interagem com o *webdoc* e postam suas perguntas e respostas;
- g) acesso (pessoal) à *internet*.

Figura 35 – Design da Configuração Didática da OII



Fonte: Elaborada pela autora.

A Figura 35 incorpora, ainda, uma trajetória prevista para ser seguida pelos estudantes e pelas formadoras ao executá-la. O estudante, cadastrado pela professora da disciplina, é também cadastrado no *Lematec Studium*.

Gestão dos recursos humanos e do tempo:

Os estudantes deveriam realizar, ao menos, duas interações durante uma semana, por meio do fórum após a leitura do *webdoc*. Uma primeira interação era para fazer um questionamento sobre a OI. Uma segunda destinava-se a responder a uma das questões feitas pelos colegas.

Assim, o estudante começa sua trajetória em relação à OI₁ a partir do momento em que ele entra no *Lematec Studium*. Por meio de seu login, ele acessa ao módulo da disciplina – OI e lê as orientações. A primeira é (1) clicar em um *link* que dá acesso ao *webdoc*; em seguida, deve-se (2) ler o *webdoc*; e, após a leitura (3), postar no Fórum – *Groups Google* uma pergunta e uma resposta, ao menos. Ao entrar no Fórum, o estudante encontrará: a Situação 1, as orientações e o espaço de postagens. As interações são previstas para serem feitas individualmente, porém a leitura é livre.

É relevante informar que os meios de interação entre os estudantes e as formadoras são os mesmos utilizados pela professora da disciplina: *e-mail* e *WhatsApp*. Esses dispositivos foram mantidos porque as formadoras decidiram não realizar mediações no fórum, mas ficaram à disposição dos estudantes para dar suporte didático e/ou técnico para sanar dúvidas sobre o que fazer e como fazer no fórum ou como utilizar o fórum, por exemplo. Esse suporte foi dado sempre que solicitado.

A decisão de não realizar mediações no fórum, em relação às postagens dos estudantes na OI₁, intencionou deixá-los à vontade para postar as questões e as respostas por eles elaboradas com base na leitura do *webdoc*. Esperava-se que as perguntas e respostas refletissem as dúvidas, as compreensões e incompreensões dos estudantes sobre temáticas abordadas no *webdoc*, tais como: artefato, instrumento, situação, noção de esquema, gênese instrumental, configuração didática, modo de execução e *performance* didática, entre outras.

5.3.1.3 O *webdoc* didático

O Estudo Preliminar revelou as dificuldades de conseguir que os estudantes lessem um texto em outra língua. Uma leitura inicial sobre a teoria era indispensável à introdução e à discussão da OI, não apenas para cumprir a S₁, mas também para que pudessem realizar outras situações que seriam propostas durante toda a formação.

Dado que a maioria dos textos sobre a OI em português eram relatos de pesquisas, optou-se por elaborar um texto em língua portuguesa com fins didáticos. E, por estar diante de

uma turma do segundo semestre do curso de licenciatura em Matemática formada por jovens, buscou-se inserir exemplos que ilustrassem elementos da teoria em multimídia. O *webdoc* é um dos artefatos a serviço da situação, mobilizados pela OI.

5.3.1.3.1 O desenvolvimento do *webdoc*

Um texto multimídia capaz de facilitar a leitura e a compreensão de um modelo teórico na língua materna, com articulações com exemplos da prática foi desenvolvido. Almejava-se um texto que atraísse os estudantes para sua leitura. Assim, fez-se uso da interface de elaboração de webdocumentos concebida no âmbito do grupo Lematec (BELLEMAIN et al., 2017) a partir de trabalhos conjuntos com o Laboratório de pesquisa Eductice (BELLEMAIN; TROUCHE, 2016) (Figura 36).

Um webdocumento ou *webdoc* é como conjunto de recursos instrumentados (configurados na inserção) com duas arquiteturas de webdocumentos: lista de recursos e textos com recursos embutidos (BELLEMAIN et al., 2017). Para criar o *webdoc* didático para formação sobre a OI, utilizou-se a arquitetura de textos com recursos embutidos.

Figura 36 – *Webdocs Studium*



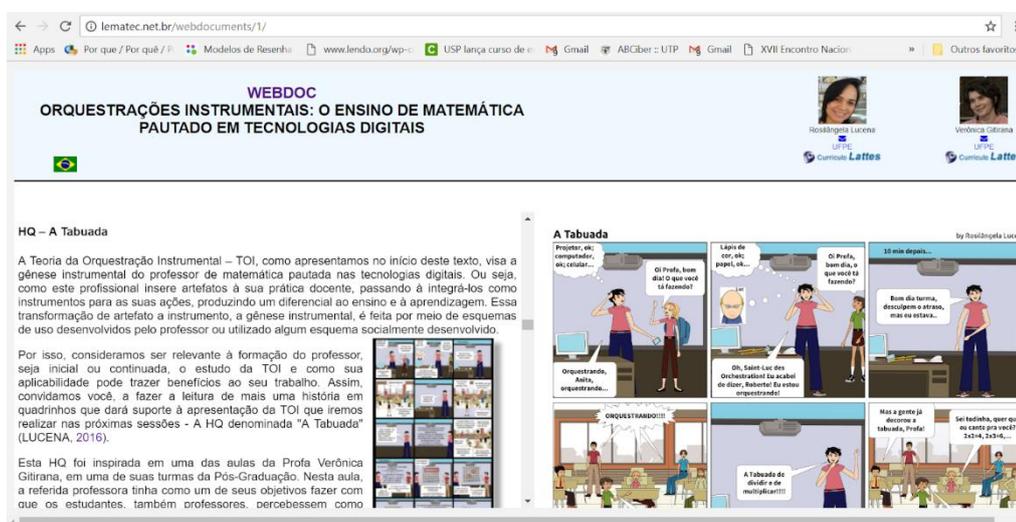
Fonte: BELLEMAIN et al. (2017).

Já com a arquitetura de elaboração de webdocumentos definida, era necessário pensar nos aspectos que seriam contemplados quanto à estrutura do *webdoc* para a formação teórica, em um momento que se introduz o modelo teórico, considerando que esse seria recurso *pivot* de uma OI. Também seria um recurso relevante e passível de utilização pelos participantes,

durante toda MOI. Assim, à concepção do *webdoc*, as autoras consideraram como elementos determinantes as Formas de Destinação (REMILLARD, 2010): conteúdo, estrutura, forma de comunicação e publicação, tal como as mídias a integrar. A análise *a priori*, a seguir, permite uma reflexão sobre esses elementos e como eles podem provocar a leitura do *webdoc* e contribuir para compreensão dos leitores sobre a temática em estudo.

No *webdoc* didático (Figura 37), discute-se sobre OI, o qual foi concebido dentro de uma arquitetura de webdocumentos desenvolvido pelo grupo de Pesquisa Lematec (BELLEMAIN et al., 2017). Tal recurso pode ser entendido como um documento multimídia, desenvolvido para fins didáticos e para um público específico: futuros professores de matemática que visam se apropriar do modelo teórico orquestração instrumental.

Figura 37 – Interface parcial do *webdoc* didático sobre orquestração instrumental



Fonte: Elaborada pela autora.

Esperava-se que esse *webdoc*:

- incentivasse a leitura pelos participantes da formação;
- ajudasse os leitores a compreender os elementos teóricos que fundamentam o modelo em estudo a partir de articulações entre a teoria e exemplos sobre práticas;
- desse suporte aos leitores, participantes da MOI, para realizar as diferentes situações propostas durante toda a formação.

Sendo assim, levaram-se em conta características relevantes quanto à forma do *webdoc* durante o processo de criação. A leitura do *webdoc* era um dos requisitos do processo de formação sobre a OI. Assim, ao investir na forma desse recurso, buscava-se aumentar as

chances de que, em primeiro lugar, esse fosse lido – um fator crucial para o bom andamento de uma formação teórica. Em segundo lugar, que a leitura se realizasse de forma reflexiva.

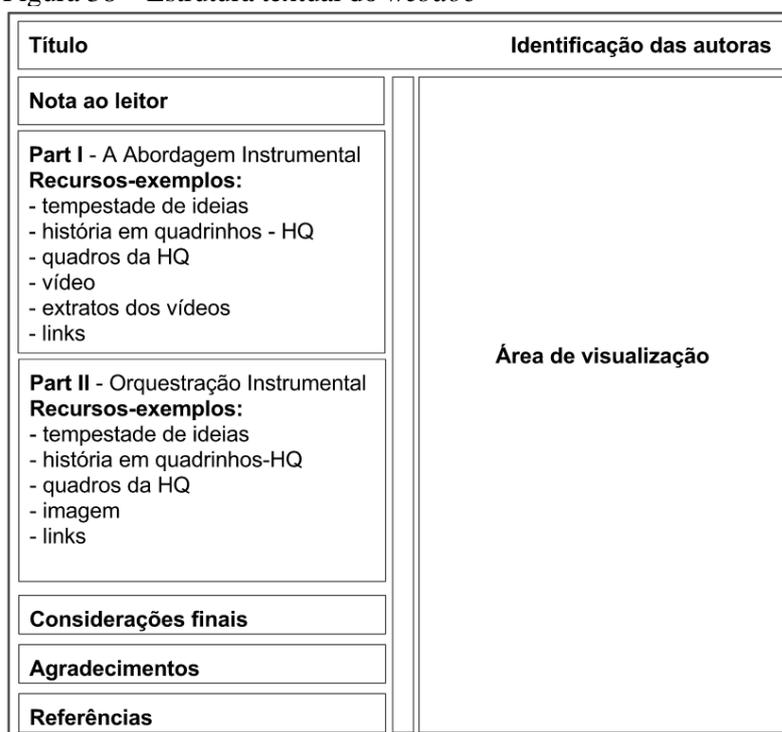
5.3.1.3.2 Análise a priori do uso do *webdoc*

A análise do webdocumento está fundamentada na classificação estruturada por Remillard (2010) no que diz respeito às Formas de Destinação de um texto, utilizada por ela para analisar livros didáticos impressos. Para essa autora, as classes criadas influenciam as interações (escolha, uso, modificações) do professor com o recurso. Assim, na intenção de melhor descrever os aspectos considerados na concepção do *webdoc*, enquanto recurso didático, concebido e destinado a um público específico, fizemos uso de tal classificação: a estrutura, a aparência, a voz, o meio e o gênero do recurso.

A estrutura

A estrutura diz respeito à forma como o *webdoc* foi escrito e ao que foi escrito. Na Figura 38, a seguir, pode-se observar como esse foi estruturado.

Figura 38 – Estrutura textual do *webdoc*



Fonte: Elaborada pela autora.

A estrutura é composta por oito campos nos quais foram inseridos:

- a) o título;
- b) a identificação das autoras com suas respectivas fotos e informações profissionais;
- c) uma nota destinada ao leitor, a qual informava a temática do *webdoc*;
- d) o conteúdo dividido em duas partes, as quais serão detalhadas a seguir;
- e) as considerações finais das autoras;
- f) os agradecimentos; e
- g) as referências bibliográficas.

Destacamos nessa estrutura a identificação das autoras por meio de foto e informações sobre elas, mais que a simples escrita de seus nomes. Tal aspecto personifica o texto, dá visibilidade às autoras e as aproxima de seus leitores; e ainda, a divisão do conteúdo em duas partes que se complementam. Essas são discutidas na perspectiva de levar o leitor a refletir sobre o modelo teórico OI de forma correlacionada à prática.

A Parte I diz respeito aos pressupostos da Abordagem Instrumental. Nessa, há cinco seções que discutem os elementos teóricos com suporte de recursos cujo conteúdo serve de exemplo para compreendê-los. Artefato, instrumento, instrumentação, instrumentalização, gênese instrumental, esquema, inserção e integração de tecnologias digitais em sala de aula são temáticas discutidas e exemplificadas na Parte I.

A Parte II trata dos princípios da OI: a configuração didática (artefatos, papéis, tempo, situação, previsões), o modo de execução (a dinâmica do funcionamento da orquestração prevista pelo professor) e o *performance* didática (situações inesperadas, decisões *ad hoc*). Discute-se, ainda, a relevância da orquestração para o favorecimento da gênese instrumental. Enquanto na Parte I estrutura-se o texto em conteúdo-recurso-exemplo por seções, na Parte II tal estrutura é modificada. Uma história em quadrinhos sobre uma OI busca exemplificar elementos teóricos que estão sendo discutidos. Há momentos de retomada de temáticas discutidas na Parte I, em uma nítida perspectiva de articulação entre os pressupostos teóricos da Abordagem Instrumental e a Orquestração Instrumental. Vale salientar que alguns termos da OI, refinados a partir do Estudo Preliminar, a reação *ad hoc*, o *mise en œuvre* e o *mise en scène* não constam no *webdoc*, porque esse foi concebido antes do refinamento teórico realizado.

A aparência:

No que concerne à aparência, o *webdoc* (Figura 39) tem um *layout* que mescla aspectos de texto em formato impresso e de páginas da *web*. Apresenta um título que vem acompanhado dos nomes das autoras, diferenciando-se do texto impresso pelas fotos e por um *link* que dá acesso às informações profissionais dessas. Há um ícone que representa o idioma em que está escrito o *webdoc*.

A interface (Figura 39) está dividida por uma barra de rolagem vertical em duas áreas, a de conteúdo e a de visualização de recursos em tamanho ampliado. Também apresenta nuances entre a cor preta da escrita, em uma formatação que lembra a de um *doc* ou um *pdf* com o colorido das mídias incluídas (vídeos, ícones, *links*, imagens, HQ, nuvem de palavras, *brainstorming*), como o de uma página da *internet*.

Na primeira, constam o texto e as mídias integradas. Diz-se integradas porque ora complementam o texto, ora servem de exemplo a esse. Na segunda, tem-se um espaço em branco destinado à visualização das mídias representadas por *thumbnails* (versões reduzidas) na área de conteúdo. Essas imagens reduzidas podem ser vistas em tamanho maximizado a partir de um clique nos ícones ‘lupa’ ou ‘câmera’.

Figura 39 – Alguns recursos do *webdoc*



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 36, podem-se observar alguns dos elementos que compõem o *webdoc*, além do texto em escrita natural: (1) identifica o idioma do texto que está em língua portuguesa; as

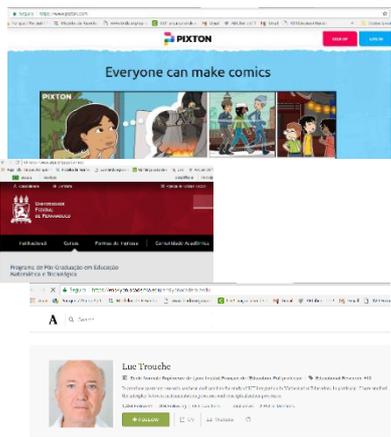
outras edições foram suprimidas; (2) imagem das autoras com *link* para página profissional (Plataforma Lattes) de cada uma, o que personifica o texto, “aproximando-as” dos leitores; (3) a lupa é um ícone que permite ao leitor visualizar *thumbnails* que estão na área de conteúdo, na área de visualização em tamanho ampliado. E ainda, em funcionamento, como ocorre ao clicar no ícone ‘câmera’ para assistir os vídeos; (4) isso pode ser feito para imagens, HQ, trechos de vídeos, formulários, por exemplo; (5) há duas histórias em quadrinhos, criadas pela primeira autora do texto. Ambas são exemplos para discutir o modelo teórico em foco; (6) a barra de rolagem permite ao leitor ler o texto, tendo o título do trabalho fixo, visível. Isso permite manter a ‘presença’ das autoras enquanto leem, assim como o foco sobre a temática discutida; (7) em todo texto, há *links* que conduzem o leitor aos textos que são utilizados para referenciar o *webdoc*, às páginas *web* dos autores que os escreveram, assim como às instituições e sites (YouTube, Pixton) citados.

Há, ainda, um vídeo, cujos extratos servem de exemplos para discutir a temática em foco. E uma nuvem de palavras correlatas aos elementos que compõem o modelo teórico OI.

A voz:

O texto foi escrito na primeira pessoa do plural. As autoras usam ‘nós’ quando se referem a elas mesmas e utilizam a terceira pessoa do singular ‘você’ para conversar com o leitor (futuro professor ou professor de matemática). A ‘voz’ das autoras apresenta-se textualmente, assumindo diferentes funções (Quadros 6 e 7), as quais descrevem-se a seguir, a partir de trechos extraídos do próprio *webdoc*:

Quadro 6 – A voz, o texto e as funções

| <p style="text-align: center;">Trecho textual estático do <i>webdoc</i> - A voz das autoras e suas funções</p> | <p style="text-align: center;">Trecho textual estático do <i>webdoc</i> - A relação com as mídias</p> |
|--|--|
| <p>Trecho 1 do <i>webdoc</i> – Apresentar o texto ao público a que está destinado. <i>“Esta forma, entendemos ser relevante elaborar um texto introdutório à TOI, especialmente, para você, professor de matemática, seja em formação inicial ou em formação continuada.”</i></p> |  |
| <p>Trecho 2 do <i>webdoc</i> – Conduzir o leitor a um momento de reflexão, a partir de um exemplo. <i>“Iniciaremos nossa reflexão sobre o vídeo sugerido, fazendo uma pergunta para você, professor(a): o que significa integrar uma tecnologia, seja ela digital ou não, à prática docente?”</i></p> |  |
| <p>Trecho 3 do <i>webdoc</i> – Incentivar o leitor à continuar a leitura do <i>webdoc</i>. <i>“Assim, convidamos você a fazer a leitura de mais uma história em quadrinhos que dará suporte à apresentação da TOI que iremos realizar nas próximas sessões – A HQ denominada A tabuada (LUCENA, 2016).”</i></p> |  |
| <p>Trecho 4 do <i>webdoc</i> – Informar o leitor <i>“Esta HQ – A instrumentada – faz parte do acervo de histórias em quadrinhos produzidas por mestrandos da disciplina de Tecnologias na Educação Matemática – TEM, da Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica – EDUMATEC/UFPE, ministrada pela Profa. Dra. Verônica Gitirana.”</i></p> |  |
| <p>Trecho 5 do <i>webdoc</i> – Divulgar textos, sites, autores, etc. por meio de links de acesso:</p> <p><i>“PIXTON@” – Página do Pixton – Site de criação de história em quadrinhos – HQ.</i></p> <p><i>“EDUMATEC/UFPE” – Página do EDUMATEC – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática e Tecnológica.</i></p> <p><i>“Prof. Dr. Luc Trouche” – Página de informações profissionais e publicação de textos produzidos pelo autor do modelo teórico Luc Trouche.</i></p> |  |
| <p>Trecho 6 do <i>webdoc</i> – Descrever, discutir e analisar elementos teóricos. <i>“O modo de operação é a execução da configuração didática; a forma que a atividade deverá ser desenvolvida, quando e como cada ferramenta inserida no ambiente e cada participante, seja professor ou estudante, desempenharão seu papel visando os benefícios das intenções didáticas. Esse princípio prevê e leva em conta possíveis resultados das ações instrumentadas.”</i></p> |  |

Fonte: Elaborado pela autora.

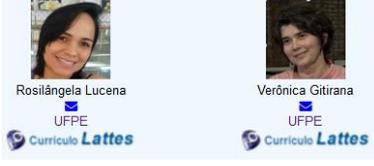
O meio de publicação:

O *webdoc* foi publicado em um servidor (lematec.net.br) e compartilhando por meio de um *link* de acesso fornecido aos alunos.

O gênero de linguagem:

O *webdoc* é um recurso híbrido no que concerne ao gênero de linguagem, o qual inclui gêneros textuais, de vídeos, e de outros tipos de comunicação. Embora seja de gênero texto didático, esse é composto por diferentes mídias, as quais são de diferentes gêneros textuais. No Quadro 7, elencamos tais gêneros.

Quadro 7 – Gêneros textuais encontrados no *webdoc*

| Trecho do <i>webdoc</i> | Gênero textual |
|---|--|
|  | <p>Perfil: gênero textual, comum em plataformas digitais, que traz de forma resumida informações relevantes sobre, nesse caso, as autoras do <i>webdoc</i>. Associa-se nesse perfil um link, também familiar ao jovem, porém com algo mais estruturado e talvez ainda distante do estudante em início do curso, que é o curriculum vitae.</p> |
|  | <p>História em quadrinhos: gênero literário que em geral atrai os jovens, já com estilo de engajamento e esquema de leitura familiar. Nesse gênero, muita informação é fornecida pela imagem em sequência, que é complementada essencialmente com as falas, em balões específicos que mostram fala, pensamento, susto, exclamações, enfim, buscam trazer também sentimentos. O <i>webdoc</i> em foco traz a história em quadrinhos para exemplificar a gênese instrumental.</p> |
|  | <p>Vídeo de desenho animado: gênero artístico baseado no movimento de desenhos também com linguagem próxima ao jovem, em que as informações são passadas pelo movimento de desenhos, som com fala. Em um vídeo, o leitor se engaja por meio de interação com controles de vídeo. Os vídeos permitem trazer informações sobre cenas mais detalhada de uma história. No caso, traz exemplo de uma orquestração instrumental, em que informações dos diversos elementos da configuração e modo de execução são explicitados por meio de imagens e movimento delas.</p> |
|  | <p>Infográfico no estilo do desenho animado, em que personaliza o teórico, deixando-o mais próximo ao leitor.</p> |
|  | <p>Ilustração em forma de um quadrinho de desenho animado, para destacar questionamentos e o ato de pensar. O engajamento com a informação se dá pelo gênero que destaca o questionamento como algo importante no entendimento da teoria.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora

Além das Formas de Destinação previstas por Remillard, para analisar um recurso, a natureza do texto multimídia aponta para a necessidade de inserir outras duas formas, a navegação e a interação, sobre as quais discutiremos a seguir.

Navegação:

A navegação no campo da informática tem íntima relação com a *internet*. Trata-se de um movimento que não é físico, mas que permite ao usuário movimentar-se, sair de uma página a outra, por exemplo. O *webdoc* só pode ser acessado via *internet* e sua navegação é possível por meio de diferentes dispositivos (*tablet*, *notebook*, *smartphone* etc.).

A navegação no *webdoc* é interna e externa, facilitada por ícones e *hiperlinks*. Para navegar no texto internamente, o leitor poderá utilizar: setas de movimentação do teclado do computador, mouse, barra de rolagem e ícones distribuídos por todo *webdoc* para visualizar imagens de forma ampliada na janela de visualização. Há, ainda, a navegação externa que pode ser feita por meio dos *hiperlinks* que permitem que o leitor possa acessar outras páginas da *internet*, cujo conteúdo tem correlação com o do *webdoc*.

No entanto, a estrutura do *webdoc* (BELLEMAIN et al., 2017) foi desenvolvida para que o mapa de navegação desse não permita o leitor se perder na navegação e, ao mesmo tempo, ter acesso às mídias paralelamente ao texto que está lendo. Assim, uma área de visualização permite que a navegação interna seja feita com a disponibilização na mesma tela do texto e da mídia.

Interação:

De modo geral, a interação é o que permite ao usuário participar, agir sobre o *webdoc* e essa ação resulta em reação. Os recursos de navegação do *webdoc* permitem ao leitor mais que sair de um trecho do texto a outro ou a uma página externa, mas também a interação do leitor com os recursos/mídias distribuídos por todo texto. Os ícones, ao serem clicados (ação do usuário), ampliam os *thumbnails* (ilustrações ou histórias em quadrinhos, por exemplo), que são importantes não apenas para visualizá-los em tamanho aumentado, mas, acima de tudo, paralelamente ao texto a qual faz referência. O mesmo ocorre com os extratos do vídeo (desenho animado). Ao serem acionados, é possível ao usuário assistir e ler a análise destes lado a lado.

A interação com outros documentos que fundamentam o conteúdo do *webdoc* também é possível. Assim, o leitor pode pausar a leitura do *webdoc* para aprofundar sua leitura sobre algum aspecto teórico que tenha referência no texto a partir de um click sobre o *link* disponibilizado. Algo que aproxima leitores e autores. No entanto, as mídias incorporadas no *webdoc*, ainda, não trazem ao *webdoc* em foco um aspecto de interação participativa, que envolva alterações ou a produção do documento *webdoc*. O acesso do usuário para inserir dados

que sejam aproveitados no *webdoc*, com o uso de formulário produzido, por exemplo, não foi incluído nessa versão.

Webdoc: uma perspectiva de produção e leitura:

As Formas de Destinação, sobre as quais o *webdoc* foi concebido, permitem entender como esse documento multimídia de gênero didático e também híbrido podem incentivar sua leitura. Ele é considerado híbrido por contemplar outros tipos de gêneros de linguagem. Tais aspectos podem contribuir também com a forma de ler do estudante e sua compreensão sobre o conteúdo lido. Segundo Remillard (2010), as Formas de Destinação influenciam as formas de engajamento do leitor com o texto, e essas podem ser reveladas na forma como a relação entre ambos se estabelece. É possível que as formas de engajamento dos estudantes com o *webdoc* possam ser identificadas nas análises das postagens desses no fórum de discussão de perguntas e respostas sobre o conteúdo do *webdoc*. É relevante salientar que a estrutura do *webdoc* e as mídias a esse integradas funcionam como recursos que foram pensados para exemplificar os elementos teóricos que o estudante deve aprender. Para além disso, alguns foram concebidos e integrados, outros apenas integrados pelas autoras para que o leitor possa vislumbrar como tais elementos se articulam à prática docente. E, ainda, como podem ser utilizados por eles, enquanto professores, e como esses recursos podem favorecer a compreensão do que se deseja ensinar, por parte do estudante.

As formas de destinação contribuem para a concepção de textos didáticos multimídia por fazer pensar o que seria importante ao leitor ao qual se destina. Entretanto, elas não dão conta de todos os aspectos de textos, cuja natureza envolve mídias estáticas e mídias dinâmicas, por isso inserimos navegação e interação como formas de destinação. Na concepção do *webdoc*, as formas de destinação auxiliam a pensá-lo, no que concerne ao público-alvo, na perspectiva de que o leitor se engaje com o documento e o leia, navegue nesse, interaja com os recursos integrados e construa a sua compreensão sobre o tema focado, no caso a teoria, e até mesmo modifique-o.

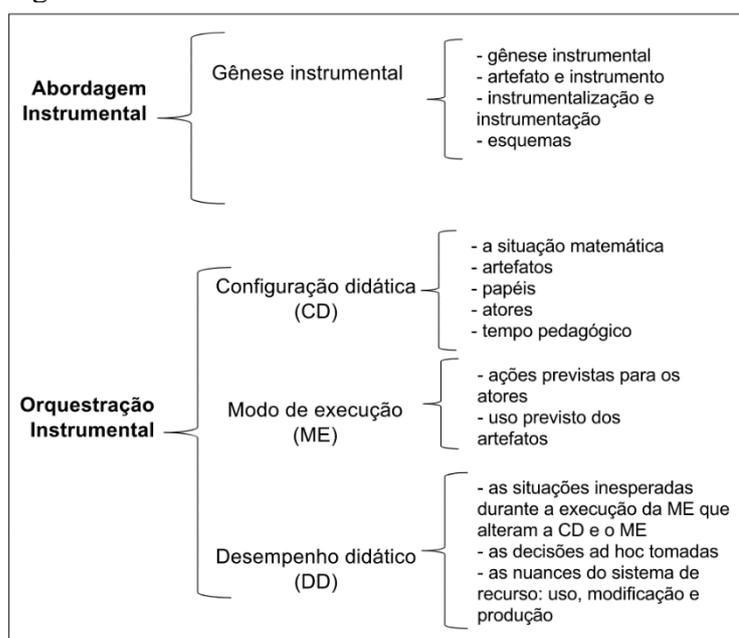
As temáticas discutidas no webdoc:

O conteúdo do *webdoc* está distribuído em duas partes. Na primeira, discute-se sobre a importância da gênese instrumental no que concerne a integração de tecnologias no ensino da matemática. Há uma seção intermediária que explica o processo de gênese instrumental, revelando a diferença entre inserir e integrar uma tecnologia em sala de aula (instrumentalização/instrumentação). A partir disso, discute-se a OI como um modelo teórico

para dar suporte ao professor na concepção de orquestrações que favoreçam o ensino e o desenvolvimento das gêneses instrumentais dos estudantes.

A Figura 40 consiste em uma lista de temáticas e subtemáticas discutidas e exemplificadas no *webdoc* sobre a Abordagem Instrumental sobre a qual a OI está fundamentada. Essas são temáticas que podem interessar aos estudantes, levando-os a refletir, discutir, utilizar e analisar durante toda sua vivência na MOI.

Figura 40 – Temáticas discutidas no *webdoc*



Fonte: Elaborada pela autora.

As definições, os exemplos e a forma como as autoras discutem tais aspectos poderão gerar articulações entre o conteúdo do *webdoc* e a experiência do estudante. Podem, ainda, gerar novos exemplos pautados nos exemplos fornecidos e, também, aperfeiçoar questões postas pelas autoras para promover a reflexão por parte dos estudantes.

Figura 41 – Ilustração com questões para refletir



Fonte: Elaborada pela autora.

Na primeira parte do *webdoc*, em que se discute sobre a gênese instrumental, as autoras convidam os leitores a refletirem sobre artefato, instrumento, instrumentalização e instrumentação. O convite à reflexão é feito a partir da ilustração (Figura 41) que apresenta questões sobre a Abordagem Instrumental para serem refletidas pelo leitor.

Ou, ainda, nas temáticas exemplificadas nos quadros das histórias em quadrinhos, como ocorre na HQ 1 – *A instrumentada* (Figura 42).

Figura 42 – HQ 1: *A instrumentada*



Fonte: Elaborada pela autora.

É possível que, a partir das questões apresentadas na Figura 41 e exemplificadas na Figura 42, os estudantes se sintam motivados a apresentar novas questões, tais como:

- Qual a diferença entre artefato e instrumento?
- Qual a diferença entre instrumentalização e instrumentação?
- No processo de gênese instrumental, quem se transforma? É o artefato ou a pessoa que o usa?
- Pode-se falar da existência da gênese instrumental sem que o sujeito que faz uso do artefato seja instrumentado, apenas instrumentalizado?

Outro trecho relevante à discussão e rico em exemplos é a relação instrumentação e instrumentalização correlacionada à prática de sala de aula. Há um cuidado da parte das autoras em deixar claro que não basta professor levar a tecnologia para sala de aula e deixar que os estudantes a utilizem. É preciso uma proposta intencional e sistemática de ensino de matemática integrado à tecnologia. Os trechos do *webdoc* sobre as referidas temáticas (Quadro 8) também são fonte para que os estudantes ampliem a discussão apresentando novas perguntas e respostas.

Quadro 8 - Trechos do *webdoc*: fonte para respostas e proposição de novas questões

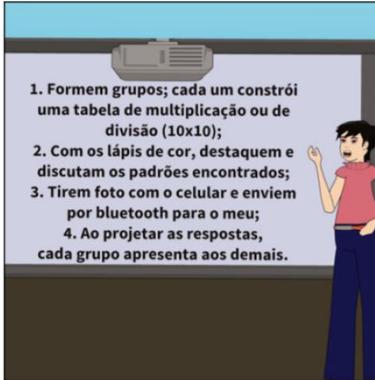
| Trechos do <i>webdoc</i> | Possíveis novas questões |
|--|---|
| “O que significa integrar uma tecnologia, seja ela digital ou não, à prática docente?” | <ul style="list-style-type: none"> – O que seria uma tecnologia que não é digital? – Pode-se pensar em gênese instrumental no uso de tecnologia não digital? |
| “Um dos maiores erros que podemos cometer em relação às tecnologias digitais consiste em acreditar que elas, por si só, irão transformar a escola, o ensino, a aprendizagem, ou a educação como um todo.” | <ul style="list-style-type: none"> – O que o professor precisa saber para transformar o ensino de matemática, além do uso das tecnologias digitais? |
| “O vídeo <i>Tecnologia ou metodologia</i> apresenta uma situação clássica de uso não integrado de tecnologias, ou seja, trata-se de uma inserção de um conjunto de recursos que não passam de um artefato, haja vista não terem oferecido diferencial ao ensino proposto.” | <ul style="list-style-type: none"> – O que significa oferecer um diferencial ao ensino proposto? – Usar um artefato (tecnologia digital) em sala de aula já é um diferencial à aula, não? |

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a discussão sobre inserir e integrar tecnologias ao ensino, a OI é apresentada como um modelo que visa favorecer à gênese instrumental, ou seja, a integração de tecnologias para ensinar e aprender matemática. Isso é feito com suporte da história em quadrinhos *A tabuada*, que relata o planejamento e desenvolvimento de uma aula orquestrada pela Profa. Vera, uma das personagens que compõem a história.

Essa aula foi de fato orquestrada e vivenciada com a turma na qual se aplicou tal pesquisa. Os quadros da história em quadrinhos são utilizados pelas autoras para discutir a metáfora da OI, seus elementos e como seus pressupostos podem ser utilizados pelos professores no contexto da sala de aula rica em tecnologias (Quadro 9), trazendo à tona uma prática vivenciada com a turma. Os quadros a seguir revelam como isso foi feito e algumas previsões de como os estudantes poderiam usar trechos do *webdoc* para responder ou elaborar novas perguntas.

Quadro 9 – Estratégia de discussão teórica – quadrinhos de uma orquestração instrumental

| Trecho do <i>webdoc</i> | Quadro da HQ – Exemplo | Discussão |
|---|---|---|
| <p>Segundo Drijvers et al. (2010 apud COUTO, 2015, p. 39-40), “a configuração didática é a organização do ambiente de ensino e aprendizagem; é a seleção dos recursos a serem disponibilizados; é a elaboração da atividade; é a escolha das técnicas de trabalho para apreensão dos objetos matemáticos por meio das tecnologias e a definição do papel dos sujeitos e artefatos envolvidos neste processo”.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> – Apresenta-se a definição de configuração didática; – usa-se um quadro da HQ como exemplo de organização dos artefatos escolhidos para disponibilizar aos estudantes um dos elementos da configuração didática; – discute-se a relevância sobre a configuração didática e apresentam-se os elementos essenciais para concebê-la: situação matemática (tarefa), artefatos, objetivos etc. |
| <p>Perguntas que poderiam ser geradas a partir desse trecho:</p> <ul style="list-style-type: none"> – O que é uma situação matemática? – Os artefatos de uma configuração didática só podem ser tecnologias digitais? – Em uma orquestração instrumental os estudantes só podem utilizar os artefatos disponibilizados pelo professor ou pode fazer uso de outros? | | |
| <p>O modo de execução. Definiremos essa etapa, segundo Drijvers et al. (2010, p. 215, apud Couto, 2015, p. 39). O modo de operação é a execução da configuração didática; a forma que a atividade deverá ser desenvolvida, quando e como cada ferramenta inserida no ambiente e cada participante, seja professor ou estudante, desempenharão seu papel visando aos benefícios das intenções didáticas. Esse princípio prevê e leva em conta possíveis resultados das ações instrumentadas.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> – Apresenta-se a definição de modo de execução; – usa-se um quadro da HQ como exemplo de modo de execução. Esse é o previsto pela professora Vera para a configuração didática que criou; – discute-se a relevância de conceber uma configuração didática para a orquestra, mas também de prever pelo menos um modo de execução dessa. |
| <p>Perguntas que poderiam ser geradas a partir desse trecho:</p> <ul style="list-style-type: none"> – O modo de execução da configuração didática criada pelo professor é único? – Por que o professor tem que prever pelo menos um modo de execução da configuração didática? | | |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 10 - Estratégia de discussão teórica - Quadrinhos de uma orquestração instrumental – (Continuação)

| Trecho do <i>webdoc</i> | Quadro da HQ - Exemplo | Discussão |
|--|---|--|
| <p>Para Drijvers et al. (2010, p. 215, apud Couto, 2015, p. 39). O desempenho didático consiste na <i>performance</i> alcançada pelo cenário projetado, em que se faz possível, verificar a viabilidade das intenções e o sucesso da realização da orquestração instrumental. Contemplam-se, também, aspectos relevantes que devem ser considerados, na execução da atividade instrumentada, tais como as decisões <i>ad hoc</i> que devem ser tomadas diante de situações inesperadas que possam surgir numa orquestração, advindas da realização da atividade matemática ou do uso da tecnologia, por exemplo.</p> |  | <ul style="list-style-type: none"> – Apresenta-se a definição de modo de execução; – usa-se um quadro da HQ como exemplo de desempenho didático, especificamente, no que concerne a uma situação inesperada – um dos grupos não apresentou suas respostas; – discute-se a relevância das decisões <i>ad hoc</i> que o professor precisa tomar quando diante de uma situação imprevista. |
| <p>Perguntas que poderiam ser geradas a partir deste trecho:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Qual a importância de se fazer previsões para o modo de execução da orquestração instrumental? – Toda situação inesperada pede uma decisão <i>ad hoc</i> do professor? | | |

Fonte: Elaborado pela autora.

Essa análise *a priori* não visa esgotar as possibilidades no que concerne às previsões do que e como os estudantes irão executar a configuração didática e o modo de execução previstos à OI₁. No entanto, procura-se identificar: como eles fazem uso dos recursos disponibilizados (*webdoc*/fórum/orientações) para realizar a S₁; como eles buscam apreender elementos do modelo teórico a partir de regras de ação correlatas ao tipo de leitura feita do *webdoc*; e como essa influencia a realização da situação proposta. Tais aspectos nos permitirão identificar os modos de engajamento dos estudantes com o *webdoc*.

5.3.1.4 Modo de execução

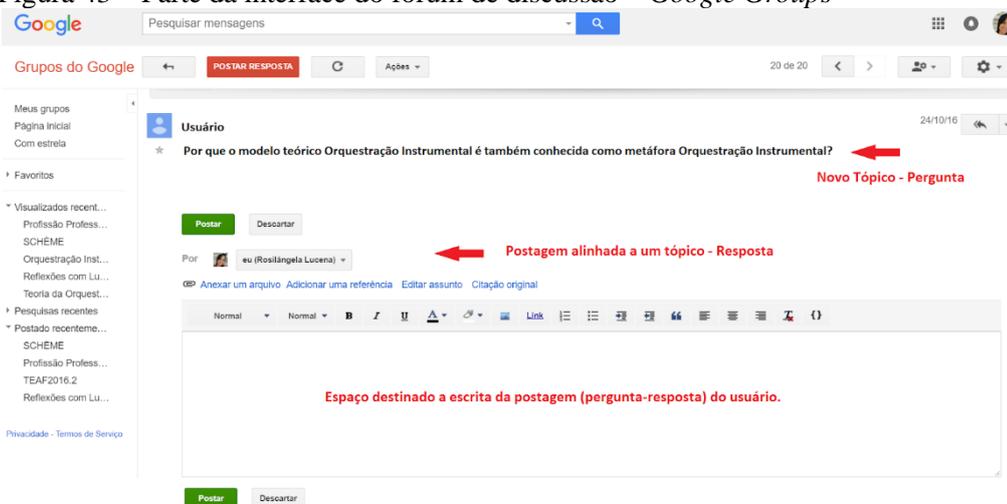
A análise *a priori* da OI₁ tem por foco a situação de formação (S₁) proposta e também os aspectos que compõem a orquestração criada para impulsionar sua realização. Assim, procurou-se prever as regras de ação no uso do fórum, e quais as regras de ação dos estudantes no uso do *webdoc* para discutir no fórum sobre OI os elementos da teoria. Buscou-se, também,

prever a partir da leitura do *webdoc* as temáticas importantes e os elementos correlatos a essas, que poderiam ser destacadas pelos estudantes no fórum para perguntar ou responder.

Modo de uso do fórum:

Após a criação do *webdoc*, iniciou-se uma reflexão sobre a melhor forma de disponibilizá-lo aos estudantes para viabilizar a realização da situação de formação teórica. Entretanto, as paralisações e greve previstas para o período da formação foram fatores determinantes para decidir que a situação de formação seria realizada em modalidade a distância. Para isso, um outro recurso foi escolhido, um fórum de discussão criado no *G-Groups*. O *Google Groups* (Figura 43) é um ambiente virtual, no qual se pode definir um grupo de usuários e disponibilizar a ferramenta “Fórum”. As interações no fórum são *on-line*, mas não precisam ocorrer em tempo real. Isso permite aos estudantes realizar a situação de formações a distância e em dias e horários que lhes forem convenientes, desde que dentro do período determinado pelas formadoras. A dinâmica pergunta-respostas escolhida para discutir a OI adéqua-se bem à ferramenta “Fórum”. Além disso, essa busca induzir à leitura do *webdoc*, uma vez que a formulação de perguntas ou o ensaio de uma resposta depende de sua leitura, total ou parcial.

Figura 43 – Parte da interface do fórum de discussão – *Google Groups*



Fonte: Elaborada pela autora.

Daí a necessidade de prever, a partir da configuração escolhida para o fórum, diferentes formas de fazer as postagens, que podem ser utilizadas pelos estudantes no Fórum *Groups Google*. Eles podem abrir novos tópicos em uma discussão com novas temáticas, mas também

podem apresentar novas perguntas ou respostas alinhadas a outras já existentes. A exemplo disso, pode-se observar a Figura 43, a seguir.

Ao prever como as perguntas-respostas seriam postadas pelos estudantes no fórum, têm-se indicativos dos diferentes tipos de interação desses com os colegas por meio do fórum. As postagens poderiam apresentar:

- a) a discussão de uma temática de forma alinhada (Figura 43). “Pergunta de um estudante seguida de resposta de outro estudante, gerando novas perguntas e respostas alinhadas sobre a mesma temática”;
- b) uma pergunta e uma resposta para cada tópico. “Pergunta de um estudante seguida de resposta de outro estudante, apenas”;
- c) uma interação por tópico (pergunta ou resposta). “Pergunta de um estudante é respondida em nova postagem por outro estudante, ou seja, sem estar alinhada”;
- d) alinhamento em um mesmo tópico de perguntas e respostas de temas diversos. “Em um mesmo tópico diferentes estudantes podem alinhar perguntas e respostas sobre temáticas distintas”.

A depender de quais desses tipos postagens os estudantes escolhem, pode-se também inferir sobre a instrumentalização desses em relação ao fórum. Os dois primeiros tipos de postagens podem revelar que o estudante é instrumentado em relação ao fórum, uma vez que em ambos os casos as respostas estarão alinhadas às perguntas às quais se referem. Já os dois últimos tipos podem revelar que o estudante está em processo de instrumentalização/instrumentação do fórum no que concerne à funcionalidade da postagem. Se ele escolhe NOVO TÓPICO para responder, por exemplo, ele ignora a relevância de se dar resposta alinhada à pergunta à qual se refere. Logo, o melhor seria escolher a função POSTAR RESPOSTA.

Modos de execução da discussão no fórum a partir da leitura do *webdoc*:

No que diz respeito à realização da S_1 com suporte da orquestração criada, foi previsto que haveria, certamente, dois grupos de estudantes, distinguidos pelas seguintes regras de ação: ler ou não ler o *webdoc*. Esses poderiam se enquadrar em um dos dois subgrupos descritos a seguir.

Essa leitura pode seguir diferentes estratégias, como: uma leitura inicial para compreensão do texto em si, com posterior busca por elementos que os permitam resolver a

situação proposta; ou, ainda, uma leitura já buscando elementos para resolver a situação proposta, e que pode ser interrompida ou não após a realização da questão.

Um dos grandes desafios é identificar vestígios dessa leitura, como também da não leitura do *webdoc*, uma vez que isso se refletiria na qualidade da pergunta-resposta. Além disso, a leitura do *webdoc* é um fator determinante para o modelo de formação proposto. Daí a necessidade de se prever como a leitura ou não leitura se refletia na realização ou não de S_1 , ou seja, como as perguntas-respostas seriam elaboradas pelos estudantes. Previu-se, ainda, que as postagens dos estudantes revelariam as seguintes regras de ação, quanto à ação com o conhecimento da teoria:

- a) **escolher um termo do *webdoc* e perguntar o que ela significa, quando a resposta já se encontra no texto.** É um forte indício de:
 - não leitura (total/parcial); nesse caso, a regra de ação é apenas para resolver a situação;
 - falta de reflexão sobre a leitura (total/parcial) realizada; nesse caso a regra de ação é para obter outra explicação que o ajude entender o termo apresentado, ou ainda;
 - leitura (total/parcial); nesse caso, a regra de ação é para testar os conhecimentos dos colegas;
- b) **formular uma pergunta/resposta que articule diferentes elementos do texto ou elementos do texto com a prática.** É um forte indício de leitura (total/parcial). Essa regra de ação pode favorecer a reflexão sobre o modelo teórico e gerar outras perguntas alinhadas sobre a mesma temática ou até mesmo uma discussão entre os estudantes no fórum, ainda que seguindo a dinâmica pergunta-resposta;
- c) **copiar e colar um trecho do *webdoc* para responder a uma pergunta de um colega.** É um forte indício de leitura (total/parcial). Trata-se de uma regra de ação muito usual no ensino tradicional relacionados a questionários e lista de exercícios, geralmente com perguntas/respostas que não conduzem o estudante à reflexão;
- d) **formular uma pergunta/resposta pautada em uma temática específica do texto.** É um forte indício da leitura (total/parcial). A regra de ação pode indicar que a pergunta/resposta é sobre uma temática do texto de interesse do estudante;
- e) **apresentar perguntas/respostas fora do contexto do texto lido.** É um forte indício de:

- não leitura (total/parcial), nesse caso; a regra de ação é apenas para resolver a situação;
- alta de reflexão sobre a leitura (total/parcial) realizada; nesse caso, a regra de ação é para obter outra explicação que o ajude entender o termo apresentado.

5.3.1.5 Método de análise da OI₁

Dos 24 estudantes da turma, 18 participaram da OI₁. Foram totalizadas 37 postagens de perguntas e respostas, no fórum da OI₁. Com a análise dessas postagens, objetivava-se:

- a) identificar as temáticas de interesse dos grupos sobre o modelo teórico em estudo;
- b) verificar o processo de instrumentalização dos estudantes em relação ao *webdoc* para perguntar e responder no fórum;
- c) verificar o processo de instrumentalização dos estudantes em relação ao fórum;
- d) identificar componentes dos esquemas (regras de ação e invariantes operatórios) dos estudantes na realização da situação de formação no fórum.

Assim, para analisar as postagens foram seguidas as etapas indicadas pela análise microgenética-videográfica, segundo Meira (1994), considerando a necessidade de adaptações em detrimento da natureza dos dados. Analisam-se postagens de um fórum, em formato textual e não extratos de vídeos. Por ser uma análise teórica, houve necessidade de criar um instrumento de análise pautado nos dados e fundamentos teóricos em análise. As etapas seguidas foram:

- a) leitura e releitura das postagens do fórum para conhecer os dados;
- b) seleção das postagens que representavam perguntas e respostas dos estudantes relacionadas à OI. Todas foram selecionadas, pois não houve postagens não direcionadas à resolução da S1;
- c) construção de um índice de eventos relevantes à pesquisa. Para isso, as perguntas e respostas foram agrupadas de acordo com as temáticas previstas de serem discutidas após a leitura do *webdoc* (Figura 39). O índice de eventos é formado por quatro temáticas com as subtemáticas correlatas: gênese instrumental (artefato, instrumentos, esquemas etc.); configuração didática (situação, papéis etc.); modo de execução (uso previsto dos artefatos etc.); *performance* didática (situações inesperadas, decisões *ad hoc* etc.);
- d) criação de um instrumento de análise das postagens (Quadro 10). Nesse, podem-se classificar os eventos que são as temáticas identificadas nas postagens no fórum, as

perguntas e respostas dos estudantes (identificados como autor ou observador), as regras de ação (estratégias de uso do *webdoc* para perguntar e responder no fórum) e os invariantes operatórios (os conhecimentos utilizados pelos estudantes, identificados nas postagens).

Quadro 11 – Instrumento de análise de postagens em fórum de discussão

| Eventos (Temáticas) | Perguntas | Respostas | Regras de Ação | Invariantes Operatórios | Modos de Engajamento |
|---|--|--|---|---|---|
| Informar a temática e/ou subtemática apresentada na postagem do estudante | Descrever a pergunta e identificar seu autor | Descrever a resposta e identificar seu autor | Descrever ações do autor da pergunta/resposta que dão indícios de seus esquemas evocados ou desenvolvidos para perguntar/responder no fórum | Descrever os conhecimentos (pertinentes ou não) do autor da pergunta/resposta, identificados em suas postagens. | Descrever os modos de engajamento de quem pergunta/responde, com suporte de um artefato, especialmente, o <i>webdoc</i> . |

Fonte: Elaborado pela autora.

As interações no fórum pressupõem-se individuais. Assim, foram analisadas as interações dos estudantes que compõem o grupo D (grupo selecionado conforme critérios definidos no método deste Estudo. Este grupo foi formado, após a vivência da OI, durante o experimento da OI_p (Orquestração Instrumental Pivot), mas para acompanhar, desde o início da MOI a evolução de seus componentes faremos referência ao grupo D. Das 37 postagens, sete são dos estudantes deste grupo, sendo quatro perguntas e três respostas. A mesma legenda de identificação dos estudantes utilizada na OI_p será mantida nesta análise: dois atores (EA – realizaram a situação matemática na OI_p) e dois observadores (EO – realização a situação de formações na OI₂).

5.3.1.6 Performance didática

A discussão performance didática será feita aqui iniciando com a gênese instrumental e a análise dos modos de engajamento, seguido das análises dos efeitos na situação, configuração didática e modo de execução.

5.3.1.6.1 *Gênese instrumental e modos de engajamento do grupo D*

No Quadro 11, a seguir, buscou-se classificar os eventos (Temáticas), as postagens (pergunta-respostas), componentes de esquemas (regras de ação e invariantes operatórios) dos estudantes do grupo D e os modos de engajamento desses com os artefatos, utilizados para resolver a situação. Vale salientar que, embora as postagens de outros estudantes tenham sido registradas nesse quadro, por ter relação com a pergunta ou resposta dos estudantes do grupo D, apenas as postagens desses serão analisadas.

As regras de ação e os invariantes operatórios dos estudantes do grupo D, identificados a partir da análise das postagens no fórum, subsidiaram a descrição dos modos de engajamento desses estudantes com o *webdoc* para cumprir S_1 . Para isso, consideramos duas das quatro formas elementares em relação à leitura que se pode fazer de um recurso, indicadas por Remillard (2010): porque se lê e quais as partes do recurso que se lê.

EO₁ – Ler história em quadrinhos para entender e exemplificar:

No Quadro 11, pode-se observar a atuação do estudante-observador 1 (EO₁ do grupo D) que pergunta a diferença entre artefato e instrumento.

A temática identificada na resposta de EO₁ (Quadro 11) do grupo D está relacionada às que foram previstas (Figura 40): a gênese instrumental. O estudante mostra-se instrumentado em relação ao fórum, não apresentando dificuldades para postar RESPOSTA alinhada à pergunta de um colega de outro grupo. Também evidencia a leitura, ao menos parcial, do *webdoc*. Isso porque EO₁ formula uma resposta articulando diferentes elementos dentro da mesma temática – gênese instrumental (artefato, instrumento, instrumentalização, instrumentação) – e faz isso pautando-se em um exemplo que não está no *webdoc*, possivelmente, criado por ele.

A respeito disso, há duas hipóteses em torno da regra de ação – formular um exemplo para exemplificar a resposta dada:

- a) o estudante se inspira em uma prática comum utilizada para ensinar e aprender matemática – conceito seguido de exemplos. Nesse caso, é possível que se trate de um esquema já desenvolvido pelo estudante;
- b) o estudante pode ter se inspirado no *webdoc* lido, no qual os conceitos são sempre associados a exemplos, especificamente sobre a história em quadrinhos *A instrumentada*.

Outro aspecto relevante na resposta do EO₁ está no seu entendimento sobre artefato e instrumento, conseguindo apresentar elementos que os diferencia em conexão a outros elementos teóricos. EO₁ apresenta o artefato como algo material e que tem utilidade, mas que, para se transformar em um instrumento, caberá ao usuário saber utilizá-lo e que para isso terá que desenvolver esquemas de uso. Aponta ainda para a necessidade de transformação do próprio usuário do artefato.

Nesse caso, há uma nítida influência do *webdoc* sobre a resposta do estudante, embora esse prefira não usar os termos teóricos correlatos aos que ele utiliza. Um exemplo é o termo “transformação”, que no *webdoc* é usado para se referir aos processos de instrumentalização e instrumentação. Tal termo é colocado em evidência na história em quadrinhos *A instrumentada*.

Quadro 12 – Postagens sobre artefato e instrumento

| Eventos (Temáticas) | Pergunta | Resposta | Regras de Ação | Invariantes operatórios (conhecimentos) | Modos de engajamento |
|------------------------|--|---|---|---|---|
| Artefato e instrumento | EO₁/C <i>Qual(is) a(s) diferença(s) entre instrumento e artefato?</i> | EO₁/D <i>Um artefato é um objeto o qual ainda possui uma utilidade desconhecida, é preciso desenvolver esquemas de uso pro artefato, para que então ele possa se transformar em um instrumento. Um instrumento, por sua vez, é um objeto na qual já se sabe de sua utilidade, ou já foi dada a ele uma utilidade que ele (o objeto) possa realizar. Por exemplo, uma bengala. Para o criador da bengala, tal objeto é um instrumento, pois ele sabe qual sua utilidade. Mas, para os outros, a bengala é um artefato, e precisa ser dada a ela uma utilidade, para que então possa se tornar um instrumento a essa pessoa. O artefato, para se tornar um instrumento, não necessita apenas de uma utilidade, o indivíduo que o manuseia também precisa sofrer transformação. Ou seja, não adianta dar a bengala uma utilidade de uma espada, sendo que você não é um espadachim.</i> | EO₁/C – Ler o <i>webdoc</i> para se fundamentar; – formular uma pergunta com base na leitura do <i>webdoc</i> – trecho sobre artefato e instrumento; – abrir novo tópico no fórum para postar a pergunta formulada sobre o artefato/instrumento. EO₁/D – Ler o <i>webdoc</i> para se fundamentar; – formular resposta pautado em diferentes elementos do <i>webdoc</i> (artefato, instrumento, instrumentalização, instrumentação); – formular um novo exemplo para exemplificar a resposta dada; – postar resposta e exemplo formulados, alinhando-os à pergunta sobre a temática. | EO₁/C Tem a noção sobre o que é o artefato e o instrumentação EO₁/D Entende a diferença entre artefato/instrumento a partir dos processos de instrumentalização/instrumentação | EO₁ Ler história em quadrinhos para se fundamentar e exemplificar. |

Fonte: Elaborado pela autora.

A forma como EO₁ se refere ao esquema de uso e ao instrumento não deixa claro se entende que esses elementos teóricos são psicológicos. Também não discute em sua resposta a importância da situação para o desenvolvimento dos esquemas de uso do usuário em relação ao artefato, na perspectiva de transformá-lo em um instrumento para resolver tal situação. Isso se aplica, inclusive, à transformação que sofre o próprio usuário, como bem destacado por EO₁.

EO₁ e EA₂: Ler texto para escolha de termo ou trecho específico:

No Quadro 12, pode-se observar a atuação de EO₁ e a de EA₂ do grupo D, que discutem sobre a noção de Esquema.

Há duas postagens ligadas à temática gênese instrumental; ambas tratam especificamente sobre esquema. Tais postagens (Quadro 12) são de dois estudantes do grupo D: EO₁, que pergunta sobre a utilidade do esquema e EA₂ que responde. EO₁ faz uso de um termo presente no *webdoc* – esquemas – para perguntar sobre sua utilidade em um Novo Tópico no fórum. Já EA₂, copia e cola um trecho do *webdoc* para postar RESPOSTA alinhada à pergunta de EO₁ no fórum. Acredita-se que ambos leram o *webdoc*, ainda que parcialmente, e mostram-se instrumentados em relação ao fórum para postar NOVO TÓPICO e para postar RESPOSTA alinhada, não apresentando dificuldades em utilizar tal recurso.

A pergunta feita por EO₁ é uma extensão da discussão sobre a temática – gênese instrumental – que ele havia iniciado quando respondeu sobre a diferença entre artefato e instrumento. Fica claro a leitura do estudante, ao menos no que concerne a essa temática, pela forma como pergunta, responde e exemplifica os elementos teóricos no fórum. Ele entende que o esquema exerce papel importante no processo de gênese instrumental no que concerne à transformação do artefato e instrumento, tal como do usuário do artefato. Mas não deixa claro se entende o esquema como uma entidade cognitiva desenvolvida pelo indivíduo quando diante de uma situação desafiadora, a qual busca resolver.

É importante observar que EO₁ não pergunta o que é um esquema, mas para que serve um esquema. Dá a entender que já sabe o que é um esquema e que agora lhe interessa entender para que ele serve. Mas a resposta a essa pergunta está imbricada no próprio significado de esquema (trecho 1). Assim, têm-se três hipóteses sobre a regra de ação que conduziu EO₁ à pergunta:

- a) escolheu o termo esquemas e lançou a pergunta apenas para resolver a situação;
- b) escolheu o termo esquemas e lançou a pergunta apenas para testar seus colegas; ou
- c) queria compreender melhor sobre esquemas (função, relevância etc.).

Quadro 13 – Postagens sobre esquemas

| Eventos (Temáticas) | Pergunta | Resposta | Regras de Ação | Invariantes operatórios (conhecimentos) | Modos de engajamento |
|---------------------------------|--|--|--|---|---|
| Gênese instrumental: Esquema | EO₁/D <i>Para que serve um esquema segundo VERGNAUD ?</i> | EA₂/D <i>Porque é neles que se tem de procurar os conhecimentos em ação do sujeito, ou seja, os elementos cognitivos que permitem à ação do sujeito ser operatória.</i> | EO₁/D – Ler o <i>webdoc</i> . – escolher um termo – esquema. – abrir novo tópico no fórum para postar pergunta sobre esquema. EA₂/D – Ler o <i>webdoc</i> ; – copiar e colar trecho do <i>webdoc</i> , sobre esquema, postando-o como resposta no fórum, alinhada à pergunta sobre a temática. | EO₁/D – Entende que esquema é algo com utilidade. EA₂/D – Compreende que conhecer o esquema do aluno, permite identificar os conhecimentos mobilizados por ele durante a sua ação. | EO₁ E EA₂ – Ler texto para escolha de termo ou trecho específico. |

Fonte: elaborado pela autora.

Para melhor analisar a resposta dada por EA₁ à pergunta feita por EO₁, é importante retomar o conceito de esquemas (trecho 1), segundo Vergnaud, apresentado no *webdoc*:

Trecho 1 – *Webdoc*: esquemas.

Um esquema é “a organização invariante da conduta para uma dada classe de situações. É nos esquemas que se tem de procurar os conhecimentos em ação do sujeito, ou seja, os elementos cognitivos que permitem à ação do sujeito ser operatória (VERGNAUD, 1996, p. 157).

A pergunta – *Para que serve um esquema?* – foi respondida pelo estudante EA₁. A regra de ação por ele utilizada consistiu em copiar e colar a segunda parte de um trecho do *webdoc* que segue a definição de esquema (trecho 1). Para esse estudante, a possibilidade de identificação dos conhecimentos em ação, por exemplo, explica para que ele serve, embora seja possível que ele não tenha compreendido o conteúdo da própria resposta. Afinal, ele copia e cola o trecho do *webdoc* para responder, e não há tentativas de explicitar com suas próprias palavras para que serve, ou melhor, a função do esquema.

É possível, ainda, que a forma como essa subtemática é discutida no *webdoc* não tenha dado suporte necessário à compreensão dos estudantes sobre esquemas. Afinal, trata-se de um elemento teórico de origem no campo da psicologia cognitiva e, por isso, sua discussão no campo didático é algo difícil. Além disso, a estratégia das autoras em discutir temáticas/subtemáticas a partir de exemplos, ainda que articulados, pode levar o estudante a se prender a apenas um destes e usá-lo para perguntar ou responder, mesmo que isso não dê conta do todo em foco. A exemplo disso, tem-se a resposta de EA₁, que se apega à possibilidade de identificar os conhecimentos em ação e não contempla em sua resposta a essência do que é o esquema e de sua função. Talvez, o fato de não informar os componentes do esquema no *webdoc* não tenha sido uma boa escolha das autoras. A impressão que se tem é de que os estudantes reduziram o esquema aos conhecimentos em ação do indivíduo na relação sujeito artefato, apenas. Ou seja, são os conhecimentos (esquemas) evocados e/ou desenvolvidos pelo sujeito que permitem a transformação do artefato em instrumento. Há de se considerar, no entanto, a complexidade do conceito – Esquemas – e que os estudantes estão iniciando um primeiro contato com este fundamento teórico.

EA₁: Ler texto para fundamentar resposta por si elaborada

No Quadro 14, pode-se observar a atuação de EA₁, que responde sobre os processos de gênese instrumental:

A temática gênese instrumental continua sendo de interesse dos componentes do grupo D, seja ao perguntar ou responder. É foco da resposta de EA₁ (Quadro 14) às subtemáticas: instrumentalização e instrumentação, na perspectiva da inserção e integração de tecnologias em sala de aula. Para responder à pergunta feita por um colega do grupo F, EA₁ posta uma Resposta alinhada à pergunta, no fórum. EA₁ faz isso sem apresentar dificuldades ou solicitar ajuda das formadoras, como outros dois colegas de seu grupo que participaram do fórum, revelando que é instrumentado em relação aos recursos utilizados para resolver a situação.

No que concerne ao uso do *webdoc*, a resposta de EA₁ dá indício de que houve a leitura do recurso, podendo essa ter sido parcial. Quando perguntado no fórum se disponibilizar tecnologias ao professor e esse saber suas funcionalidades garante um melhor aproveitamento em sala de aula, a resposta de EA₁ é não. Em seguida, complementa com um trecho do *webdoc* que foi copiado e colado após a negativa. Articular uma afirmativa (SIM ou NÃO) a um trecho do *webdoc* (copiar e colar) é regra de ação para perguntar e/ou responder no fórum que não previstas (trecho 2).

Trecho 2 – *Webdoc*: artefatos e instrumentos.

EA₁ – NÃO. *É necessário também que o professor faça uso integrado dos artefatos. O que só é possível quando esses se tornam instrumentos para o professor.*

É relevante informar que, para que EA₁ pudesse responder à pergunta formulada por um estudante do grupo F, era necessário ao menos ter feito uma leitura parcial do *webdoc*. Só assim ele conseguiria articular à pergunta ao conteúdo lido. Isso lhe permitiria entender que o caso implícito na pergunta era de instrumentalização – sujeito com artefato, conhecedor de suas funções, apenas.

Quadro 14 – Postagens sobre instrumentalização e instrumentação

| Eventos (Temáticas) | Pergunta | Resposta | Regras de Ação | Invariantes operatórios (conhecimentos) | Modos de engajamento |
|---|--|--|---|--|--|
| Gênese instrumental: instrumentalização/ Instrumentação | EO₂/F <i>Apenas a disponibilidade de recursos institucionais tecnológicos fornecidos a um professor e o conhecimento das funcionalidades dos equipamentos vão garantir que a turma tenha um melhor aproveitamento ao final da aula?</i> | EA₁/D <i>Não. É necessário também que o professor faça uso integrado dos artefatos. O que só é possível quando estes se tornam instrumentos para o professor.</i> | EO₂/F – Ler o <i>webdoc</i> – formular uma pergunta com base na leitura do <i>webdoc</i> – trecho sobre instrumentalização /instrumentação; – abrir novo tópico no fórum para postar a pergunta formulada sobre instrumentalização /instrumentação EA₁/D – Ler o <i>webdoc</i> ; – copiar e colar trecho do <i>webdoc</i> sobre inserção/integração de tecnologias à sala de aula, postando-o como resposta no fórum, alinhada à pergunta sobre a temática. | EO₃/F – Sabe pela leitura e uso do trecho sobre instrumentalização /instrumentação de recursos em sala de aula EA₁/D – Sabe pela leitura e uso do trecho sobre a inserção/integração que o trecho responde a pergunta feita; – dá indícios de que a inserção/integração tem relação com os processos instrumentalização /instrumentação, com a transformação artefato-instrumento. | EA₁ – Ler texto para fundamentar resposta por si elaborada. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Além disso, essa articulação entre o conteúdo da pergunta e o do *webdoc* para poder responder, também, dá a EA₁ a segurança para afirmar que a inserção e instrumentalização não garantem o aproveitamento da tecnologia para ensinar e/ou aprender matemática. Ao responder “não”, EA₁ já afirma conhecer que os elementos postos na pergunta não dão conta do bom aproveitamento de recursos em sala de aula e faz uso de um trecho do *webdoc* (trecho 2) para justificar sua resposta.

EA₁: Ler texto para escolher trecho afirmativo e transformá-lo em pergunta:

No Quadro 15, pode-se observar nova atuação do estudante-ator 1 (EA₁), dessa vez sobre a configuração didática.

EA₁ faz uso da ferramenta “Novo Tópico” e apresenta uma pergunta no fórum (Quadro 15). Com isso, traz à tona a temática já prevista, configuração didática, uma das etapas fundamentais da OI. EA₁ não apresenta dificuldades em relação ao fórum para realizar pergunta.

Quanto ao uso do *webdoc*, a regra de ação de EA₁ consistiu em copiar um trecho do *webdoc* e colar no fórum para fazer uma pergunta. Essa regra de ação havia sido prevista para que o trecho servisse como resposta, não como corpo de uma pergunta para afirmar e em seguida questionar. A resposta à pergunta feita também se encontrava no *webdoc*, na sequência do trecho selecionado por EA₁. Entretanto, tal trecho apresenta um erro, provavelmente de digitação (trecho a seguir sobre *webdoc*: errata relacionada às etapas da OI), em que a etapa Modo de Execução é trocada por Configuração Didática.

Trecho 3 – *Webdoc*: errata relacionada às etapas da OI.

Lê-se: “**Na configuração didática**, o professor precisa dedicar tempo para prever o que pode ocorrer durante a execução da orquestração. Qual a finalidade disso?”.

Leia-se: “**No modo de execução**, o professor precisa dedicar tempo para prever o que pode ocorrer durante a execução da orquestração. Qual a finalidade disso?”.

As previsões às quais o *webdoc* se refere são relativas ao Modo de Execução, ou seja, a forma como a Configuração Didática irá ser desenvolvida, executada. Pensar ao menos um Modo de Execução da Configuração Didática é importante porque permite ao professor prever as ações instrumentadas dos estudantes, ou seja, o que eles poderiam fazer com o artefato disponibilizado.

Quadro 15 – Postagens sobre a Configuração Didática

| Eventos (Temáticas) | Pergunta | Resposta | Regras de Ação | Invariantes operatórios (conhecimentos) | Modos de engajamento |
|-----------------------|--|---|--|---|--|
| Configuração Didática | <p>EA₁/D <i>Na configuração didática, o professor precisa dedicar tempo para prever o que pode ocorrer durante a execução da orquestração. Qual a finalidade disto?</i></p> | <p>EA₁/C A finalidade é evitar surpresas e imprevistos em sala de aula, pois o professor tem de se preocupar com que todos os alunos compreendam a orquestração.</p> | <p>EA₁/D – Ler o <i>webdoc</i>; – copiar e colar um trecho do <i>webdoc</i> transformando-o em uma pergunta, postando-o em novo tópico no fórum.</p> <p>EA₁/C – Ler o <i>webdoc</i>; – formular uma resposta com base na leitura do <i>webdoc</i> – trecho sobre <i>performance</i> didática; – postar resposta formulada, alinhando à pergunta sobre a temática.</p> | <p>EA₁/D – O professor precisa prever o que pode ocorrer (modo de execução) no modo de execução da orquestração; – cada elemento da orquestração tem uma finalidade.</p> <p>EA₁/C – Entende que a finalidade das previsões feitas pelo professor em relação ao modo de execução da configuração didática é evitar imprevistos que possam impedir que os alunos não compreendam a orquestração.</p> | <p>EA₁ – Ler texto para escolher trecho afirmativo e transformá-lo em pergunta.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

Embora o erro não tenha sido observado pelas autoras, nem relatado pelos estudantes, era possível identificá-lo a partir da leitura cuidadosa do *webdoc*. Isso porque as definições e exemplos sobre Configuração Didática e Modo de Execução distinguem bem o significado de cada etapa na criação e execução de uma OI. Nos trechos 4 e 5, isso pode ser observado.

Trecho 4 – *Webdoc*: configuração didática.

*A **configuração didática** é a organização do ambiente de ensino e aprendizagem; é a seleção dos recursos a serem disponibilizados; é a elaboração da atividade; é a escolha das técnicas de trabalho para apreensão dos objetos matemáticos por meio das tecnologias e a definição do papel dos sujeitos e artefatos envolvidos neste processo.*

Trecho 5 – *Webdoc*: modo de execução.

*“O **modo de operação** é a execução da configuração didática; a forma que a atividade deverá ser desenvolvida, quando e como cada ferramenta inserida no ambiente e cada participante, seja professor ou estudante, desempenhará seu papel, visando aos benefícios das intenções didáticas. Esse princípio prevê e leva em conta possíveis resultados das ações instrumentadas.”*

Partindo do pressuposto de que EA1 leu o texto (total/parcial), acredita-se que não percebeu o erro de digitação. Assim, é possível que EA₁:

- a) tenha feito a pergunta apenas para resolver a situação, uma vez que havia uma resposta após o trecho selecionado;
- b) tenha feito a pergunta apenas para testar os colegas;
- c) é possível que a leitura realizada não tenha auxiliado na a compreensão do trecho, levando-o a questionar sobre sua finalidade.

EA₂: Ler texto para escolher trecho afirmativo e transformá-lo em pergunta:

No Quadro 16, pode-se observar nova atuação do estudante-ator 2 (EA₂) que pergunta sobre a *performance* didática.

Performance didática é a temática abordada por EA₂ nas duas perguntas (Quadro 16) sequenciais feitas em uma mesma postagem por meio de Novo Tópico no fórum. A regra de ação utilizada por EA₂ consiste em formular uma pergunta pautada na leitura do *webdoc*, o que dá indícios de leitura parcial/total desse.

Quadro 16 – Postagens sobre a *performance* didática

| Eventos (Temáticas) | Pergunta | Resposta | Regras de Ação | Invariantes operatórios (conhecimentos) | Modos de engajamento |
|---------------------|--|---------------------|--|---|---|
| Desempenho didático | EA ₂ /D 10/11/16 <i>Defina a terceira etapa da TOI. Qual seu objetivo fundamental?</i> | Não houve resposta. | <ul style="list-style-type: none"> – Ler o <i>webdoc</i> – escolher um termo – <i>performance</i> didática (PD); – abrir novo tópico no fórum para postar a pergunta sobre o significado de PD; – formular nova pergunta no fórum e na mesma postagem da primeira pergunta sobre o “objetivo fundamental” da PD. | <ul style="list-style-type: none"> – A OI possui três etapas (princípios); – a PD tem um objetivo principal, que não conseguiu identificar no <i>webdoc</i> ou que quer testar os alunos. | EA ₂ – Ler texto para escolher trecho afirmativo e transformá-lo em pergunta. |

Fonte: Elaborado pela autora.

EA₂ deseja saber a definição da terceira etapa da OI e de sua finalidade. A palavra ‘terceira’ indica que EA₂ tem conhecimento da existência de outras duas etapas. Isso pode significar a leitura do texto, ao menos no que concerne às etapas que compõem a OI. É importante observar que há uma definição no *webdoc* para o desempenho didático (*performance* didática) (trecho 6), que revela o que é, tal como sua função e relevância.

Trecho 6 – *Webdoc*.

O desempenho didático consiste na performance alcançada pelo cenário projetado, em que se faz possível, verificar a viabilidade das intenções e o sucesso da realização da orquestração instrumental. Contemplam-se, também, aspectos relevantes que devem ser considerados, na execução da atividade instrumentada, tais como as decisões ad hoc que devem ser tomadas diante de situações inesperadas que possam surgir numa orquestração, advindas da realização da atividade matemática ou do uso da tecnologia, por exemplo.

Considerando que há, no *webdoc*, resposta pautada em exemplos que favorecerem a compreensão do estudante sobre a temática, é possível que EA₂ tenha feito as perguntas visando:

- a) resolver a situação; ou
- b) na expectativa de obter uma nova explicação sobre a definição e finalidade apresentadas no *webdoc*.

5.3.1.6.2 *Efeitos na situação, configuração didática e do modo de execução*

A *performance* didática da OI1 revela que a escolha do fórum como ambiente de interação favoreceu a realização da situação de formação S₁, considerando que a participação dos estudantes foi expressiva. Além disso, não houve solicitação de ajuda dos estudantes às formadoras para realizar postagens no fórum, *WhatsApp* ou *e-mail*. Isso indica que não houve dificuldades no uso do fórum, pelo menos no caso dos estudantes EA₁, EA₂ e EO₁ do grupo D (EO₂ não participou da OI₁).

Em relação à instrumentalização dos estudantes com o *webdoc*, esses apresentaram diferentes regras de ação daquelas previstas, quatro no total. Tais regras de ação, previstas ou não, revelam que os objetivos pelos quais o *webdoc* foi criado foram alcançados, ainda que de forma incipiente. A exemplo disso, têm-se:

- a) a realização da leitura (total/parcial) por maioria dos estudantes da turma (18 dos 23);
- b) o uso do *webdoc* como recurso suporte para perguntar ou responder, revelando por meio das perguntas e respostas às primeiras ideias (entendimento, incompreensões) sobre o modelo teórico.

Todas as temáticas e subtemáticas tratadas pelos estudantes do grupo D no fórum já haviam sido previstas. Analisar as perguntas e respostas a partir da lista de temáticas/subtemáticas consistiu em uma estratégia relevante para identificar aquelas que interessam aos estudantes.

No caso do grupo D, interessaram, inicialmente: artefato, instrumento, instrumentalização, instrumentação, esquemas, modo de execução e configuração didática. Há uma hipótese de que o interesse desses estudantes sobre tais temáticas/subtemáticas será mantido durante toda MOI. Outro fator importante revelado na análise das postagens é a necessidade de revisão do conteúdo estático do *webdoc* – texto.

Os modos de engajamento dos estudantes do grupo D com o *webdoc* revelaram que trechos do *webdoc* foram lidos e utilizados pelos estudantes para resolver a situação. Revelaram também como esses fizeram uso dos trechos lidos do texto, tais como dos conteúdos dos

recursos integrados ao *webdoc*. Trata-se da relação dos estudantes com o *webdoc*, ou seja, como fizeram uso da leitura realizada para perguntar e responder.

Quatro modos de engajamento com o *webdoc* foram identificados:

- a) engajamento com o recurso HQ que serviu ao leitor para entender e elaborar exemplo;
- b) engajamento com a parte textual produzida pelas autoras para fundamentar resposta elaborada;
- c) engajamento com a parte textual produzida pelas autoras para transformar trecho afirmativos em perguntas;
- d) engajamento com o texto das autoras para selecionar termo ou trecho lidos, como fonte para elaborar pergunta ou resposta.

Exceto EO₁, os demais componentes do grupo D que participaram do fórum optaram termos e trechos da parte textual escrita pelas autoras, para responder ou perguntar, não sendo evidenciada preferência pelos recursos integrados (HQ, Vídeos etc.). Já EO₁ dá indícios em suas postagens de engajamento com o *webdoc* por meio da navegação e interação entre o texto e a HQ *A instrumentada*. Para responder, EO₁ faz uso do texto e HQ e para perguntar faz uso do texto.

No que concerne ao tempo para resolução da situação, foi definido um prazo de 15 dias, de forma que até o dia do experimento da OI_p todos os estudantes já tivessem lido o *webdoc* e participado do fórum. O fórum foi aberto no dia 10 de outubro e seria finalizado no dia 10 de novembro. No entanto, no dia do experimento, embora a maioria dos estudantes tivesse lido o *webdoc*, alguns ainda não haviam lido e outros não tinham concluído a leitura. Considerando a necessidade da leitura, uma decisão *ad hoc* foi tomada pelas formadoras, a de manter o fórum aberto até a realização da última orquestração. Isso porque as postagens poderiam servir de recurso aos estudantes para participar das demais orquestrações.

5.3.2 A Orquestração instrumental pivot – OI_p

Nesta seção, são apresentadas a situação (S_p) e a orquestração instrumental pivot (OI_p) da MOI. Apresentam-se, ainda, as análises *a priori* da situação e da OI_p, assim como o método de coleta e análise de dados dessa OI, um experimento que visa à vivência prática de uma aula orquestrada. Por fim, os resultados são descritos e analisados e a *performance* didática da OI_p discutida.

A OI_p foi especialmente desenvolvida para dar suporte aos participantes durante a realização da situação matemática proposta, de forma que viesse a servir de banco de exemplos sobre a OI. Trata-se de um recurso capaz de favorecer articulações feitas pelos estudantes a partir desses exemplos e da vivência das demais orquestrações que compõem a MOI. Tais articulações são importantes, uma vez que poderão contribuir com a apreensão de conceitos-chave do modelo teórico em estudo – a Orquestração Instrumental.

Diferentemente das demais orquestrações da MOI, a situação proposta na OI_p é matemática e didática. É na relação sujeito-artefato, observada nas tentativas de resolução da situação matemática, que os estudantes colocarão em evidência processos de gênese instrumental e a relevância da orquestração em favorecê-los.

5.3.2.1 A situação matemática e didática

Vale salientar que a situação proposta é matemática e didática porque há intenções didáticas correlatas à aprendizagem da matemática em jogo com suporte de *software* de geometria dinâmica. Não se trata de ensinar matemática para os participantes da OI_p , afinal são licenciandos de matemática, mas de inseri-los em um ambiente que simula a realização de uma situação com uso de tecnologia em sala de aula, em que ele faz o papel de estudante da educação básica.

Estão descritas a seguir a situação e a classe de situação matemática e didática da OI_p :

- a) **situação matemática e didática**: construir um boneco com o GeoGebra, obedecendo certas restrições e resistente a mudanças em sua forma;
- b) **classe de situação matemática e didática**: construir com um *software* de geometria dinâmica uma figura geométrica que atenda certas restrições e resistente a mudanças em sua forma.

Objetiva-se com a realização da situação matemática e didática, do ponto de vista do formador, promover uma vivência prática de uma OI para a realização de uma situação matemática, a fim de:

- a) revelar a teoria como suporte ao desenvolvimento de situações de ensino;
- b) fazer conhecer uma situação de ensino com integração de um *software* para vivência da gênese instrumental.

Do ponto de vista do estudante, objetiva-se resolver a situação (S_p) proposta obedecendo as condições e restrições impostas pela situação e pela OI_p .

A situação é a mesma utilizada no Estudo Preliminar. Entretanto, nesta seção, novos aspectos sobre essa são apresentados: a análise *a priori* da S_p e da OI_p criada para dar suporte à sua resolução e a análise *a posteriori* dos dados do grupo D, coletado durante o modo de execução da OI_p com suporte dos instrumentos de análise criados e aperfeiçoados. A configuração didática e o modo de execução da OI_p , previstos pelas formadoras, sofreram algumas alterações com base nos resultados apresentados no estudo preliminar.

5.3.2.2 Análise a priori da situação didático-matemática

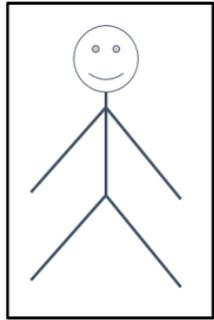
A situação didático-matemática foi escolhida na perspectiva de explorar os conceitos de proporção e de simetria, uma vez que esses conhecimentos matemáticos são básicos e da formação escolar de todos os participantes. Além disso, decidiu-se que a situação deveria ser realizada em um *software* de geometria dinâmica. A situação escolhida baseou-se em Hoyles et al. (1991), que desenvolveram e experimentaram uma situação de construção de um boneco com a linguagem LOGO, respeitando as proporções do corpo humano, até a construção de um programa para bonecos de todos os tamanhos com a manutenção da semelhança entre eles.

Com base no que Laborde et al. (1993, p. 48) discute sobre a diferença entre desenho e figura, salientando a importância da ferramenta de arrasto na Geometria Dinâmica, figuras podem ser vistas como assumindo o papel da realidade em relação à teoria, bem como assumindo o papel de modelo para a teoria geométrica. Alguns fatores materiais do espaço físico real são modelados pela geometria e expressos na teoria por afirmações (em linguagens natural ou mais formal). Mas essas afirmações podem novamente ser representadas em forma material como o traçado do espaço físico em 2D. A noção de figura geométrica refere-se a essa última forma, que é resultado do processo de teorização seguida do processo de materialização. Como representação material (desenho), a figura dá origem à impressão visual enquanto aponta para conceitos teóricos.

Para considerar esse papel dual, desenho e figura são distinguidos. Desenho, refere-se à entidade material enquanto figura, refere-se ao objeto teórico ou, como coloca Parzysz (1988, p. 80): “o objeto geométrico que é descrito pelo texto que o define”. Assim, optamos por oferecer o desenho do boneco (Figura 44), para que os estudantes se mantivessem com um boneco simples, com foco nas razões entre os comprimentos das partes do boneco. A situação matemática proposta na OI_p demandava aos EA a construção de um boneco (cabeça, tronco e

membros inferiores e superiores), com vista frontal. Para isso, algumas condições foram impostas e a situação ficou como mostra a figura a seguir:

Figura 44 – Situação didático-matemática e o desenho fornecido pelas formadoras

| | |
|---|---|
|  | <p>I – Escolha uma pessoa do seu grupo como modelo e verifique a razão entre as medidas das partes do corpo (ver boneco);</p> <p>II – Construa o boneco no <i>software</i> de geometria dinâmica <i>GEOGEBRA</i>;</p> <p>III – A simetria entre os lados direito e esquerdo do corpo e as razões estabelecidas devem ser respeitadas mesmo se ampliarmos ou diminuirmos qualquer parte do corpo;</p> <p>IV – O tempo para a conclusão da atividade é de 30 minutos.</p> |
|---|---|

Fonte: Elaborada pela autora.

Assim, algumas possíveis respostas dos EA à situação proposta foram previstas. Para isso, além dos elementos intrínsecos à situação, foram considerados três fortes aspectos que poderiam influenciar as estratégias de resolução dessa:

- a) a oficina com o GeoGebra, realizada uma semana antes do experimento na disciplina, na qual o uso do controle deslizante foi útil para construir objetos com homotetia no GeoGebra;
- b) a não disponibilização de instrumento de medição por parte das formadoras para definir a razão considerando um modelo humano;
- c) a ausência de aulas de desenho geométrico que marca o Ensino Básico e Superior desses estudantes;
- d) serem estudantes do 2.º semestre da licenciatura em Matemática, que ainda não cursaram uma disciplina de geometria plana.

A análise *a priori* foi realizada segundo etapas da construção do boneco:

- a) uso do modelo para as razões:
 - humano;
 - o desenho feito no papel;
 - criação das razões;
- b) uso do desenho como estilo de boneco:
 - o desenho como modelo de boneco;
 - criação de um modelo próprio de boneco;

- c) obtenção das razões:
 - medição com instrumento convencional;
 - medição com instrumento não convencional;
 - busca na *internet* por razões entre partes do corpo humano;
 - criação por estimativa;
- d) construção (Manutenção da razão) – (a) da cabeça, (b) do corpo e (c) membros:
 - manutenção da razão pela escolha de uma variável, controlada pelo uso de um controle deslizante;
 - manutenção da razão por construção geométrica;
 - manutenção da razão por uso de um polígono regular do *software*;
 - construção da razão por estimativa visual;
- e) posicionamento do corpo em relação à cabeça:
 - manutenção do corpo na posição convencional;
 - não manutenção do corpo na posição convencional;
- f) construção (manutenção da simetria entre os membros):
 - manutenção da simetria entre os membros por uso da reflexão;
 - manutenção da simetria por outra construção geométrica;
 - manutenção do mesmo comprimento, mas não a mesma posição;
 - manutenção da simetria visualmente;
 - não manutenção da simetria.
- g) validação da construção:
 - validação a cada etapa da construção por arrasto de um ponto;
 - validação a cada etapa da construção por variação da variável no controle deslizante;
 - validação ao final da construção por arrasto de um ponto;
 - validação ao final da construção por variação da variável no controle deslizante;
 - não validação.

A seguir, o detalhamento das previsões de estratégias de resolução:

(I) Uso do modelo para as razões: para decidir o modelo, os EA podem escolher um dos estudantes de seu grupo para que as razões entre os comprimentos das partes do seu corpo sirvam como modelo para o desenho (A). Eles podem também desprezar a informação sobre o modelo humano, e decidir utilizar o desenho oferecido no protocolo, e utilizar as razões entre

as partes daquele boneco já desenhado (B) como modelo. Eles podem ainda não utilizar modelo algum (C) e inventar as razões ou buscar na *internet* (D).

(II) Uso do desenho como estilo de boneco: no que concerne à forma, os EA podem usar o desenho fornecido no protocolo como modelo de boneco (A), formado por segmentos de reta (corpo) e uma circunferência (cabeça). Também podem criar um modelo próprio de boneco (B), por exemplo, usando um único tipo de figura geométrica (retângulos) para fazer o corpo e a cabeça.

(III) Obtenção das razões: para obter as razões, os EA podem fazer uso de instrumentos convencionais de medição como a régua (A), ou ainda, os não convencionais, como o palmo ou outra parte do corpo, por exemplo, o antebraço (B). É possível que façam busca na *internet* (C), por razões já definidas entre partes do corpo humano, em sites especializados em desenho geométrico, por exemplo. Eles podem, também, estimar (D) medidas em relação às partes do corpo e, conseqüentemente, chegar às razões entre essas.

(IV) Construção (manutenção da razão) da cabeça: uma vez definidas as razões entre as partes do corpo, os EA poderão mantê-las a partir da escolha de uma variável, controlada pelo uso de um controle deslizante (A). Considerando a formação que receberam anteriormente, em que tal procedimento fora adotado, é possível que esta seja uma estratégia escolhida pela maioria dos EA. Assim, os estudantes podem utilizar o comando circunferência com raio dado, e inserir a variável definida no controle deslizante para fazer a circunferência representando a cabeça. É possível, ainda, que busquem manter as razões por meio da manutenção das propriedades das figuras geométricas construídas (B). Podem utilizar uma circunferência que passa por dois pontos, escolher o centro e arrastar para definir o raio. Esse raio seria a unidade utilizada para traçar as outras partes. E, também, podem optar por tentar manter as razões visualmente (C), fazem a circunferência, mas não se preocupariam em manter as razões depois.

(V) Construção (manutenção da razão) do corpo: uma vez escolhido como traçar o corpo, os estudantes podem definir seu comprimento a partir do compasso a razão vezes a variável do controle deslizante (A), garantindo a proporcionalidade entre cabeça e corpo. É possível, ainda, que busquem manter a razão entre cabeça e corpo por meio do traçado de uma circunferência com centro no ponto de interseção da reta com a circunferência para a manutenção das propriedades das figuras geométricas construídas (B). Assim, traçariam circunferências consecutivas até o valor da razão. E, também, podem optar por tentar manter a razão visualmente (C).

(VI) Construção (manutenção da razão) dos membros: uma vez escolhido como traçar um dos membros, os estudantes podem definir seu comprimento a partir do compasso a razão vezes a variável do controle deslizante (A), garantindo a proporcionalidade entre cabeça e corpo. É possível, ainda, que busquem manter a razão entre cabeça e corpo por meio do traçado de uma circunferência com centro em um ponto, também escolhido a partir de uma razão, do segmento que faz o corpo, e com raio igual à razão vezes o raio da circunferência da cabeça, garantiriam a razão entre cabeça e membros por construção geométrica (B). E, também, podem optar por tentar manter a razão visualmente (C), ou mesmo não se preocuparem com tal razão.

(VII) Posicionamento do corpo em relação à cabeça: ao tentarem construir o boneco, os EA podem manter o corpo na posição ortogonal à circunferência (A), uma posição comumente utilizada, considerando a posição do corpo humano ao qual o boneco faz referência. Nesse caso, eles podem escolher fazer uma reta que passa pelo centro da circunferência e um ponto da circunferência. E, depois, escolher como corpo um segmento sobre essa reta que inicia sob o ponto de intersecção da reta com a circunferência. É possível que desprezem a referência – corpo humano – e construam o boneco sem manter o corpo na posição convencional (B), uma vez que essa não é uma condição imposta pela situação.

(VIII) Construção (manutenção da simetria entre os membros): a simetria entre os membros é uma condição da situação, imposta aos EA. Esses poderão utilizar ferramentas do GeoGebra para manter a simetria entre os membros por uso da reflexão (A), precisando apenas construir um membro, como um segmento, e a ferramenta por reflexão garantirá a simetria. Podem não usar as ferramentas de reflexão do GeoGebra, optando por construir geometricamente o mesmo objeto duas vezes (B). Também podem tentar manter a simetria a partir da manutenção do comprimento, mas não da posição dos objetos construídos (C). É possível que tentem garantir a simetria visualmente (D) ou, ainda, que desprezem esta condição e não tentem manter a simetria (E).

(IX) Validação da construção: a cada etapa construída, os EA podem tentar testar a sua construção por arrasto de um ponto (A) e/ou por mover o controle deslizante quando definido (B). Há ainda a possibilidade de os estudantes fazerem tal validação somente ao final de toda a construção, por arrasto de pontos (C), ou pelo controle deslizante (D). Eles poderiam também não buscar validar e considerar como solução da situação a construção do desenho, sem validação.

5.3.2.3 Configuração didática da OI_p

Para dar suporte aos EA no processo de resolução da S_p, a OI_p foi criada (Figura 13). No processo de reestruturação da OI_p, levaram-se em consideração os resultados apresentados no Estudo Preliminar, os quais apontaram para a necessidade de realizar algumas adaptações na configuração didática e no modo de execução previstos, executados e analisados anteriormente. Tais adaptações são relevantes na perspectiva de favorecer a *performance* didática da orquestra e para se evitar situações inesperadas.

A configuração didática da OI_p foi arranjada pelas formadoras para ser executada em sala de aula presencial, no tempo de 30 minutos, com a finalidade de favorecer a gênese instrumental dos EA na resolução da situação matemática. A ideia é fazer emergirem dessa OI exemplos dos reflexos do ensino orquestrado e pautado no uso de tecnologia digital.

Objetiva-se:

- a) gerar, por meio das ações desenvolvidas no processo de resolução da situação matemática, um banco de exemplos correlatos ao modelo teórico em estudo;
- b) favorecer o uso desse banco de exemplos como um recurso suporte para compreender o modelo teórico e realizar as demais situações propostas na metarorquestração.

A formação de um banco de exemplos correlatos às temáticas (Figura 40) relativas ao modelo teórico em estudo poderá auxiliar os estudantes na apreensão dos elementos teóricos que fundamentam e compõem a OI.

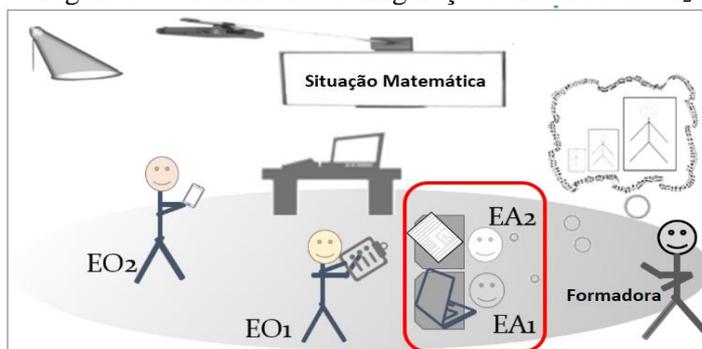
Recursos previstos para a formação, papéis e suas respectivas funções:

- a) **Estudantes (dois):** previram-se no mínimo dois e no máximo três estudantes, por grupo, para resolver a situação proposta. Esses são os EA, os quais seguem as orientações postas no protocolo de orientação. A escolha de quem ficará no controle do equipamento (*notebook*) é uma decisão que deve ser tomada pela dupla ou trio. Esse quantitativo de EA foi estabelecido com base nos resultados do estudo preliminar que revelou problemas nas interações e no processo de resolução da situação em grupos que tinham mais de três EA. É, também, função desses estudantes o envio do arquivo de resolução da S_p.
- b) **formadoras (duas):** F₁ e F₂ são responsáveis por: gestão da sala; apresentação aos estudantes da situação-matemática, organização e distribuição dos equipamentos e dos protocolos de orientação e controles do tempo e de ações dos estudantes que estejam fora do contexto da orquestra que possam comprometer o bom andamento

desta. Cabe às formadoras, ainda, a mediação e o suporte técnico e didático, sempre que solicitado ou quando necessário, mesmo que os EA não solicitem;

- c) **tecnologias disponibilizadas:** (A) um *notebook* por grupo. Esse com bateria carregada para realizar a situação matemática, salvar e enviar arquivo da resposta para formadoras. (B) Acesso livre à internet. (C) *Software* GeoGebra para dar suporte à resolução da situação, já instalado nos equipamentos, tal como o *aTube Catcher* (D), *software* para captura de tela que gera um filme com áudio de todos os procedimentos adotados pelos usuários do equipamento. Uma decisão importante das formadoras foi a omissão de algumas ferramentas do menu do GeoGebra, por exemplo, “polígonos”. A ideia objetivou evitar que os resolvedores construíssem o boneco sem determinar as razões ou que deixassem de considerar as propriedades que garantem que a construção é, de fato, geométrica. A ferramenta “Polígono regular” permite que o estudante mantenha algumas das razões por escolha do(s) *software(s)* de geometria dinâmica de manter as razões de um objeto sobre o polígono quando se amplia ou diminui o polígono;
- d) **protocolo de orientação:** trata-se de uma ficha impressa (APÊNDICE A) com a descrição da situação matemática a ser resolvida, condições e orientações para resolvê-la. Essa pode ser consultada pela dupla de EA sempre que necessário, diferentemente do que ocorreu no estudo preliminar, em que os estudantes precisam visualizá-la na tela de projeção, o que dificultava a consulta.

Figura 45 – Cenário das configurações didáticas da OI₂ e OIp



* **Duo (EA₁ e EA₂):** duas pessoas (estudantes) que interagem para efetuar uma atividade (situação matemática) de forma colaborativa.

Fonte: Elaborada pela autora.

O cenário (Figura 45) revela duas configurações didáticas previstas para a OI_p: (a) constituída de um *duo* (duas pessoas que interagem para realizar uma dada atividade de maneira

colaborativa), um protocolo de orientação com descrição da situação matemática e um *notebook* com o *software* GeoGebra instalado para resolver a situação e com o *aTube Catcher* para gravar as interações (áudio) e ações no *notebook*; (b) diferencia-se de (a) pelo uso do *tablet*.

5.3.2.4 Modo de execução – OI_p

Um primeiro modo de execução foi previsto para a configuração didática da OI_p. Nesse, as formadoras entregam o protocolo de orientação e o *notebook* já carregado, com os *softwares* instalados, aos EA. O segundo modo é definido pelo uso do *tablet* que é dado para apenas um grupo. As formadoras devem mediar as interações dos EA dos grupos formados, sempre que solicitado ou necessário, durante os 30 minutos dados para resolução da S_p, além de darem suporte técnico diante de qualquer problema nos equipamentos ou *softwares* fornecidos. Após os 30 minutos, as formadoras deverão encerrar o experimento, orientar o salvamento dos arquivos e seu envio para o ambiente virtual previamente estruturado para recebê-los (Pasta do *Gdrive*) e recolher os equipamentos.

Quanto ao trabalho dos EA, caberá a decisão de quem fica no controle do equipamento e de quem vai dar suporte. Os estudantes podem escolher atuar de forma alternada com relação a esses dois papéis também. Esses não poderão manter contato com outros estudantes de seu grupo ou de outros grupos durante o processo de resolução da S_p. Deverão utilizar os recursos fornecidos, mas também poderão fazer uso de outros recursos que não tenham sido disponibilizados. Eles terão 30 minutos para resolver colaborativamente a S_p, seguindo as instruções do protocolo e condições impostas pela situação. É de responsabilidade dos EA salvar o arquivo (*aTube Catcher*) que consiste em um filme do processo de resolução da S_p e enviar para pasta do *GDrive*, disponibilizada pelas formadoras. Eles podem atuar colaborativamente na resolução da situação, ou podem também atuar mais de forma individualizada, e a estratégia de resolução ser de fato de um só indivíduo, apesar de solicitar-se a resolução em dupla.

5.3.2.5 Análise *a priori* da OI_p

A OI_p é uma orquestração cuja situação é didática e matemática. No contexto da MOI, ela não foi criada para ensinar qualquer conteúdo matemático, haja vista o público-alvo serem professores de matemática em formação inicial, mas para servir como exemplo de uma aula de

matemática orquestrada, a ser vivenciada. Dessa experiência, espera-se que exemplos concernentes ao modelo teórico em estudo emerjam e contribuam para a apreensão dos elementos que o compõem.

Na OI₁, uma lista (Figura 40) de temas correlatos ao modelo teórico Orquestração Instrumental foi elaborada. Essa lista guiou a análise *a priori* que prevê e relaciona eventos advindos da vivência da OI_p, ou seja, a *performance* didática.

A seguir, o detalhamento das previsões das ações do *duo* de EA na execução da orquestra geradoras de exemplos para a compreensão dos pressupostos e elementos que constituem o modelo teórico. Assim, procurou-se prever exemplos relacionados com os elementos da Abordagem Instrumental que fundamentam o modelo teórico em estudo e os princípios da Orquestração Instrumental.

Abordagem instrumental:

- a) a relação entre artefato e instrumento: o uso ou não dos artefatos disponibilizados (*tablet, notebook, softwares, protocolo impresso etc.*) por parte dos EA para realizar a S_p pode servir de exemplo para: (a) a diferenciação entre o artefato e o instrumento, que pode ser percebida em ações instrumentadas dos sujeitos, tais como: explorar o menu, utilizar aleatoriamente algumas ferramentas, tentativa e erro de algumas construções, buscando conhecer as funcionalidades da tecnologia utilizada, são exemplos de que essa, ainda, é um artefato para o sujeito;
- b) as ações instrumentadas, em que o sujeito começa a articular os conhecimentos necessários (específico, tecnológico, geometria dinâmica) à resolução da situação, dá início a ações coerentes rumo à resolução desta, tem-se o instrumento;
- c) os processos de instrumentalização e instrumentação: as estratégias de resolução da situação com suporte dos artefatos disponibilizados podem servir de exemplo para entender a diferença entre os processos de instrumentalização e instrumentação;
- d) perceber a necessidade de conhecimento específico para resolver a situação matemática e de conhecimento para uso dos artefatos;
- e) reconhecer a relação entre os conhecimentos matemáticos necessários e integrados às diferentes ferramentas do *software*, bem como, os esquemas de utilização e seu papel na gênese instrumental.

As ações para uso dos artefatos e definição de estratégias de resolução colocam em evidência esquemas dos EA, ou componentes deles. Assim, tais ações podem ajudar a:

- a) identificar esquemas existentes ou em desenvolvimento, ou ainda, partes de esquemas;
- b) compreender a relevância dos esquemas de utilização dos artefatos para constituição do instrumento e para favorecer a gênese instrumental;
- c) identificar conhecimentos prévios ou a ausência desses durante o processo de resolução da situação e, conseqüentemente, os reflexos desses para fazer emergir ou não a gênese instrumental.

Orquestração Instrumental:

- a) Configuração didática (situação matemática, artefatos, papéis, atores, tempo pedagógico). Na *performance* didática da OI_p, exemplos relativos à configuração didática podem ser revelados:
 - na identificação da existência de um papel para cada participante, incluindo o formador (quem orquestrou);
 - na importância de se ter um protocolo de orientação à mão, para consultas;
 - na relevância da disponibilização de artefatos (computador ou *tablet*, *software* etc.) para resolver a situação, sem o qual não se poderá resolver a situação proposta;
 - na ausência de artefatos que possam contribuir com a resolução da situação proposta;
 - na forma de organização da sala de aula e distribuição de artefatos e participantes da orquestra;
 - na relevância de uma boa situação matemática integrada aos artefatos;
 - no tempo, disponibilizado para resolução da atividade, que alguns grupos podem achar pouco;
- b) modo de execução (ações previstas para os atores e artefatos). Durante a execução (*mise en œuvre* da orquestra), exemplos relativos ao modo de execução podem ser verificados:
 - perceber a existência de um papel a exercer, o de estudante-ator;
 - verificar que as formadoras também têm diferentes maneiras de exercer o papel de mediadora;
 - perceber diferentes maneiras de poder executar a situação perante as condições e restrições impostas;

- perceber que cada estudante-ator age diferentemente no trabalho coletivo e que essa forma de agir pode mudar;
- c) *performance* didática (situações inesperadas, decisões *ad hoc*, reações *ad hoc*, elementos do *mise en scène* que favoreceram o bom andamento da orquestra). A análise dos dados gerados pelos EA de cada grupo poderá gerar novos exemplos sobre a OI vivenciada, tais como:
 - ocorrência de situações imprevisíveis;
 - decisões *ad hoc* por parte das formadoras;
 - reações *ad hoc* por parte dos EA;
 - eventos imprevistos que contribuíram ou não para o bom andamento da orquestra;
 - eventos previstos, para os quais foram pensadas, previamente, e aplicadas soluções.

5.3.2.6 Método de análise da OIp

A OIp foi executada em sala de aula presencial, com a presença de 16 estudantes, os quais formaram quatro grupos (A, B, C e D) com quatro estudantes cada, quantitativo previsto em detrimento das análises do estudo preliminar que apontou para necessidade de grupos com no máximo quatro participantes. Os estudantes faltosos se organizam em mais dois grupos: o E, com três integrantes, e o F, com cinco integrantes. Esses últimos tiveram a oportunidade de realizar o experimento a distância e continuar na formação, participando das demais orquestrações instrumentais propostas, a OI₄ e OI₅. Isso porque esses precisavam atender às exigências do componente curricular no qual estavam matriculados. A orquestração instrumental é parte do conteúdo da disciplina, e foi estudada por meio da meta-orquestração instrumental vivenciada.

Inicialmente, alguns critérios foram definidos para escolha dos grupos que deveriam ter seus dados analisados. São:

- a) participação presencial na OIp. Esse primeiro critério se justifica pelo fato do acompanhamento das formadoras durante a atuação dos EA, os quais deveriam seguir as orientações e restrições estabelecidas. Assim, os grupos E e F foram excluídos;
- b) participação de pelo menos um dos membros de cada grupo em cada orquestração. O grupo B foi excluído por nenhum de seus componentes participou da OI₃;
- c) três grupos atenderam aos critérios (a) e (b), a saber: A, C e D. Entretanto, por motivo do tempo para conclusão desta tese, optou-se por analisar os dados de dois desses

grupos apenas, sendo escolhidos o grupo A e o grupo D. O grupo A foi escolhido por ser o único grupo que participou da formação, mas não conseguiu fazer uso do modelo teórico para definir critérios de observação (OI₂) e para analisar os dados da gerados na OI_p. O grupo D foi escolhido porque, de todos os grupos, este revelou melhor participação na formação e conseguiu fazer uso do modelo teórico em todas suas participações nas orquestrações vivenciadas. Esses dois grupos mostraram-se extremos no que concerne ao uso do modelo teórico em cada etapa da formação.

5.3.2.6.1 Coleta de dados

Todos os grupos coletaram os dados gerados por seus componentes. Isso foi feito por duplas distintas – estudantes-observadores na OI₂ e pelos EA na OI_p, em momentos simultâneos, a execução da OI₂. Foram gerados três tipos de vídeos:

- a) o da tela do computador ou *tablet*, feito pelo *software* já instalado – *aTube Catcher*, o qual registra o áudio e todas as ações dos EA no computador/*tablet* durante a resolução da situação matemática;
- b) o do estudante-observador na OI₂ que filmou as interações dos EA, entre eles, com as mediadoras (formadoras), com as tecnologias utilizadas e demais colegas do grupo. Os gestos desses estudantes também foram captados;
- c) um vídeo realizado por uma câmera colocada em ponto estratégico da sala, para filmar a dinâmica da sala como um todo.

Além dos vídeos, o arquivo de construção do boneco, com todo histórico de construção e a construção da dupla de EA, gerado pelo *software* GeoGebra e salvo por estes estudantes, também foi utilizado na análise dos dados da OI_p.

Ao considerar o grupo D promissor no que concerne a bons resultados em relação à MOI, resolveu-se iniciar a análise com os dados desse grupo. Para isto, utilizou-se a técnica de análise microgenética-videográfica (MEIRA, 1994) e realizaram-se adaptações no instrumento de análise utilizado na OI₁, porque a natureza dos dados da OI₁ e OI_p era distinta.

5.3.2.6.2 Os dados

Inicialmente, os vídeos foram assistidos várias vezes, integral e parcialmente, sempre que necessário, o que permitiu decidir pelo uso dos vídeos gerados pelo *aTube Catcher* e pelo estudante-observador (OI₂). Esses foram assistidos várias vezes, sendo todo seu conteúdo, de um total de 35 minutos de experimento da OI_p, transcrito e organizado em um sumário de eventos. Esses eventos foram classificados em sete etapas que caracterizam todo processo de resolução da situação matemática da OI_p por parte dos EA.

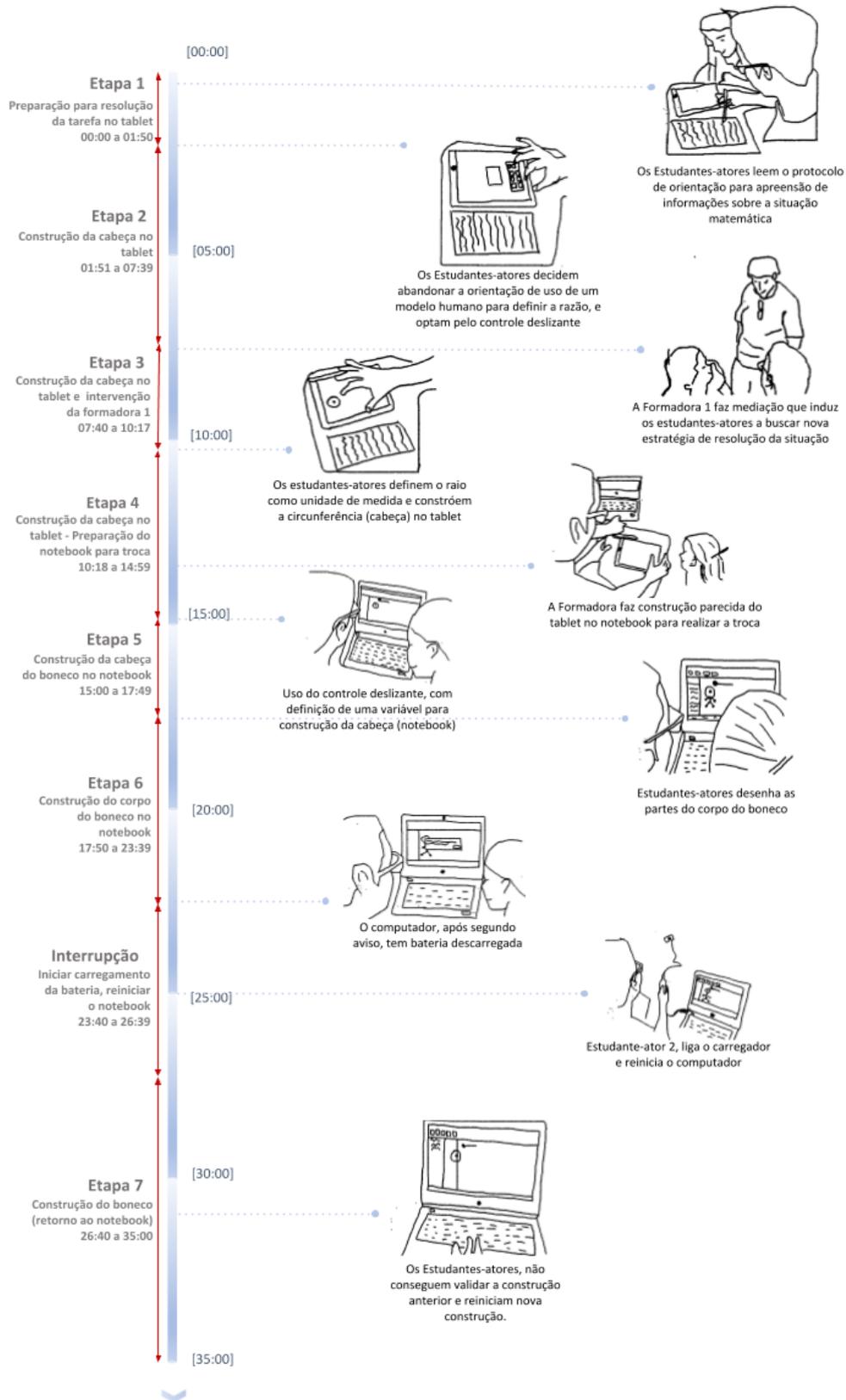
5.3.2.7 Performance didática da OI_p – banco de exemplos

A análise da OI_p permitiu estruturar um banco de exemplos correlatos à situação matemática, à gênese instrumental, à configuração didática, ao modo de execução e à *performance* didática. Os eventos do banco de exemplos foram organizados em cinco linhas do tempo de acordo com as temáticas relativas ao modelo teórico em estudo. Todas elas apresentam as seguintes etapas (Figura 46):

1. Tomada de informações sobre a situação matemática.
2. Início da construção da cabeça do boneco no *tablet*.
3. Construção da cabeça do boneco no *tablet* influenciada pela mediação da formadora.
4. Construção da cabeça do boneco no *tablet* em processo de troca pelo *notebook*.
5. Construção da cabeça do boneco no *notebook*.
6. Construção do corpo do boneco no *notebook*.
7. Construção do corpo do boneco após reiniciar o *notebook* (descarregamento de bateria).

Figuras foram inseridas para ilustrar alguns desses eventos:

Figura 46 – As etapas do processo da OIp

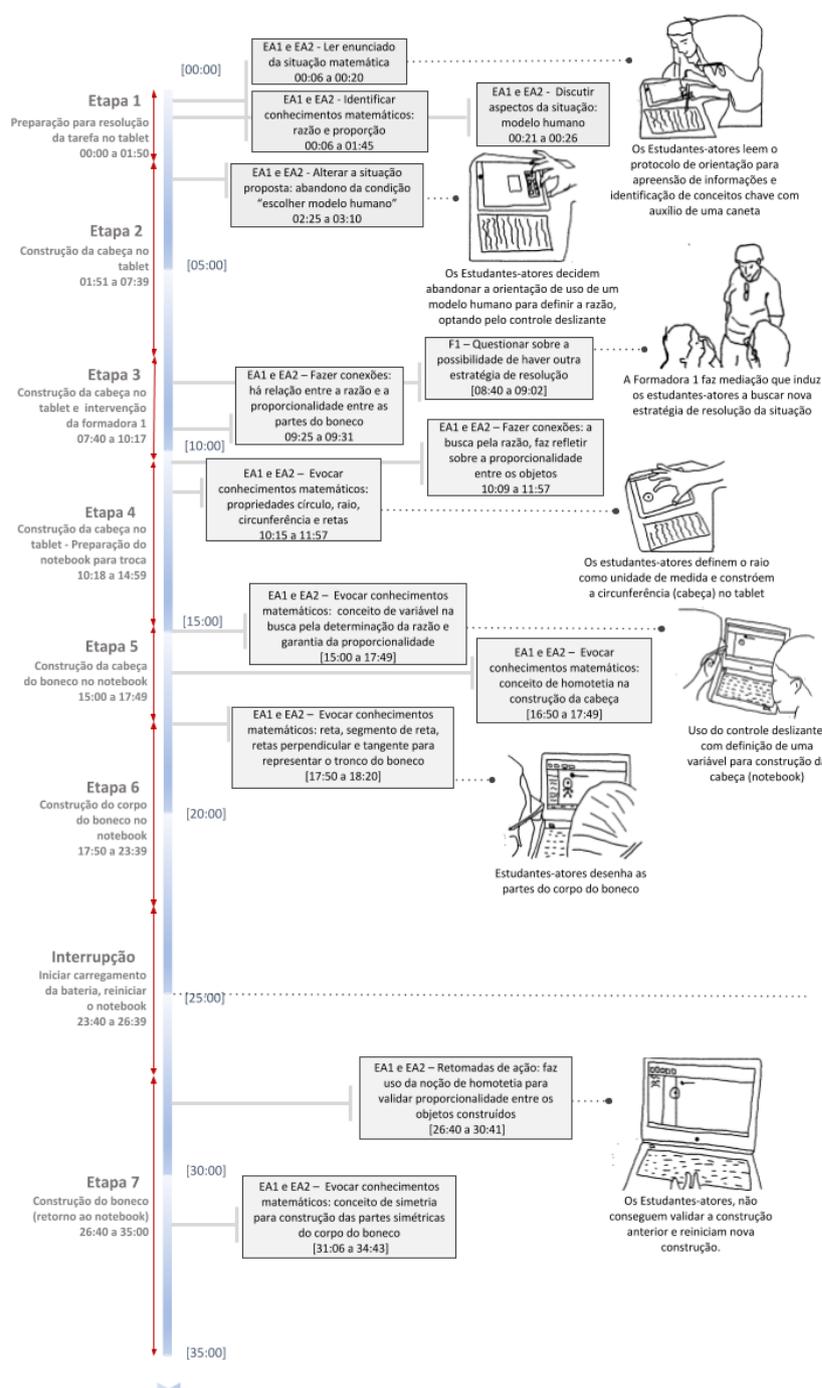


Fonte: Elaborada pela autora.

5.3.2.7.1 Exemplos que dão destaque à situação matemática

A linha do tempo (Figura 47) revela os fortes exemplos de aspectos relativos à situação matemática, um dos elementos essenciais de uma OI.

Figura 47 – Linha do tempo 1 – Situação Matemática



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 47, podem-se observar alguns exemplos (eventos) que colocam em evidência aspectos pertinentes à situação matemática, às condições e às restrições impostas aos estudantes que iriam resolvê-la.

A primeira etapa [00:00 a 01:50], denominada “Preparação para resolução da situação no *tablet*”, marca a tomada de informação pelos estudantes sobre a situação matemática a ser resolvida (

Figura 44). Três exemplos relativos à situação são evidenciados nessa etapa. Os estudantes EA₁ e EA₂ pegam o protocolo de orientação sobre a situação matemática e buscam:

- a) ler e identificar as condições e as restrições da situação [00:06 a 00:20];
- b) identificar quais conhecimentos específicos serão necessários mobilizar para resolvê-la [00:06 a 01:45];
- c) selecionar quais informações inicialmente serão levadas em conta, assim como as que não são aceitas [00:21 a 00:26].

Figura 48 – Leitura, interpretação e tomada de informação no protocolo de orientação



Fonte: Elaborada pela autora;

Esse momento de tomada de informação se passa nos primeiros dois minutos do experimento. A leitura realizada em dupla e acompanhada linha a linha com uma caneta, assim como as interpretações dessa, trará reflexos durante toda resolução da situação. Isso porque tais informações e interpretações são aspectos que guiaram as decisões, escolhas e estratégias.

A partir da leitura/interpretação do protocolo de orientação, os EA já identificaram a necessidade de evocar conhecimentos prévios, tais como: razão e proporção. Também identificaram a condição imposta pela situação de escolha de um modelo humano para a determinação de razão/proporção para o boneco, o que os leva a discutir sobre a real necessidade dessa condição.

Trecho 7 – Discussão sobre as condições iniciais da situação matemática.

EA₁: [lê a tarefa em voz alta e EA₂ fica com o protocolo e acompanha a leitura com uma caneta sob o enunciado lido]. “Escolha uma pessoa do seu grupo como modelo. Verifique a razão entre as medidas das partes do corpo. [...] escolher um modelo?”

EA₂: um modelo (risca a palavra modelo)? Aqui não seria alguém para fazer a atividade?

EA₁: acho que é.

EA₂: eu não acho que tem que fazer uma referência de grandeza entre o corpo da gente e o corpo do boneco, não. Acho meio lógico isso, não?

EA₁/EA₂: [leem, juntos, o enunciado da situação].

A segunda etapa [01:51 a 07:30] marca o início da “construção da cabeça do boneco no tablet”. Esse momento traz à tona a discussão iniciada na Etapa 1: o uso ou não de um modelo humano para determinação da razão/proporção. Os EA decidem abandonar essa condição do suporte humano e optam pelo uso do controle deslizante do GeoGebra (

Figura 49) para definir o controle do movimento, utilizando uma dependência entre a variável do controle e os comprimentos das partes do boneco, para obter assim a razão [02:25 a 03:10].

Trecho 8 – Transcrição da discussão para uso do controle deslizante.

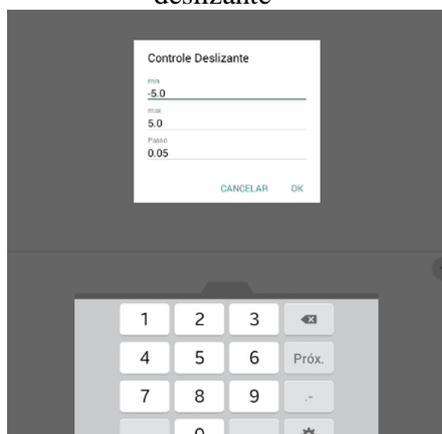
EA₂: [seleciona ‘Círculo dados centro e o raio’]. Quer de que tamanho? [Coloca 5 como medida do raio e constrói a circunferência de raio 5.]

EA₁: era bom que a gente pudesse mexer, não? Sei lá [...] uma variável.

EA₂: ah! Tu tá querendo, tipo, um controle deslizante, é?

EA₁: uma variável, é [...].

Figura 49 – Construção da cabeça no tablet – tentativa por controle deslizante



Fonte: Elaborada pela autora.

É relevante considerar que houve alteração da situação matemática proposta pelas formadoras, por parte dos EA, uma vez que desprezam durante suas primeiras tentativas de

construção da cabeça do boneco o uso do modelo humano. Vale também a pena salientar que eles partem de uma estratégia de construção por meio do uso de uma variável, com suporte de uma ferramenta do *software*, o controle deslizante no *tablet* (Figura 49), e a partir dela determinar as razões.

A terceira etapa [07:40 a 10:08] – construção da cabeça do boneco no *tablet* após a intervenção da formadora 1 – se distingue da segunda pelo fato dessa ser influenciada pela mediação da formadora 1 [08:40 a 09:02]. Isso ocorre após uma solicitação de ajuda dos EA (Figura 50). A partir da resposta dada pela mediadora, eles decidem partir para uma estratégia sem o controle deslizante, i.e. sem apelar para a definição de uma variável para suportar a ampliação e redução do boneco.

Antes de chamar a formadora, eles não estavam conseguindo usar do controle deslizante no *tablet* com a inserção de uma variável, somente números. Tal estratégia destaca a dificuldade de instrumentalização dos estudantes com o controle deslizante. Eles tinham tido uma experiência com tal comando no *notebook*, e não em um *tablet*, daí a dificuldade na instrumentalização.

Figura 50 – Mediação no processo de construção do boneco



Fonte: Elaborada pela autora.

Na busca por ajuda, os EA explicam para a formadora que não estão conseguindo utilizar o controle deslizante. Ao perceber que esses não estavam conseguindo sucesso na estratégia desenvolvida, a formadora faz a seguinte pergunta: “será que só pode ser feito com o controle deslizante?” [08:40 a 09:02]. É essa pergunta que faz com que eles acreditem que há outra forma de fazer. Na transcrição a seguir, tem-se o trecho da mediação e seus reflexos na terceira [08:40 a 09:02] e na quarta [10:09 a 10:15] etapas.

Trecho 9 – Mediação da formadora 1.

EA₂: [Abre novamente a ferramenta “Círculo dados centro e raio” e coloca medida 1 para o raio desta]. [...] professora, como podemos usar o controle deslizante senão pode chamar a letra (pergunta a professora)?

F₁: não pode chamar a letra?

EA₂: sim, por exemplo, para o raio a gente colocar o nome pra poder chamar a letra depois, só que aqui não pode colocar letra.

EA₁: só aparecem números.

F₁: e não dá pra fazer sem o controle deslizante, não? [...]

EA₂: é isso que a gente pode tentar.

[...]

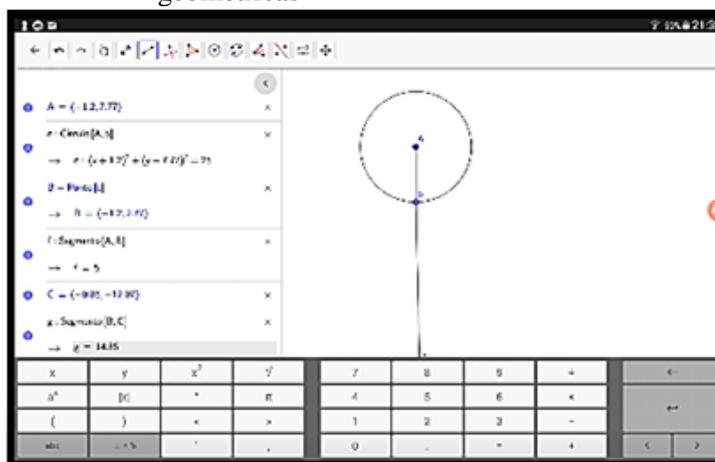
EA₁: mas como é que a gente vai fazer a cabeça proporcional?

EA₂: ela perguntou “só dá pra fazer com isso?”

EA₁: é, realmente, é porque tem outro modo.

É a partir desse questionamento que os EA tentam construir a cabeça do boneco sem o controle deslizante. Isso os leva, novamente, ao desafio de definir uma unidade para a partir dela determinar as razões entre as partes do corpo do boneco e, conseqüentemente, garantir a proporcionalidade entre essas [09:25 a 09:31]. A mediação faz com que os EA abandonem, ainda que temporariamente, o uso do controle deslizante para pensar em uma nova estratégia de resolução independente desta ferramenta do *software* utilizado – o GeoGebra.

Figura 51 – Construção da cabeça no *tablet* – tentativa por propriedades geométricas



Fonte: Elaborada pela autora.

Na quarta etapa [10:09 a 14:59], construção da cabeça no *tablet* eventos relacionado à preparação para troca do *tablet* pelo *notebook*, marca o início de uma nova estratégia de construção, influenciada pela mediação realizada por F₁, na etapa 3. Assim, os EA evocam os conceitos de círculo, circunferência e retas. Eles ensaiam uma construção por desenho geométrico, de forma que as propriedades dos objetos construídos validem a construção (Figura

51). Nessa direção, eles sentem a necessidade de definir uma unidade para determinar a razão. Assim, decidiram que o raio do círculo construído que representava a cabeça seria a unidade.

Ao ampliar e diminuir a circunferência construída (Figura 51), os estudantes percebem a proporcionalidade existente entre o raio e comprimento da circunferência. Isso não poderia ser diferente, haja vista ser uma propriedade do objeto construído, porém parece ser algo novo para eles.

Um novo desafio surge quando os estudantes ensaiam o uso da ferramenta “Segmento” para traçar o tronco do boneco, mantendo a proporcionalidade. Eles traçam o tronco sem conseguir manter a proporcionalidade entre a cabeça e o tronco. Esse insucesso os leva a retornar a reflexão sobre a vantagem do uso do *notebook* em vez do *tablet*. Eles acreditavam que o uso do GeoGebra – versão *tablet* – não os favorecia na resolução da situação, haja vista que já conheciam a versão para *notebook*. Além disso, poderiam usar o controle deslizante, o que, para eles, significava sucesso na resolução.

Trecho 10 – Discussão sobre determinação de variável no *tablet*.

EA₁: *é esse aí! Pronto, a, né? Onde é que coloca a letra?*

EA₂: [*seleciona “Configurações de teclado do tablet” e observam*].

EA₁: [*...*] *só tá aparecendo número.*

EA₂: [*seleciona novamente “Círculo dados centro e raio”*].

EA₁: *Isso aí, e isso é o quê? É só pra...*

EA₁: *e como vai colocar uma letra aí, se o teclado não mostra?*

EA₂: [*vira o tablet e visualiza o GeoGebra na horizontal*].

EA₁: *E aí? E aí? Assim é muito ruim, pô!*

EA₂: *por isso no notebook seria muito melhor. Como vai fazer um controle deslizante aqui? (Fecha a ferramenta “Círculo dados centro e raio”.)*

Com essa nova ocorrência, a formadora tenta trocar o *tablet* por um *notebook*. Mas, antes, ela observa a construção que está no *tablet* e tenta reproduzi-la no *notebook*. Ela confirma com EA os objetos que construíram para validar a construção que fez, mas não pergunta quais ferramentas eles utilizaram para construir aqueles objetos, ou seja, têm-se os mesmos objetos, mas procedimentos de construção diferentes. Na sequência, ela troca o *tablet* pelo *notebook* (Figura 52) com a ‘mesma’ construção que estava no *tablet* [14:20 a 14:59].

Já com o *notebook*, os EA percebem a possibilidade de uso do controle deslizante, o que os faz abandonar a estratégia iniciada nessa etapa. Logo, decidem deletar a construção feita pela formadora 1, para começar novamente com o uso do controle deslizante. É relevante informar que eles não percebem que os procedimentos e ferramentas utilizadas por F₁ para fazer a construção que fizeram no *tablet* não era a mesma.

Figura 52 – Momento da troca do *tablet* pelo *notebook*



Fonte: Elaborada pela autora.

Na quinta etapa [15:00 a 17:49] – construção da cabeça do boneco no *notebook* –, os EA manifestam seu retorno à estratégia inicial – o uso do controle deslizante. Dessa vez, eles explicitam o conceito: a variável. Na busca pela determinação da razão por meio do controle deslizante, eles evocam o conceito de variável e revelam que, ao definir a variável como unidade, poderão garantir a proporcionalidade entre as partes do boneco que iriam construir.

Trecho 11 – Discussão sobre a determinação de uma variável para o controle deslizante:

EA₁: tira essa circunferência e bota, tipo... um raio trocável.

EA₂: abre a caixa de edição do controle deslizante.

EA₂: não entendo por que não mexe.

EA₁: Porque tu colocou 'c' no controle deslizante.

EA₂: observa a construção.

EA₁: 'a', o raio tá 'a'.

Outro aspecto relevante no processo de resolução da situação é a forma escolhida pela dupla para validar as construções, a qual eles acreditam ser homotetia entre os objetos construídos. Mas, na verdade, a estratégia consiste na criação de objetos atrelados, por um de seus comprimentos, a um controle deslizante, que permite a ampliação e a diminuição dos objetos construídos (Figura 53). É o que, naturalmente, ocorre com a cabeça do boneco ao mover o controle deslizante que tem por medida uma variável – o raio da circunferência (cabeça).

Figura 53 – Uso de uma variável como unidade de medida no controle deslizante – raio



Fonte: Elaborada pela autora.

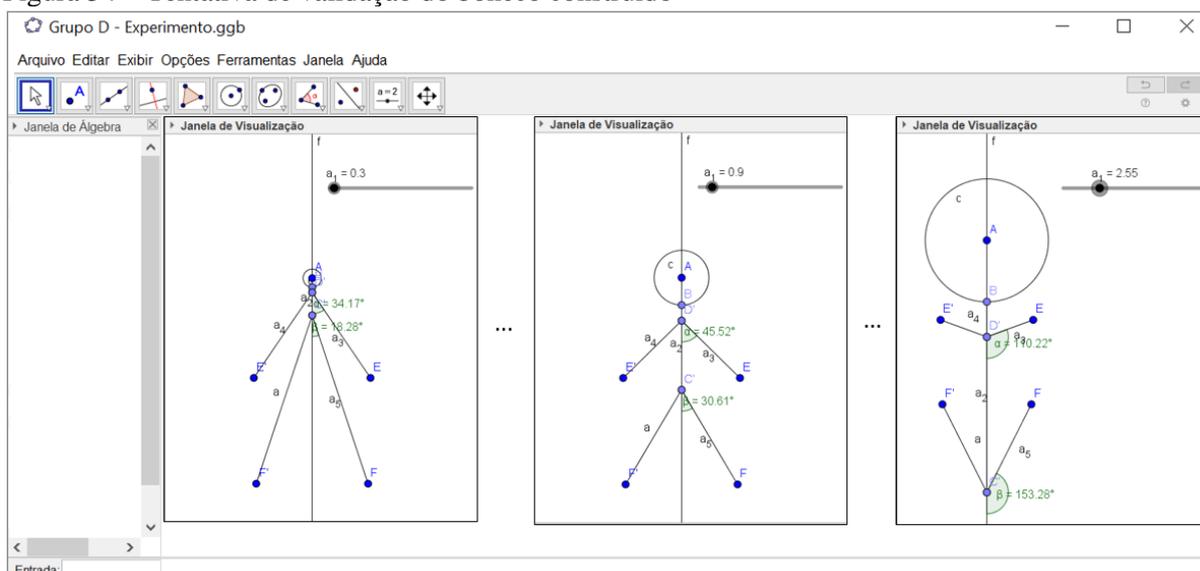
Já na Etapa 6 [17:50 a 23:39] – construção do corpo do boneco no *notebook* – dois novos desafios emergem:

- a) a escolha de um objeto geométrico para representar o tronco e os membros superiores e inferiores;
- b) a articulação entre estes objetos de forma que se mantenham proporcionais ao serem ampliados.

Dessa forma, os estudantes experimentam diferentes objetos para representar o tronco e os membros, tais como: reta, segmento de reta, retas perpendiculares, retas tangentes.

Essa diversificação ocorreu pelo fato de não conseguirem articular tais objetos à cabeça. Eles não conseguiram perceber que o problema não estava, simplesmente, no objeto escolhido, mas na relação de dependência entre tais objetos ao serem construídos, considerando a razão e a posição relativa entre eles. Assim, quando tentavam validar a construção, aumentando o boneco, percebiam, por exemplo, que a cabeça diminuía e o corpo aumentava, e por isso não podiam garantir a manutenção da semelhança; logo, a construção estava errada.

Figura 54 – Tentativa de validação do boneco construído



Fonte: Arquivo GeoGebra de construção do boneco do grupo D.

O aviso de descarregamento da bateria do computador [22:39 a 23:39] interrompe o trabalho dos EA, os quais buscam o cabo e tentam conectá-lo ao *notebook*, antes da bateria descarregar.

Figura 55 – Tentativa de conectar cabo de carregamento para evitar reinicialização



Fonte: Elaborada pela autora.

Após o segundo aviso de bateria baixa, a reinicialização do *notebook* é necessária. Na sequência, os estudantes retomam ao trabalho de resolução. O *software* de captura de tela - *f* não é acionado após esta reinicialização. Os eventos da última etapa são identificados a partir da análise da filmagem realizada pelo estudante-observador, apenas.

Por fim, a sétima etapa [26:40 a 35:00] – construção do boneco (retorno ao *notebook*). Essa etapa é marcada pelo abandono da construção realizada na Etapa 6.

Figura 56 – Tentativa de construção do boneco



Fonte: Elaborada pela autora.

Dessa vez, os EA mesclam duas estratégias de resolução já utilizadas em etapas anteriores:

- a) a construção da cabeça, por meio de variável e controle deslizante [26:40 a 30:41];
- b) a construção dos membros (tronco, braços e pernas) por meio de desenho usando segmentos de reta [31:06 a 34:43].

Ao desenhar os segmentos de reta para representar os membros do corpo do boneco, os EA utilizam como propriedade geométrica entre os membros e o tronco, mas apenas o extremo do segmento pertence ao segmento do corpo, buscando garantir o restante da construção por meio da visualização. Dizemos, assim, que, em vez de construírem figuras, os EA fazem desenhos. Logo não há como garantir a manutenção das propriedades dessas, o que validaria a construção. Os EA evocam o conceito de simetria para desenhar braços e pernas simétricos.

Naturalmente, ao tentar validar a construção, aumentando e diminuindo, verificam que a construção não pode ser validada.

Figura 57 – Última tentativa de construção do boneco do grupo D



Fonte: Elaborada pela autora.

Um aspecto importante nesse procedimento é que, nos últimos minutos, eles recordam que poderiam ter utilizado a ferramenta “Reflexão do *software*” para construir os objetos simétricos, mas não há mais tempo para tentarem o uso dessa.

Vale salientar que o vídeo da sala e o arquivo do GeoGebra eram acessados sempre que necessário para confirmar trechos que não estavam bem definidos quanto à imagem ou ao áudio dos vídeos escolhidos para análise.

5.3.2.7.2 Exemplos que dão destaque à configuração didática

A linha do tempo 2 (Figura 58) possui exemplos que evidenciam fortes elementos da configuração didática, tais como: as funções dos envolvidos no experimento (formadoras e estudantes), os artefatos disponibilizados ou não, desde que utilizados, o tempo e sua relação com a situação matemática a ser resolvida, nas condições determinadas. Optou-se por utilizar uma legenda de cores, para destacar assim os eventos identificados: em azul, os eventos que dizem respeito às funções, em verde, os relacionados aos artefatos e em amarelo, os que tinham relação com o tempo.

Funções:

Ao iniciar a resolução da situação, EA₂ já estava no controle do *tablet*, deixando EA₁ na colaboração, sem que isso fosse discutido [00:06 a 01:45]. Mesmo assim, o *duo* interage bem à frente de suas funções. A função da formadora é destacada quando EA₂ solicita ajuda a F₁, a qual busca auxiliá-los com uma mediação por meio de uma pergunta [08:40 a 09:02]. A

mediação resulta em reflexão [09:20 a 09:55] por parte *duo* e na busca [10:09 a 10:15] por nova estratégia de resolução.

F₁, enquanto formadora, está atenta às dificuldades apresentadas por EA₁ e EA₂ e que o *duo* não está conseguindo avançar em relação à resolução, segundo eles por causa do recurso escolhido pelas formadoras, o *tablet*. Eles acreditam que, se tivesse um *notebook*, isso facilitaria a resolução da situação. F₁ prepara o *notebook* e entrega ao *duo* [10:09 a 10:15], já com a construção tal como estava no *tablet*, a qual eles tentam manter até certo momento da resolução [15:09 a 15:12]. Todo suporte dado aos EA destaca a relevância da presença e do papel do formador na orquestra.

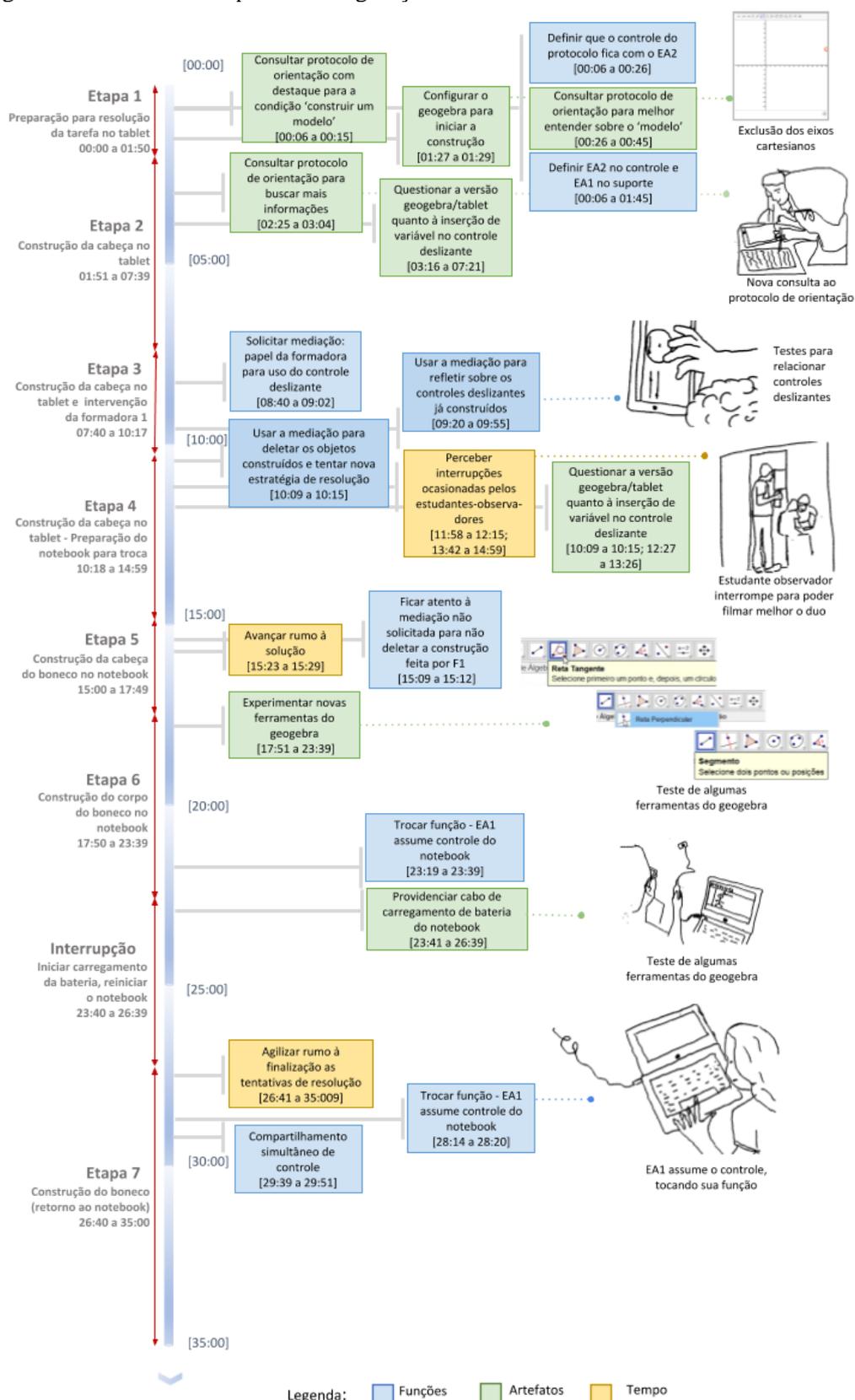
Outro aspecto importante que dá luz à configuração didática, no que concerne à função exercida pelos participantes da orquestra, está na troca de função. EA₁ colabora e EA₂ controla, mas EA₁ busca, vez ou outra, assumir o controle do *tablet/notebook* [23:19 a 23:30; 28:14 a 28:20]. Há um momento em que ambos ficam no controle do *notebook*, na tentativa de manipular os objetos construídos [04:29 a 04:50; 29:39 a 29:51].

Artefatos:

O trabalho matemático é influenciado essencialmente por três dos artefatos disponibilizados pelas formadoras: o protocolo de orientação e a versão GeoGebra para *tablet* [00:01 a 15:00]; logo em seguida, a versão para *notebook* [15:01 a 35:00].

O protocolo impresso continha a situação matemática, restrições e orientações relativas a ela e sobre os papéis e funções de cada participante. Foi disponibilizada uma cópia ao *duo* de EA de cada grupo.

Figura 58 – Linha do tempo 2 – configuração didática



Fonte: Elaborada pela autora.

Figura 59 – Algumas informações do protocolo de orientação

| Orientações aos estudantes-atores |
|--|
| (a) Deverão trabalhar colaborativamente para executar a tarefa proposta; |
| (b) Poderão, caso desejem, utilizar outros recursos que não os disponibilizados para facilitar a realização da tarefa; |
| (c) Poderão escolher as ferramentas do Geogebra que desejarem para construir o desenho solicitado; |
| (d) Terão 30 minutos para executar a tarefa; |
| (e) Deverão gravar o arquivo do boneco construído e identifica-lo pelo nome do grupo. |

Fonte: Elaborada pela autora.

Os *softwares* GeoGebra versão *tablet* e o *aTube Catcher* foram instalados nos *notebooks* e *tablet* para serem utilizados ao iniciar a resolução da situação matemática. Tal forma de utilização foi prevista na configuração, mas não foi colocada em prática a gestão desses artefatos que deveria ser particularizada, ou seja, de acordo com a necessidade de cada *duo*. No entanto, as formadoras não os prepararam previamente. Coube aos EA decidir pela manutenção ou não da malha quadriculada e/ou dos eixos cartesianos, pela permanência ou não de algumas ferramentas do GeoGebra e, ainda, a decisão por uma das formas de captura do *aTube catcher*, que poderia ser por seleção da área da tela ou por seleção da ferramenta janela, antes de iniciar a captura de tela.

Protocolo de informações:

As três leituras do protocolo, duas na primeira etapa [00:06 a 00:15]; [00:26 a 00:45] e uma na segunda etapa [02:25 a 03:04], realizadas pelo *duo*, revelaram a utilidade desse artefato para os EA no sentido de orientar a conduta de trabalho e as estratégias de resolução da situação. A facilidade de acessar e compartilhar um artefato que estava sempre à mão tornou a tomada de informação mais simples e imediata sempre que necessário. O uso recorrente do protocolo pelo *duo* revela elementos importantes da configuração, tal como entregá-lo ao *duo* de forma impressa e entregar uma única cópia impulsionando à leitura coletiva.

GeoGebra:

Vários eventos destacam a importância do *software* para a resolução da situação matemática. Esses foram identificados a partir do uso de diferentes ferramentas pelo *duo* ao traçar estratégias de construção das partes do boneco. Já outros eventos colocaram em xeque a decisão *ad-hoc* das formadoras pela disponibilização da versão do GeoGebra para *tablet*, em vez da versão do *software* para *notebook*. Apesar de essas versões parecerem as mesmas, as duas terminam por compor artefatos distintos. Pois a caracterização do artefato se dá com os comandos utilizados pelos estudantes nele, que apresentavam diferença. A escolha pelo

notebook na configuração didática das formadoras foi consciente e pautada na experiência prévia dos estudantes com a versão do GeoGebra para esse dispositivo. Entretanto, o *notebook* previsto para o grupo D apresentou problemas de funcionamento, tendo de ser substituído pelo *tablet*. Alguns eventos destacam o uso do carregador: o anúncio de que a bateria do *notebook* estava descarregando; segundo anúncio do *notebook* de que a bateria iria descarregar; o descarregamento da bateria; e a ação de EA₂ em busca do carregador para conectar o *notebook* à energia.

Trecho 12 – Avisos do *notebook* quanto ao descarregamento de bateria.

EA₂: *a bateria está descarregando!*

EA₁: *sério? Tá descarregando?*

EA₂: *Tá vendo que ficou mais escura, não?*

EA₁: *então, corre, né?*

EA₁: *Oh, EA₂, descarregou aqui.*

aTube Catcher:

Identificamos eventos que destacam esse artefato. Os vídeos analisados revelam apenas que, antes de iniciar a resolução da situação, o *software* foi acionado pelo *duo*, que não apresentou dificuldades ou preferências quanto à sua utilização.

Tempo:

No que diz respeito ao tempo, todo processo de resolução da situação matemática do grupo D é marcado por pequenas interrupções que ocorrem em diferentes etapas. O fator tempo é fortemente percebido em um evento na Etapa 4, relativo às interrupções dos estudantes-observadores [11:58 a 12:15; 13:42 a 14:59]; na Etapa 5, os EA revelam preocupação com o tempo e buscam avançar na resolução da situação [15:23 a 15:29].

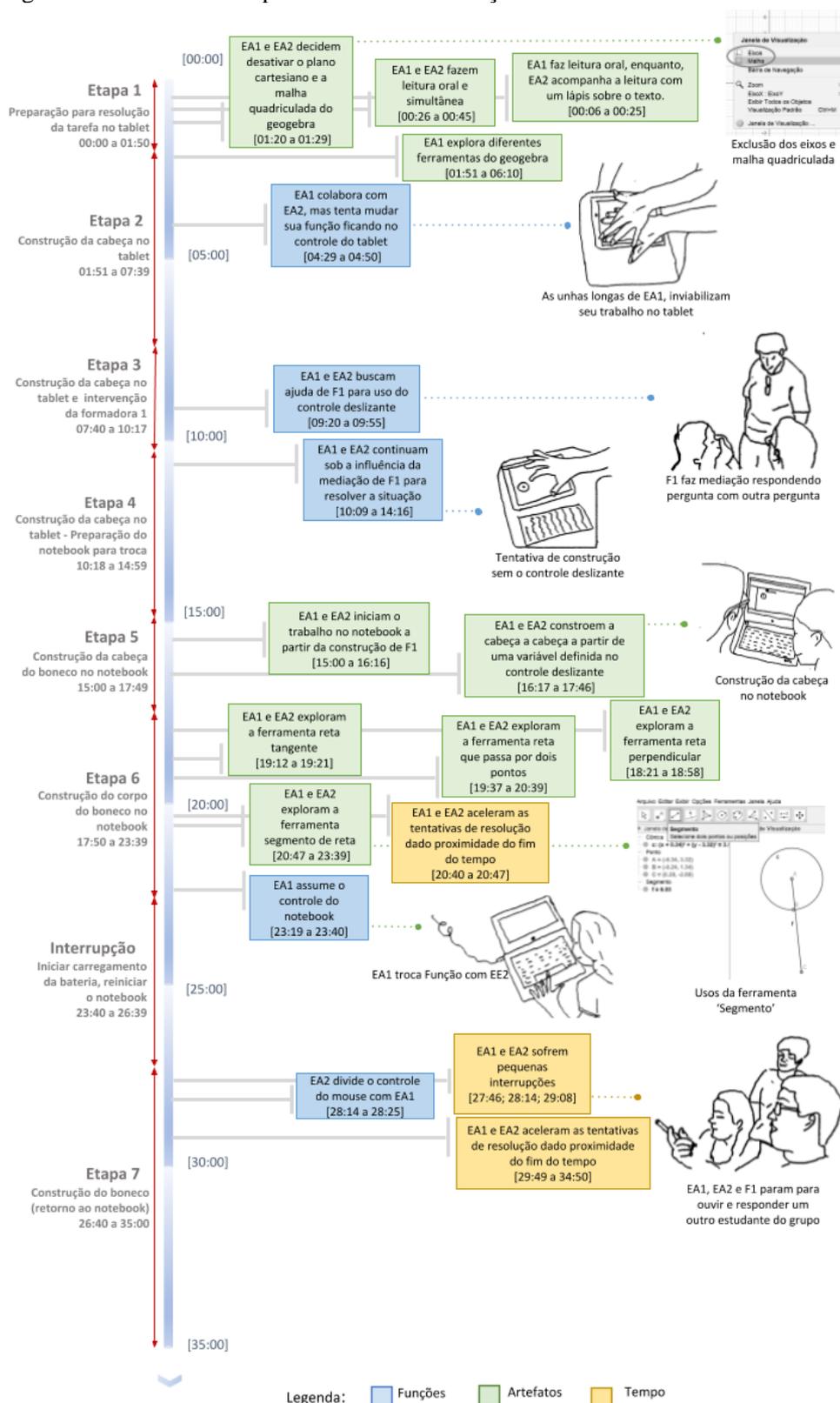
Trecho 13 – Fala sobre tempo previsto para a tarefa.

EA₁: *A gente tem 20 minutos pra fazer, né? Não são meia hora pra fazer...*

Já na Etapa 7, o desespero para finalizar a situação matemática no pouco tempo que restava coloca em xeque os 30 minutos dados para a resolução da situação. Apesar de nas instruções da OI o tempo configurado para o trabalho de resolução da situação matemática ser definido, ele passa a ser fortemente marcado com o desespero pela finalização do tempo sem a finalização da tarefa. Foi previsto que um *notebook* poderia não funcionar. Havia *tablets* para substituí-lo, mas não foi previsto o tempo de adaptação do *duo* que recebeu o *tablet*, dando a esses estudantes mais tempo para concluir a situação.

5.3.2.7.3 Exemplos que dão destaque ao modo de execução

Figura 60 – Linha do tempo 3 – modo de execução



Fonte: Elaborada pela autora.

Os eventos discutidos a seguir são exemplos que destacam o modo de execução da configuração didática da OI_p. A forma como os EA executam suas funções, para resolver a situação matemática com suporte dos artefatos disponibilizados e no tempo dado, evidencia aspectos previstos nessa etapa da orquestração.

Tempo:

Durante todo processo de resolução da situação matemática, os EA mostraram-se incomodados com várias interrupções:

a) interrupções do estudante-observador EO₂ que filmava:

Trecho 14 – 1.^a Interrupção de EO₂ – Reflexo da câmera – [00:17].

11:58 – EO₂: *coloca o tablet mais pra lá porque a câmera faz reflexo ... o tablet mais pra lá.*

12:05 – EA₂: *menino, é pra tu vê a gente discutindo, não é pra ver tudo não. Que tá gravando aqui também, ó... tá gravando aqui também.*

12:15 – EA₁: *realmente, somos as estrelas disso aqui [risos]. Bora... vamos fazer como?*

Trecho 15 – 2.^a Interrupção de EO₂ – Problemas com áudio [00:20]

09:40 – EO₂: *é, vocês podem falar mais alto porque tá ficando muito baixo aqui no vídeo. E esse tablet é muito ruim para pegar som, eu fiz um trabalho parecido uma vez.*

09:51 – EA₂: *ok.*

09:52 – EA₁: *agora, falar alto é brincadeira. Todo mundo na sala vai escutar.*

09:55 – EA₂: *se bem que tu já fala alto, falando baixo, imagine tu falando alto.*

10:00 – EA₁: *nem imagino [...];*

b) interrupções de F₁ – [00:15]:

Trecho 16 – 1.^a Interrupção de F₁ – Preparar do *notebook*.

13:42 – F₁: *olha, vocês já estão no meio...*

13:51 – EA₂: *tá mais ou menos*

13:52 – F₁: *tá*

13:53 – EA₁: *é... [risos]*

13:55 – F₁: *vocês fizeram o círculo [...]. Isso aqui é uma reta, esse [...] aqui [formadora pergunta o que a dupla já construiu e como. Faz a mesma construção no notebook, entretanto, faz uso da de uma semirreta e não do segmento [ferramenta escolhida pelos estudantes para fazer o tronco do boneco]].*

Trecho 17 – 2.^a Interrupção de F₁ – Entrega do *notebook* [00:40]

14:20 a 15:00 – F₁ troca com EA₁ e EA₂ o tablet pelo *notebook*;

c) interrupções de EO1:

Trecho 18 – 1.^a Interrupção de F₁ – Provocação de EO₁ [00:03].

23:27 – EO₁: *quando terminar aqui vou ensinar como é que se faz!*

23:30 – EA₂: *mas tu... não é para ensinar não. Tu não podés ensinar nada.*

Trecho 19 – 2.^a Interrupção de F₁ – Conferência sobre a gravação do *aTube Catcher* [00:13].

27:46 – EO₁: *tá tudo em ordem [...]?* *Tá gravando?* [...].

27:50 – EA₂: *(continua mexendo no desenho construído). Tá [...] eles?*

27:59 – EA₁: *tá. [...] segmentos pro infinito [...].*

28:08 – EA₂: *[continua movimentando o desenho].*

28:14 – EA₁: *tipo [...] matemáticos e artistas que fazem isso [tenta mover o desenho com o mouse].*

28:20 – EA₂: *[continua movimentando o desenho].*

Trecho 20 – 3.^a Interrupção de F₁ – Pergunta para F₁, EA₁ e EA₂ [00:27].

29:08 – EA₂: *[percebe uma interferência causada por um estudante-observador e para de movimentar a construção. EA₁, EA₂ e F₁ escutam a pergunta e tentam respondê-la].*

29:28 – EA₁ [...]

29:35 – EA₁: *sumiu, os rastros? Foi tu que tirou? [Retomada a resolução da situação matemática;]*

d) descarregamento da bateria do *notebook*:

Trecho 21 – 1.^a Interrupção – 1.^o aviso de descarregamento da bateria [00:07].

20:40 – EA₂: *a bateria está descarregando!*

20:42 – EA₁: *sério? Tá descarregando?*

20:46 – EA₂: *Tá vendo que ficou mais escura, não?*

20:47 – EA₁: *então, corre, né?*

Trecho 22 – 2.^a Interrupção – 2.^o aviso de descarregamento da bateria e busca do carregador [00:21].

23:19 – 2.^o aviso de bateria descarregando.

23:40 – EA₁: *Oh, EA₂, descarregou aqui;*

e) preocupação com o tempo:

Trecho 23 – Preocupações com o tempo [00:07].

20:40 – EA₂: *a bateria está descarregando!*

20:42 – EA₁: *sério? Tá descarregando?*

20:46 – EA₂: *Tá vendo que ficou mais escura, não?*

20:47 – EA₁: *então, corre, né?*

Trecho 24 – Término do tempo.

34:19 – EA₁: *Caramba! Olha a hora!*

34:26 – EA₂: *num instante voa.*

34:26 – EA₂: [*continua movimentando a construção*].

Todos esses eventos representam a tomada de parte do tempo de resolução da situação matemática, além de quebras do raciocínio do *duo* gerada pelas interrupções ao trabalho matemático dos EA. A falta de tempo para concluir a resolução da situação culmina na mudança das regras de ação dos EA que passam a trabalhar em função do tempo, buscando construir um boneco, mas sem considerar as condições e restrições impostas.

Artefatos:

A partir do protocolo de orientação, os EA tinham consciência de que deviam trabalhar juntos para resolver a situação em 30 minutos, sendo vetadas interações com componentes do próprio grupo ou de outros, salvo com as formadoras. Entretanto, algumas das interrupções sofridas pelo *duo* são exemplos importantes de modo de execução, contrárias às orientações do protocolo e que alteram, inclusive, a interação dos envolvidos no experimento com os artefatos disponibilizados. Exemplos:

- a) F₁ faz mediação para tentar reproduzir o que estava no *tablet* em um *notebook*, na intenção de trocar estes artefatos com o *duo*, embora esta ação não esteja alinhada à sua função;
- b) a troca de artefato *notebook* pelo *tablet* (inicialmente, por problemas no *notebook*) e depois o *tablet* por um outro *notebook* (por dificuldade do *duo* de trabalhar com a versão do GeoGebra para *tablet*);
- c) EO₂ solicita que o *duo* se afaste um pouco para que possa filmar melhor, evitando reflexos na tela. Depois solicita que o *duo* fale mais alto para garantir o áudio. Embora o F₁ tenha autorizado a interação, essa já havia sido vetada no protocolo de orientação, na intenção de não atrapalhar o trabalho dos EA;
- d) EO₁ provoca os EA diante de suas dificuldades em resolver a situação usando o GeoGebra. Além disso, interrompe buscando conferir se tudo estava sendo filmado. Possivelmente, essa preocupação é com a captura de tela realizada pelo *aTube Catcher*, ou, ainda, uma certa ansiedade por não poder fazer, testar suas hipóteses de como fazer a construção, por exemplo.

Protocolo de orientação:

Um aspecto interessante que também serve de exemplo de modo de execução são as formas como o *duo* se engaja com o protocolo de orientação para resolver a situação

matemática. Os usos são realizados por motivação e forma diferentes. Quanto à motivação, o protocolo é utilizado para busca de:

- a) informação sobre a situação: primeira leitura completa para conhecimento da situação proposta;
- b) entendimento sobre algo já lido: releitura sobre aspecto específico que se busca entender, como sobre o modelo solicitado no enunciado da situação:

Trecho 25 – Resgate do enunciado da situação.

EA₁: [ler a situação em voz alta e EA₂ fica com o protocolo e acompanha a leitura com uma caneta sob o enunciado lido]. Escolha uma pessoa do seu grupo como modelo. Verifique a razão entre as medidas das partes do corpo. [...] escolher um modelo?

EA₂: um modelo [ele risca a palavra modelo] aqui não seria alguém para fazer a atividade?

EA₁: acho que é.

EA₂: eu não acho que tem que fazer uma referência de grandeza entre o corpo da gente e o corpo do boneco, não. Acho meio ilógico isso, não?

EA₁/ EA₂: [leem juntos o enunciado da situação];

- c) complementação de informação já lida: releitura para buscar mais informações que complementam o que já foi lido e favoreça a compreensão, como ocorre com a solicitação de manutenção da razão de proporcionalidade do boneco ao aumentá-lo ou diminuí-lo:

Trecho 26 – Manutenção da razão de proporcionalidade.

EA₁: porque não tem que manter, tipo, a razão mesmo se a gente altera um braço, tipo, a cabeça também tem que ir.

EA₂: [seleciona a “Caixa de controle deslizante” e fecha sem utilizar]. Mas vem cá, a gente vai fazer um boneco primeiro, depois outro ou não? Tipo, como a gente fez na homotetia? Ou é o mesmo boneco?

EA₁: sei lá. É tem que ver isso, um boneco semelhante a outro.

EA₂: [ler a situação novamente]. É, é um boneco só.

EA₁: não entendi... Ah! É um boneco só!

EA₂: no caso ela quer que a simetria continue, no caso, por exemplo, se ela esticar o braço, todos os outros lados...

EA₁: ...então, foi isso o que eu tava dizendo, os outros proporcionalmente crescem.

Já quanto à forma, o *duo* acessou o protocolo para:

- a) leitura simultânea: quando os EA leem juntos e em voz alta as orientações do protocolo [00:26 a 00:45];

- b) leitura individual em voz alta por EA₁, enquanto EA₂ acompanha com ajuda de uma caneta o texto lido do protocolo [00:06 a 00:25].

Os eventos identificados revelam ainda o interesse quase que exclusivo do *duo* na tomada de informação sobre a situação matemática, não havendo registro de interesse sobre as orientações a respeito da conduta de interação desses com demais estudantes de seu grupo ou de outros grupos presentes na sala.

GeoGebra:

No que diz respeito ao uso do GeoGebra, verificou-se esses usos eram, às vezes, bem intencionais, ou seja, os EA mostravam que sabiam exatamente o que queriam com a ferramenta, por exemplo:

- a) a decisão de desativar a malha quadriculada e os eixos cartesianos, preferindo trabalhar com a área de visualização em branco;
- b) a busca pela construção do controle deslizante com uma variável, para garantir a razão de proporcionalidade;
- c) a construção da cabeça, usando duas ferramentas distintas para isso;
- d) a experimentação de diferentes ferramentas para construir os membros (tronco, braços e pernas) do boneco (reta, segmento de reta, tangente, perpendicular etc.).

Essas formas de uso evidenciam o potencial do GeoGebra e os conhecimentos sobre esse artefato que os estudantes já possuíam. Muitas daquelas dessas por tentativa e erro. Assim, temos:

- a) a tentativa exaustiva de relacionar os objetos construídos de forma que, ao movê-los, houvesse ampliação ou redução proporcional;
- b) colocar o tronco na posição perpendicular por visualização;
- c) garantir a construção de objetos simétricos (braços e pernas) por visualização.

Funções:

Os eventos que discutiremos a seguir são exemplos do modo de execução relativo às funções exercidas pelas formadoras, especialmente, F₁, que mais interagiu com o grupo cujos dados estão sendo analisados. A função dos EA que consistiu na resolução da situação matemática, também são bons exemplos de modo de execução, independente de quem ficava no controle do *tablet/notebook* ou na colaboração.

Nesse processo, EA₁ revela ter maior habilidade com a matemática exigida pela situação, ora orientando, ora contribuindo com as ações executadas por bem com EA₂ mais

hábil em relação ao GeoGebra. No entanto, ambos apresentam dificuldade para integrar os conhecimentos de matemática e tecnológicos.

Formadora:

A versão do GeoGebra para *tablet* foi questionada pelo *duo*, diante da dificuldade de uso da ferramenta “Controle deslizante”. Essa ação culmina em uma sequência de outras ações que destacam o modo de execução de F₁, as quais ultrapassam a simples mediação, por exemplo:

- a) tentar convencer os EA da possibilidade de se manter no *tablet*. Quando os estudantes pedem ajuda para construir o controle deslizante, F₁ pergunta se não haveria outra forma de construir o boneco. Essa mediação, por meio de um questionamento, guia algumas das tentativas dos EA;
- b) reconhecer a não evolução do *duo* no *tablet*;
- c) preparar o *notebook* com a construção idêntica do *duo* que estava no *tablet*;
- d) realizar a troca do *tablet* pelo *notebook*;
- e) disponibilizar o carregador do *notebook* para o *duo* do grupo D.

Estudantes-atores:

Desde o início do trabalho do *duo*, EA₂ assume o controle do *tablet* e EA₁ colabora com o colega. Embora na maioria do tempo essa relação permaneça, há momentos em que isso muda:

ambos tentam se manter no controle do *tablet* (

- a) Figura 61). EA₁ consegue o controle momentâneo do mouse do *tablet*, mas as unhas longas não a ajudam a concluir a ação desejada [04:29 a04:50]:

Figura 61 – EA₁ e EA₂ assumem simultaneamente o controle do *tablet*



Fonte: Elaborada pela autora.

- b) EA₁ fica no controle do *notebook*, enquanto EA₂ busca solucionar o problema de carregamento da bateria:

Figura 62 – EA₁ assume o controle do *notebook*

Fonte: Elaborada pela autora.

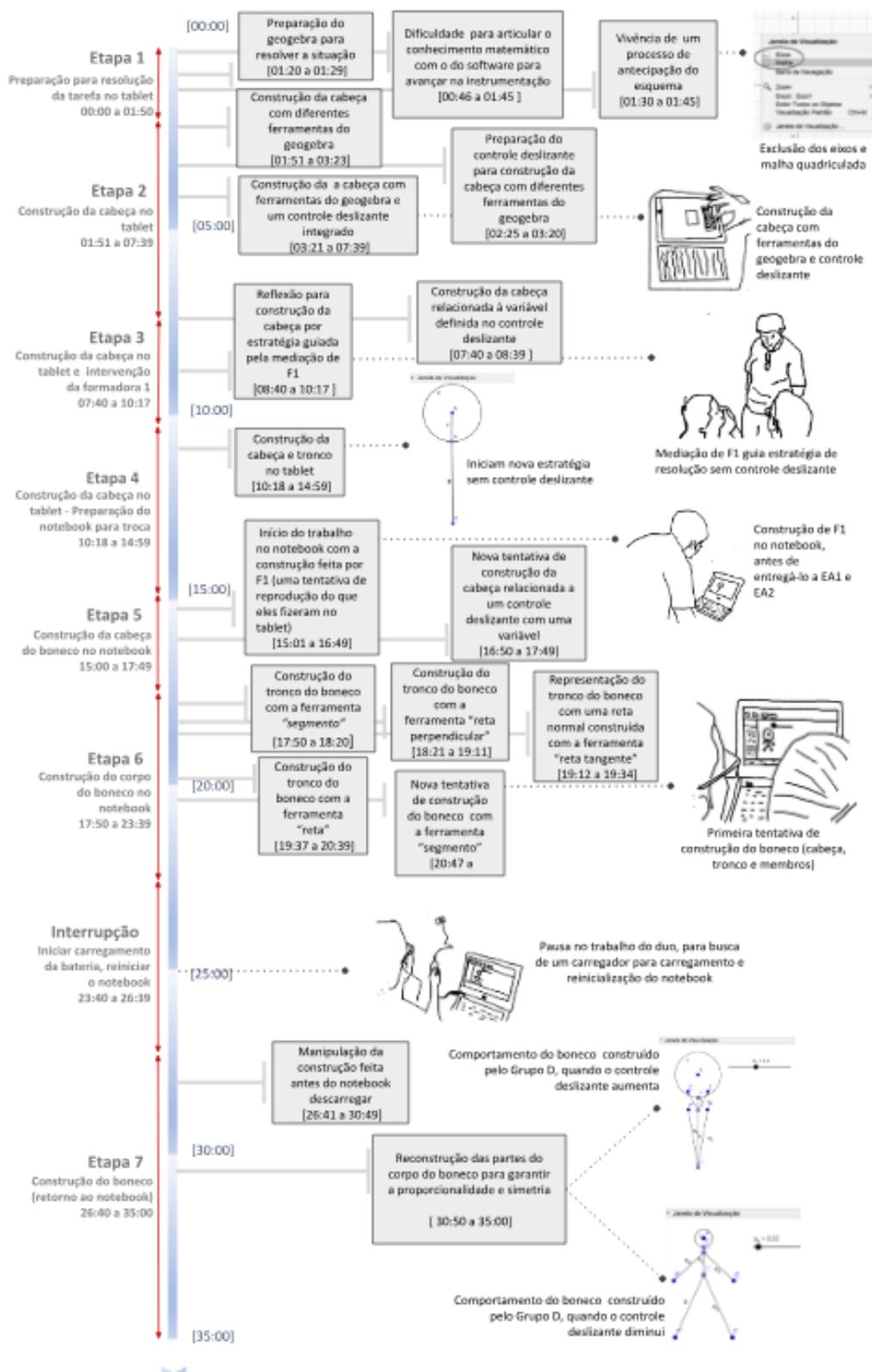
- c) EA₂, ao voltar para o controle do *notebook*, momentaneamente, divide esse controle com EA₁.

5.3.2.7.4 Exemplos que dão destaque à gênese instrumental

A observação e a análise das interações entre estudantes-atores, formadoras e artefatos (protocolo impresso/GeoGebra/tablet/*notebook*) na perspectiva de resolução da situação matemática são importantes para compreender os processos de instrumentalização e instrumentação dos sujeitos. Assim, discutiremos os eventos que evidenciam essas interações e que podem servir de exemplos sobre a gênese instrumental e seus processos.

O processo de resolução da situação matemática revela que os estudantes-atores buscam se apropriar da situação e tomar decisões para iniciar o trabalho matemático. Esse processo inicial da gênese instrumental é marcado pelo uso do artefato – Protocolo Impresso de Orientação. Os estudantes-atores não apresentam dificuldades para ler e compreender as orientações do protocolo, inclusive apresentam esquemas diferentes de explorá-lo.

Figura 63 – Linha do tempo 4 – gênese instrumental



Fonte: Elaborada pela autora.

Etapa 1:

Na primeira etapa, as discussões e decisões iniciais de EA₁/EA₂, em relação à resolução da situação com a versão do GeoGebra para *tablet*, dão início ao processo de instrumentalização com a leitura do protocolo. Assim, a regra de ação do *duo* é ler o protocolo [00:46 a 01:45], procurando entender a condição de uso das medidas do modelo humano de referência para definir as razões entre as partes do boneco. Pode-se perceber (Quadro 17) que duas das condições impostas pela situação, registradas no protocolo de orientação, conduziram o trabalho matemático desenvolvido pelos EA:

- a) a definição de um modelo humano para se obter a razão de proporcionalidade; e
- b) a ampliação/redução do boneco.

A primeira condição parece não ser clara para os estudantes, especialmente para EA₂, que a considera “ilógica”, cuja regra de ação é decidir por não utilizar o modelo humano, mas obter a razão por outro caminho que será apresentado e discutido mais adiante: o uso do controle deslizante, ferramenta do GeoGebra que é evocada em quase todas estratégias de resolução do *duo* e articular os comprimentos à variável. Essa reação de EA₂ de considerar o modelo ilógico pode ter sido influenciada por saber da existência de dois tipos de modelos: o humano, citado no enunciado da situação, e o do papel, um desenho de um boneco que consta no protocolo de orientação. E isso pode ser o que tornou o modelo ilógico, desnecessário. Usar um significa não usar o outro.

Quadro 17 – Tomada de informação e decisões iniciais

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|---|---|---|--|
| <p>EA₁/EA₂: ler a situação, identificar, marcando no protocolo os conceitos essenciais à sua resolução e discutir sobre os conceitos identificados (no caso o modelo humano).</p> <p>EA₂: analisar a manutenção da condição imposta na situação a partir do seu sentido na situação – modelo humano – considerada ilógica.</p> | <p>EA₂: usar como referência para o boneco “as razões de uma pessoa” é ilógico.</p> <p>EA₂: se uma condição é ilógica, deve ser descartada.</p> | <p>Modelo (como uma referência da relação entre as grandezas do corpo e do boneco, a desenhar).</p> | <p>EA₂: o modelo deve ser usado como referência para definir as razões entre as partes do boneco a ser construído no GeoGebra. O controle deslizante do GeoGebra permite definir uma unidade de medida que favorece a determinação da razão entre as medidas dos dois objetos construídos. Logo, o modelo é desnecessário.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

A segunda condição é que a proporcionalidade entre as partes construídas do boneco, ao ser aumentado ou diminuído, deveria ser mantida. Por causa da experiência com o GeoGebra para resolver situação de homotetia, anterior a esse experimento, os EA sabem que é possível construir um objeto geométrico e fazê-lo aumentar e diminuir proporcionalmente por meio da ferramenta controle deslizante. Essa condição se tornou uma estratégia de validação das construções do *duo*, para objetos construídos ou desenhados, uma regra de controle.

À medida que vão lendo, os estudantes-atores mostram, na ação, que objetivam preparar o *software* para a resolução da situação [01:20 a 01:29]. Após decidir pelo não uso do modelo humano, apenas o que está sugerido no papel, EA₁/EA₂ iniciam a preparação do GeoGebra, omitindo os eixos cartesianos. Essa regra de ação impulsionada pelos invariantes operatórios, ambos comuns a EA₁/EA₂, revela a preferência do *duo* de construir o boneco na área de visualização em branco (Quadro 18). Além disso, diminui-se a possibilidade de construir objetos ligados aos pontos do eixo cartesiano, muitas vezes sem considerar as propriedades do que foi construído. Esses fatores podem induzir processos de construção que não têm como resultado figuras geométricas, mas desenhos, uma vez que foram feitos pautados na visualização e não nas propriedades geométricas.

Quadro 18 – Preparação do GeoGebra para início da resolução da situação matemática

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|--|---|-------------------|--|
| EA ₁ /EA ₂ : deixar a área de visualização em branco para a construção geométrica do boneco. | EA ₁ /EA ₂ : dado que os eixos cartesianos dificultam a construção do boneco, então é preferível trabalhar na área de visualização em branco. | Eixo cartesiano. | EA ₁ /EA ₂ : os eixos cartesianos apresentam pontos que facilitam o desenho de figuras sobre estes. A construção de figuras sobre os pontos dos eixos não garante a manutenção das propriedades destas ao aumentá-las ou diminuí-las. Portanto, o eixo cartesiano atrapalha a construção de figuras geométricas. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Na sequência, o *duo* revela as primeiras dificuldades de articular os conhecimentos matemáticos evocados pela situação com os comandos do GeoGebra. A preocupação inicial do *duo* é conseguir construir todas as partes do corpo do boneco proporcionais e com suporte do GeoGebra, o que parece ser o maior desafio. O que está em jogo neste primeiro momento da construção do boneco são os conhecimentos do *duo* em relação à geometria dinâmica.

Trecho 27 – Antecipações do esquema para resolver o problema:

EA₁: [...] então, quer dizer que cada parte do corpo tem que ter uma razão entre elas porque tá dizendo que, se aumentar ou diminuir qualquer uma das partes, tipo, as razões têm que ser respeitadas, então, tem que ser proporcional. Tipo, braço com a perna, com a cabeça. Sei lá...tem o tronco. Agora como a gente vai fazer isso? [...].

EA₁: a cabeça. Mas tem que pensar, né? Tipo, como vai ser proporcional?

EA₂: mas eu acho que a cabeça vai ser o que vai ser proporcional, não?

EA₁: tipo, o raio da cabeça, a gente muda o raio, sei lá, fosse ajustável, o raio da cabeça, sei lá, uma circunferência? Ou vai fazer uma cabeça...?

O trecho destaca um possível processo de antecipação do esquema de EA₁, ao afirmar que, se a medida do raio da cabeça (circunferência) é “ajustável”, a proporcionalidade entre essas medidas (raio e comprimento da circunferência) é garantida. No Quadro 19, pode-se observar uma nítida definição da razão de ampliação com relação direta com a simulação, para ampliar e reduzir o objeto construído. Os estudantes objetivam determinar as razões que tornam as partes do boneco proporcionais [01:30 a 01:45].

Quadro 19 – Destaque a possível processo de antecipação em um esquema de EA₁

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|---|--|--|---|
| <p>EA₁: antes de iniciar, refletir sobre como chegar às razões entre as partes do boneco, o que permite aumentar e diminuir cada uma proporcionalmente.</p> <p>EA₂: iniciar fazendo uma parte que amplie proporcionalmente a cabeça.</p> <p>EA₁: prever a forma da cabeça como um círculo, por isso já é proporcional com o raio ajustável.</p> | <p>EA₁: a manutenção das razões garante a proporcionalidade entre as partes do boneco.</p> <p>EA₂: se a cabeça é um círculo, então há proporcionalidade entre o comprimento deste e o seu raio.</p> <p>EA₁: se o raio do círculo tem como medida uma variável, pode-se aumentar e diminuir a cabeça proporcionalmente.</p> | <p>– Razão (como razão entre partes do corpo).</p> <p>– Círculo;</p> <p>– raio;</p> <p>– proporcionalidade;</p> <p>– Variável.</p> | <p>EA₁/EA₂: a medida do comprimento da circunferência é proporcional à medida do raio. Se conectar o raio da circunferência à variável do controle deslizante, a cabeça ampliará/reduzirá.</p> |

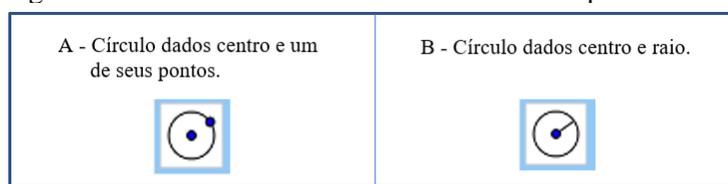
Fonte: Elaborado pela autora.

Observaram-se indícios de que o esquema do *duo* para construir a cabeça com a possibilidade de ampliar/reduzir consistiu na construção do controle deslizante relacionada ao raio da circunferência. Entretanto, enquanto EA₁ preocupa-se em refletir sobre como definir a razão entre as partes do corpo do boneco, para garantir a proporcionalidade entre elas, EA₂ parte para a construção. Ele se mostra com um esquema de fazer e pensar durante o processo. Já ela

(EA₁) se mostra mais focada em antecipar as ações antes de tentar. De uma forma ou de outra, ambos sabiam que a medida do comprimento da circunferência é proporcional à medida do comprimento do raio e que, se conseguisse relacionar a medida do raio ao controle deslizante, a cabeça iria aumentar/diminuir proporcionalmente e, conseqüentemente, poderiam aplicar tal estratégia em todo processo de construção do boneco.

A segunda etapa é marcada pela experimentação de ferramentas do GeoGebra para construir a cabeça com um raio “ajustável”, segundo sugestão de EA₁ [01:51 a 03:23]. Inicialmente, com o objetivo de construir a cabeça do boneco “ajustável”, o *duo* decide que a circunferência representará o formato da cabeça e EA₂ faz uso da ferramenta “Círculo dados centro e um de seus pontos” para construí-la (Quadro 20).

Figura 64 – Ferramentas do GeoGebra utilizadas para construção da cabeça



Fonte: Elaborado pela autora.

Entretanto, EA₁ verifica que essa opção não permite determinar um raio “ajustável”, o que leva EA₂ a deletar e construir outro círculo (cabeça), dessa vez com a ferramenta “Círculo dados centro e o raio”.

Quadro 20 – Tentativa de construção da cabeça com um raio “ajustável”

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de inferência |
|--|---|---|--|
| <p>EA₁/EA₂: definir o formato da cabeça do boneco como círculo.</p> <p>EA₂: selecionar a ferramenta “Círculo com centro e um de seus pontos” para construção da cabeça.</p> <p>EA₁: solicitar um raio que seja “ajustável” (variável) e EA₂ deve deletar a circunferência construída.</p> <p>EA₂: selecionar a ferramenta “Círculo dados centro e raio” e busca para construção da cabeça.</p> <p>EA₂: definir a medida do raio de valor (5).</p> <p>EA₂: testar o controle deslizante, se o círculo não aumenta/diminui, deve ser deletado.</p> | <p>EA₁/EA₂: a circunferência representa a forma de uma cabeça.</p> <p>EA₁/EA₂: os círculos são sempre figuras semelhantes (eles utilizam a palavra proporcional).</p> <p>EA₁: a ferramenta “Círculo com centro e um de seus pontos” tem a medida do raio definida pelo software.</p> <p>EA₂: a ferramenta “Círculo dados centro e raio” permite que o usuário defina a medida do seu raio.</p> <p>EA₁/EA₂: se o raio tem como medida (5), não pode ser “ajustável”.</p> | <p>– Forma;</p> <p>– circunferência.</p> <p>– Semelhança.</p> <p>– Variável;</p> <p>– Medida.</p> | <p>EA₁: a medida do comprimento da circunferência é proporcional à medida do raio. Se o raio tem como medida uma variável, a circunferência aumenta/diminui proporcionalmente. Portanto, não se pode definir uma medida numérica para o raio.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

No geral, as regras de ação e invariantes operatórios dos estudantes-atores, descritos no quadro a seguir, permitem verificar a dificuldade desses quanto à construção da cabeça.

Não se trata da construção do objeto em si, mas dessa relacionada a um controle deslizante que permitisse aumentar/diminuir a cabeça construída. Enquanto EA₁ busca refletir e entender como conseguir esse feito, EA₂ continua experimentando as ferramentas na intenção de efetivá-lo. No entanto, a versão *tablet*, utilizada pelo *duo*, não permitia a definição de um controle deslizante com uma variável como medida, mas a inserção de uma medida numérica.

No quadro 21, pode-se observar esquemas do *duo* para construir um controle deslizante que faça a cabeça do boneco aumentar/diminuir proporcionalmente [02:25 a 03:20], com (I) caixa de inserção dos limites do controle deslizante – variável e depois, com (II) Caixa de inserção dos limites do controle deslizante – intervalo.

Quadro 21 – Tentativa de construção de um controle deslizante com uma variável como medida

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|--|--|-----------------------|---|
| EA ₁ /EA ₂ : construir um controle deslizante com uma variável. Se não funcionar, deleta o controle. | EA ₁ : a variável definida no controle deslizante poderá ser integrada à medida do raio da circunferência, fazendo com que aumente/diminua proporcionalmente. | - círculo; - raio. | EA ₂ : a medida que se consegue definir no controle deslizante é numérica. O <i>software</i> define automaticamente os limites do intervalo no controle deslizante. Portanto, não tem como definir a variável. |
| EA ₂ : construir um novo controle deslizante com intervalo para fazer a circunferência a ser construída aumentar/diminuir, como o controle deslizante apresenta medidas já definidas [-5, 5], deletar o controle. | EA ₂ : o intervalo, ao ser integrado ao raio da circunferência, fará com que essa aumente/diminua, se o controle deslizante no <i>tablet</i> define automaticamente os limites do intervalo, então não é possível a definição de uma letra como variável. | - intervalo; | |

Fonte: Elaborado pela autora,

O *duo* constrói o controle deslizante na expectativa de integrá-lo à circunferência ao atribuir a esse, uma variável como medida, a saber, medida do raio. Entretanto, isso não sendo possível, EA₂ decide deletar o controle e construir outro, para experimentar substituir os valores do intervalo, pré-definidos pelo controle deslizante [-5, 5], para seu deslocamento, por uma variável. Mas isso não foi possível, e EA₂ deleta a construção, evidenciando entender que não é possível a integração do controle deslizante com a circunferência usando um intervalo com medidas numéricas.

Em seguida, o *duo* discute e decide pela construção de um controle deslizante (trecho a seguir), objetivando atribuir uma variável como medida do raio, na busca pela definição de uma unidade para razão.

Trecho 28 – Construção do controle deslizante:

EA₁: *era bom que a gente pudesse mexer, não? Sei lá... uma variável.*

EA₂: *ah! Tu tá querendo, tipo, um controle deslizante, é?*

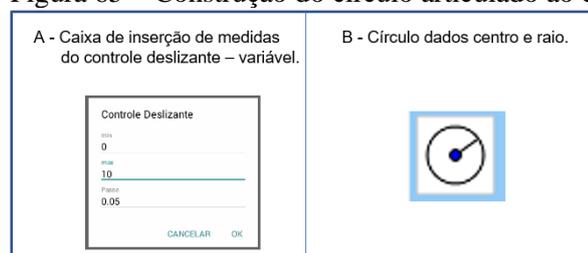
EA₁: *uma variável, é...*

EA₂: *[deleta a circunferência construída].*

EA₁: *porque não tem que manter, tipo, a razão mesmo se a gente altera um braço, tipo, a cabeça também tem que ir.*

No entanto, os estudantes só experimentaram esse procedimento na versão do GeoGebra para *notebook*, e não conseguiram (re)fazê-lo na versão *tablet* mesmo após algumas tentativas, pois a ferramenta só lhes dava a opção de inserir um número como medida e não uma variável.

Figura 65 – Construção do círculo articulado ao controle deslizante



Fonte: Elaborada pela autora.

O *duo* busca construir a cabeça do boneco com uma variável como medida para o raio [03:21 a 07:39]. Assim, EA₂ experimenta definir um intervalo para o controle deslizante denominado $a = [0,10]$ para circunferência construída com a ferramenta “Círculo dado centro e raio”, escolhida por EA₁ e EA₂. Eles testam o controle deslizante e percebem que, ao movimentá-lo, a circunferência não aumenta ou diminui simultaneamente.

Quadro 22 – Tentativa de construção de variável como raio da circunferência já construída

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de inferência |
|--|--|---|---|
| <p>EA₂: construir um novo controle deslizante denominado “a” de intervalo [0, 10] que faça a circunferência a ser construída aumentar/diminuir.</p> <p>EA₁/EA₂: selecionar a ferramenta “Círculo dados centro e o raio” para construção da cabeça.</p> <p>EA₂: testar o controle deslizante “a” e verificar que “a” aumenta/diminui no intervalo [0, 10]; se não ocorre o mesmo com a circunferência de raio com medida (1), deletar a circunferência.</p> <p>EA₁: sugerir a construção de uma circunferência com medida do raio igual à letra que denomina o controle deslizante “a” circunferência a ser construída.</p> <p>EA₂: selecionar a ferramenta “Círculo dados centro e o raio” para construir a cabeça com raio de medida “a”.</p> <p>EA₂: fechar a ferramenta “Círculo dados centro e o raio”, pois não consegue inserir uma variável como medida para o raio.</p> | <p>EA₂: se relacionar o controle deslizante “a” com o raio da circunferência a ser construída, essa pode ser modificada.</p> <p>EA₁: a ferramenta “Círculo dados centro e o raio” permite inserir uma variável como medida do raio.</p> <p>EA₁/EA₂: se o controle deslizante aumenta/diminui e a circunferência não, então esses objetos ainda não estão integrados.</p> <p>EA₁: se a medida do raio é “a” e o controle deslizante é denominado “a” também, então, estão integrados e a circunferência irá aumentar e diminuir.</p> <p>EA₁/EA₂: o controle deslizante só permite a inserção de valores numéricos, mas se é possível colocar a letra (variável) como medida do raio, esses podem ficar integrados.</p> | <p>– Raio;</p> <p>– Círculo;</p> <p>– controle deslizante;</p> <p>– intervalo.</p> <p>– variável.</p> | <p>EA₁/EA₂: a versão <i>tablet</i> utilizada do GeoGebra não permite definir a variável no controle deslizante. A ferramenta “Círculo dados centro e o raio”, nessa versão do GeoGebra, permite a definição de uma medida numérica para o raio. Portanto, não é possível integrar a medida do raio do círculo ao controle deslizante.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

EA₁ sugere relacionar o controle deslizante à circunferência, mantendo o intervalo $a = [0, 10]$, e atribuir à medida do raio da circunferência a ser construída a variável ‘a’. Para isso, EA₂ faz uso da ferramenta “Círculo dado centro e raio”, mas, ao tentar definir a medida ‘a’ do raio da circunferência, o GeoGebra do *tablet* não permite, pois só permite a inserção de valores numéricos.

EA₁ e EA₂ buscam a definição da unidade de medida para determinar as razões necessárias para garantir a proporcionalidade entre os objetos construídos ao aumentá-los e/ou diminuí-los (Quadro 23). EA₁ colabora com as ideias de EA₂, indicando ferramentas e procedimentos. EA₂ seleciona as ferramentas e testa as ideias do *duo*. A estratégia não funciona e fica evidente para o *duo* que, se não é possível definir uma variável para o controle deslizante

e/ou raio da circunferência, não é possível relacionar esses dois objetos. Assim, a circunferência é deletada. No entanto, o intervalo é mantido.

Quadro 23 – Tentativa de construção de um controle deslizante sem uso de variável

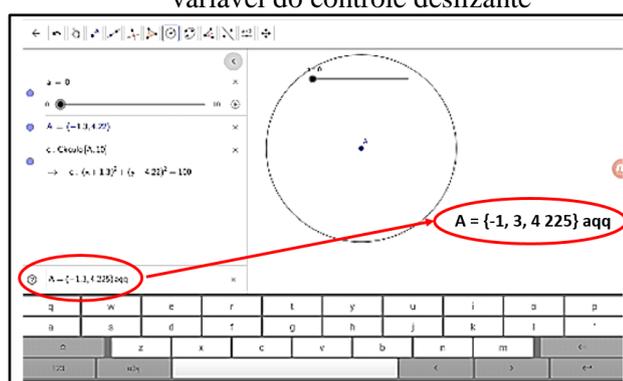
| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de inferência |
|--|---|---|---|
| <p>EA₂: manter o controle deslizante denominado “a” de intervalo [0, 10], já construído na etapa anterior.</p> <p>EA₁/EA₂: selecionar a ferramenta “Círculo dados centro e raio” a=10.</p> | <p>EA₂: a construção do controle deslizante antes da circunferência permite relacionar os dois objetos.</p> <p>EA₁/EA₂: ao definir como medida para o raio, um valor compreendido no intervalo determinado, o controle deslizante estará integrado ao círculo.</p> | <p>– Controle deslizante;</p> <p>– intervalo.</p> <p>– Medida.</p> | <p>EA₂: o <i>software</i> denomina o controle deslizante “a” com intervalo determinado pelo usuário. A ferramenta “Círculo dados centro e raio” gera um círculo de centro no ponto “A”, com raio numérico determinado pelo usuário. A janela algébrica permite inserir a multiplicação algébrica do A pelo a. Portanto, se fizer A x a, a circunferência aumentará/diminuirá proporcionalmente. A circunferência transladou, não aumentou; logo, não adianta multiplicar o centro da circunferência.</p> |
| <p>EA₂: multiplicar o ponto A (centro da circunferência) cartesiano, algébrico, pela variável na janela algébrica, e multiplicar pela variável do controle deslizante (a), gerando um novo controle deslizante denominado a (por erro de digitação sai aq).</p> | <p>EA₂: ao relacionar (por multiplicação algébrica) as coordenadas do ponto A (centro), com uma medida do controle deslizante (medida do raio da circunferência já construída), relacionam-se, também, os objetos construídos.</p> | <p>– Razão;</p> <p>– variável;</p> <p>– variável no controle deslizante no <i>tablet</i>.</p> | |
| <p>EA₂: testar o controle deslizante aq para verificar se a circunferência aumenta e diminui, se não, então deletar a circunferência, mas manter o controle deslizante [0,10].</p> | <p>EA₁/EA₂: a multiplicação entre as coordenadas do ponto A (centro da circunferência) e o controle deslizante “a” faz a circunferência transladar, íntegra de outra forma.</p> | | |

Fonte: Elaborado pela autora.

Na terceira etapa, EA₂ continua tentando construir a cabeça do boneco, dessa vez a partir de dois controles deslizantes [07:41 a 08:39], que façam a circunferência ampliar e reduzir. Para isso, EA₂ mantém o controle deslizante com intervalo numérico a = [0,10], na intenção de chegar ao raio “ajustável” e, juntamente com EA₁, define a=10 como medida do raio. Há evidências (Quadro 23) de que os esquemas do *duo* atendiam aos objetivos do *duo* de manter a estratégia para qual se julgavam instrumentados – uso do controle deslizante – e eliminar o que estava atrapalhando: a variável.

Os esquemas do *duo* revelam a intenção de EA₁ e E₂ de correlacionar a medida do raio da circunferência $a = 10$ às medidas dadas ao intervalo do controle deslizante $a = [0,10]$ e ao centro A da circunferência construída. Os componentes de esquemas revelam a perspectiva do *duo* que buscava integrar a cabeça ao controle deslizante e, para isso, EA₁ e EA₂ decidem multiplicar algebricamente A (centro da circunferência) por ‘a’ (controle deslizante), conforme se pode observar no Figura 66.

Figura 66 – Multiplicação de coordenadas do centro da circunferência pela variável do controle deslizante



Fonte: Elaborada pela autora.

Os componentes de esquemas do *duo* indicados no Quadro 23 fazem a circunferência transladar. Logo, o resultado esperado por EA₁/EA₂, que era ver a circunferência ampliar/reduzir, não ocorre. Diante da insegurança quanto a essa nova estratégia, o *duo* decide solicitar ajuda à Formadora – F₁ para conseguir construir o controle com variável. No entanto, a mediação é feita por uma pergunta ao *duo* (Trecho 29).

Trecho 29 – Mediação de F1:

EA₂: [...] professora, como podemos usar o controle deslizante senão pode chamar a letra?

F₁: não pode chamar a letra?

EA₂: sim, por exemplo, para o raio a gente colocar o nome pra poder chamar a letra depois, só que aqui não pode colocar letra.

EA₁: só aparecem números.

F₁: e não dá pra fazer sem o controle deslizante, não? [...]

EA₂: é isso que a gente pode tentar.

EA₁: mas como é que a gente vai fazer a cabeça proporcional?

EA₂: ela perguntou “só dá pra fazer com isso?”...

EA₁: é, realmente, é porque tem outro modo.

A mediação em forma de pergunta, realizada por F1 (Trecho 29), tornou-se um artefato para EA₁/EA₂ [08:40 a 10:17], uma vez que esquemas utilizados/desenvolvidos pelo *duo* com objetivo de construir a cabeça foram guiados pela pergunta de F₁: “e não dá pra fazer sem o controle deslizante, não?”.

Quadro 24 – Mediação de F₁ como artefato de EA₁ e EA₂

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de inferência |
|---|---|---|---|
| EA ₂ : selecionar a ferramenta “Círculo dados centro e raio” com medida $a=1$ para o raio. EA ₁ : sugerir que EA ₂ questione a mediadora F ₁ sobre como se dá a inserção de variável no controle deslizante no <i>tablet</i> . F ₁ : responder questionamento de EA ₁ /EA ₂ com outra pergunta: “e não dá pra fazer sem o controle deslizante, não?”. EA ₁ /EA ₂ : deletar a construção (controle deslizante mantido desde a 2. ^a etapa e a circunferência de raio 1, construída nessa). | EA ₁ /EA ₂ : se o controle deslizante no <i>tablet</i> só permite determinar uma medida numérica, não tem como inserir uma letra (variável) como medida para o raio. EA ₁ : um formador que propõe uma situação deve saber como resolver, como criar um controle deslizante com uma variável na versão GeoGebra/ <i>tablet</i> , portanto deve-se buscar informação com a formadora. EA ₁ /EA ₂ : se a formadora pergunta se não dá para fazer de outra forma <i>é porque tem outro modo</i> . | – Medida; – variável; – raio; – controle deslizante. – Versões do software para diferentes dispositivos; – estratégias de resolução do problema. | EA ₁ /EA ₂ : aversão <i>tablet</i> utilizada do GeoGebra não permite definir a variável. A formadora nos pergunta: “e não dá pra fazer sem o controle deslizante, não?”. Portanto, tem outra forma de fazer a construção sem controle deslizante. |

Fonte: Elaborado pela autora.

A possibilidade de outra forma de fazer, que não as estratégias já experimentadas, influencia a decisão do *duo* a deletar os objetos construídos. O *duo*, também, discute a possibilidade de garantir a ampliação/redução da circunferência, sem o uso do controle deslizante e da inserção de uma variável.

Assim, na quarta etapa, os estudantes-atores decidem por tentar uma construção geométrica e estabelecer a razão entre as partes do corpo. O primeiro evento dessa etapa, notadamente, as regras de ação, invariantes e possibilidade de inferências são de EA₂. EA₂ que objetivam construir a cabeça e tronco do boneco sem o controle deslizante no *tablet* [10:18 a 14:59].

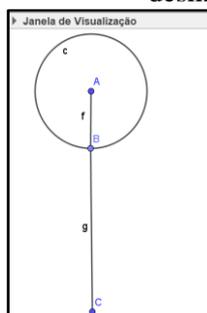
Quadro 25 – Tentativa de construção do boneco sem o uso do controle deslizante

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de inferência |
|---|---|--|--|
| <p>EA₂: selecionar a ferramenta “círculo dados centro e raio” com medida $a=5$ para o raio.</p> <p>EA₂: traçar um segmento AB sobreposto ao raio, ligado a outro segmento BC (tronco) tendo como medida o dobro do raio.</p> <p>EA₂: observar que mover a construção não aumenta e diminui proporcionalmente.</p> <p>EA₂: trocar o <i>tablet</i> pelo <i>notebook</i> com F₁.</p> | <p>EA₂: se o controle deslizante no <i>tablet</i> só permite determinar uma medida numérica, não tem como inserir uma letra (variável) como medida para o raio.</p> <p>EA₂: raio da cabeça como unidade de medida garante a definição entre partes do corpo e a proporcionalidade entre a cabeça e o tronco (é um múltiplo da medida do raio).</p> <p>EA₂: sem o uso do controle deslizante, não é possível validar a construção.</p> | <p>– Circunferência; – variável.</p> <p>– Segmento; – razão; – proporcionalidade; – múltiplo.</p> <p>– controle deslizante; – proporcionalidade.</p> | <p>EA₂: a versão <i>tablet</i> utilizada do GeoGebra não permite definir a variável. Outra tentativa de definir a unidade de medida sem o controle deslizante é testada, mas não funciona. Então, a versão <i>tablet</i> do GeoGebra não favorece a resolução da situação, apenas a versão do <i>notebook</i>.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

A regra de ação para construir a cabeça é selecionar a ferramenta “Círculo dados centro e raio” e definir medida 5 para o raio. Em seguida, EA₂ constrói o tronco. Para isso, a regra de ação é selecionar a ferramenta “Segmento de reta” AB sobreposto ao raio, ligado a outro segmento BC (tronco), tendo como medida o dobro do raio. O esquema de validação da construção é mantido ao arrastar os objetos para verificar se aumenta/diminui proporcionalmente.

Figura 67 – Cabeça e tronco construídos sem o controle deslizante



Fonte: Recorte do protocolo de construção do grupo D.

Os componentes de esquemas de EA₂ (Quadro 25) tentam estabelecer alguma relação entre o raio da circunferência e as partes do corpo. EA₂ busca definir o raio como unidade e fazer uso dessa para construir as demais partes do corpo, as quais deverão ser proporcionais. Assim, faz uso da ferramenta “Segmento de reta” e traça um segmento AB sobreposto à reta ‘r’, já construída (Trecho 30).

Trecho 30 – Construção de segmento suportado em uma reta:

EA₂: [...] Vou colocar o raio de 5. [Seleciona a ferramenta “Círculo dados centro e raio” e coloca medida 5 para o raio].

EA₂: tá, retas [Seleciona o ícone Retas].

EA₁: tipo, que as retas fossem proporcional ao raio ou não?

EA₂: oi?

EA₁: essa reta tem que ser proporcional ao raio da circunferência? Tipo, um múltiplo, um sei lá ... uma coisa...

EA₂: a gente se orienta pela medida do raio e joga aqui embaixo... a gente dobrou aqui embaixo, botou 5, o raio também vai aumentar 5, não?

[...]

EA₂: eu acho que a gente tem que colocar uma reta passando por aqui [aponta para o centro e puxa para o raio], não? [Seleciona a ferramenta “Segmento” e traça um segmento que parte do centro da circunferência a um ponto deste, formando o segmento AB, que é o raio].

A construção após tentativa de validação (ampliar e diminuir objetos já construídos) não funcionou. Isso pode levar EA₂ a inferir sobre o recurso disponibilizado pelas formadoras, entendendo que esse não favorece a resolução da situação matemática, uma vez que suas estratégias não funcionam no *tablet*, mas poderiam funcionar no *notebook*. Nesse momento, há a troca do *tablet* pelo *notebook*, em que a “mesma” construção havia sido feita pela formadora, para que os estudantes continuassem o trabalho e não perdessem tempo. Embora os objetos (Quadro 26) sejam os mesmos, F₁ usa ferramentas diferentes para construir a cabeça (“Círculo dados centro e um de seus pontos”) e o tronco (“Semirreta”).

Na quinta etapa, o *duo*, já com o *notebook*, aproveita a construção feita por F₁, após algumas movimentações, e retomam a estratégia inicial de construção do boneco. Eles objetivam construir a cabeça e o tronco com o controle deslizante no *notebook*, para definir uma variável que será a unidade de medida, a partir da qual eles buscarão definir as razões [15:01 a 16:49]. A regra de ação de EA₁ é sugerir a construção de um controle deslizante que vincule os objetos construídos no *tablet* e reproduzidos no *notebook*.

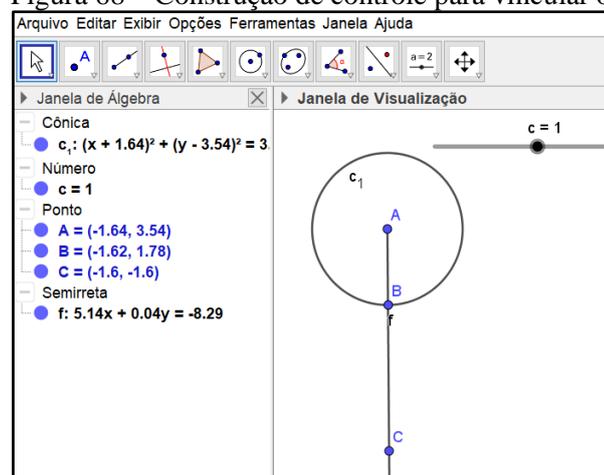
Quadro 26 – Construção de F_1 no *notebook* e com modificações por EA₁ e EA₂

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Inferência Possibilidades |
|--|--|---|--|
| EA ₁ : sugerir a construção de um controle deslizante relacionado aos objetos construídos no <i>tablet</i> e reproduzidos no <i>notebook</i> por F_1 (para cabeça usou “Círculo dados ponto e o raio fixo”, e para o tronco usou “Semirreta”, passando pelo centro e por um ponto da circunferência, em vez de segmento). EA ₂ : construir e testar o controle deslizante “c” e, se os objetos (cabeça/tronco) não aumentarem/diminuírem proporcionalmente, deletar a construção. | EA ₁ : no <i>notebook</i> , é possível criar um controle deslizante com uma variável, o que permite que os objetos aumentem/diminuam (mantendo a proporcionalidade). EA ₁ /EA ₂ : o raio e o controle deslizante foram construídos de forma independente, logo não estão integrados. | – Circunferência; – segmento; – semirreta; – proporcionalidade; – variável. – Medida; – variável; – proporcionalidade. | EA ₁ /EA ₂ : na versão GeoGebra para <i>tablet</i> , é possível construir um controle deslizante de variável “c”. A cabeça e o tronco foram construídos sem qualquer relação com o controle deslizante. Portanto, os objetos construídos não estão integrados. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Após construir o controle deslizante como sugerido por EA₁, a regra de ação de EA₂ consiste em nomear “c”, a mesma letra utilizada pelo *software* para nomear a circunferência construída.

Figura 68 – Construção de controle para vincular objetos já construídos



Fonte: Recorte do protocolo de construção do grupo D.

Ao movimentar o controle “c” (Figura 68), nada acontece com a construção, pois os objetos construídos não estavam vinculados a “c”. A regra de ação de EA₂ é sugerir a EA₁ que coloque valor “a” para a variável (antes sugerida pelo próprio *software*), sem atrelar essa variável à construção realizada (Trecho 31).

Trecho 31 – Sugestão de uso da variável sem conexão com a construção.

EA₁: e aí vai colocar controle deslizante? [...]

EA₂: seleciona a ferramenta “Controle deslizante” e nomeia-o “c” [...]

EA₂: não entendo porque não mexe.

EA₁: porque tu colocou “c” no controle deslizante.

EA₂: observa a construção

EA₁: “a”, o raio tá “a”. [...]

EA₂ observa a construção, seleciona os objetos já construídos e os deleta.

EA₂ seleciona “Controle deslizante”. Cria um novo controle deslizante “a” de intervalo de 0 a 10.

EA₁: é deixa “a”. Agora tu... mexe nele aqui.

EA₂: testa o controle deslizante.

EA₁: pronto. Agora faz a “Círculo dado centro e raio” (EA₂: Seleciona “Círculo dado centro e o raio” raio “a” (EA₂: insere “a” como medida para o raio).

EA₁: isso... Pronto, ela já tá com raio ajustável.

EA₂: Testa o controle deslizante e percebe que a circunferência amplia e diminui conforme o controle deslizante aumenta e diminui.

Mesmo após EA₂ corrigir “c” por “a”, ao movimentar o controle deslizante não há ampliação/redução dos objetos construídos. Sem saber qual a causa do insucesso, EA₂ decide deletar e recomeçar.

Quadro 27 – Início da resolução da situação matemática no *notebook*

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de inferência |
|---|---|---|---|
| <p>EA₁: sugerir a determinação de um controle deslizante ajustável “a”, se EA₂ constrói como sugerido. dar nova sugestão.</p> <p>EA₁: sugerir criar uma circunferência com a ferramenta “Círculo dados centro e raio”, com medida do raio igual a “a”, se EA₂ constrói como sugerido, continuar com nova sugestão.</p> <p>EA₁ – sugerir movimentação do controle deslizante, e EA₂ faz como sugerido e a circunferência de raio “a” aumenta e diminui proporcionalmente. A construção está correta.</p> | <p>EA₁: no <i>notebook</i>, é possível criar um controle deslizante com uma variável, o que permite que os objetos construídos sejam proporcionais.</p> <p>EA₁: a proporcionalidade é garantida quando a medida do controle deslizante é igual à do raio (unidade de medida).</p> <p>EA₁/EA₂: se a construção é validada com aumento ou diminuição simultâneo do controle deslizante e da circunferência – a construção é proporcional.</p> | <p>– Proporcionalidade; – variável.</p> | <p>EA₁: um controle deslizante de variável “a” é construído. Uma circunferência de raio com medida “a” é construída. Logo, ao mover o controle deslizante, o raio aumenta/diminui e proporcionalmente à circunferência também, e o controle e a circunferência estão integrados de forma a garantir a proporcionalidade.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 27, a seguir, pode-se observar que as regras de ação, invariantes operatórios e possibilidade de inferências são essencialmente de EA_1 , nesse evento. Com o objetivo de construir a cabeça com o controle deslizante no *notebook*, EA_1 orienta EA_2 . Trata-se de uma estratégia traçada, essencialmente, com base nos esquemas de EA_1 . É com base nas sugestões apresentadas por EA_1 que EA_2 trabalha, ou seja, EA_1 sugere e EA_2 executa [16:50 a 17:49].

EA_2 constrói um controle deslizante com intervalo $[0, 10]$. Depois determina uma circunferência com a ferramenta “Círculo dado centro e a medida do raio”. EA_2 também define “a” como medida para o raio, um raio “ajustável”, tal como sugeriu EA_1 (Quadro 27). Após simulação, movimentar o controle deslizante, EA_1 e EA_2 verificam, finalmente, que o controle deslizante está relacionado à circunferência construída, ou seja, a circunferência aumenta/diminui, acompanhando o movimento do controle deslizante no intervalo definido.

Na sexta etapa, o *duo* inicia o processo de construção do tronco e demais partes do corpo do boneco. Essa é a etapa mais intensa do processo de resolução da situação matemática, marcada por uma ampla experimentação de diferentes ferramentas do GeoGebra. Foram testadas as ferramentas “Reta”, “Segmento de reta”, “Reta perpendicular” e “Reta tangente”, todas para construção do tronco, entre outras.

O primeiro evento da sexta etapa é marcado por discordância entre EA_1 e EA_2 . Um momento ímpar no trabalho *duo*, que desde o início trabalham colaborativamente e em concordância. Assim, enquanto EA_1 faz sugestão para colaborar com a resolução da situação, EA_2 ignora a sugestão de EA_1 e toma outras decisões. Regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferência que emergem desse evento são essencialmente de EA_2 .

Inicialmente, EA_2 visa construir o tronco do boneco proporcional à cabeça. Para isso, a regra de ação de EA_2 consiste em selecionar a ferramenta segmento de reta e construir um segmento a partir de um ponto da circunferência já construída. Na sequência, EA_1 sugere a construção de um novo controle deslizante. EA_1 esperava que ao movimentar o controle deslizante pudesse validar a construção (ampliar/reduzir). No entanto, EA_2 rejeita a sugestão e opta por colocar visualmente, na vertical, o segmento BC, já que o tronco do boneco precisa ficar nessa posição. Depois, testa o segmento BC, movimentando o ponto B (comum à circunferência e ao segmento BC) na intenção de verificar se a cabeça e o tronco aumentam/diminuem proporcionalmente. Mas EA_2 desenhou, por visualização, pontos sobre a reta. No entanto, ao não atrelar o ponto escolhido ao raio da cabeça, não obteve sucesso.

Quadro 28 – 1.^a tentativa de construção do tronco do boneco – Segmento

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de inferência |
|--|--|---|---|
| <p>EA₂: selecionar “Segmento” para construção do tronco a partir de um ponto da circunferência já construída anteriormente.</p> <p>EA₁: sugerir construir um novo controle deslizante para o segmento BC com mesma variável do controle deslizante construído para cabeça.</p> <p>EA₂: colocar o segmento BC, visualmente, na perpendicular.</p> <p>EA₂: testar o segmento BC, movendo o ponto B de BC, observando se este aumenta/diminui, juntamente com a cabeça (círculo).</p> <p>EA₂: deletar e fazer outro segmento cada vez que o teste não funciona, por três vezes, até deletar definitivamente.</p> | <p>EA₂: se o segmento estiver relacionado a um ponto da circunferência, os objetos são proporcionais.</p> <p>EA₁: (não consegue pensar no que fez EA₁ desistir da ideia e EA₂ não segue a sugestão). Para aumentar ou diminuir, o comprimento do segmento tem de estar atrelado à variável que será modificada.</p> <p>EA₂: o tronco de uma pessoa tem posição perpendicular, então o segmento do boneco precisa ficar nesta posição.</p> <p>EA₂: o ponto B pertence à circunferência e ao segmento BC; ao movê-lo, os objetos construídos aumentam e diminuem proporcionalmente, validando a construção.</p> <p>EA₂: não é suficiente mover um ponto comum à circunferência e ao segmento para garantir a proporcionalidade entre esses objetos.</p> | <p>– Segmento;</p> <p>– perpendicularismo;</p> <p>– variável;</p> <p>– proporcionalidade.</p> | <p>EA₂: a cabeça (círculo) e o controle deslizante estão integrados. Há um ponto (B) em comum entre a cabeça (círculo) e o tronco (segmento BC). Pode-se inferir que o controle deslizante, o círculo e o segmento estão integrados.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

EA₂ decide deletar o segmento de reta, ao perceber que relacionar a circunferência ao segmento por um ponto comum não garante que esses sejam proporcionais. Desse modo, EA₁ e EA₂ buscam repetir algumas regras em ação, associadas a outras ferramentas do *software*, tais como: “Reta perpendicular” e “Reta tangente”. O trecho 32 coloca em evidência a escolha pela ferramenta “Reta perpendicular”.

Trecho 32 – Escolha pela ferramenta reta perpendicular:

EA₂ seleciona “Reta perpendicular” e tenta traçar primeiro, uma reta perpendicular que parte de um ponto da circunferência, depois uma reta que parte do centro, mas não consegue.

EA₁: como é que a gente faz, hein? Não tem que ser perpendicular ao segmento, não?

EA₂: seleciona “Reta perpendicular” novamente, na sequência desiste dessa ferramenta e desse procedimento.

No protocolo de orientação, há o desenho de um boneco, cedido pelas formadoras para ajudar o estudantes-atores a terem um modelo, uma referência. O tronco desse boneco está na posição vertical. O *duo* EA₁ e EA₂ entende que, sendo o tronco vertical, é possível que, ao traçar as demais partes do corpo, essas aumentem/diminuam proporcionalmente, já que estarão ligadas ao tronco. Assim, o *duo* decide por utilizar a ferramenta “Perpendicular”, construindo-a a partir de um ponto qualquer da circunferência, podendo esse ser o centro dessa, também [18:21 a 19:11]. EA₁ sugere, ainda, a construção da reta por um ponto da circunferência e um segmento que parta dessa, já construído, haja vista a condição de existência do perpendicularidade.

Quadro 29 – Tentativa de construção do tronco do boneco – perpendicular

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|--|---|---|--|
| <p>EA₁/EA₂: usar o comando por reta perpendicular.</p> <p>EA₁/EA₂: construir a reta perpendicular a um ponto qualquer da circunferência, inclusive ao que representa seu centro.</p> <p>EA₁: sugerir a construção da reta perpendicular entre um ponto da circunferência e um segmento que parta dessa, já construído.</p> <p>EA₂: ignorar a sugestão de EA₁.</p> | <p>EA₁/EA₂: se o tronco estiver na perpendicular, os objetos construídos irão aumentar e diminuir proporcionalmente.</p> <p>EA₁/EA₂: se o tronco for uma reta perpendicular, não será preciso tentar colocá-lo nesta posição visualmente.</p> <p>EA₁: perpendicularismo só existe entre uma reta e outro objeto, como um segmento, outra reta.</p> | <p>EA₁: perpendicular (no sentido de vertical).</p> <p>EA₂: perpendicular (propriedade entre reta e outro objeto, um segmento).</p> | <p>EA₁/EA₂: o tronco, por referência, deve estar na posição perpendicular, para garantir a construção geométrica. O GeoGebra dispõe da ferramenta “Reta perpendicular”.</p> <p>Portanto, o tronco estará na perpendicular se usar a ferramenta “Reta perpendicular” para traçá-lo.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

No evento descrito no Quadro 29, o *duo* visa construir o tronco do boneco perpendicular à cabeça. As regras de ação do *duo* colocam em evidência dois sentidos que envolvem o conceito em ação – perpendicular. No trecho 32, percebemos mais claramente que EA₂ dá o sentido de vertical, bastando mover o segmento criado para colocá-lo nesta posição. Já EA₁ faz sugestão de uso do conceito; perpendicularidade só existe entre reta e outro objeto. Por isso, também sugere que, para a construção da perpendicular, seja usada a ferramenta do GeoGebra “Perpendicular”. Mas EA₂ ignora a sugestão de EA₁.

Na sequência, o *duo* abandona a ideia de construção da reta perpendicular à circunferência (normal à circunferência) e EA₂ decide pela construção de uma reta tangente à circunferência. Segue-se mais uma tentativa que objetiva construir o tronco do boneco proporcional à cabeça [19:12 a 19:34]. Nesse terceiro evento da sexta etapa, as regras de ação, os invariantes operatórios e as possibilidades de inferência são exclusivos de EA₂. O Quadro 30, a seguir, coloca isso em evidência.

Quadro 30 – Tentativa de construção do tronco do boneco – tangente

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|--|---|--|--|
| EA ₂ : selecionar “Reta tangente” e clicar em um ponto qualquer da circunferência para construir uma tangente à circunferência (e depois uma perpendicular à tangente – reta normal). EA ₂ : selecionar “Reta tangente” arrastando o cursor sobre a circunferência para construir uma reta perpendicular e tangente à circunferência (reta normal). | EA ₂ : a ferramenta reta tangente a uma circunferência que passa por um ponto determina uma tangente à circunferência em tal ponto. EA ₂ : sem clicar sobre a área de visualização ou objetos já construídos, novos objetos (reta tangente) não são construídos por arrasto do cursor. | – Reta tangente; – perpendicularismo; – reta normal. | EA ₂ : a reta normal da circunferência é perpendicular à reta tangente e tem um ponto comum a esta. O GeoGebra não tem a ferramenta “Reta normal”. Pode-se inferir que a construção de uma reta tangente à circunferência, colocada visualmente na perpendicular, representa uma reta normal. |

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 30, as regras de ação e invariantes operatórios de EA₂ revelam que o real interesse desse estudante-ator é a construção da reta normal à circunferência. Primeiro, porque ele opta pela ferramenta “Tangente” do *software* e clica em um ponto da circunferência para construí-la. Entretanto, os gestos de EA₂, destacado pelo cursor do mouse, que ele arrasta na posição perpendicular, dá indícios de sua tentativa de construir a reta normal a partir de uma reta tangente colocada visualmente na perpendicular. EA₂ não tem sucesso, haja vista não clicar sobre a área de visualização ou outros objetos.

No quarto evento, tem-se mais uma tentativa que visa construir o tronco do boneco proporcional à cabeça. Descrito no Quadro 31, o *duo* faz uso da ferramenta “Reta”. A ideia do *duo*, visível em suas regras de ação, vai além da construção do tronco. EA₁ e EA₂ querem construir um tronco que esteja relacionado à circunferência, de forma que, quando se altera o

valor da variável no controle deslizante (já ligado à circunferência), os objetos construídos ampliem/reduzam [19:37 a 20:39].

É possível observar no Quadro 31 que EA₂ inicia a construção da reta que passa pelo centro da circunferência, intencionando que a primeira aumente/diminua proporcionalmente à segunda. Mas, sendo a reta infinita, ao tentar validar a construção, EA₁/EA₂ não conseguem visualizar se essa aumenta/diminui e, decidem por deletar a reta que deixa um de seus pontos na área de visualização. EA₁ sugere a EA₂ a construção de um segmento CD, sabendo que C é ponto da circunferência e D, ponto externo a essa. O segmento passa pelo ponto B da reta deletada que ficou na área de visualização. Após seguir a sugestão, EA₂ tenta validar a construção movendo controle deslizante. EA₁ e EA₂ verificam que não obtiveram sucesso, pois CB (parte do segmento traçado CD) aumenta, quando a cabeça diminui, e diminui quando a cabeça aumenta. Logo, decidem deletar a construção.

Quadro 31 – Tentativa de construção do tronco do boneco – reta

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|--|--|---|--|
| <p>EA₁/EA₂: usar o comando por reta perpendicular.</p> <p>EA₁/EA₂: construir a reta perpendicular a um ponto qualquer da circunferência, inclusive ao que representa seu centro.</p> <p>EA₁: sugerir a construção da reta perpendicular entre um ponto da circunferência e um segmento que parta desta, já construído.</p> <p>EA₂: ignorar a sugestão de EA₁.</p> | <p>EA₂: a reta que passa pelo centro da circunferência aumenta e diminui proporcionalmente a esta.</p> <p>EA₁/EA₂: se a variável do controle deslizante aumenta/diminui, tanto o raio da cabeça quanto a distância entre os dois pontos devem aumentar/diminuir.</p> <p>EA₁: dado que a reta é infinita, não se pode ver ser crescimento.</p> <p>EA₁/EA₂: se a variável aumenta e o segmento diminui, a construção está incorreta.</p> | <p>– Reta;</p> <p>– circunferência;</p> <p>– proporcionalidade.</p> <p>– Variável;</p> <p>– segmento.</p> | <p>EA₁/EA₂: não é possível observar uma reta que passa pelo centro de uma circunferência integrada a um controle deslizante, aumentar/diminuir.</p> <p>Deleta a reta e constrói um segmento que passa pelo centro da mesma circunferência e tem um dos pontos (D) da reta deletada. Pode-se inferir que, ao mover o controle deslizante, a circunferência e o segmento vão aumentar proporcionalmente.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

No quinto evento, EA₁ e EA₂, mesmo percebendo que a construção anterior não atendia às condições da situação matemática, arriscam a manutenção dos esquemas de construção de um segmento e optam por construir um novo segmento do mesmo modo como fizeram no evento anterior [20:47 a 23:40]. O *duo* faz nova simulação e, conseqüentemente, observam

também o mesmo resultado alcançado no quarto evento. Enquanto observam a construção, o sistema do *notebook* avisa que a bateria está descarregando.

Trecho 33 – Descarregamento da bateria.

EA₂: a bateria está descarregando!

EA₁: sério? Tá descarregando?

EA₂: Tá vendo que ficou mais escura, não?

EA₁: então, corre, né?

O trecho 33 revela que, a partir deste aviso, o *duo* passa a trabalhar sob pressão pelo pouco tempo que ainda restava antes do descarregamento total, provavelmente, o que pode justificar a manutenção da construção, ainda que errada. Assim, EA₂ decide construir as demais partes do corpo (braços e pernas) ligados ao tronco já construído, entretanto visualmente. Essa é mais uma decisão tomada em função do desespero em relação ao tempo de descarregamento da bateria. Isto porque uma das condições impostas pela situação matemática é a simetria entre os membros do boneco construídos. EA₁ alerta EA₂ para a necessidade de construir os membros simétricos, pois a construção por visualização não pode garantir que os objetos sejam, de fato, simétricos. Mas, ainda assim, não deletam e tentam validar a construção. No entanto, percebem que os objetos construídos não aumentam/diminuem proporcionalmente.

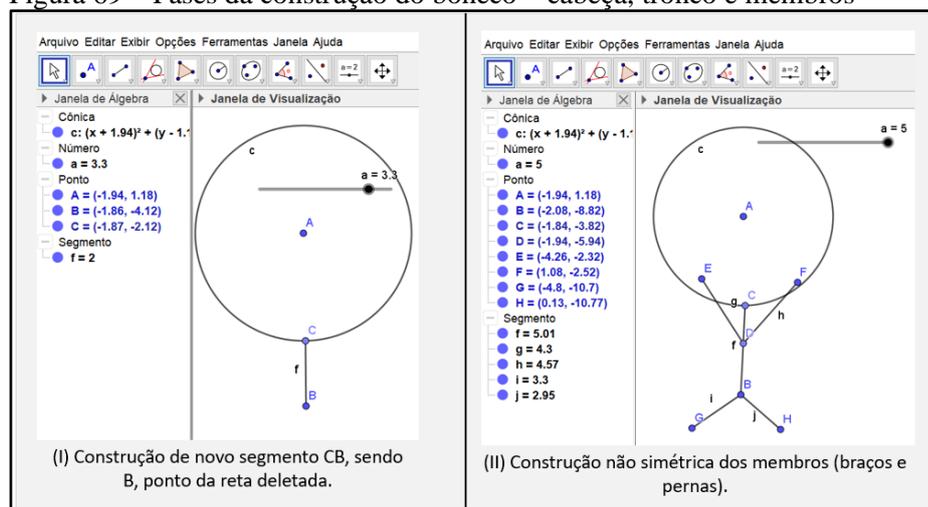
Quadro 32 – 2.^a tentativa de construção do tronco com a ferramenta “Segmento”

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|---|--|--|---|
| <p>EA₁/EA₂: selecionar “segmento” e construir um segmento CB (B é o ponto da reta construída anteriormente que não foi deletado com a reta).</p> <p>EA₁/EA₂: testar a construção (I) movendo o controle deslizante, como a cabeça aumenta e o segmento CB diminui ou a cabeça diminui e o segmento CB aumenta, a construção não está validada.</p> <p>EA₁/EA₂: evitar deletar a construção (mesmo observando que a condição de proporcionalidade não está contemplada) e construir as outras partes para testar o boneco como um todo.</p> <p>EA₂: construir as outras partes do boneco, antes da bateria descarregar, construir quatro segmentos (braços e pernas) por visualização, ligados ao segmento CB (tronco).</p> <p>EA₁: avisar sobre a necessidade de se construir membros (braços e pernas) simétricos.</p> <p>EA₁/EA₂: testar a construção (II) movendo o controle deslizante; se a cabeça e membros não aumentam proporcionalmente, a construção não atende a esta condição imposta pela situação.</p> <p>EA₁/EA₂: ligar o carregador e reiniciar o computador que descarregou completamente.</p> | <p>EA₁: um segmento relacionado a um ponto da circunferência e a outro ponto de uma reta normal que não foi deletado com essa vai ser normal e vai aumentar e diminuir proporcionalmente à circunferência.</p> <p>EA₁/EA₂: um segmento construído a partir de um ponto de uma circunferência e um ponto de uma reta que não foi deletado com essa não garante a proporcionalidade entre esses dois objetos (segmento e circunferência).</p> <p>EA₂: se os segmentos estão ligados ao tronco, ainda que construídos por visualização serão proporcionais a este.</p> <p>EA₁: a construção dos membros por visualização não garante as propriedades que permitem validar que há simetria entre essas partes do corpo (braços e pernas).</p> <p>EA₁/EA₂: se a construção não atende à condição de proporcionalidade entre os objetos (cabeça, tronco e membros) construídos, a resolução está incorreta.</p> | <p>– Segmento;</p> <p>– proporcionalidade;</p> <p>– reta;</p> <p>– simetria.</p> | <p>EA₁/EA₂: o segmento BC tem o ponto C em comum a uma circunferência de centro A, integrada a um controle deslizante que fará o segmento aumentar/diminuir quando esse for movimentado. Ao movimentar o controle deslizante, a circunferência aumenta e o segmento diminui. Logo, não está funcionando bem.</p> <p>EA₁/EA₂: é importante experimentar a construção de todas as partes do boneco. O tempo de bateria está acabando. Portanto, deve-se construir os membros (braços e pernas), simétricos visualmente, ligados ao tronco, de forma que, ao mover o controle deslizante, todos os objetos construídos, aumentem/diminuam proporcionalmente.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

O *duo* percebeu que, além de as partes do boneco construídas não serem proporcionais, havia deformação da construção quanto ao sentido para qual cresce ou diminui os braços e pernas do boneco (Figura 69).

Figura 69 – Fases da construção do boneco – cabeça, tronco e membros



Fonte: Recorte do protocolo de construção do grupo D.

A sexta etapa é concluída com o *duo* movimentando a construção e refletindo sobre como definir e aplicar a razão às demais partes do corpo do boneco (Figura 69). A simetria entre as partes construídas visualmente (braços e pernas) também foi discutida entre eles, mas não aplicada à construção. Após o segundo aviso do sistema do *notebook*, a bateria descarregou, precisando ser ele reinicializado.

Além do fator tempo, a necessidade de experimentar ferramentas e procedimentos, testar e observar o comportamento das construções realizadas é mais um aspecto que pode ter levado o *duo* a manter a estratégia de construção, ainda que já sabendo/prevedendo o não sucesso.

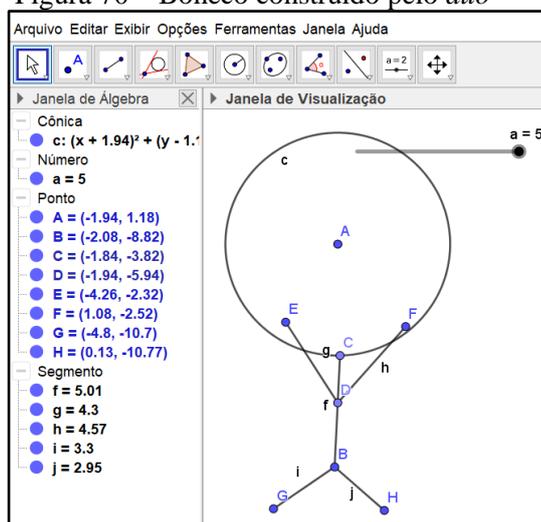
A sétima e última etapa do processo de resolução da situação matemática proposta é fortemente marcada pelo desespero dos estudantes quanto ao tempo de conclusão do experimento. O *duo* objetiva fazer com que as partes do corpo do boneco aumentem e diminuam de forma proporcional ao alterar a posição dos braços e das pernas (Quadro 33). Assim, após um intervalo de tempo movendo a construção e tentando pensar em um esquema que desse conta do exigido pela situação [26:41 a 30:49].

Quadro 33 – Manipulação de objetos construídos para percepção de incoerências

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de Inferência |
|---|--|----------------------|--|
| <p>EA₁/EA₂: continuar a manipulação e testar a construção (II), movendo o controle deslizante, e observar se a cabeça, braços e pernas aumentam proporcionalmente.</p> <p>EA₂: como só a cabeça aumenta/diminui proporcionalmente, e as pernas ficam imóveis, os braços alteram o comprimento, sem proporcionalidade, então, deve-se deletar tronco e membros e deixar a cabeça e o controle deslizante.</p> | EA ₁ : a manipulação dos objetos construídos permite identificar aspectos da construção que não estão corretos, o que pode facilitar a correção de erros. | – Proporcionalidade. | <p>EA₁/EA₂: o manuseio do boneco no GeoGebra ajuda a perceber incoerências na construção, mas não a causa desta. Portanto, deve-se deletar as incoerências (tronco e membros).</p> <p>EA₁: ao movimentar o ponto final do tronco, o mesmo sai da vertical, portanto necessita-se que esse ponto seja ponto de outro objeto.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

A manipulação dos objetos construídos destaca aspectos relevantes da construção, especialmente as incoerências, as quais, ao serem identificadas, podem ajudar o *duo* a chegar a resolução correta da situação matemática. É possível perceber que o ponto B (final do tronco) e os dos pés não dependem do controle deslizante nem do raio da cabeça, portanto ficam invariantes (Figura 70). Já os braços alteram o comprimento, pois C (extremo do segmento que faz o corpo) é ponto da cabeça. Logo, o comprimento do tronco diminui à medida que a cabeça aumenta, até que o ponto B passa para o interior da circunferência e o tronco volta a aumentar.

Figura 70 – Boneco construído pelo *duo*

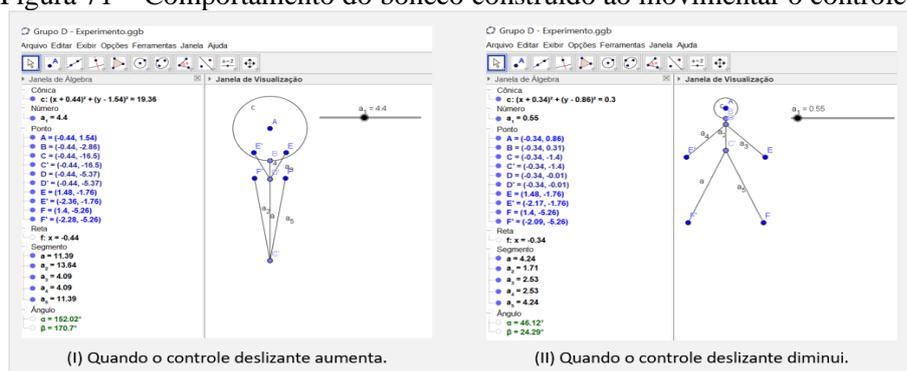
Fonte: Recorte do protocolo de construção do grupo D.

O extremo do braço é ponto do segmento (do tronco), logo (por transposição informática), quando o tronco diminui, a nova posição do ponto é dada de forma a manter a semelhança do tronco. Assim, a alteração da posição dos pontos dos braços ligados ao corpo faz com que os braços alterem de comprimento, sem manter proporcionalidade. Desse modo, EA₂ decide deletar o corpo e manter a cabeça e o controle deslizante dessa construção e para tentar uma nova construção do tronco e membros.

No Quadro 34, que detalha o segundo evento da sétima etapa, pode-se observar que, para garantir que o segmento do tronco não saia da posição vertical, EA₁ sugere a construção de uma reta suporte, sobre a qual se apoiarão os segmentos do tronco [30:50 a 35:00]. O *duo* objetiva fazer as partes do corpo do boneco proporcional à cabeça já construída. Para isso, EA₁ e EA₂ decidem pela construção de uma reta que passa pelo centro da circunferência (A) e por um ponto dela (B). Por passar pelo centro da circunferência, ela será normal à circunferência. EA₁ sugere também que a reta seja posicionada manualmente na vertical. O *duo* opta por traçar um segmento BC (o tronco) sobre a reta e colocam o ponto (D) para servir de pescoço.

Assim, por pertencer a uma reta suporte a proporcionalidade entre tronco, pescoço e raio da circunferência, quando se altera a variável a proporcionalidade é garantida. EA₁ sugere que EA₂ confira se as medidas das partes do corpo do boneco construídas zeram, quando a variável se anula. Já os braços são construídos por EA₂ com um segmento que inicia no ponto D' e vai até um ponto escolhido livremente (E). Esse ponto não depende do controle deslizante, nem do tronco, portanto mantém-se fixo ao se alterar a variável do controle deslizante. EA₁ sugere o uso do comando simetria por uma reta , visando garantir a simetria entre os braços. As pernas são feitas sem articulação com o comprimento nem com o ângulo dos braços, da mesma forma que o braço foi construído (Figura 71).

Figura 71 – Comportamento do boneco construído ao movimentar o controle deslizante



Fonte: Recorte do protocolo de construção do grupo D

Quadro 34 – Última tentativa de construção do boneco no GeoGebra

| Regras de ação | Teoremas em ação | Conceitos em ação | Possibilidades de inferência |
|---|--|--|---|
| <p>EA₁: sugerir selecionar “Reta”, auxiliar, e construir uma reta que passa pelo centro da circunferência (A), e um ponto (B) da circunferência, colocando-a na posição vertical manualmente em relação à circunferência.</p> <p>EA₁/EA₂: construir um segmento CB, sendo B um ponto de interseção entre a reta e a circunferência construída e C um ponto da reta fora da circunferência.</p> <p>EA₂: construir um ponto do segmento para indicar o pescoço.</p> <p>EA₁: pedir para testar se todas as partes do corpo (raio da circunferência, comprimento dos segmentos do pescoço e o tronco) zeram quando a variável é anulada.</p> <p>EA₂: planejar fazer os braços simétricos, por construção de um dele e repetição do ângulo.</p> <p>EA₂: usar o comando marcar ângulo para poder repeti-lo do outro lado da reta, para tentar se instrumentalizar com o comando marcar ângulo.</p> <p>EA₁: sugerir “rebater” (refletir) o “segmento” para formar o segundo braço simétrico ao primeiro em relação ao segmento que representa o tronco.</p> <p>EA₁/EA₂: selecionar a ferramenta “Reflexão em relação a uma reta” para construir o segundo braço.</p> <p>EA₁/EA₂: selecionar “Segmento” e construir um segmento (perna) ligado ao extremo do segmento (tronco).</p> <p>F₁: avisa o fim do tempo de aula.</p> <p>EA₁: lembra do horário de seu ônibus de volta à casa.</p> <p>EA₁/EA₂: testar o controle deslizante, observando a cabeça e o tronco aumentar, e observar a alteração dos seus comprimentos dos braços, sem proporcionalidade.</p> <p>EA₁/EA₂: finalizar a situação fazendo as pernas simétricas. Por falta de tempo, buscam deixar o desenho completo.</p> | <p>EA₁: o uso de uma reta na vertical auxiliar, sobre a qual o segmento do tronco vai se apoiar, garante a posição vertical do tronco.</p> <p>EA₂: o segmento pertencente à reta garante o aumento e a diminuição proporcional das partes do boneco, quando se aumentar a variável do controle.</p> <p>EA₂: o ponto sobre o segmento deixará o pescoço também proporcional.</p> <p>EA₁/EA₂: se existe proporcionalidade entre as grandezas, quando uma for zero a outra também o será.</p> <p>EA₂: dois segmentos com o mesmo ângulo de incidência a uma reta que a toca em um mesmo ponto são simétricos.</p> <p>EA₁/EA₂: se o segmento (braço) está ligado ao segmento (tronco), isso permite ele aumentar e diminuir proporcionalmente em relação ao tronco e à cabeça.</p> <p>EA₁/EA₂: a ferramenta “Reflexão em relação a uma reta” garante a construção do segundo braço simétrico ao primeiro.</p> <p>EA₁/EA₂: se as partes do corpo do boneco são simétricas (braços e pernas), construídas em um segmento sobreposto a uma reta, ambos ligados a uma circunferência, essas partes aumentam e diminuem proporcionalmente.</p> <p>EA₁/EA₂: fim da aula precisa da tarefa completa (o boneco desenhado).</p> | <p>– Reta;</p> <p>– segmento;</p> <p>– perpendicularidade;</p> <p>– proporcionalidade;</p> <p>– simetria;</p> <p>– reflexão por um eixo de simetria.</p> | <p>EA₁/EA₂: a cabeça e o tronco não são proporcionais entre si. Mas as pernas e braços, dessa vez, foram construídas com a ferramenta do GeoGebra “Reflexão em relação à reta”, o que garante a simetria entre estas partes do corpo do boneco. Se os membros do boneco são simétricos entre si, é possível que sejam proporcionais ao tronco, ainda que desenhados sobre o tronco.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

Na intenção de validar a construção, o *duo* decide mover o controle deslizante. Logo, o comprimento do tronco amplia/reduz à medida que a cabeça aumenta. Assim, a alteração da posição dos pontos dos braços e das pernas ligados ao corpo faz com que os braços alterem de comprimento, sem manter proporcionalidade, mas a simetria entre os dois braços e as duas pernas é garantida pelo uso do comando de reflexão em sua construção. O tempo acaba e os estudantes-atores EA₁ e EA₂, do grupo D, não conseguem concluir a resolução da situação matemática com sucesso.

Por fim, é relevante destacar três aspectos relativos aos processos de gênese instrumental:

- a) o trabalho dos estudantes-atores revela que estes são instrumentalizados em relação ao uso do controle deslizante no que concerne ao seu uso, numa perspectiva de usar uma variável para a animação de aumentar/diminuir objetos construídos, em especial a circunferência;
- b) revela, ainda, que o *duo* é instrumentado para posicionar o tronco perpendicularmente a uma tangente da circunferência (cabeça) com o uso de do cursor do mouse;
- c) e também, que para a dada situação matemática ainda estão em processo de instrumentação para construção das demais partes (tronco, braços e pernas) do corpo do boneco, de forma a ampliar/reduzir o boneco, i.e. aumentar/diminuir mantendo a semelhança entre as figuras dos bonecos obtidos.

5.3.2.7.5 Exemplos que dão destaque à Performance Didática (*mise en scène*)

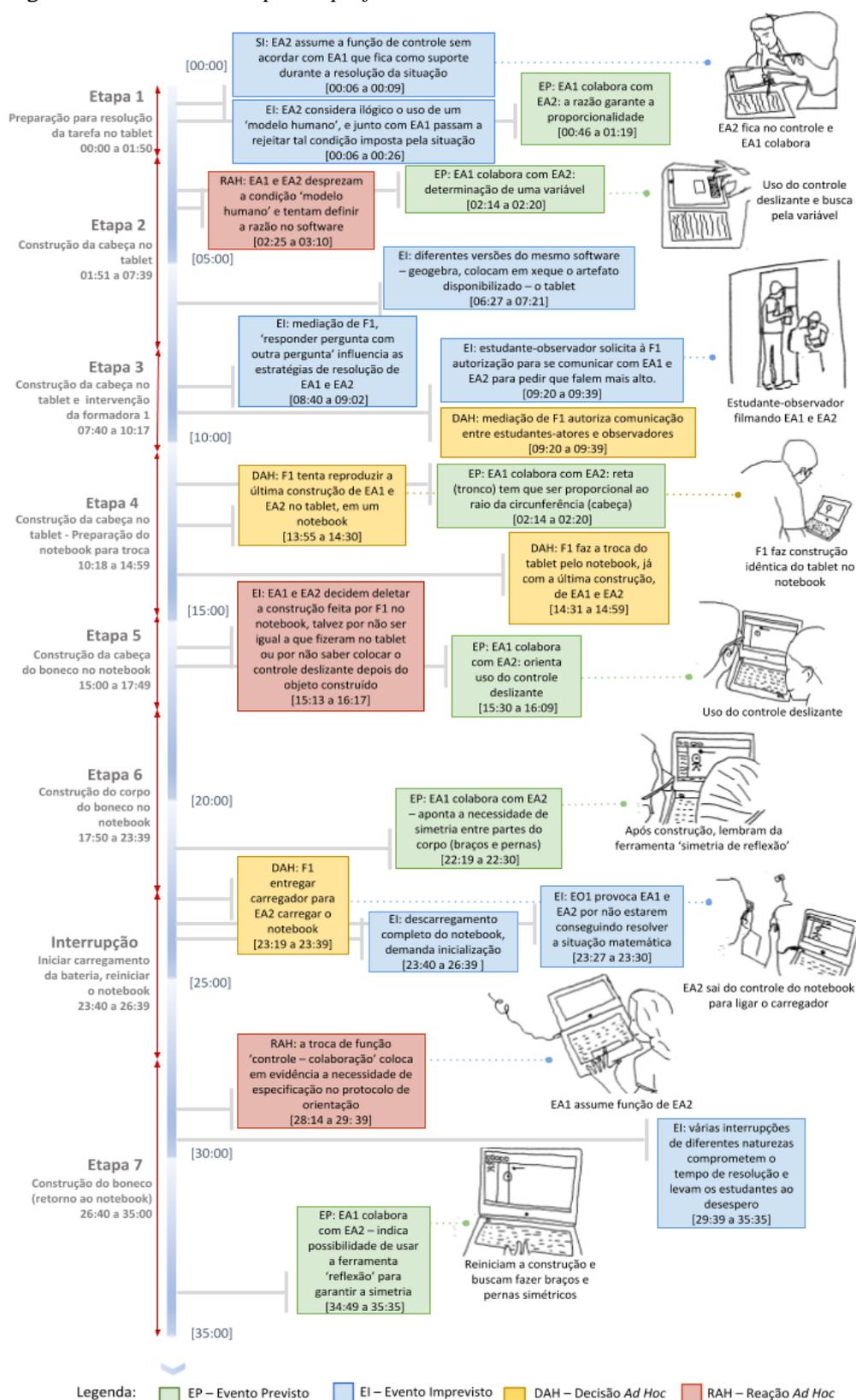
Os eventos que dão luz à *performance* didática foram classificados de acordo com os elementos dessa etapa da OI (Figura 72): evento previsto (verde), evento imprevisto (azul), decisão *ad hoc* (amarelo), da formadora e reação *ad hoc* (vermelho), dos estudantes-atores. A legenda de cores é utilizada para facilitar a distinção entre os eventos que surgem enquanto a OI está sendo executada (*mise en scène*).

Eventos previstos

As análises *a priori* da situação matemática e da OI são fundamentais para prever eventos inerentes a essas e, também, os que possam comprometer o bom desempenho dos participantes, seja em relação à situação ou à orquestra. Essas previsões incluem a definição de

ações alternativas (plano B) para resolver as que podem atrapalhar. Logo, se durante a *performance* didática o formador, quando percebe que algum evento que não faz parte do planejado, mas foi previsto, não favorece o trabalho dos estudantes-atores, então ele poderá colocar seu plano B em ação.

Figura 72 – Linha do tempo 5 – performance didática



Fonte: Elaborada pela autora.

Na linha do tempo 5, podem-se observar nas caixas verdes os eventos que representam as situações previstas. Todos os fortes exemplos de *performance* didática relacionados às situações previstas são os que tinham relação com a situação matemática e a função exercida por EA₁ e EA₂. Essas haviam sido previstas nas análises *a priori* e não demandaram plano B, por parte das formadoras.

Quanto à função exercida por cada um dos membros do *duo*, os eventos revelam que:

- a) EA₁: colabora com EA₂, que está no controle do artefato (*tablet/notebook* com o GeoGebra). A colaboração exercida por EA₁ favorece as interações com EA₂, que está no controle do *software*. Os EA discutem aspectos da situação e, na maioria das vezes, tomam decisões em comum acordo. Essas interações evidenciam o conhecimento matemático de EA₁, que lhe permite dar um bom suporte à EA₂, fazendo com que a todo tempo retome as condições impostas pela situação para lembrar a EA₂ de segui-las. Ela também faz boas sugestões de cunho matemático para ajudar EA₂ a resolver a situação. Defende que a proporção entre as partes do boneco depende da definição das razões [00:46 a 01:19]; sugere que a determinação de uma variável pode contribuir para definição da razão [02:04 a 02:20]; propõe que a medida do raio pode ser utilizada como unidade de medida [02:14 a 02:20]; orienta, ainda que sem sucesso, o uso do controle deslizante para definir a unidade de medida (uma variável como medida de comprimento do raio) [15:30 a 16:09]; lembra EA₂ que a simetria entre os membros do boneco é uma condição da situação [22:19 a 22:30]; chega à conclusão com EA₂ que poderia utilizar a ferramenta “Reflexão” para garantir a simetria [34:49 a 35:35];
- b) EA₂: enquanto os eventos colocam em evidência o conhecimento matemático de EA₁, esses também dão destaque aos conhecimentos de EA₂ em relação ao uso das ferramentas do GeoGebra. Isso porque EA₁, ao fazer suas sugestões matemáticas, cria demandas quanto ao uso do *software* para EA₂, que tenta buscar ferramentas para testar as sugestões. Assim, EA₂ se destaca em relação à EA₁ no que concerne ao conhecimento do *software*. EA₂ busca ferramentas para atender às sugestões de EA₁, com as quais está de acordo. Mais que isso, EA₂ constrói objetos e os testa, como um rascunho, se funcionar, mantém a construção, caso contrário, os delata e explora o *software* para testar novas ferramentas [34:49 a 35:35]. No entanto, nem sempre EA₁ e EA₂ concordam. Há poucos eventos em que EA₁ tenta colaborar com EA₂, mas esse

não aceita e segue trabalhando sem prestar a atenção no que EA₁ diz [15:30 a 16:09]. Mas, na maior parte do tempo, há um forte aspecto colaborativo entre o *duo*;

- c) EA₁ e EA₂, juntos, conseguem, após muitas tentativas, chegar à construção parcial do boneco: cabeça e tronco. Eles ainda constroem as demais partes, no entanto sem obedecer às condições impostas pela situação. O tempo, quase esgotado para o final da resolução da situação, foi determinante para mudar as regras de ação do *duo*, que deixou de se preocupar em garantir que a construção fosse de fato uma figura geométrica, para garantir a construção completa do boneco, mesmo sendo um desenho.

Eventos imprevistos, as decisões e reações *ad hoc*:

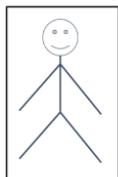
Durante todo o processo de resolução da situação matemática, vários eventos imprevistos emergiram. Na linha do tempo da *performance* didática (Figura 72), pode-se observar tais eventos (em azul) que dão luz a esse relevante elemento da *performance* didática. A identificação desses eventos tende a contribuir para o aprimoramento da OI. O trabalho do *duo* favoreceu a identificação de eventos imprevistos relativos à situação matemática e à OI.

a) Situação matemática:

O primeiro evento ocorre no intervalo [00:06 a 00:26] quando os estudantes-atores começam a discutir sobre uma condição imposta pela situação matemática: a definição de um modelo humano. Essa é fortemente questionada pelo *duo*, sendo considerado para EA₂ como algo ilógico, ponto de vista que irá influenciar decisões futuras durante o processo de resolução da situação.

O fato de protocolo ter o desenho de um boneco para servir de modelo e, no enunciado da situação, haver uma condição para escolha de um modelo humano pode ter levado o *duo* a acreditar que tal condição era ilógica (Figura 73). Isso culminou em uma reação *ad hoc* do *duo* que consistiu em desprezar a escolha de um modelo humano e usar o *software* para definir as razões sem correlação com um modelo dado. Há uma nítida alteração da situação matemática, ou seja, os estudantes-atores do grupo D passam a resolver uma situação que não é mais a original [02:25 a 03:10].

Figura 73 – Desenho do boneco (1.º modelo) e condição de escolha de um modelo humano



I – Escolha uma pessoa do seu grupo como modelo e verifique a razão entre as medidas das partes do corpo (ver boneco);

Fonte: Elaborada pela autora.

b) Configuração didática – artefato:

Os demais eventos imprevistos, decisão *ad hoc* e reação *ad hoc* têm relação com a configuração didática e o modo de execução (*mise en œuvre*).

Os estudantes-atores revelaram muita dificuldade quanto ao uso da versão do *software* GeoGebra para *tablet*, especialmente, no que diz respeito ao controle deslizante, ferramenta do GeoGebra que já conheciam, mas na versão do GeoGebra para *notebook*. Isso coloca em xeque (

Trecho 34) a escolha do *tablet* feita pelas formadoras para ser o artefato suporte à resolução da situação matemática [06:27 a 07:21].

Trecho 34 – Artefato suporte

EA₁: *E aí? E aí? Assim é muito ruim, pô!*

EA₂: *por isso no notebook seria muito melhor. Como vai fazer um controle deslizante aqui?*

Para ajudar os estudantes, a formadora F₁ toma as seguintes decisões *ad hoc*: reproduzir em um *notebook* a construção feita pelo *duo* no *tablet* [13:55 a 14:30] e, logo em seguida, fazer a troca (Figura 52) do *tablet* pelo *notebook* [14:31 a 14:59]. O *duo*, ao receber o *notebook*, retoma a tentativa de construção que não funcionou no GeoGebra – uso do controle deslizante. Entretanto, para isso, em reação *ad hoc*, os EA deletam a construção feita pela formadora F₁[15:13 a 16:17].

É provável que isso tenha ocorrido porque a construção tinha os mesmos objetos, construídos por ferramentas diferentes das que o *duo* tinha utilizado no *tablet*; e eles não sabiam como colocar o controle deslizante depois que os objetos haviam sido construídos.

Configuração didática – Tempo:

Diferentes interrupções, relatadas na discussão sobre a linha do tempo do modo de execução (Figura 60), tomam do *duo* minutos do tempo de resolução da situação matemática. A exemplo disso, a troca do *tablet* pelo *notebook* [14:31 a 14:59] ou, ainda, a busca pelo

carregador [23:19 a 23:39] e o ato de inicializar o *notebook* [23:40 a 26:39]. Soma-se a isso a dificuldade que EA₁ e EA₂ apresentam para articular conhecimento matemático e conhecimento da tecnologia para resolver a situação proposta, na instrumentação. Isto resultou, já na sétima etapa do processo de resolução, em desespero do *duo* [29:29 a 35:35], que já não discutem, nem refletem sobre suas decisões, como nas etapas anteriores.

Trecho 35 – Momentos finais da atividade.

EA₂: *num instante voa.*

EA₂: *[continua movimentando a construção].*

EA₁: *entendo. [...] mas como é pra fazer, pra rebater pra [...] mesmo [...].*

EA₂: *eu não lembro [...].*

EA₁: *sim. Sim, não tem isso não? Esse aqui que tá um de um lado e do outro? Reflexão!*

[Refere-se à ferramenta do GeoGebra “Reflexão em relação a uma reta”].

EA₂: *[seleciona a ferramenta “Reflexão em relação a uma reta”]. Tá dando errado D., tá aí!*

EA₁: *dava pra gente ter feito as pernas com reflexão [...] [conseguem construir as pernas, enquanto a professora encerra o experimento].*

Esse evento imprevisto revela mudança de objetivo do *duo* em relação à situação e, conseqüentemente, na regra de ação desses, uma vez que as ações mostram, apenas, o interesse em resolver a situação – fazer o boneco no GeoGebra –, ainda que a construção esteja errada. Embora o ocorrido tenha relação direta com o modo de execução da situação, ele também destaca um aspecto que deve ser repensado no melhoramento da OI_p, o tempo de execução da tarefa, que é definido na configuração didática, com fortes reflexos sobre o modo de execução previsto, evidenciado na *performance* didática.

c) Modo de execução – execução de papéis e funções:

É na configuração didática que os papéis e as funções de cada participante são definidos, mas é na previsão do modo de execução, que o formador prevê o quê, quando e como cada participante irá executá-los. Assim, na *performance* didática, pode-se identificar eventos imprevisíveis, decisões *ad hoc* (formadora) e reações *ad hoc* (estudantes-atores).

Ao definir o protocolo de orientação, as formadoras não determinaram quais estudantes iriam executar os papéis, nesses definidos. Foi previsto, apenas, que eles fariam essa escolha (OI₂). Entretanto, sendo EA₁ e EA₂ estudantes-atores, os quais iriam resolver a situação matemática, eles deveriam discutir e definir, em comum acordo (OI₂), quem iria ficar no controle e quem iria colaborar, mas isso não ocorreu [00:06 a 00:09]. O evento imprevisto

identificado revela que o *duo* inicia a resolução da situação já com EA₂ no controle do *tablet*, sem deixar escolha a EA₁, que fica na colaboração.

Figura 74 – EA₂ fica no controle do *tablet* e do protocolo de orientação



Fonte: Elaborada pela autora.

Entretanto, há momentos em que EA₁ assume o controle momentâneo do artefato, como já discutido anteriormente na linha do tempo do modo de execução (Figura 62). Dentre esses momentos, um em especial traz à tona a necessidade de se especificar melhor, no protocolo de orientação, funções e a possibilidade de troca de funções. Diante do evento inesperado – aviso do *notebook* de descarregamento de bateria –, EA₂ busca um carregador. E EA₁, por reação *ad hoc*, assume o controle do artefato e, com mais tempo que nas outras tentativas, manipula e reflete sobre a construção [28:14 a 29:30]. Antes de descarregar, EA₂ volta, mas deixa EA₁ no controle, enquanto aguarda o carregador.

Outra situação inesperada que coloca o elemento função no centro das atenções é a solicitação do estudante observador – EO₂ à formadora – F₁. Ele deseja garantir a qualidade de seu trabalho que é filmar (Figura 75). Mas EA₁ e EA₂ falam baixo. EO₂ sabe que a orientação é de não se comunicar com os estudantes-atores, mas pede autorização a F₁ para isso [09:20 a 09:39].

Figura 75 – EO₂ filma com um *tablet* o trabalho do *duo*



Fonte: Elaborada pela autora.

F₁, ao perceber que a não captura do áudio, de fato, poderia comprometer o trabalho de EO₂, toma a decisão *ad hoc* e autoriza que ele fale com EA₁ e EA₂ [09:20 a 09:39]. Essa solicitação destaca a necessidade de especificação sobre as possibilidades de comunicação entre os participantes do grupo que exercem diferentes papéis/funções ao iniciar o experimento.

O papel/função exercido pela formadora também é colocado em evidência. As decisões *ad hoc* por F₁ tomadas revelam sua habilidade para mediar diferentes eventos que vão ocorrendo durante a OI_p. Assim, identificou-se a mediação de F₁ a partir da percepção de que EA₁ e EA₂ precisavam de ajuda, como no evento de preparação do *notebook* e troca deste pelo *tablet* [13:55 a 14:30; 14:51 a 14:59].

Figura 76 – F₁ tenta reproduzir, no *notebook*, a construção feita no *tablet* pelo *duo*



Fonte: Elaborada pela autora.

A mediação das formadoras é feita quando solicitada, tal como ocorreu no evento imprevisto de descarregamento da bateria do *notebook* no qual EA₁ solicita a F₁ um carregador [23:19 a 23:30]. E, ainda, quando EA₁ e EA₂ sentem dificuldade de definir uma variável para o controle deslizante e perguntam como fazer isso, e F₁ responde com outra pergunta: “E não dá pra fazer sem o controle deslizante, não?”. Essa mediação termina se configurando em um evento imprevisto, porque se esperava uma resposta, mas a mediação devolveu outra pergunta, a qual influencia o *duo* a tentar estratégias sem o controle deslizante [08:40 a 09:02].

Mas nem todos os eventos inesperados foram percebidos pela formadora no momento da *performance* didática. A exemplo disso, tem-se a provocação do estudante-observador EO₁ que, diante da dificuldade do *duo* para responder à situação matemática, diz que depois irá ensinar aos EA como fazer [23:27 a 23:30], o que irrita o *duo*, especialmente, EA₂.

Trecho 36 – Provocação de EO1:

EO₁: quando terminar aqui, vou ensinar como é que se faz!

EA₂: mas tu... não é para ensinar não. Tu não podes ensinar nada.

Figura 77 – Mediação de F₁ por meio de uma pergunta



Fonte: Elaborada pela autora.

Esse evento faz refletir sobre a importância do registro da aula orquestrada para análise posterior. É impossível ao formador captar todos os eventos que ocorrem à sua volta enquanto a orquestra se desenrola, mas ter acesso a esse, ainda que posteriormente, é relevante para diagnóstico do quão favorável foi a orquestração e da identificação dos aspectos que demandam melhoramento.

5.3.3 A orquestração instrumental 2 – Observação da prática

Nesta seção, são apresentadas a situação (S₂) e a orquestração instrumental 2 (OI₂) da MOI. Apresentam-se, ainda, as análises *a priori* da situação e OI₂, assim como método de coleta e análise de dados dessa OI, um experimento que visa à observação da prática. Por fim, os resultados são descritos e analisados e a *performance* didática da OI₂ discutida.

A orquestração instrumental 2 (OI₂) foi criada para alguns dos estudantes de cada grupo (estudantes-observadores – EO) observarem a execução da OI_p realizada pelos estudantes-atores (EA) dos mesmos grupos. Os dados produzidos pelos EO, posteriormente, poderão ser observados e analisados por todos os estudantes na OI₄.

Isso faz da OI_p um artefato para os estudantes-observadores da OI₂. Enquanto os estudantes-atores buscam resolver a situação matemática, assumindo o papel do aluno de sala de aula, os estudantes-observadores assumem o papel de pesquisadores da sala de aula, o qual observa, registra, analisa o que seus estudantes fazem, como fazem e o porquê de suas ações.

5.3.3.1 A situação de observação da prática

Vislumbra-se que essas observações feitas pelos EO e pelos GeoGebra (arquivo) e *aTube Catcher* (vídeo) sirvam para que os grupos possam identificar eventos da OI_p , que compõem um banco de exemplos, relacionados aos elementos da OI. A seguir, apresentam-se a situação de formação proposta da OI_2 e a classe de situação de formação definida:

- a) **situação de formação:** definir critérios, à luz do modelo teórico da orquestração instrumental, para observação de um experimento pautado nesses critérios;
- b) **classe de situação de formação:** definir critérios à luz de um modelo teórico para observação de um experimento pautado nesses critérios.

É relevante notar na descrição da situação de formação da OI_2 que sua essência é observar os elementos da *performance* didática relativa à resolução da situação matemática da OI_p . A OI_2 se desenrola em dois momentos distintos: o primeiro $OI_{2.1}$ ocorre antes da observação. É o momento em que há a definição de critérios para guiar a observação dos estudantes-observadores (EO_1 e EO_2); e o segundo, $OI_{2.2}$, ocorre quando se dá início à observação da OI_p , pautada nos critérios já definidos, ou seja, simultaneamente.

Espera-se com a realização da situação de formação:

- a) do ponto de vista do formador: favorecer a apropriação da OI por meio da observação da prática da realização de uma situação matemática com suporte de uma OI.
- b) do ponto de vista dos estudantes:
 - definir critérios na execução da $OI_{2.1}$, pautados nos fundamentos e princípios da Orquestração Instrumental;
 - identificar eventos na execução da $OI_{2.2}$, na observação da OI_p , que coloquem em evidência elementos do modelo teórico;
 - articular os critérios definidos na $OI_{2.1}$ aos eventos identificados à luz do modelo teórico na $OI_{2.2}$ para o registro analítico do processo de resolução da situação matemática;
 - gerar dados para futura análise da OI_p , à luz da Orquestração Instrumental, a ser apresentada na OI_4

A situação de formação da OI₂ foi criada, tomando por base técnicas de coleta de dados comuns à metodologia de pesquisa. Entretanto, elas também são comuns à prática docente, tais como a observação e o registro cursivo que são mais usuais e a filmagem (vídeo e captura de tela) que cada vez mais tem ganhado espaço para registro e compartilhamento do trabalho docente.

5.3.3.2 Análise a priori da situação de formação

A situação de formação foi elaborada pressupondo que os estudantes-observadores já tenham participado do fórum realizado na OI₁. E, ainda, que tenham feito a leitura do *webdoc* sobre a OI, que é o texto/artefato que subsidia a participação no Fórum. A Figura 78 a seguir traz a descrição detalhada da situação proposta:

Figura 78 – Situação de formação da orquestração instrumental 2

| |
|--|
| <p>Situação de formação: elaborar critérios para observação (anotação e filmagem) da tarefa matemática, fundamentados na Teoria da Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2005).</p> <p>I - Considere, para elaboração dos critérios, os processos de gênese instrumental, os esquemas de utilização, os aspectos de gestão que podem interferir (contribuindo ou não) com a execução da tarefa matemática (condições dadas pelas professoras para realização da tarefa, organização do grupo, escolha de recursos, as ações de cada estudante executor, etc);</p> <p>II - Considere, durante a observação e a anotação, os critérios elaborados por vocês e as orientações;</p> <p>Crítérios de Observação:</p> <p>(a) _____</p> <p>(b) _____</p> <p>(c) _____</p> <p>(d) _____</p> <p>(e) _____</p> |
|--|

Fonte: Recorte do protocolo de orientação dos estudantes-observadores.

Pode-se observar que o item I (Figura 78) dá exemplos de que aspectos devem ser considerados para definir os critérios de observação. Já o item II apresenta uma condição inerente à situação: que a observação e o registro sejam orientados pelos critérios definidos pelos estudantes-observadores.

A condução da observação pelos critérios estabelecidos é, na verdade, um convite à reflexão, à análise dos eventos que vão sendo observados à luz do modelo teórico. Dessa forma, optou-se por prever como os estudantes-observadores poderiam resolver a situação de formação proposta. Sendo assim, entende-se que os estudantes-observadores poderão:

- a) definir critérios pautados no modelo teórico e utilizá-los para observar a OI_p : para definir os critérios de observação, os estudantes-observadores poderiam discutir elencar alguns aspectos que julgassem relevantes observar a respeito do modelo teórico e estabelecer relações com o experimento observado. É possível que, para isso, sigam, inclusive, as sugestões indicadas no protocolo de orientação. Nesse caso, temáticas como: uso dos artefatos, conhecimentos evocados, instrumentalização, instrumentação, situações, configuração didática, modo de execução, eventos inesperados e decisões *ad hoc*, entre outras, podem compor a lista de critérios de observação.
- b) definir critérios pautados no modelo teórico e não os utilizar para observar/registrar a OI_p : pode ser que os estudantes-observadores definam os critérios, tal como descrevemos em (I), mas que não os utilize durante a observação/registro. Nesse caso, eles podem se dedicar em filmar e escrever tudo que estão vendo sem nenhum direcionamento ou relação com os elementos teóricos em foco. Pode ser, ainda, que escolham algo muito específico para focar, como a situação matemática ou o uso de um artefato.
- c) definir critérios sem relação com o modelo teórico para observar/registrar a OI_p : é possível que alguns estudantes participem da OI_2 sem ter participado da OI_1 (fórum de perguntas e respostas sobre o *webdoc* lido). Assim, os observadores podem definir critérios de observação que nada tenham a ver com o modelo teórico em estudo. Nesse caso, não podemos descartar que algum critério definido tenha relação com os elementos teóricos em foco, entretanto os registros ajudarão ao professor identificar indícios de uma leitura prévia sobre a temática em foco. Isso porque tais critérios devem guiar o registro no segundo momento da OI_2 , logo, esses também serão discutidos à luz do modelo teórico;
- d) não definir critérios, apenas observar/registrar a OI_p : independente da leitura ou não do *webdoc*, pode ocorrer de os estudantes-observadores não definirem os critérios de observação e, ao final, elencar ou não a partir do observado. Assim, é possível que se dediquem a filmar e escrever sobre tudo o que estão vendo ou a partir de um foco específico.

5.3.3.3 Configuração didática – OI₂

Após a criação da situação, uma configuração didática e um modo de execução foram pensados para vivência da OI₂, considerando os dois momentos estabelecidos OI_{2.1} – definição de critérios e OI_{2.2} – observações à luz dos critérios definidos. A seguir, apresentaremos os recursos, o tempo e as funções a serem desenvolvidas pelos sujeitos envolvidos.

Recursos previstos para a OI₂ e suas respectivas funções:

- a) **Estudantes (dois):** previram-se no mínimo dois e no máximo três estudantes para assumir o papel de estudante-observador. Esses devem seguir as orientações do protocolo impresso e definir entre eles quem irá assumir as funções de filmar o experimento e a de realizar registros escritos segundo critérios preestabelecidos. O observador que filmar deverá salvar e enviar o arquivo para as formadoras e o que fizer o registro escrito, utilizar para isso as folhas disponibilizadas pelas formadoras no protocolo de orientação impresso. Eles devem devolver o documento identificado com os nomes dos participantes do grupo, segundo seus papéis (estudante-ator, estudante-observador). Esse documento é então disponibilizado para todo o grupo em uma pasta virtual, para subsidiar a OI₃ e OI₄;
- b) **protocolo de orientação:** no formato impresso, foi elaborado para informar os estudantes-observadores sobre a situação que deveriam resolver. Também orienta a definição de critérios e apresenta sugestões para ajudar na execução dessa situação. Há também um espaço para deixar os critérios registrados de forma que, ao iniciar o trabalho de observação, os estudantes possam sempre consultá-los. Há, também, algumas condições relativas às condutas a serem adotadas pelos observadores, no que diz respeito à filmagem ou ao registro escrito. Constam ainda nesse protocolo algumas folhas para que um dos observadores faça os registros de sua observação;
- c) **tablet/celular:** as formadoras disponibilizaram um *tablet* para os EO que não quisessem utilizar seu próprio celular para realizar a filmagem do experimento. Ao iniciar o trabalho de observação, ou um pouco antes, o *software* de captura de tela é acionado por um dos observadores no computador em que os EA irão trabalhar;
- d) **formadoras:** são responsáveis pela gestão da sala; apresentação da situação aos estudantes; organização e distribuição dos *tablets* e dos protocolos de orientação; controle do tempo e de ações dos estudantes que estejam fora do contexto da orquestra, as quais possam comprometer o bom andamento dessa. É, ainda, sua

função a mediação e o suporte técnico e didático-pedagógico, sempre que solicitado ou quando necessário, mesmo que os EO não solicitem;

- e) **tempo**: antes de iniciar o experimento, serão disponibilizados 30 minutos para distribuir os artefatos, explicar a dinâmica do trabalho e permitir que os grupos se organizem, escolham os papéis e definam os critérios de observação. Também serão disponibilizados mais 30 minutos para a realização da observação do experimento (OI_p).

5.3.3.4 Modo de execução – OI₂

Um modo de execução para OI₂ também foi previsto e consiste no trabalho colaborativo dos estudantes-observadores para, inicialmente, definir critérios de observação à luz do modelo teórico (OI_{2.1}). Na sequência, ao iniciar a resolução da situação matemática (OI_p), o trabalho passa a ser individual. Assim, EO₁ faz o registro videográfico com artefato de sua escolha, *tablet* disponibilizado pela professora ou celular pessoal, enquanto EO₂ faz registro cursivo no protocolo impresso de orientação. Simultaneamente, o trabalho do *duo* é registrado pelo *software* de captura de tela.

Os EO, durante a OI_{2.2}, deverão seguir trabalhando individualmente, ou seja, não devem se comunicar entre si, nem com os demais componentes do grupo ou com outros colegas da sala, salvo com as formadoras, quando necessário. EO₁ e EO₂ devem focar em eventos que melhor poderiam exemplificar elementos teóricos da OI, bem como garantir a qualidade do áudio e da imagem, e, ainda, registrar os gestos, as frases e quaisquer outros aspectos que possam ser correlacionados à OI.

Inicialmente, procurou-se prever alguns eventos relacionados à atuação dos estudantes-observadores na OI₂. Por se tratar de uma orquestra que se desenvolve em dois momentos distintos, sendo um deles simultâneo à outra orquestra, a OI_p, as previsões foram realizadas com base em duas etapas: a primeira, a definição dos critérios de observação; a segunda, o uso desses critérios para executar as funções, filmar e fazer registro cursivo.

Assim, verificaram-se os esquemas dos estudantes observadores nas seguintes situações:

- a) definição dos critérios – OI_{2.1} – EO₁ e EO₂:
 – definir juntos os critérios, podendo um colaborar mais ou menos, a depender da leitura do *webdoc* sobre o modelo teórico;

- definir os critérios de forma individual, ou seja, por apenas um dos estudantes que tenha lido o *webdoc*, enquanto o outro apenas acompanha o trabalho, em caso de não leitura;
 - definir os critérios em colaboração com os demais componentes de seu grupo, ou seja, os estudantes-atores EA₁ e EA₂, uma vez que a resolução da situação, nesse momento, ainda não terá sido iniciada;
- b) realização do registro cursivo na OI_{2.2} por EO₁:
- anotações no protocolo de orientação, pautado ou não nos critérios definidos, sem gerar interferências ao trabalho dos estudantes-atores e/ou ao outro observador, com ou sem interação com as formadoras;
 - anotações no protocolo de orientação, pautado ou não nos critérios definidos, gerando interferências ao trabalho dos estudantes-atores e/ou ao outro observador, com ou sem interação com as formadoras;
- c) realização do registro videográfico na OI_{2.2} por EO₂:
- com celular e/ou *tablet*, com foco na captura de eventos pautados ou não nos critérios definidos, sem gerar interferências ao trabalho dos estudantes-atores e/ou ao outro observador, com ou sem interação com as formadoras;
 - com celular e/ou *tablet*, com foco na captura de eventos pautados ou não nos critérios definidos, gerando interferências ao trabalho dos estudantes-atores e/ou ao outro observador, com ou sem interação com as formadoras.

5.3.3.5 Método de análise da OI₂

A OI₂, como já informado, ocorreu simultaneamente à OI_p e tinha como objetivo central a observação da OI_p para registro dessa. Para isso, duas subsituações que compõem a situação da OI₂ foram definidas para os EO₁ e EO₂):

- a) definição de critérios de observação correlatos a elementos que compõem o modelo teórico que se buscava apreender; e
- b) o registro (escrito e filmado) pautado nestes critérios.

As formadoras não especificaram no protocolo quem iria realizar assumir as funções seja estudante-ator (OI_p), seja estudante-observador (OI₂). Isso gerou uma discussão para definir quem iria assumir tais papéis e suas funções. Essa discussão foi captada pelo *software*

de captura de tela (*aTube Catcher*) já instalado e acionado, antes mesmo de o experimento EO_{2.2} e OI_p iniciarem.

Assim, três tipos de dados foram produzidos para análise:

- a) a discussão que definia quem do grupo seria estudante-ator ou estudante-observador, registrada com ajuda do *software* de captura de tela;
- b) a discussão da definição dos critérios de observação segundo o modelo teórico em estudo, também registrada com *software* de captura de tela;
- c) os registros resultantes das observações de EO₁ e EO₂ da OI_p: o protocolo de observação com registro escrito produzido pelo EO₁ e a transcrição do filme produzido pelo estudante-observador 2.

O interesse em analisar os dados gerados pelo *software* de captura de tela dá-se pelo potencial do *software* em capturar todas as ações dos EA. Isto é possível porque ele captura a tela do computador e o áudio também. Além disso, muitos dos registros feitos pela captura de tela são situações imprevistas e que revelam fragilidades da orquestração criada.

Inicialmente, tem-se a discussão dos estudantes do grupo D a partir de critérios de escolha para definir quem iria assumir os papéis das orquestrações simultâneas OI₂ e OI_p. Essa apresenta informações sobre os conhecimentos dos estudantes a respeito do GeoGebra e do modelo teórico em estudo. E, ainda, como estes conhecimentos influenciam as suas escolhas quanto ao que fazer em trabalhos em grupo. Na sequência, tem-se a discussão para a definição dos critérios de observação que, embora curta, apresenta a quebra de uma regra definida no protocolo de orientação.

Os dados gerados foram selecionados, organizados, classificados e analisados de acordo com a técnica de análise microgenética-videográfica da transcrição dos vídeos produzidos pelo *software aTube Catcher* e pelo EO₂, juntamente com o conteúdo do protocolo de observação de EO₁. O instrumento criado para analisar os dados da OI₁ foi adaptado e utilizado para analisar os dados da OI₂. Com a análise dos conteúdos gerados pela observação e filmagem, objetivava-se:

- a) identificar os critérios elaborados pelos estudantes para definir seus papéis e executar suas funções quando confrontados com a situação de formação proposta;
- b) identificar componentes dos esquemas (subobjetivos, regras de ação, invariantes operatórios, possibilidades de inferências) dos estudantes na realização da situação

de formação na OI_2 , com foco no que já estudaram na OI_1 e demonstram conhecer sobre a OI .

Um índice de eventos foi organizado considerando os diferentes momentos da execução da OI_2 . No momento $OI_{2.1}$, têm-se duas etapas: (I) Escolha dos papéis e (II) Definição dos critérios de observação. No momento $OI_{2.2}$, tem-se a etapa (III) Observação pautada nos critérios pré-definidos.

5.3.3.6 *Performance* didática da OI_2

Antes de iniciar o experimento da OI_p , as formadoras distribuíram, entre os quatro grupos presentes na sala de aula, um protocolo de orientação para estudantes-atores e estudantes-observadores. A partir do momento em que eles tomaram conhecimento da necessidade de distribuição de papéis, os membros do grupo D iniciaram uma discussão.

A partir do uso dos procedimentos indicados na técnica de análise microgenética, criou-se um índice de eventos, organizado em duas etapas:

- a) escolha dos papéis, descrita em quatro eventos; e
- b) a definição dos critérios de observação, descrita em apenas um evento. Estas etapas pertencem ao primeiro momento da $OI_{2.1}$.

5.3.3.6.1 *A Escolha dos papéis – $OI_{2.1}$*

A análise microgenética da discussão sobre a escolha dos papéis revelou os seguintes critérios de escolha:

- a) ter lido o *webdoc* para escolha dos EO;
- b) ser instrumentalizado com o GeoGebra para escolha dos EA;
- c) lançar a sorte para decidir o EA ou EO entre os três que conhecem o GeoGebra;
- d) definição do critério de indicar a si mesmo ou a outro para ser EA ou EO.

No trecho 6, pode-se perceber o interesse de EA_1 em decidir quem fica com o papel de estudante-observador. O critério que EA_1 utiliza é a verificação de quem leu o texto (*webdoc*) mais ou menos.

Trecho 37 – Fala de EA₁ sobre leitura do *webdoc*.

EA₁: *Eu faço assim [...] já que ele leu o texto ... tu leu muita coisa [pergunta a EO₂]?*

EA₁: *tu leste mais coisa do texto do que eu.*

EO₁: *eu li o texto, mas faz tempo. Eu tenho que ler de novo.*

EA₁: *eu também.*

EO₁: *eu sei uma coisa ou outra aqui.*

A ideia explícita no trecho 6 é que quem afirmar ter lido mais será o observador, já que será necessário algum domínio sobre a OI para definir os critérios de observação e observar de forma guiada por tais critérios. Quem afirmar ler menos será o estudante-ator. Entretanto, EA₁ e EO₁ parecem ter interesse pelo papel de estudante-ator, por isso não entram em acordo.

Quadro 35 – Definição e uso do critério “ter lido o *webdoc* para escolha do EO”

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|---|--|--|--|
| Distribuir os papéis entre os membros do grupo. | EA ₁ : definir como critério de escolha para assumir o papel de estudante-observador – ter lido o <i>webdoc</i> . EA ₁ : sondar quem do grupo leu o <i>webdoc</i> para assumir o papel de estudante-observador. EA ₁ : comparar quem leu mais que os demais para assumir o papel de estudante-observador. | EA ₁ : a partir de um critério, pode-se classificar um grupo em dois subgrupos. EA ₁ : se conhecer o <i>webdoc</i> , pode assumir o papel de observador. EA ₁ : se tiver conhecimento de elementos sobre a orquestração instrumental, pode assumir o papel de observador. | EA ₁ : três leram o texto, mas querem ficar na resolução da situação; logo, melhor partir a escolha pela definição de quem atua com o GeoGebra. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Sem sucesso na primeira tentativa de distribuição de papéis, EA₁ apresenta um novo critério: ser instrumentalizado com o GeoGebra para a escolha do EA. Nesse evento (trecho 2), EA₁, EA₂ e EO₁ revelam interesse pelo papel de estudante-ator a partir da reação negativa de EA₁ pela autoindicação de EA₂ e da reação negativa de EO₁ que percebe o interesse de EA₁ e EA₂ pelo papel. EA₂ procura justificar sua permanência como estudante-ator com o fato de que um dos colegas do grupo não domina o GeoGebra.

Trecho 38 – Discussão entre EA₁, EA₂ e EO₁ pelo papel de estudante-ator.

EA₁: *quem vai mexer no GeoGebra? Bora lá...*

EA₂: *eu!*

EA₁: *Eu? Ele já bota eu!*

EA₁: *ele [EO₂] fica como observador que anota e eu filmo e, vocês dois ficam no GeoGebra já que ele [EO₂] não sabe.*

EO₁: e quem vai fazer a tarefa são vocês?
EA₂: é, porque ele [EO₂] não entende nada do GeoGebra.

O trio parece concordar com a indicação de um de seus colegas para ser EO, já que não domina o GeoGebra (Quadro 36). Mas os estudantes não entram em acordo sobre quem vai assumir as duas vagas para estudante-ator.

Quadro 36 – Definição e uso do critério “ser instrumentalizado com o GeoGebra para escolha do EA”.

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|---|---|---|---|
| Distribuir os papéis entre os membros do grupo. | <p>EA₁: mudar o critério de escolha de estudante-observador para estudante-ator – saber utilizar o GeoGebra.</p> <p>EA₁: sondar quem deseja trabalhar no GeoGebra para fazer a situação matemática.</p> | <p>EA₁: se for instrumentalizado com o GeoGebra, pode assumir o papel de ator.</p> <p>EA₁: se não souber mexer no GeoGebra, assume o papel de observador.</p> | <p>EA₁: para resolver a situação, precisa saber mexer no GeoGebra. Apenas um não sabe. Portanto, EO₂ assume papel de Observador.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

EA₂ fica no controle do *notebook* (mexendo), dando indícios de que não aceitará o outro papel (gestos observados no vídeo). Mas, percebendo que EA₁ e EO₁ não reagiram bem à sua ação, EA₂ propõe lançar a sorte (Trecho 39), na tentativa de ao menos na sorte conseguir a vaga.

Trecho 39 – Fala de EA₂ que define e sugere uso de o “critério lançar a sorte”.
EA₂: [...] zero ou um.
EA₂: [...] aqui é zerinho ou um, tá ligado?
EA₂: vamos botar um zero ou um.
EA₂: zero ou um.

Percebe-se na fala de EA₂ uma tentativa de garantir nem que seja por sorteio o papel que tanto almeja – estudante-ator. A ideia é tentar resolver a situação lançando a sorte.

Quadro 37 – Definição do critério “lançar a sorte para decidir o EA ou EO entre os três que conhecem o GeoGebra”

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|---|--|---|---|
| Distribuir os papéis entre os membros do grupo. | EA ₂ : abandonar a classificação e dividir os papéis pela sorte. EA ₂ : lançar a sorte para definição dos papéis entre os participantes do grupo. | EA ₂ : em caso de não se ter consenso, tira-se na sorte. | EA ₂ : o critério quanto ao saber necessário para ser observador não resolve. O critério quanto ao saber necessário para ser ator deixa em dúvida ainda três estudantes. Portanto, usa-se a sorte. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Mas os demais componentes do grupo D parecem não concordar com a sugestão de lançar a sorte de EA₂ (Quadro 37). Já sem tempo, a partir da cobrança pela definição dos papéis, pela formadora F₂, EA₂ e EA₁ partem para distribuição por indicação, a qual ocorre por:

- a) imposição
- b) aceitação
- c) autoindicação

Na primeira tentativa de de indicação (Trecho 40), por imposição, EA₂ decide que EO₁ e EO₂ deverão ser observadores, mesmo diante da reação negativa de EO₁, que não aceita nenhuma das funções do observador (anotar ou filmar).

Trecho 40 – Distribuição de papéis por imposição:

(a) por imposição:

EA₂: vocês dois.

EO₁: nós dois vamos gravar?

F₂: não, um grava e o outro anota.

EO₁: e quem é o que anota?

EA₁: vai decidir agora [risos].

EA₂: vocês dois [...] vai querer anotar ou vai querer gravar?

EO₁: não sei.

EA₁: tá, eu filmo e tu escreve.

EO₁: eu tenho Parkinson, não posso.

EA₂: vai filma.

EO₁: mas tem que filmar com isso aí?

O segundo caso de indicação (trecho 41), por aceitação, EO₂ se coloca à disposição para ser observador, independente da função que tenha que exercer. Por indicação de EA₁, EO₂ aceita fazer a filmagem.

Trecho 41 – Distribuição de papéis por aceitação.

(b) por aceitação:

EO₂: Já tá gravando, viu?

EA₁: Peraí.

EO₁: O que é que tu queres?

EO₂: Eu quero lápis e uma caneta.

EO₁: Tu queres um lápis e uma caneta?

EO₂: Um lápis e uma folha.

EO₂: Eu estou aqui sozinho...

EA₁: Vocês [refere-se a EO₁ e EO₂] vão se ajudar...

EO₁: Ele [EO₂] não sabe mexer nisso aqui. (refere-se à câmara do tablet/para filmar)

EO₂: Eu vou fazer um rascunho

EA₁: Bora, tu filma [EO₂].

EO₂: Ok. [...] posso começar?

EA₂: Calma!

EO₂: Já tá gravando, viu?

O terceiro caso (trecho 11), indicação por autoaceitação, EA₂, como já esperado, mantém-se no controle do *tablet*, mexendo no GeoGebra, autoindicando-se. EA₁ conseguiu que EO₂ aceitasse ser observador para filmar. Restava uma vaga para estudante-ator, a qual revelava desde o início seu interesse.

Trecho 42 – Distribuição de papéis por autoindicação.

(c) por auto escolha

EA₂: apaga os desenhos no tablet ...

EA₁: vai começar? vai? Bora, eu e tu (EA₁ e EA₂ para fazer a situação matemática).

EA₂: Tenta fazer um... como... que esqueci... não lembro mais quase nada...

Sendo assim, EA₁ propõe a EA₂ que ambos sejam estudantes-atores; nesse caso, uma vez que EA₂ já estava no controle do *tablet*, EA₁ assumiria a função de colaboração. Sem opção, EO₁ vê-se obrigado a aceitar o papel de estudante-observador e a função de fazer registro cursivo.

Quadro 38 – Definição do critério “indicar a si mesmo ou a outro para ser EA ou EO”

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|---|---|--|--|
| Distribuir os papéis entre os membros do grupo. | <p>EA₂: indicar EO₁ e EO₂ para serem os observadores.</p> <p>EA₁/EA₂: insistir na indicação de EO₁ e EO₂ para que observem.</p> <p>EO₁: resistir à “indicação”, mas termina sem opções, uma vez que EA₁ e EA₂ se autoescolhem para o papel de estudante-ator e EO₂ aceita a indicação para estudante-observador responsável pela filmagem.</p> <p>EA₁: negociar com EO₁ para que seja observador, seja filmando, seja registrando os eventos.</p> <p>EO₂: aceitar fazer a filmagem do experimento da OI_p, exercendo o papel de estudante-observador, o qual revela ter experiência.</p> <p>EA₁/EA₂: escolher a si próprio e a outro por afinidade.</p> | <p>EA₁/EA₂: realizar trabalho individual não demanda afinidade entre participantes (estudante-observador).</p> <p>EA₁/EA₂: realizar trabalho colaborativo com quem se tem afinidade é mais produtivo (estudante-ator.)</p> | <p>EA₁/EA₂: o trabalho dos estudantes-atores deve ser colaborativo. O trabalho dos estudantes-observadores deve ser feito individualmente. Logo, é importante ter afinidade entre os estudantes-atores.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

Os diferentes tipos de indicação, verificados nesse evento para distribuir os papéis, colocam em evidência a afinidade entre EA₁ e EA₂, tal como o interesse de ambos em executar o papel de estudante-ator. Esses aspectos favoreceram a formação do *duo*.

5.3.3.6.2 A definição dos critérios de observação – OI2.1

De acordo com o protocolo de orientação, a definição dos critérios de observação foi prevista como uma situação para os EO realizarem. Entretanto, não tendo o que fazer, enquanto os EO₁ e EO₂ trabalham, EA₁ e EA₂ decidem, ainda que contrariando a orientação do protocolo, ajudar os observadores na escolha dos critérios (Trecho 43).

Trecho 43 – Definição dos critérios de observação:

EO₂: *Profa, os critérios a gente pega do texto, não é isso?*

F₁: *é, [...] você lembra ... leu o texto?*

EO₂: *Sim.*

F₁: *o que é mais importante na orquestração instrumental? Quais são os elementos chaves?*

EO₂: *artefato e ambiente!?*

F₁: *artefato, instrumento, ...*

EA₁: *a gente já colocou aqui.*

F₁: [*F₁* passa a ler o papel anotado por eles] relação entre artefato e instrumento, que mais?

EA₂: os esquemas que a gente vai utilizar... [vai baixando a voz ao final da frase].

F₁: os esquemas do grupo.

Assim, o grupo D, de forma colaborativa, define que o foco de sua observação (Figura 79) estará sobre os eventos em que há estreita relação com o artefato/instrumento, ou seja, vão considerar os processos de instrumentação e instrumentalização. Deve focar ainda nos conhecimentos evocados, tanto os relativos ao GeoGebra quanto os relativos à matemática; sobre os esquemas colocados em evidência e nos eventos que tenham relação com o tempo de resolução da situação matemática.

Figura 79 – Critérios de observação definidos pelos componentes do grupo D

Critérios de Observação:

- (a) Artefato / instrumento
- (b) Esquemas de uso
- (c) O entendimento dos usuários sobre a funcionalidade do software
- (d) Conhecimento dos usuários sobre proporção
- (e) Tempo utilizado para realizar a tarefa

Fonte: Recorte do protocolo de orientação dos EO.

Tais critérios têm relação com o modelo teórico em estudo, apresentado no *webdoc* didático lido pelos estudantes. O Quadro 39 permite-nos verificar que tanto estudantes quanto a formadora reconhecem a relevância do artefato – *webdoc* para definição desses critérios. Fundamentados na leitura realizada, o grupo busca definir elementos centrais da OI.

Quadro 39 – Escolha de elementos da OI para serem observados e registrados

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|-------------------------------------|---|---|---|
| Definir os critérios de observação. | <p>EO₂: escolher o artefato que guiará a definição dos critérios de observação.</p> <p>F₁: buscar que os estudantes se concentrem nos aspectos importantes da OI.</p> | <p>EO₂: os critérios devem ser retirados do texto que fundamenta.</p> <p>F₁: para uma boa compreensão do modelo teórico, a observação deve se concentrar nos aspectos centrais da dessa.</p> <p>EO₂: artefato e ambiente são elementos da OI, portanto servem como critérios.</p> <p>EA₁: relação entre artefato e instrumento é elemento importante da OI.</p> <p>EA₂: esquemas de uso do GeoGebra para realizar a situação pelo grupo é um dos elementos importantes para a OI, portanto um critério.</p> | <p>EO₂/EA₁/EA₂: Os critérios escolhidos devem ser pautados no modelo teórico. Logo, retomar a memória sobre a leitura do texto (<i>webdoc</i>) lido é necessário para definir tais critérios.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

Após a escolha dos critérios de observação, com o início do experimento da OI_p, os estudantes-observadores EO₁ e EO₂ iniciam os registros dos eventos guiados por tais critérios.

5.3.3.6.3 A Observação – protocolo de observação e filmagem - OI_{2.2}

A segunda etapa da OI₂ gerou três fontes de dados: o protocolo de observação, escrito por EO₁ e o vídeo produzido por EO₂, ambos pautados nos critérios de observação. Diferentemente do protocolo escrito, a filmagem consegue capturar muito mais e com mais precisão as ações desenvolvidas pelos EO durante o experimento. Assim, verificaram-se, na filmagem, outros eventos que tinham relação com elementos do modelo teórico, não necessariamente com foco nos critérios de observação. Cinco tipos de eventos da OI_{2.2}, os quais têm relação com os critérios inicialmente definidos pelo grupo D na OI_{2.1}, foram identificados e analisados.

No Quadro 40, pode-se verificar que, para capturar e descrever eventos que retomam os conceitos de artefato e instrumento, o foco dos estudantes-observadores ficou sobre o uso de cada comando do GeoGebra e, conseqüentemente, no sucesso ou insucesso desses para a construção do boneco ou parte dele. Eventos como esses podem dizer muito sobre os processos da gênese instrumental, instrumentalização e instrumentação com o GeoGebra.

Quadro 40 – Registro de eventos relacionados aos artefatos/instrumentos em jogo

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|--|---|---|--|
| Registrar eventos da OI _p segundo os critérios de observação definidos no protocolo: 1. Artefato/instrumento 2. Conhecimentos do GeoGebra 3. Conhecimentos matemáticos 4. Esquemas de uso 5. Tempo da tarefa | EO₁/EO₂ : focar no uso de cada comando (sucessos/insucessos). EO₁/EO₂ : focar na realização com sucesso ou insucesso de partes da tarefa e da tarefa como um todo. EO₁/EO₂ : focar nas tentativas e erros de EA ₁ /EA ₂ para identificar instrumentalização (artefato)/instrumentação (instrumento). | EO₁/EO₂ : dificuldade quanto ao uso das ferramentas do GeoGebra implica em falta de instrumentalização dos estudantes-atores para a construção do boneco como todo. EO₁/EO₂ : o sucesso na construção de partes ou de todo boneco, nas condições impostas pela situação, indica instrumentação parcial ou total dos estudante-atores. EO₁/EO₂ : se conseguem construir dois objetos proporcionais, há indícios de instrumentação, ao menos neste caso. | EO₁/EO₂ : o registro de sucesso/insucessos no uso do artefato favorece a identificação dos processos de gênese instrumental: instrumentalização e instrumentação. |

Fonte: Elaborado pela autora.

O Evento 2 da OI_{2.2} diz respeito aos eventos registrados por EO₁ e EO₂ que evidenciaram o que os estudantes entendiam como esquema de EA₁ e EA₂, durante a resolução da situação matemática. EO₁ e EO₂ focam suas observações na ação e nos conhecimentos dos EA. Na verdade, eles identificam dois tipos de componentes de um esquema: subobjetivos, regras de ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferências.

Quadro 41 – Registro de eventos relacionados aos esquemas de uso dos EA

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|--|---|--|--|
| Registrar eventos da OI _p segundo os critérios de observação definidos no protocolo: 1. Artefato/instrumento. 2. Conhecimentos do GeoGebra 3. Conhecimentos matemáticos. 4. Esquemas de uso. 5. Tempo da tarefa. | EO₁/EO₂ : focar nos conhecimentos que são evocados pelos estudantes-atores durante a resolução da situação. EO₁/EO₂ : focar ações de EA ₁ /EA ₂ que revelem acertos, erros ou dificuldades quanto ao uso de ferramentas do GeoGebra para a construção proposta na situação matemática. | EO₁/EO₂ : a identificação dos conhecimentos em jogo favorece a identificação de esquemas. EO₁/EO₂ : a identificação das ações conjuntas/individuais de EA ₁ /EA ₂ favorece a identificação de esquemas. | EO₁/EO₂ : as regras de ação e os conhecimentos (conceitos em ação) são componentes dos esquemas; logo, identificá-los favorece a identificação de esquemas. |

Fonte: Elaborado pela autora.

De fato, ao considerarem as ações e conhecimentos de EA₁ e EA₂, os observadores favoreceram a identificação de subobjetivos, regras em ação, invariantes operatórios e possibilidades de inferências dos estudantes-atores. Isso pode ser melhor verificado na análise da OI_p.

No Quadro 42, o terceiro evento diz respeito aos conhecimentos dos EA sobre os artefatos disponibilizados, especialmente as duas versões do GeoGebra: *tablet* e *notebook*. Para isso, EO₁ e EO₂ focam nas escolhas certas e erradas de uso de ferramentas para construção do boneco ou parte do boneco.

Quadro 42 – Registro de eventos relacionados aos conhecimentos dos usuários em relação ao GeoGebra

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|--|---|--|--|
| Registrar eventos da OI _p segundo os critérios de observação definidos no protocolo: | EO₁/EO₂: focar nas escolhas acertadas de ferramentas do GeoGebra, por EA ₁ /EA ₂ , para a construção do boneco ou parte desse. | EO₁/EO₂: se a ferramenta escolhida favorecer a construção do boneco ou partes deste, então há indícios de que EA ₁ /EA ₂ conhecem bem, ao menos, essa ferramenta do GeoGebra. | EO₁/EO₂: a escolha de ferramentas do GeoGebra pode ser guiada pela versão que está sendo utilizada – <i>tablet</i> ou <i>notebook</i> . Logo, é possível que uma versão favoreça EA ₁ /EA ₂ mais que a outra. |
| 1. Artefato/instrumento. 2. conhecimentos do GeoGebra, 3. Conhecimentos matemáticos. 4. Esquemas de uso. 5. Tempo da tarefa. | EO₁/EO₂: focar nas escolhas “erradas” de ferramentas do GeoGebra, por EA ₁ /EA ₂ , para a construção do boneco ou parte desse. | EO₁/EO₂: se a ferramenta escolhida não favorecer a construção do boneco ou partes desse, então há indícios de que EA ₁ /EA ₂ não possui conhecimento quanto ao uso da ferramenta, ou quanto ao uso dessa integrado ao conhecimento exigido pela situação. | |

Fonte: Elaborado pela autora.

Os erros e acertos de EA₁ e EA₂ referentes às escolhas e usos de ferramentas do GeoGebra versão *tablet* e versão *notebook* permitiram inferir sobre a escolha das formadoras em disponibilizar tais versões. A depender do quanto uma ou outra favoreceu EA₁ e EA₂ na realização da situação matemática, pode-se verificar qual dessas versões é a melhor para dar suporte à resolução da situação proposta na OI_p.

No Evento 4 (Quadro 43), o foco apresentado pelos observadores está sobre as interações e ações de EA₁ e EA₂ que revelem os conhecimentos matemáticos evocados. Tanto no registro escrito como no vídeo, fica nítido o interesse dos observadores em colocar em evidência tais conhecimentos. EO₁ e EO₂ também focam nos conhecimentos matemáticos que são demandados pela situação matemática, durante as tentativas de EA₁ e EA₂ para resolvê-la, mas que eles não utilizam ou fazem uso incorreto.

Quadro 43 – Registrar eventos relacionados aos conhecimentos matemáticos

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|--|--|---|---|
| Registrar eventos da OI_p segundo os critérios de observação definidos no protocolo: 1. Artefato/instrumento. 2. Conhecimentos do GeoGebra. 3. Conhecimentos matemáticos. 4. Esquemas de uso. 5. Tempo da tarefa. | EO₁/EO₂ : focar nas interações e ações de EA ₁ /EA ₂ para identificar quais conhecimentos eles evocam ou não para a construção do boneco. EO₁/EO₂ : focar nas interações e ações de EA ₁ /EA ₂ para identificar quais conhecimentos são demandados pela situação, mas que eles não evocam durante a construção do boneco. | EO₁/EO₂ : as interações e ações irão revelar quais conhecimentos matemáticos de EA ₁ /EA ₂ evocados são compartilhados ou individuais. EO₁/EO₂ : as interações e ações irão revelar quais conhecimentos matemáticos não foram evocados por EA ₁ e EA ₂ , embora demandados pela situação matemática. | EO₁/EO₂ : o trabalho de EA ₁ /EA ₂ se dará por meio das interações (falas, individuais, discussões etc.) e ações (gestos, leituras, manuseio de artefatos etc.). Logo, são essas interações e ações que revelarão conhecimentos ou ausência de parte desses durante a resolução da situação. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Outro aspecto muito interessante nesse foco dado pelos observadores às ações e às interações dos estudantes-atores no que concerne aos seus conhecimentos matemáticos está em favorecer que se identifiquem quais conhecimentos são de EA₁ e de EA₂ e os que são de ambos. Isso é válido, por exemplo, para os conhecimentos sobre GeoGebra, ou ainda para as regras de ações e inferências.

Já no Evento 5 (Quadro 44), o foco da observação recai sobre o tempo de resolução da situação, considerando as interrupções e imprevistos que os estudantes-atores vivenciaram e que culminou na perda de tempo. Ainda que o tempo perdido não seja muito, o fato é que fará falta a EA₁ e EA₂ na resolução da situação.

Quadro 44 – Registro de eventos relacionados ao tempo de resolução da situação

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|--|--|---|---|
| Registrar eventos da OI_p segundo os critérios de observação definidos no protocolo: 1. Artefato/instrumento. 2. Conhecimentos do GeoGebra. 3. Conhecimentos matemáticos. 4. Esquemas de uso. 5. Tempo da tarefa. | EO₁/EO₂ : focar em interrupções que provoquem a tomada de tempo de resolução da situação. | EO₁/EO₂ : ocorrências que resultem em perda de tempo colocam em xeque o tempo determinado pelas formadoras para a finalização da tarefa. | EO₁/EO₂ : as interrupções podem tomar tempo do processo de resolução da situação. Logo, a depender do tempo tomado, isto pode justificar uma possível não conclusão da tarefa. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Na análise dos dados da OI_p, interrupções de diferentes tipos foram registradas, analisadas e computadas (intervalo de tempo perdido). Isso é muito relevante porque coloca em evidência o tempo definido pelas formadoras para a realização da situação, devendo considerar nesse possíveis interrupções. Enquanto elemento da configuração didática de uma OI, o tempo de execução de uma situação precisa ser cuidadosamente estabelecido.

Durante as análises dos dados gerados pelos observadores, foi possível identificar no vídeo, produzido por EO₂, mais eventos correlacionados ao modelo teórico em estudo, especificamente relativos às suas etapas: configuração didática, modo de execução e performance didática. Assim, considerando essas etapas, buscou-se organizar esses eventos que não são pautados, diretamente, nos critérios de observação definidos pelo grupo D.

5.3.3.6.4 Outros eventos observados apenas pela filmagem – OI_{2.2}

No Evento 1 (Quadro 45), é possível verificar que o foco do observador está sobre o uso de artefatos disponibilizado para a realização da situação matemática, tais como: o GeoGebra, *tablet* e *notebook*. Além desses, é foco de EO₂ as ações e discussões motivadas pelo uso do protocolo de orientação. Esse enfoque favorece inferências quanto ao potencial e limitações dos artefatos para dar suporte à resolução da situação proposta. Oportuniza, também, reflexões sobre a necessidade ou não de substituição ou melhoramento dos artefatos disponibilizados pelas formadoras.

Quadro 45 – Registro de eventos que tenham relação com a configuração didática

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|--|---|--|--|
| Registrar eventos além dos que têm relação com os critérios de observação previstos: 1. Configuração didática. 2. Modo de execução. 3. <i>Performance</i> didática. | EO₂ : focar no uso de outros artefatos utilizados por EA ₁ /EA ₂ para resolver a situação. EO₂ : focar nas ações e discussões de EA ₁ /EA ₂ resultantes do uso do protocolo de orientação. | EO₂ : o uso de outros artefatos, como o protocolo de orientação, por exemplo, pode favorecer ou não a resolução da situação. EO₂ : as ações e discussões resultantes da leitura e interpretação do protocolo de orientação irão revelar o potencial e as limitações deste artefato no suporte aos estudantes-atores para entender a situação matemática proposta. | EO₂ : as formadoras definiram o GeoGebra como artefato para resolver a situação, mas não proibiram o uso de outros artefatos. Além disso, disponibilizaram um protocolo de orientação. Logo, é relevante identificar quais artefatos EA ₁ /EA ₂ utilizam para resolver a situação. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Outro aspecto relevante quando o foco são os artefatos é a busca pela identificação de outros artefatos que possam ser agregados pelos estudantes durante o experimento. Isso porque não houve orientação contrária ao uso de outros artefatos. No caso do grupo D, os estudantes utilizaram apenas os que foram cedidos pelas formadoras.

No Quadro 46, tem-se a descrição do Evento 2. Nesse, o foco de EO₂ está na gestão dos sujeitos (estudantes-atores e formadoras), seus papéis e funções. Há um interesse em registrar as mediações realizadas pela formadora, em revelar as condutas de quem controla e quem colabora na resolução da situação, por exemplo.

Quadro 46 – Registro de eventos que tenham relação com o modo de execução

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|--|---|---|---|
| Registrar eventos além dos que têm relação com os critérios de observação previstos: 1. Configuração didática. 2. Modo de execução. 3. <i>Performance</i> didática. | EO₂ : focar na atuação de EA ₁ /EA ₂ ao executar suas funções: quem controla o artefato e quem colabora para resolver a situação. EO₂ : focar na atuação da formadora que está dando suporte ao grupo. EO₂ : focar nas interações e ações realizadas por EA ₁ /EA ₂ no uso do <i>tablet</i> e no uso do <i>notebook</i> . | EO₂ : a forma como EA ₁ /EA ₂ executam a função revelará a importância dessa para o processo de resolução da situação. EO₂ : as mediações realizadas pela formadora revelarão se estas contribuíram ou não com EA ₁ /EA ₂ , no processo de resolução da situação. EO₂ : a forma como utilizam os dois artefatos para resolver a situação irá revelar qual desses é melhor para a resolução da situação. | EO₂ : as funções, papéis e artefatos disponibilizados são escolhas das formadoras. Logo, a observação da execução destes papéis/funções e uso desses artefatos pode validar tais escolhas. |

Fonte: Elaborado pela autora.

O foco nas interações e ações dos sujeitos para destacar a atuação desses, ao executar seus papéis e suas funções, é muito importante para favorecer a validação dessas escolhas, feitas no planejamento do modo de execução da OI pelas formadoras. As análises realizadas nos dados da OI_p revelam, inclusive, se tais escolhas contribuíram ou não para o bom desempenho da orquestração.

Quadro 47 – Registrar eventos que tenham relação com a *performance* didática

| Subobjetivo | Regras de ação | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferências |
|--|--|---|---|
| Registrar eventos além dos que têm relação com os critérios de observação previstos: 1. Configuração didática. 2. Modo de execução. 3. <i>Performance</i> didática. | EO₂ : focar nas ocorrências imprevistas e nas decisões tomadas por EA ₁ /EA ₂ ou pela formadora que dá suporte à dupla durante o processo de resolução da situação. EO₂ : focar nas ocorrências imprevistas durante o trabalho de EA ₁ /EA ₂ que possam comprometer o registro deste. | EO₂ : os imprevistos e decisões tomadas para resolvê-los darão fortes indícios do bom desempenho exercido pelos sujeitos e artefatos, assim como quão boas foram as escolhas feitas pelas formadoras, ou não. EO₂ : os imprevistos e decisões tomadas para garantir o registro do trabalho de EA ₁ /EA ₂ revelarão a importância de se garantir o bom registro do experimento. | EO₂ : os imprevistos e as decisões tomadas para resolvê-los podem revelar os fortes e fracos aspectos do que foi planejado pelas formadoras para ser vivenciado pelos estudantes-atores e registrado pelos estudantes-observadores. |

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 47, tem-se a descrição do Evento 3 que diz respeito ao foco do observador sobre as situações imprevistas, as quais podem comprometer ou não o bom andamento da OI. Também foca nas decisões *ad hoc*, tomadas pelas formadoras, na perspectiva de solucionar imprevisto. A não tomada de decisão *ad hoc* diante da situação imprevista também é alvo de registro. Por fim, há foco nas reações *ad hoc* dos estudantes-atores.

Esses elementos, pertencentes à *performance* didática da OI, ao serem identificados, permitem reflexão no sentido do aperfeiçoamento da OI. São eles que motivam as modificações e substituições, por exemplo, de escolhas que não favoreceram a orquestração.

5.3.3.6.5 *Eventos relativos à configuração didática e o modo de execução*

A orquestração instrumental ₂ – OI₂ foi estruturada para ser vivenciada em duas etapas, OI_{2.1} para definição de critérios e OI_{2.2} para observação segundo os critérios definidos. Entretanto, algumas falhas no planejamento da configuração didática e modo de execução da orquestra culminaram no surgimento de situações imprevistas, decisões *ad hoc* por parte das formadoras e reações *ad hoc* por parte dos estudantes-observadores.

A discussão gerada para distribuição de papéis, não definida previamente pelas formadoras foi uma situação inesperada, para qual as formadoras decidiram não tomar decisão *ad hoc*. Isso porque, embora essa ação não tenha sido prevista e revelasse uma fragilidade da orquestra, também trouxe informações relevantes à análise da MOI.

O conteúdo dessa discussão traz à tona critérios criados pelos estudantes para tentar distribuir os papéis entre eles. Esses critérios colocam em evidência a leitura total ou parcial do *webdoc* didático, artefato central da orquestração instrumental 1. Tal leitura é fundamental para que se possa definir os critérios de observação e identificar eventos durante o experimento correlacionados aos elementos que fundamentam o modelo teórico em estudo.

A análise dessa primeira discussão só foi possível graças a mais uma situação inesperada: o *software* de captura de tela foi acionado, pelos estudantes, antes do experimento da OI_p iniciar. Esse fato demanda uma reflexão para a relevância de gravar as interações dos participantes na primeira etapa da OI₂, considerando nessa a distribuição de papéis e a definição dos critérios de observação.

Na sequência, outra situação inesperada ocorreu no momento de definir os critérios de observação. Isso porque foi decidido pelas formadoras que essa situação caberia aos estudantes-observadores e tal informação constava no protocolo de orientações. No entanto, elas não decidiram o que os estudantes-atores iriam fazer enquanto os observadores trabalhavam para resolver essa situação. Sendo assim, os componentes do grupo D decidiram trabalhar juntos para determinar os critérios observação.

Mesmo percebendo tal conduta do grupo D, F₁ não toma decisão *ad hoc*, apenas busca auxiliá-lo quanto ao entendimento da situação. Esse ocorrido demanda reflexão numa perspectiva de alterações na configuração didática – elaboração do protocolo de orientação e também, quanto ao modo de execução, em vez de apenas os observadores, todo grupo trabalhar colaborativamente para definir tais critérios. Isso porque a discussão destaca quem fez a leitura do *webdoc*, ainda que parcial, dá indícios de entendimento dos estudantes sobre o que foi lido e possibilita apreensão de novos conhecimentos sobre o modelo teórico a partir da discussão.

Também convém destacar a escolha acertada das formadoras quanto ao papel de observador na função filmagem. Isso porque o registro cursivo, por mais rápido e atento que seja o observador, não capta tudo que esse tenta observar, já que é muito difícil observar tudo. Um exemplo disto são os intervalos de observação que se perdem enquanto o observador anota o que visualizou. Além disso, há de se pensar que, em um experimento, há diferentes focos de observação: gestos, ações, interações etc., e conseguir registrar tudo pela escrita é quase impossível.

É nesse contexto que a produção do vídeo é muito relevante pelo fato de conseguir capturar o áudio e a imagem durante todo tempo que o experimento se desenvolve. Além disso,

trata-se de um registro em que se pode ver e rever o que foi filmado. Pode-se ouvir o que cada sujeito fala, suas reações, gestões, ações etc. Isso pode ser percebido ao comparar o conteúdo do registro cursivo de EO₁ e o conteúdo de 35 minutos do vídeo realizado por EO₂.

Vale salientar que EO₂ deu indícios de saber a relevância de se garantir a qualidade do vídeo que estava produzindo. Durante sua atuação, por duas vezes, interrompeu o trabalho de EA₁ e EA₂ para solicitar:

que os estudantes-atores falassem mais alto, para garantir a qualidade do áudio (

a) Trecho 44);

b) que posicionasse melhor o *notebook* para se evitar os reflexos da luz na tela, o que comprometeria a imagem (trecho 44).

Trecho 44 – Solicitação de EO₂ para EA falarem mais alto.

EO₂: [fala com a F₁. Informa que os colegas estão falando baixo]

F₁: eles tão falando muito baixo, manda eles falar alto.

EO₂: então, eu posso falar?

F₁: para pedir para falar alto, sim.

EO₂: é, vocês podem falar mais alto porque tá ficando muito baixo aqui no vídeo. E esse tablet é muito ruim para pegar som. Eu fiz um trabalho parecido uma vez.

09:51 – EA₂: ok.

Trecho 45 – Solicitação de EO₂ para EA se posicionarem melhor.

EO₂: coloca o tablet mais pra lá porque a câmera faz reflexo... o tablet mais pra lá...

Os

Trecho 44 e 45 colocam em evidência mais uma situação imprevista – a comunicação entre os EO e com os EA. EO₂ quando pergunta se pode falar com EA₁ e EA₂ dá ciência de que sabia que essa era uma restrição da situação. No entanto, a decisão *ad hoc* da formadora consistiu em autorizar que EO₂ solicitasse aos demais colegas que falassem mais alto para garantir a qualidade do áudio, assim como que posicionasse melhor o *tablet* para se evitar reflexos gerados da câmera que EO₂ utilizava para fazer a filmagem.

5.3.4 A orquestração instrumental 3 – Articulação teoria e prática

Nesta seção, são apresentadas a situação e a orquestração instrumental 3 (OI3), suporte à articulação teórico-prática entre o estudo introdutório à Orquestração Instrumental (OI₁) com os experimentos vivenciados nas OI₂ e OI_p. Apresentam-se, ainda, análises *a priori* referentes à resolução da situação e à OI₃. Em seguida, o método de análise dos dados coletados, a

descrição e análise dos resultados são descritos e discutidos. Por fim, discute-se a *performance* didática da OI₃.

5.3.4.1 Situação de articulação teórico-prática

A OI₃ foi criada com o objetivo de dar suporte à realização da situação de formação 3 (S3). Essa situação tinha como foco promover uma discussão sobre a OI, em sala de aula presencial, entre os estudantes e as formadoras, tal como ocorreu no Estudo Preliminar.

A OI₃ é centrada na mediação das formadoras, as quais conduzem a discussão de forma que os estudantes busquem articular as experiências anteriores: a leitura do *webdoc* e a discussão já realizada no fórum na OI₁, a observação realizada na OI₂ e a vivência de uma OI, a OI_p. Para isso, as formadoras criam um roteiro de perguntas trazidas do fórum da OI₁ tal como foram escritas pelos estudantes ou adaptadas por elas. Outras são elaboradas para trazer à tona elementos relevantes sobre o modelo teórico não contemplados pelos estudantes na OI₁.

A ideia é promover um *brainstorming* (tempestade de ideias) para sanar dúvidas e provocar a exposição de novas questões, respostas e reflexões sobre o modelo teórico. Isso é feito de forma articulada com as experiências vividas nas orquestrações anteriores, com o conhecimento e experiência das formadoras. A seguir, a descrição da situação S₃ e classe de situação da S₃ para qual se criou a OI₃:

- a) **situação de formação:** discutir sobre o modelo teórico da OI em sala de aula presencial a partir de leitura do modelo, vivência e observação de OI e obedecendo a certas condições de participação na discussão;
- b) **classe de situação:** discutir sobre o modelo teórico em sala de aula presencial a partir de diferentes vivências anteriores com a teoria e sob condições de participação.

A MOI se desenvolveu em um período conturbado. Foi um momento de reivindicações dos profissionais da Educação por melhores condições de trabalho e salariais, o que resultou em paralisações nacionais e estaduais, culminando em uma greve. Isso impediu a realização da S₃ e OI₃ tal como haviam sido idealizadas e demandou das formadoras adaptações à situação de formação, como também a elaboração de uma nova OI.

Ao considerar o pouco tempo que havia para a elaboração de uma nova orquestração, as formadoras decidiram fazer adaptações quanto à condição “sala de aula presencial” da situação S₃ e aproveitar o ambiente virtual do fórum, utilizado na OI₁ para resolver a situação S₁. A impossibilidade da aula presencial fez emergir uma solução viável: a aula a distância via

fórum *on-line*, mesmo sem ser em tempo real. Embora os resultados do primeiro teste da MOI revelem o bom desempenho da orquestração instrumental OI₃ em ambiente de aula presencial, as aulas na modalidade a distância são experiências previstas nos cursos de licenciatura da instituição em que os sujeitos de pesquisa estudam em até 20% das disciplinas.

Com a decisão de se fazer a discussão via fórum, e com a possibilidade de garantir aos estudantes um contato com o autor do modelo, outra decisão *ad hoc* foi tomada, oferecendo um diferencial à OI₃, a participação e a distância, do criador da OI, o Prof. Luc Trouche. Além disso, os estudantes já eram instrumentalizados/instrumentados com o fórum para discussão, o que pode ser facilmente percebido no desenrolar da OI₁.

A participação do Prof. Luc Trouche exigiu das formadoras reflexão e decisão para resolver dois entraves:

- a) a diferença de 5 horas dos fusos horários Brasil-França, o que inviabilizou a participação *on-line* e em tempo real, do pesquisador, independente de se a aula fosse presencial ou a distância, por causa do horário noturno de funcionamento da disciplina, o qual precisava ser respeitado;
- b) o fato de os estudantes não falarem francês e do pesquisador não falar português. Ainda que houvesse um tradutor, boa parte do tempo da aula seria tomado, o que não seria interessante.

A necessária adaptação da situação para ser realizada em um fórum foi frutífera, pois garantia a participação *on-line* do pesquisador e a dos estudantes em um espaço de tempo em que todos poderiam se adequar e interagir, já que era *on-line*, mas não em tempo real. Além disso, o fórum contava com uma ferramenta de tradução das postagens, bastando clicar nessa para se obter a tradução desejada, beneficiando a todos com traduções do francês para o português e vice-versa.

A seguir, tem-se a situação de formação adaptada, seus objetivos, roteiro de discussão para o fórum e a análise *a priori* da situação S₃.

- a) **situação de formação**: discutir sobre o modelo teórico da OI em um fórum, obedecendo, a partir da leitura do modelo, à vivência e observação de uma OI e sob certas condições de participação na discussão.
- b) **classe de situação**: discutir sobre o modelo teórico à distância a partir de diferentes vivências anteriores com a teoria.

Espera-se com a realização da situação de formação que os participantes do fórum possam:

- a) fazer articulações, pautadas no estudo teórico-prático, entre a leitura do *webdoc*, a discussão sobre o modelo teórico no fórum da OI₁, a observação realizada na OI₂ e a vivência de uma aula orquestrada na OIp;
- b) expor novas questões sobre o modelo teórico para serem respondidas pelas formadoras e pelo Prof. Luc Trouche;
- c) aprofundar temáticas discutidas inicialmente no primeiro fórum (OI₁) com as contribuições dos participantes desse fórum (estudantes, formadoras e pesquisador).

Antes de apresentar a análise *a priori* da situação de formação, é necessário revelar como a situação foi apresentada aos estudantes. Isso porque, diferentemente do fórum da OI₁, em que os estudantes tinham de apresentar e responder ao menos uma pergunta, no fórum da OI₃ os participantes irão se deparar com dez questões (retomadas, adaptadas ou elaboradas) apresentadas pelas formadoras, as quais serão respondidas pelo Prof. Luc Trouche. A partir dessas perguntas e respostas, os estudantes deverão ampliar a discussão, apresentando novas questões, respostas ou considerações.

As dez perguntas (Quadro 48), postadas no fórum da OI₃ pelas formadoras, têm origem na leitura de todas as perguntas e respostas dos estudantes postadas no fórum da OI₁. Essa leitura ajudou as formadoras a identificar questões de interesse dos estudantes concentradas em duas temáticas: gênese instrumental (seis perguntas) e orquestração instrumental (quatro perguntas). Após organizar o roteiro de perguntas, o acesso ao fórum foi liberado para o criador do modelo teórico, o Prof. Luc Trouche, que respondeu a todas as perguntas. Na sequência, o acesso ao fórum foi liberado aos estudantes para que iniciassem sua participação.

Quadro 48 – Questões elaboradas para o fórum da OI3

| Temática | Nova questão para discutir no fórum da OI3 |
|---------------------------|--|
| Gênese Instrumental | 01. Qual a diferença entre artefato e instrumento? 02. O que é um esquema e como pode ser identificado pelo professor? 03. Por que a gênese instrumental dos estudantes deve ser promovida pelo professor matemática? 04. Qual a diferença entre inserir e integrar uma tecnologia à prática docente? Essa tecnologia deve ser digital, no contexto da TOI? 05. O que é exigido do professor de matemática para que consiga integrar tecnologias, sejam elas digitais ou não, à sua prática docente? 06. O que deve ser considerado pelo professor de matemática ao acompanhar as ações instrumentadas dos estudantes ao fazerem a situação matemática? |
| Orquestração Instrumental | 07. Qual a função da configuração didática, do modo de execução e do desempenho didático? 08. Uma das ações na configuração didática consiste em prever situações que possam contribuir ou não para o bom desempenho da orquestração instrumental. Por que essas previsões são importantes? 09. Que aspectos revelam o sucesso de uma orquestração instrumental? E quais contribuições uma orquestração pode dar à prática docente? 10. Qual(is) o(s) objetivo(s) principal(is) da TOI? |

Fonte: Elaborado pela autora.

5.3.4.2 Análise *a priori* da situação de formação – S3

A situação de formação S₃ propõe discutir sobre o modelo teórico da orquestração instrumental em um fórum obedecendo a certas condições. As condições são idênticas às apresentadas no fórum da OI₁:

- a) postar pelo menos uma pergunta; e
- b) responder a uma pergunta no período de tempo estabelecido para postagem no fórum que foi de uma semana.

O fórum da OI₃, assim como o da OI₁, foi mantido aberto para que os estudantes pudessem acessá-los para estudo enquanto durasse a formação. À exceção do fórum da OI₁, dessa vez, os estudantes deveriam postar as perguntas/respostas alinhadas às respostas do Prof. Luc Trouche, dadas as dez perguntas postadas pelas formadoras. Outro aspecto que distingue esse fórum do primeiro é a participação do pesquisador e das formadoras, que poderão continuar fazendo ou respondendo a perguntas a partir das interações dos estudantes.

O roteiro de perguntas, estruturado pelas formadoras com as respectivas respostas dadas pelo Prof. Luc Trouche, agregou ao fórum novos elementos sobre a OI, visando ampliar a discussão e aprofundar os conhecimentos dos estudantes. Nessa direção, não se buscou prever a manutenção ou a emergência de novos elementos teóricos que poderiam ser apresentados

pelos estudantes, já que naturalmente para perguntar/responder uma ou outra ocorreria. No entanto, o foco dessa análise é prever as possíveis motivações de escolha das temáticas, a partir da seleção da pergunta/resposta que já estava no fórum, à qual o estudante alinhará sua pergunta/resposta.

Assim, inicialmente previu-se a motivação dos estudantes para ler e refletir sobre as perguntas e respostas já disponibilizadas no fórum, escolher ao menos uma cuja temática por algum motivo lhe interessasse para finalmente formular e postar uma nova pergunta. Ao acessar o fórum, o estudante poderá:

- a) escolher aleatoriamente uma das postagens para formular e alinhar a essa ao menos uma pergunta. Nesse caso, a escolha do estudante visa apenas à resolução da situação, não interessando a ele o aprofundamento teórico que poderia ser alcançado a partir da leitura do conteúdo já disponibilizado no fórum;
- b) ler todas ou algumas das postagens (pergunta/resposta) disponibilizadas no fórum, escolher uma das postagens para formular e alinhar a esta ao menos uma pergunta. Nesse caso, a escolha do estudante dará indícios de que ele não visa apenas à resolução da situação, pois a sua pergunta/resposta poderá revelar outras motivações. Assim, a escolha do estudante que ler todas ou algumas das postagens disponibilizadas pode ser motivada por:
 - não domínio do conteúdo ou parte dele;
 - interesse em aprofundar o conteúdo apresentado ou parte dele;
 - o domínio do conteúdo lhe permite perguntar, mas para desafiar os demais participantes do fórum.

Vale ressaltar que em ambas as situações haverá sempre a possibilidade de o estudante articular o conteúdo já disponibilizado no fórum com o conteúdo de outros protocolos de outras orquestrações por ele vivenciadas. A análise *a priori* de como os estudantes poderiam resolver a situação de formação S_3 faz mais sentido quando são consideradas as motivações e como essas direcionam suas ações para atingir seus próprios objetivos em relação à resolução da situação. Assim, é relevante prever como os estudantes articulam os conteúdos do fórum da OI_3 com de outros protocolos criados ou disponibilizados na OI_1 , OI_2 ou OI . Essa análise *a priori* será realizada mais adiante, após a descrição da orquestração instrumental 3.

5.3.4.3 Configuração didática da OI₃

A OI₃ foi desenvolvida para dar suporte à realização da situação de formação (S3) e favorecer a gênese instrumental dos estudantes no que concerne ao uso de protocolos gerados em outras orquestrações, alguns já disponibilizados, como o *webdoc*, e outros gerados, tais como as postagens do fórum da OI₁, o protocolo de observação e os vídeos da OI_p gerados na OI₂ ou eventos vivenciados na OI_p com o roteiro de questões/respostas do fórum da OI₃.

Recursos previstos para a formação e suas respectivas funções:

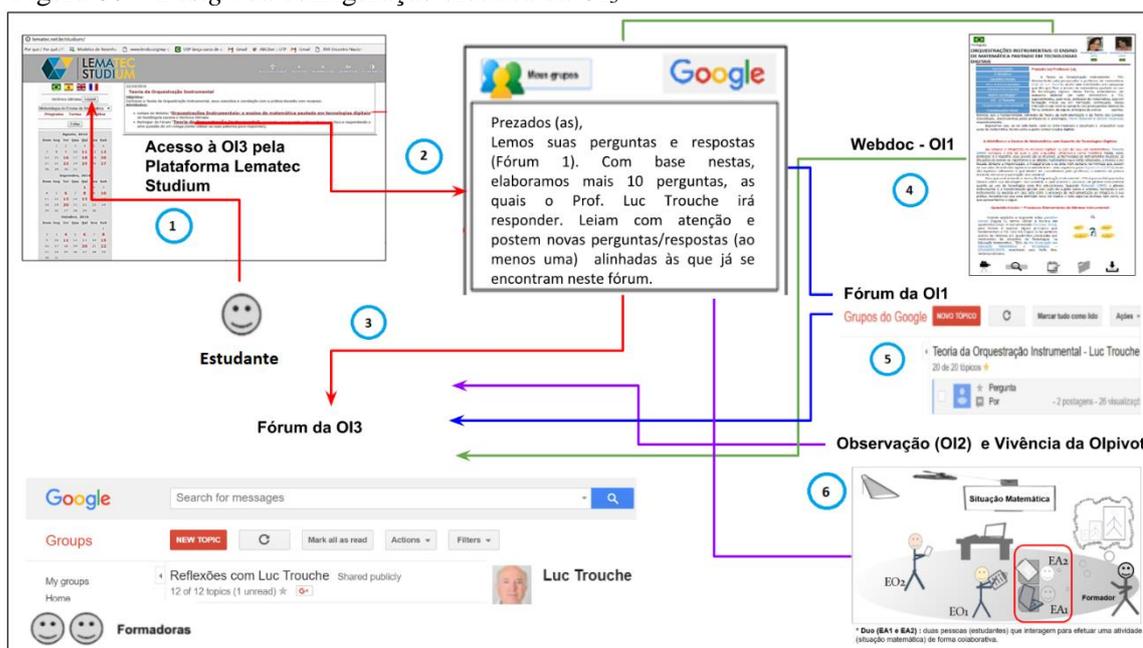
- a) **Lematec *Stadium***: ambiente didático virtual de suporte a disciplinas. Sua função é integrar a configuração didática da orquestração instrumental OI₃ como módulo da disciplina de Metodologia do Ensino de Matemática I;
- b) **fórum (*Groups Google*)**: espaço virtual de discussão. Sua função é propiciar a discussão sobre o modelo teórico a distância. O modelo escolhido compreende uma estrutura de novos tópicos e subtópicos alinhados a cada tópico já criado. O tipo de fórum (como ferramenta) escolhido foi o de inserção de tópicos e/ou subtópicos, que permite a cada aluno, individualmente, escolher e continuar uma discussão. Embora seja possível abrir um novo tópico, a orientação é que as interações estejam alinhadas às respostas do pesquisador;
- c) **formadoras (duas)**: a função delas na OI₃ é de suporte técnico e didático, sempre que solicitado, podendo intervir com perguntas e respostas no Fórum 3. Considerando que os estudantes já estão cadastrados no fórum e na plataforma Lematec *Stadium*, terão de enviar, apenas, um convite de participação aos estudantes para o novo fórum. Elas também ficam à disposição dos estudantes via *whatsapp* e *e-mail* para sanar possíveis dúvidas;
- d) **estudantes**: devem acessar o espaço virtual do *Groups Google* e ler as dez questões e as respostas, além de realizar postagens no fórum, interagindo com uma resposta ou lançando novas questões. A dinâmica de postagem definida solicita a postagem por cada estudante de ao menos uma interação com a interação do pesquisador ou do colega. As interações devem estar alinhadas a pelo menos uma das respostas do pesquisador, considerando as temáticas nelas discutidas;
- e) **internet, computadores, celulares ou *tablets* pessoais**: por meio dos quais os estudantes interagem com o *webdoc* e postam suas perguntas e respostas;

- f) **protocolos**: disponibilizados ou gerados em orquestrações instrumentais anteriores a OI_3 e podem ser utilizados como artefatos para realizar a situação de formação proposta: *webdoc* (gerado pelas formadoras e disponibilizado na OI_1); postagens no primeiro fórum (geradas pelos estudantes na OI_1); protocolo e vídeos da observação da OI_p (gerado pelos estudantes-observadores na OI_2); e vivência da OI_p (eventos gerados pelos estudantes-atores).

5.3.4.4 Modo de Execução – OI_3

Inicialmente, um modo de execução foi pensado para OI_3 . No entanto, considerando a diversidade de protocolos gerados nas orquestrações anteriores à OI_3 , buscou-se evidenciar, a partir da configuração didática, outros modos de execução que poderiam ser adotados pelos estudantes ao resolverem a situação de formação.

Figura 80 – *Design* da configuração didática da OI_3



Fonte: Elaborada pela autora.

Na Figura 80, é possível identificar a trajetória que um estudante participante dessa orquestra poderá percorrer para resolver a situação proposta. Inicialmente, ele tem acesso pela Plataforma Lematec *Studium* (1) às informações e às orientações de como deve proceder. Também pode clicar em um link de acesso direto ao fórum e ao *webdoc* (caso deseje acessá-lo novamente). Ao acessar o fórum (2), o estudante tem a descrição da situação de formação e das

condições impostas para sua resolução. Em seguida, deverá ler as questões postadas pelas formadoras e as respectivas respostas postadas pelo Prof. Luc Trouche. A partir desse ponto, o estudante pode, de forma direta, escolher uma dessas dez perguntas/repostas para ampliar a discussão, apresentando uma nova pergunta alinhada à resposta do Prof. Luc Trouche. Depois, pode localizar a pergunta de um colega e respondê-la no fórum (3).

Entretanto, após ler as respostas do pesquisador é possível que os estudantes capturem dessas outras temáticas e decidam utilizar mais que o conteúdo das respostas do pesquisador para perguntar ou responder. Assim, poderão também fazer uso do *webdoc* (4), das postagens do fórum da OI₁ (5), do protocolo ou vídeos resultantes das observações da OI_p na OI₂ (6) ou da experiência prática vivida na OI_p (6). O conhecimento adquirido nessas orquestrações, anteriores à OI₃, aliado ao que é posto nas respostas dadas pelo pesquisador, pode ajudar aos estudantes na elaboração de novas perguntas e na precisão de suas respostas às perguntas feitas por seus colegas no fórum.

5.3.4.5 Análise *a priori* da orquestração instrumental OI₃

Na análise *a priori* da situação S₃, previram-se as possíveis motivações dos estudantes para perguntar/responder tomando como referência qualquer uma das dez perguntas/respostas, que já estavam no fórum quando eles iniciarem sua participação. No entanto, mais do que a motivação como ponto de partida para a realização da situação, os estudantes contavam também com diferentes conteúdos de diferentes fontes, os quais poderiam auxiliá-los no processo de elaboração de perguntas/respostas. Assim, previu-se que, ao acessar o fórum e escolher a pergunta/resposta, à qual iria alinhar sua pergunta/resposta, seja apenas para resolver a situação, ou para compreender, ou para aprofundar a temática de interesse, o estudante poderia:

- a) usar apenas o conteúdo já postado no fórum. Nesse caso, o estudante tem no conteúdo do fórum elementos suficientes para ajudá-lo a formular uma pergunta/resposta, não precisando retomar outros conteúdos para isso;
- b) articular o conteúdo do fórum da OI₃ com os modos de destinação do *webdoc*. Nesse caso, os estudantes poderão responder/perguntar considerando o conteúdo da pergunta/resposta já postada no fórum, articulando-o com um dos modos de destinação do *webdoc*, artefato central da orquestração instrumental 1. Os modos de destinação são: estrutura, aparência, voz, meio de publicação, gênero de linguagem, navegação e interação;

- c) articular o conteúdo do fórum da OI₃ com as perguntas e/ou as respostas postadas no fórum da OI₁. Nesse caso, os estudantes poderão responder/perguntar considerando o conteúdo da pergunta/resposta já postada no fórum, articulando-o com as perguntas e respostas postadas no fórum da OI₁;
- usar eventos observados na OI₂ referentes à OI_p. Nesse caso, os estudantes poderão responder/perguntar considerando o conteúdo da pergunta/resposta já postada no fórum, articulando-o com eventos observados na OI₂ relativos à OI_p;
 - os eventos vivenciados na OI_p. Nesse caso, os estudantes poderão responder/perguntar considerando o conteúdo da pergunta/resposta já postado no fórum, articulando-o com eventos vivenciados na OI_p.

Vale ressaltar que para os casos (IV e V) tais eventos podem ser tomados como referência tanto pelos estudantes que assumiram o papel de observador quanto pelos que assumiram o papel de ator. Isso porque os protocolos criados na OI₂ e OI_p podem ser acessados por todos os componentes do grupo após o experimento.

5.3.4.6 Método de análise da OI₃

Dos 23 estudantes da turma, 16 participaram da OI₃. Foram totalizadas 25 postagens de perguntas e respostas, no fórum da OI₃. Com a análise dessas postagens, objetivou-se:

- a) identificar quais as temáticas sobre o modelo teórico em estudo os estudantes escolherem aprofundar;
- b) verificar o processo de instrumentalização dos estudantes em relação ao uso das postagens perguntas (das formadoras) e respostas (do pesquisador) disponibilizadas no fórum para a geração de novas perguntas/respostas para aprofundamento de temáticas sobre o modelo teórico;
- c) identificar as diferentes formas de engajamento dos estudantes com as postagens perguntas (das formadoras) / respostas (do pesquisador) do fórum da OI₃ articulado com outros protocolos disponíveis (*webdoc*, postagens do fórum da OI₁, protocolos de observação e a vivência prática de uma OI) para aprofundamento do estudo teórico;
- d) identificar componentes dos esquemas (regras de ação e invariantes operatórios) dos estudantes na realização da situação de formação no fórum que deem indícios de avanços quanto à apreensão dos elementos relativos ao modelo teórico.

A análise das postagens seguiu procedimento idêntico realizado nas postagens do fórum da OI₁, por meio da técnica de Análise Microgenética. No entanto, adaptações foram realizadas no instrumento de análise (Quadro 49), haja vista o fórum já ter sido iniciado com dez perguntas das formadoras, com 10 respectivas respostas fornecidas pelo pesquisador e criador Orquestração Instrumental Prof. Luc Trouche.

Quadro 49 – Instrumento de análise de postagens em fórum de discussão da OI3

| Conteúdo do Fórum | | Eventos pergunta/resposta (estudante) | Regras de ação | Invariantes operatórios | Modo de engajamento |
|-----------------------|--|---------------------------------------|----------------|-------------------------|---------------------|
| Pergunta (formadoras) | Resposta (Luc Trouche, tradução nossa) | | | | |
| | | | | | |

Fonte: Elaborado pela autora.

As interações no fórum escolhidas para análise foram as dos estudantes que compõem o grupo D. Das 25 postagens realizadas no fórum, cinco foram do grupo D, sendo duas realizadas por EA₁, uma por EA₂, outra por EO₁ e mais uma por EO₂. Todos os componentes do grupo participaram desse fórum.

5.3.4.7 Análise das interações no fórum da OI₃ – grupo D

As primeiras perguntas analisadas foram postadas pelos estudantes-atores da OI_p – EA₁ e EA₂. Ambos alinharam suas perguntas, duas de EA₂ e uma de EA₁, à resposta do pesquisador Luc Trouche à pergunta das formadoras: “Qual a diferença entre artefato e instrumento”.

É importante destacar que, no fórum da OI₁, EO₁ (estudante-observador do grupo D) discute com um colega de outro grupo a respeito do que seria o artefato e o instrumento, inclusive ensaiando uma resposta para defini-los. Ao perceber que diferenciar artefato de instrumento era uma questão de interesse dos estudantes, além de ser relevante para a entendimento da gênese instrumental, as formadoras retomam a discussão, dessa vez, na perspectiva de diferenciá-los.

A partir da resposta do Prof. Luc Trouche (Quadros 50 e 51), pode-se perceber que as regras de ação dos estudantes EA₁ e EA₂ tomam como ponto de partida a leitura das perguntas das formadoras e respostas do pesquisador já descritas no fórum. Os estudantes elaboram perguntas cujas temáticas são intrínsecas a outras perguntas já postadas e respondidas no fórum

da OI₁ e no *webdoc*. Trata-se de uma forma de engajamento com esses artefatos para fazer uma retomada sobre os processos da gênese instrumental – instrumentalização e instrumentação. No Quadro 50, podem-se observar componentes de esquema de EA₁ ao se perguntar: “*E como se dá o processo de instrumentação do sujeito?*”. Já no Quadro 51, podem-se observar componentes de esquema de EA₂ ao se perguntar: “*Não consegui entender: qual a diferença entre instrumentação e instrumentalização?*”.

É interessante observar que em momento algum o pesquisador faz menção direta aos termos instrumentação e instrumentalização (Quadros 50 e 51). Entretanto, esses estudantes EA₁ e EA₂ dão indícios, a partir das perguntas formuladas e apresentadas no fórum, de que sabem que há correlação entre a transformação do artefato em instrumento com tais processos. O que eles buscam entender é a diferença entre tais processos e quando ocorrem.

Quadro 50 – 1.ª Discussão sobre artefato e instrumento

| Evento (Pergunta) | Resposta do Pesquisador | Nova Pergunta | Regras de ação | Invariantes operatórios | Modos de Engajamento |
|--|--|---|---|---|---|
| Artefato e instrumento. Qual a diferença entre artefato e instrumento? | Luc Trouche: <i>“Un artefact c’est un «objet fabriqué», un produit de l’activité humaine, culturellement, socialement situé (des ciseaux, un compas, un algorithme, des kleenex...). Un instrument, c’est «l’artefact approprié». Il est donc lié à un utilisateur donné, et à une activité donnée : le compas que Paco s’est approprié pour tracer des cercles. Pour aller vite, on dira que l’instrument, c’est une entité mixte composée d’un artefact (le compas, par exemple) et d’un schème d’utilisation (voir la question 2!)”</i> | EA₁: “E como se dá o processo de instrumentação do sujeito?”. | EA₁: escolher uma das dez perguntas realizadas pelas formadoras para discutir no fórum 2. EA₁: ler e refletir sobre a resposta do pesquisador e decide formular pergunta dentro da temática – gênese instrumental. EA₁: formular pergunta intrínseca a outra feita no fórum 1 da OI e já discutida neste e no <i>webdoc</i> . | EA₁: sabe da relação intrínseca entre artefato e instrumento com o processo de instrumentação do sujeito. | EA₁: usa o conteúdo da pergunta/resposta que consta no fórum 2 para formular pergunta intrínseca a conteúdo do fórum 1 e do <i>webdoc</i> . |

Fonte: Elaborado pela autora.

Quadro 51 – 2.^a Discussão sobre artefato e instrumento

| Evento (Pergunta) | Resposta do Pesquisador | Nova Pergunta | Regras de ação | Invariantes Operatórios | Modos de Engajamento |
|---|---|--|---|--|--|
| <p>Artefato e Instrumento</p> <p>Qual a diferença entre artefato e instrumento?</p> | <p>Luc Trouche:</p> <p><i>“Un artefact c’est un «objet fabriqué», un produit de l’activité humaine, culturellement, socialement situé (des ciseaux, un compas, un algorithme, des kleenex...).</i></p> <p><i>Un instrument, c’est «l’artefact approprié». Il est donc lié à un utilisateur donné, et à une activité donnée: le compas que Paco s’est approprié pour tracer des cercles. Pour aller vite, on dira que l’instrument, c’est une entité mixte composée d’un artefact (le compas, par exemple) et d’un schème d’utilisation (voir la question 2!).”</i></p> | <p>EA₂: <i>“Sobre o estudo da gênese instrumental, é possível um instrumento vir a se tornar um artefato?”.</i></p> <p>EA₂: <i>“E não consegui entender: qual a diferença entre instrumentação e instrumentalização?”.</i></p> | <p>EA₂: escolher uma das dez perguntas realizadas pelas formadoras para discutir no fórum 2.</p> <p>EA₂: ler e refletir sobre a resposta do pesquisador e decide formular pergunta dentro da temática – gênese instrumental.</p> <p>EA₂: formular pergunta fundamentada no conteúdo da resposta do pesquisador, intrínseca a um modo de destinação do <i>webdoc</i>.</p> <p>EA₂: escolher uma das dez perguntas realizadas pelas formadoras para discutir no fórum 2.</p> <p>EA₂: ler e refletir sobre a resposta do pesquisador e decide formular pergunta dentro da temática – gênese instrumental</p> <p>EA₂: formular pergunta intrínseca a outra feita no fórum 1 da OI e já discutida neste e no <i>webdoc</i>.</p> | <p>EA₂: sabe que o artefato pode se transformar em um instrumento.</p> <p>EA₂: sabe da existência dos dois processos da gênese instrumental.</p> | <p>EA₂: usa o conteúdo da pergunta/resposta que consta no fórum 2 para formular pergunta articulada a modo de destinação (HQ – <i>A instrumentada</i>; Vídeo: <i>Metodologia e tecnologia</i>) do <i>webdoc</i>.</p> <p>EA₂: usa o conteúdo da pergunta/resposta que consta no fórum 2 para formular pergunta intrínseca a conteúdo do fórum 1 e do <i>webdoc</i>.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

Embora as perguntas tenham focos diferenciados, ao retomarem aspectos já discutidos na OI₁ (fórum e *webdoc*), esses estudantes revelam que:

- a) ainda tinham dúvidas sobre os processos de instrumentalização e instrumentação;
- b) por isso, buscaram retomar a discussão para melhorar seu entendimento sobre como identificá-los e diferenciá-los, a partir da transformação do artefato em instrumento.

Já a segunda pergunta feita por EA₂ revela que a regra de ação do estudante consistiu na leitura e reflexão do conteúdo da pergunta/resposta disponibilizada no fórum OI₃ (Quadro 51). EA₂ é diretamente influenciado pelo conteúdo da resposta do pesquisador para fundamentar a elaboração de sua pergunta: *Sobre o estudo da gênese instrumental, é possível um instrumento vir a se tornar um artefato?*

Essa questão coloca em evidência, considerando o conteúdo da resposta do pesquisador: que o estudante entendeu que um artefato pode se transformar em instrumento. E mais, que sabe que essa transformação do artefato em instrumento tem relação com a gênese instrumental, até porque gênese instrumental é mais um termo que o pesquisador não utiliza em sua resposta. No entanto, tal resposta, pautada em exemplos, aguça a curiosidade do estudante em saber a possibilidade de um instrumento voltar a ser um artefato. Há da parte de EA₂ um nítido interesse em ampliar a discussão e aprofundar seus conhecimentos sobre artefato e instrumento indo além da definição desses.

A pergunta de EA₂ traz à tona a necessidade de revisar a discussão sobre gênese instrumental no *webdoc* didático, incluindo os dois possíveis sentidos da transformação apresentados nesse fórum: artefato-instrumento e instrumento-artefato. Embora as autoras do *webdoc* discutam por meio da história em quadrinhos *A instrumentada* a possibilidade de um instrumento voltar a ser um artefato para o sujeito, talvez esse aspecto precise ser melhor discutido.

As perguntas, regras de ação e invariantes operatórios de EA₁ e EA₂ revelam a manutenção do interesse pela gênese instrumental, tal como pelo desejo de ampliar seus conhecimentos sobre os aspectos que envolvem a temática. Isso porque, como já dito, temáticas similares e correlatas à gênese instrumental já haviam sido discutidas no fórum 1 e no *webdoc*. Nesses, discutem-se, por exemplo, a diferença entre inserir e integrar uma tecnologia à prática de ensino, o que tem relação direta com os processos de instrumentação e instrumentalização e as transformações artefato-instrumento/instrumento-artefato, ambos por meio de exemplos.

Quadro 52 – Discussão sobre gênese instrumental

| Evento (Pergunta) | Resposta do pesquisador | Nova pergunta | Regras de ação | Invariantes operatórios | Modos de engajamento |
|---|---|--|---|--|---|
| <p>Gênese instrumental. Qual a diferença entre inserir e integrar uma tecnologia à prática docente? Essa tecnologia deve ser digital, no contexto da TOI?</p> | <p>Luc Trouche: <i>“L’entrée, c’est «ajouter» quelque chose à une structure; intégrée, c’est faire que ce «quelque chose» est partie prenante de la structure. Une métaphore de la pâtisserie: – ajouter, c’est saupoudrer sur le gâteau; – intégrer, c’est mélanger à la pâte. Un exemple avec les calculatrices: – «ajouter» les calculatrices, c’est demander de temps en temps: prenez vos calculatrices, et faites ce calcul; – «intégrer les calculatrices», c’est penser les situations et les orchestrations avec les calculatrices comme éléments constitutifs. Par exemple, je vais penser la situation «quelle est la 1000^{ème} décimale de 1/7», je vais penser une orchestration où les élèves vont travailler par deux pendant 20mn, faire des conjectures, etc. La calculatrice est alors un élément intégré dans le traitement de la situation et l’activité des élèves. ... Et c’est vrai pour toutes les technologies, qu’elles soient numériques ou non (on peut travailler avec des règles, des compas, des pliages, des gabarits...)”.</i></p> | <p>EO₂: <i>“É importante que o professor, antes de inserir recursos na aula, ensine seus alunos a utilizar a tecnologia e todo seu potencial para atingir o objetivo da aula ou é melhor estabelecer o objetivo e entregar a tecnologia para que os alunos, através de erros, acertos e conhecimentos pré-adquiridos, tente realizar o objetivo?”.</i></p> | <p>EO₂: escolher uma das dez perguntas realizadas pelas formadoras para discutir no fórum 2. EO₂: ler e refletir sobre a resposta do pesquisador e decide formular pergunta dentro da temática – gênese instrumental. EO₂: formular pergunta fundamenta em práticas docentes conhecidas pelo estudante.</p> | <p>EO₂: sabe que a inserção de um recurso pode ocorrer depois que o professor ensina seus estudantes a utilizá-lo, ou antes disso.</p> | <p>EO₂: usa o conteúdo da resposta do pesquisador para fundamentar pergunta por si elaborada, articulando-a com práticas docentes conhecidas.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 52, pode-se observar mais uma das perguntas elaboradas pelas formadoras com base nas interações dos estudantes no fórum da OI₁. Dessa vez, a temática apresentada é sobre a inserção e a integração de tecnologias às aulas de matemática, uma das mais discutidas pelos estudantes, provavelmente pelo aspecto prático de como esses termos são explicados no *webdoc*.

Assim, as formadoras perguntaram: *Qual a diferença entre inserir e integrar uma tecnologia à prática docente? Essa tecnologia tem que ser digital, no contexto da TOI?* Na sequência, por meio de exemplos, o Prof. Luc Trouche responde à pergunta das formadoras (Quadro 52), diferenciando a inserção de tecnologias, sejam elas digitais ou não, da integração dessas. Um aspecto forte dessa resposta é o destaque que o pesquisador dá à situação matemática a ser resolvida com a tecnologia como parte integrante.

A pergunta de EO₂ (Quadro 52) coloca em evidência duas possibilidades de inserção de tecnologias conhecidas pelo estudante: a primeira, após o professor instruir seus alunos quanto ao uso da tecnologia, para só depois utilizá-la nas aulas; a segunda, não instruir os alunos, disponibilizar e usar a tecnologia nas aulas.

O ponto fundamental da pergunta de EO₂ é a ausência em ambas das possibilidades da situação matemática que deverá ser proposta para que os estudantes resolvam com suporte de uma tecnologia, a qual deve ser integrada à situação. Ou seja, a tecnologia faz parte da situação; sem ela, a situação não pode ser resolvida, considerando as condições e restrições dadas.

EO₂, ao ler e refletir sobre conteúdo da pergunta/resposta do fórum da OI₃, engaja-se com esse conteúdo de forma articulada com as práticas docentes de que têm conhecimento, quando o assunto é inserção de tecnologias, para formular uma pergunta. O estudante traz à tona, por meio do seu questionamento dois problemas que precisam ser superados:

- a) a realidade presente em muitas salas de aula, nas quais as tecnologias são inseridas, mas não são integradas, ou seja, pode-se até aprender a utilizá-las, mas isso não quer dizer, necessariamente, que se aprenda matemática com elas;
- b) a necessidade de se formar professores de matemática para orquestrar suas aulas na perspectiva da integração das tecnologias em sua prática docente e de favorecer as gêneses instrumentais de seus alunos, de forma que esses venham aprender matemática com a ajuda de tais artefatos, sejam eles digitais ou não.

A última pergunta (Quadro 53) feita pelas formadoras gerou interação com um dos integrantes do grupo D que sai da temática da gênese instrumental. Trata-se de uma pergunta sobre a OI. Pergunta: *Qual o objetivo principal da Orquestração Instrumental?* O Prof. Luc

Trouche responde: *Um desenvolvimento conjunto de artefatos e matemática como instrumentos para aprender!* Essa resposta influencia nitidamente a elaboração da pergunta de EO₁, uma vez que o estudante foca na relação artefatos e matemática. EO₁ formula sua pergunta se engajando não apenas com o conteúdo da resposta do pesquisador, mas também com uma das formas de destinação do *webdoc*: o gênero. O gênero literário da história em quadrinhos *A tabuada* e o gênero artístico do vídeo *Tecnologia e metodologia*.

No Quadro 53, pode-se observar que EO₁ inicia afirmando: “*Na TOI, é mostrado métodos diferentes para ensinar o mesmo conteúdo, porém utilizando a tecnologia*”. Nesse trecho, o estudante refere-se aos exemplos dados no *webdoc* que discute sobre o modelo teórico OI e não a métodos diferentes apresentados pelo modelo teórico.

EO₁ formula sua pergunta, inicialmente, fazendo menção ao conteúdo do vídeo *Tecnologia e metodologia*, o qual mostra um exemplo de inserção de tecnologia digitais na sala de aula. Não se trata de uma aula orquestrada, apenas de um exemplo de como a tecnologia não deve ser utilizada pelos professores, uma vez que não oferece diferencial ao ensino-aprendizagem.

Na sequência, EO₁ faz menção ao conteúdo da história em quadrinhos *A tabuada*, que exemplifica a integração de tecnologias convencionais, as quais oferecem um diferencial ao ensino proposto. Trata-se de uma aula que foi orquestrada, na qual as tecnologias lápis e papel estavam integradas à situação matemática.

Ao usar esses dois exemplos advindos do *webdoc* para formular sua pergunta, EO₁ revela algumas incompreensões sobre a OI e sobre seu papel no que concerne às gêneses instrumentais dos alunos. A primeira é achar que toda aula com inserção de tecnologia é uma OI. Na verdade, a OI é necessária para se pensar o ensino de matemática com suporte tecnológico, visando favorecer o ensino e a aprendizagem de matemática com tecnologia digital ou convencional. É a OI do professor que pode aumentar as possibilidades de sucesso de uma aula rica em tecnologias, não o contrário. É isso que o conteúdo do vídeo e da história em quadrinhos exemplificam.

Quadro 53 – Discussão objetivo da orquestração instrumental

| Evento (Pergunta) | Resposta do Pesquisador | Nova Pergunta | Regras de ação | Invariantes Operatórios | Modos de Engajamento |
|---|--|--|--|--|--|
| Qual o objetivo principal da Orquestração Instrumental? | Luc Trouche: <i>“Un développement conjoint des artefacts et des mathématiques comme des instruments pour apprendre!”.</i> | EO₁/D: <i>“Na TOI, são mostrados métodos diferentes para ensinar o mesmo conteúdo, porém utilizando a tecnologia. Em um dos trechos, é dado como exemplo a aprendizagem da tabuada, em que normalmente se utiliza do método de repetições para aprender, e na TOI se mostra que é possível aprender a tabuada por meio da identificação de padrões geométricos na tabela da multiplicação e divisão, por exemplo. Ambas as aprendizagens dão certo, então por que acrescentar novos métodos de aprendizagem (com tecnologias), sendo que os métodos antigos (lápiz e papel) ainda funcionam? Observação: Eu sempre tive uma aprendizagem de forma, que chamo de tradicional, onde o professor se utiliza de apenas um quadro branco (ou negro), e ensina aos alunos todo o conteúdo, e os alunos usam apenas papel e lápis. Ou seja, na minha formação foi utilizado o método de repetição, e eu aprendi.”</i> | EO₁/D: Escolher uma das dez perguntas realizadas pelas formadoras para discutir no fórum 2. EO₁/D: ler e refletir sobre a resposta do pesquisador para formular pergunta dentro da temática - orquestração instrumental. EO₁/D: formular pergunta fundamentada no conteúdo da resposta do pesquisador, intrínseca a um modo de destinação do webdoc. | EO₁/D: se um método funciona, não tem por que modificá-lo, ainda que traga outros benefícios, além dos comumente alcançados. | EO₁/D: usa o conteúdo da pergunta/resposta que consta no fórum 2 para formular pergunta articulada ao modo de destinação gênero (Literário: HQ – <i>A tabuada</i>) e (Artístico: Vídeo – <i>Tecnologia e metodologia</i>) do webdoc. |

Fonte: Elaborado pela autora.

A segunda incompreensão de EO₁ é revelada quando esse afirma: “*Ambas as aprendizagens dão certo*”. Confundem-se aqui diferentes métodos, exemplificados para se ensinar a tabuada, com aprendizagem. Os exemplos dados no *webdoc* não discutem se houve ou não aprendizagem, mas fazem refletir sobre que aprendizagens os alunos podem alcançar a partir dos dois métodos apresentados. A ideia não é indicar se o método A é melhor que o método B, ou vice-versa, mas fazer o leitor refletir sobre as expectativas de aprendizagem para o aluno, quando o método utilizado pelo professor consiste em fazê-lo decorar a tabuada de multiplicar, fazendo repetições orais das operações na sequência em que aparecem 2 x 1, 2 x 2, 2 x 3... com a ajuda de um projetor multimídias e um computador. E, ainda, refletir sobre as expectativas de aprendizagem para o aluno, quando o método utilizado pelo professor é uma aula orquestrada em que a tecnologia central é uma tabela, construída pelos próprios alunos com lápis e papel. A ideia é aprender a tabuada de dividir e de multiplicar à medida que se utiliza os algoritmos dessas operações para se descobrir padrões algébricos.

A terceira incompreensão revelada por EO₁ em sua pergunta pode ser identificada no trecho “[...] *por que acrescentar novos métodos de aprendizagem (com tecnologias), se os métodos antigos (lápis e papel) ainda funcionam?*”. É importante retomar os exemplos discutidos anteriormente porque eles destacam que a relevância de uma aula orquestrada não está nas tecnologias por si só, mas em como essas estão integradas à situação matemática proposta pelo professor, dando suporte aos estudantes na resolução da situação.

5.3.4.8 *Performance* didática da OI₃

A OI₃, diferentemente das demais orquestrações, teve de ser modificada antes mesmo de ser executada. A situação imprevista – greve dos servidores da Educação –, ao inviabilizar sua realização em sala de aula presencial, demandou adaptações à situação de formação S₃ e à orquestração instrumental OI₃. A decisão de trocar a sala presencial pelo ambiente virtual fórum foi determinante para que a OI₃ ocorresse, como também para viabilizar a participação do Prof. Luc Trouche e a tradução de suas postagens em francês para português, tal como as dos estudantes e formadoras, do português para o francês.

No entanto, embora a participação dos estudantes da turma tenha praticamente se mantido – dos 23 estudantes matriculados, 18 interagiram no fórum da OI₁, enquanto, 16 interagiram no fórum da OI₃ –, a quantidade de postagens diminuiu. No primeiro fórum, realizaram-se 37 postagens; já no segundo, 25. É possível que o fórum não tenha sido favorável

às interações a partir de um roteiro de perguntas/respostas já posto. Em sala de aula, por exemplo, a discussão em grupo permite que todos conheçam as perguntas/respostas no mesmo momento, tal como ocorreu no estudo preliminar. Em um fórum, para saber quais perguntas/respostas foram postadas, é preciso abrir cada tópico, ou postagens alinhadas. É possível que muitos estudantes não tenham lido todas as postagens, e isso culmina em prejuízo para o estudante em formação.

Outro aspecto relevante da configuração didática e do modo de execução da OI₃ é a participação das formadoras e do pesquisador, antes e depois da participação dos estudantes, no fórum. As contribuições desses favoreceram a ampliação da discussão e dos conhecimentos dos participantes. Diferentemente do primeiro fórum, perguntas não ficaram sem respostas. As que os estudantes não responderam foram respondidas pelas formadoras e pelo Prof. Luc Trouche, o que ajudou a melhorar a dinâmica das interações e a gerar o aprofundamento do conteúdo de algumas perguntas dos estudantes.

Outra situação inesperada foi a necessidade de se realizar a análise da orquestração instrumental 3, considerando não apenas seus elementos e condições dadas, como foi feito nas orquestrações anteriores, mas articulando-os com os protocolos disponibilizados pelas formadoras ou criados pelos estudantes em formação nas outras orquestrações instrumentais vivenciadas.

As análises das postagens do grupo D, todas perguntas, revelaram indícios da motivação dos estudantes na escolha do conteúdo do fórum da OI₃ para formular e alinhar sua pergunta. Também revelam as diferentes articulações entre o conteúdo do fórum da OI₃ e o de protocolos de orquestrações anteriores utilizados para fundamentar a formulação das perguntas postadas. Essas articulações consistem em diferentes modos de engajamento dos estudantes para realizar a situação S₃. Cinco modos de engajamento foram identificados.

As duas primeiras perguntas, realizadas pelos estudantes EA₁ e EA₂, indicam a motivação prevista (II.a) – Falta de domínio parcial sobre algum aspecto do modelo teórico. Eles buscam sanar dúvidas de temáticas já discutidas no fórum da OI₁ e no *webdoc*. Para isso, ambos se engajam com o conteúdo dos fóruns da OI₃, OI₁ e do *webdoc* para formular suas perguntas. Nas análises *a priori* da OI₃, foram previstas articulações entre os conteúdos dos fóruns da OI₃ e OI₁, e ainda entre os conteúdos do fórum da OI₃ e o *webdoc*. No entanto, as perguntas dão indícios de articulação entre o conteúdo dos fóruns da OI₃ e o da OI₁, e destes

com um dos modos de destinação – a estrutura, especificamente, o conteúdo discutido pelas autoras do *webdoc*.

A terceira postagem é mais uma pergunta de EA₁. Essa dá indícios de que a motivação do estudante é a prevista nas análises *a priori* (II.b) – Aprofundar discussão sobre aspecto teórico apresentado no fórum da OI₃. Para isto, EA₁ se engaja com o conteúdo do dos fóruns da OI₃, OI₁ e com um dos modos de destinação do *webdoc*. O gênero é o modo de destinação escolhido por EA₁, especificamente o gênero literário, história em quadrinhos *A instrumentada*, que exemplifica como um artefato pode se transformar em um instrumento e como um instrumento pode se transformar em artefato. Esse é mais um caso de engajamento que envolve três diferentes fontes de conteúdo sobre a mesma temática, que são articuladas pelo estudante para formular sua pergunta e, por isso, não equivalente às possibilidades previstas na análise *a priori* da OI₃.

A quarta pergunta elaborada por mais um estudante do grupo D, EO₂, revela motivação (II.b) – Aprofundar discussão sobre aspecto teórico apresentado. Para isso, EO₂ se engaja com o conteúdo do fórum da OI₃ e o conhecimento que tem sobre algumas práticas docentes para formular sua pergunta. Essa forma de articulação para a realização da situação S₃ não foi prevista na análise *a priori*.

A última pergunta analisada foi postada por EO₁, a qual indica motivação (II.a) – Falta de domínio parcial sobre algum aspecto do modelo teórico. EO₁, para sanar suas dúvidas sobre tal aspecto, se engaja com o conteúdo do fórum da OI₃ e com um modo de destinação do *webdoc*, o gênero. Dessa vez, são utilizados dois tipos de gêneros: o literário, correspondente à HQ *A tabuada*, e o artístico, correspondente ao vídeo *Tecnologia e metodologia*. EO₁ articula o conteúdo dessas três diferentes fontes para formular sua pergunta na intenção de sanar uma dúvida relativa à temática – orquestração instrumental, a única sobre essa temática, das cinco apresentadas.

É relevante a identificação da motivação dos estudantes para a resolução da situação propostas, assim como da capacidade desses de articular conteúdos de diferentes fontes de orquestrações instrumentais já vivenciadas com o conteúdo da OI em pleno desenrolar. Essas revelam a busca pelo domínio de um aspecto OI que já foi estudado, mas ainda não compreendido. Também destacam interesse por aprofundamento sobre aspectos que já dominam. Além disso, os estudantes evidenciam, por meio de suas perguntas, mais que suas

motivações e modos de engajamento, também suas incompreensões sobre a OI e seus pressupostos, tal como ocorreu com EO₁ e EO₂.

5.3.5 A orquestração instrumental 4 – OI₄

Nesta seção, são discutidas a situação S₄ e a orquestração instrumental 4 (OI₄) de articulação teórico-prática. Apresentam-se as análises *a priori* da situação e da OI₄ e descreve-se o método da OI₄ e os resultados das interações do fórum de discussão em que a OI foi discutida pelos estudantes, formadoras e pesquisador Luc Trouche, convidado a participar da OI₄. Após a análise dos dados, segue-se a *performance* didática da OI₄.

5.3.5.1 A situação

A OI₄ foi desenvolvida para dar suporte aos estudantes à resolução da situação de formação proposta, a S₄. Nessa, o foco é a análise, feita por cada grupo, dos dados produzidos por eles durante a vivência das orquestrações anteriores, pautada no modelo teórico em estudo.

A estrutura da OI₄ consistiu em proporcionar aos participantes uma retomada ao *webdoc*, às postagens dos fóruns 1 e 2, aos vídeos feitos durante a OI_p e protocolos de observação dela, para que pudesse refletir sobre os elementos teóricos articuladamente às práticas vivenciadas. Assim, uma nova situação de síntese e análise foi proposta aos participantes da MOI.

- a) **situação de formação:** apresentar a análise de uma OI (OI_p) à luz da orquestração instrumental em estudo feito pelo grupo para debate com a turma;
- b) **classe de situação:** apresentar a análise de um experimento à luz do modelo teórico em estudo.

Objetiva-se que, com a realização da situação de formação S₄:

- a) do ponto de vista as formadoras: estabelecer articulações entre os eventos vivenciados (OI_p) e observados (OI₂) com os elementos teóricos da Orquestração Instrumental estudados (OI₁ e OI₃) ao longo da formação;
- b) do ponto de vista dos estudantes: analisar e apresentar a análise referente ao experimento da OI_p à luz dos pressupostos teóricos da Orquestração Instrumental.

A situação de formação 4 é composta por duas subsituações distintas e centrais que devem ser realizadas pelos integrantes de cada grupo: a análise e a apresentação da análise. As

atividades de análise e a preparação da apresentação serão realizadas fora do alcance de observação das formadoras, ou seja, não serão feitas na sala de aula física, nem mesmo virtual. Assim, é na apresentação da análise que as formadoras poderão observar indícios de quais protocolos foram acessados pelos estudantes, quais elementos teóricos conseguiram articular com o experimento para proceder a análise, quais artefatos utilizam para estruturar e apresentar a análise. É na fala de cada estudante e na discussão com a classe (formadora e outros estudantes) a respeito da análise apresentada que se poderá identificar o que cada participante do grupo aprendeu sobre o modelo teórico.

5.3.5.2 Análise *a priori* da situação de formação (S₄)

A análise *a priori* da S₄ diz respeito aos esquemas dos estudantes quanto ao uso de diferentes protocolos articulados com diferentes temáticas correlatas ao modelo teórico em estudo para fazer a análise proposta em grupo. Mas, antes de iniciá-la, é relevante retomar aqui os elementos do modelo teórico em estudo. Esses podem ser utilizados pelos estudantes na apresentação da análise do experimento da OI_p e, certamente, estarão inseridos em uma das cinco temáticas definidas na OI₁: situação matemática, gênese instrumental, configuração didática, modo de execução e *performance* didática.

Além das temáticas, há de se evidenciar os protocolos disponibilizados e os por eles produzidos durante a vivência das orquestrações instrumentais anteriores a OI₄: *webdoc* (OI₁), postagens do primeiro fórum (OI₁), protocolo de observação cursiva (OI₂), protocolo de observação em vídeo feito pelos estudantes-observadores (OI₂), captura de tela com procedimentos no computador com áudio do *duo* (OI_p), protocolos de orientação para estudantes-observadores (OI₂) e para estudantes-atores (OI_p), arquivo do GeoGebra com histórico dos procedimentos da situação concluída (OI_p), postagens do segundo fórum (OI₃) e arquivo do GeoGebra com situação concluída em casa (OI₄).

Foram previstas, também, a partir de como poderia ser a apresentação da análise, possíveis esquemas da análise realizada pelos grupos, os quais poderiam ser revelados durante a apresentação.

I – Centrada apenas na situação matemática sem articulação com o modelo teórico:

Nesse caso, a análise foca apenas em como os estudantes-atores resolveram ou não a situação matemática proposta. Discutem-se os procedimentos e as escolhas, entre outros aspectos relacionados ao trabalho de tratamento matemático para resolver a situação com o

software GeoGebra, mas ignoram-se outros aspectos que compõem a OI criada. Os EA não articulam os eventos do experimento com os elementos do modelo teórico em estudo. Não dão indícios de compreensão dos processos vivenciados de instrumentalização-instrumentação, nem da relevância da orquestra para isso.

II – Centrada no experimento e articulada com o modelo teórico:

Nesse caso, os estudantes irão considerar, ainda que minimamente, os elementos observáveis (situação matemática, artefatos, funções e papéis dos participantes, processo de resolução da situação e uso dos artefatos, mediação e decisões das formadoras etc.) ou possíveis de presumir (objetivos, expectativas de aprendizagem etc.) da OI vivenciada. Ao perceber esses elementos, eles irão articulá-los com o modelo teórico em estudo, relacionando-os às temáticas: situação matemática, gênese instrumental, à configuração didática, ao modo de execução ou *performance* didática. Ainda que não usem os termos cunhados no modelo teórico, a explicação ou exemplificação coerentes que deem indícios de relação com tais termos seriam indícios de apreensão deles.

III – Centrada no experimento e articulada com os conhecimentos sobre o modelo teórico advindos de protocolos disponibilizados ou produzidos anteriormente:

É possível que a análise realizada pelos grupos não tenha como foco apenas o experimento (OI_p) e o que já sabem sobre o modelo teórico. Talvez, interesse aos estudantes fazer uma análise articulada também aos protocolos disponibilizados ou produzidos por eles mesmos. Dessa forma, um estudante do grupo pode fazer menção a um elemento teórico para explicar algum evento, mas fundamentado no conteúdo de um destes protocolos.

5.3.5.3 Configuração didática da OI₄

A OI₄ foi desenvolvida e proposta aos participantes da formação, essencialmente para dar às formadoras um primeiro *feedback* sobre o que conseguiram aprender sobre o modelo teórico até a vivência dessa orquestração. Para isso, uma configuração didática e um modo de execução foram previstos, no entanto, antes de revelá-los, há de se descrever alguns fatos que ocorreram ao finalizar o tempo de realização do experimento da OI_p. Espera-se que, com suporte da OI₄, os estudantes possam:

- a) acessar protocolos disponibilizados ou os produzidos por eles durante a participação na formação, para refletir sobre o modelo teórico em estudo, considerando as vivências práticas;

- b) analisar os dados dos protocolos acessados de forma articulada com os elementos do modelo teórico em estudo por eles apreendidos;
- c) organizar e apresentar a análise dos dados com suporte de uma ou mais tecnologias;
- d) discutir aos elementos da análise apresentada a partir de interações de colegas e das formadoras.

É importante informar que nenhum dos *duos* de cada grupo conseguiu resolver a situação matemática proposta na OI_p no tempo determinado, mesmo com mais 10 minutos de tolerância. Assim, as formadoras, após coletarem todos os arquivos do GeoGebra com a construção do boneco feita durante o experimento, liberaram os estudantes para continuar a resolução em casa. A partir dessa, as formadoras procederam a definição da situação de formação S_4 e a estruturação da OI_4 .

Uma configuração didática foi estruturada para dar suporte aos estudantes à resolução da situação de formação 4. Assim como orquestrações instrumentais anteriores, a OI_4 pode acessar protocolos de qualquer uma das orquestrações já vivenciadas para ajudá-los na realização da S_4 . Essa característica articuladora favorece a reflexão teórico-prática dos participantes da formação e, conseqüentemente, amplia as possibilidades de apreensão sobre o modelo teórico.

Recursos previstos para a formação e suas respectivas funções:

- a) **artefatos:** a sala de aula é equipada com computador, projetor multimídias e *internet*, e esses foram liberados pelas formadoras para que os estudantes pudessem realizar a apresentação da análise feita por cada grupo;
- b) **formadoras (F_1/F_2):** caberá à F_1 mediar a discussão entre o grupo que apresentar a análise e os demais estudantes da turma, logo após a apresentação, e à F_2 caberá o registro da dinâmica da sala de aula;
- c) **estudantes:** cada estudante de cada grupo deverá dar sua contribuição na análise, organização e apresentação desta. Após a apresentação de cada grupo, os demais estudantes da turma podem apresentar perguntas pautadas na apresentação feita;
- d) **protocolos disponibilizados ou gerados em outras orquestrações:** *webdoc* (gerado pelas formadoras e disponibilizado na OI_1); postagens do primeiro fórum (geradas pelos estudantes na OI_1); protocolo cursivo e vídeo da observação da OI_p (gerado pelos estudantes-observadores na OI_2); vídeo das ações do *duo* no GeoGebra, mais o áudio (gerado pelo *software aTube Catcher* na OI_p); arquivo do

GeoGebra (histórico dos procedimentos do *duo* na OI_p, mas sem áudio); vivência da OI_p (eventos vivenciados pelos estudantes-atores que podem ser compartilhados); postagens do segundo fórum (geradas pelos estudantes, formadoras e pesquisador Luc Trouche na OI3);

- e) **tempo de apresentação:** 10 minutos para cada grupo apresentar, mais 10 minutos para responder às perguntas da turma e das formadoras;
- f) **indicação de formatos para preparo da apresentação:** vídeo (*Movie Maker*), história em quadrinhos (*Pixton*), Slides (*Powerpoint*, apresentação do *Gdrive* ou *Prezzi*), linha do tempo (*MyHistro*) ou mapa conceitual (*Cmaptools*).

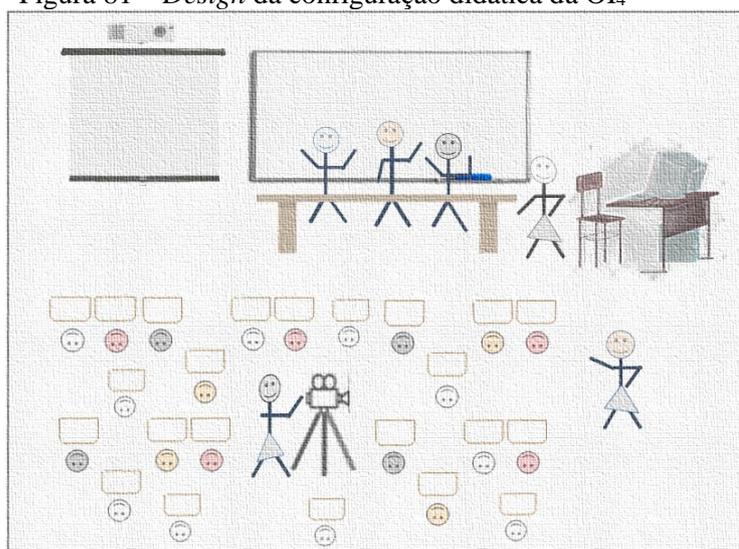
5.3.5.4 Modo de execução da OI₄

Um modo de execução foi pensado para a configuração didática da OI₄, considerando os artefatos disponibilizados, os estudantes e as formadoras presentes. À frente da sala de aula, os integrantes de cada grupo deverão em 10 minutos apresentar a análise com suporte dos artefatos disponibilizados. Tal apresentação deverá estar em pelo menos um dos formatos indicados pelas formadoras.

Assim, para estruturar a análise, eles poderiam utilizar o *Movie Maker*, um *software* de edição de vídeo, ou criar uma história em quadrinhos no site de criação gratuito *Pixton*. Poderiam elaborar uma apresentação em slides (diaporama) com um *software de apresentação*, numa página do *Gdrive* ou em um dos modelos do *Prezzi*. Também poderiam fazer uma linha do tempo no site *MyHistro* ou um mapa conceitual com o *software Cmaptools*.

A Figura 81 é uma ilustração do *design* da configuração didática da OI₄ e favorece a descrição da dinâmica da sala de aula. O modo de execução da OI₄ prevê o uso da *internet* e do computador para salvar o arquivo dos estudantes referente à análise, via *e-mail*, *pen drive* ou outros dispositivos. Prevê, ainda, o uso do projetor multimídia e da tela de projeção para projetar a análise feita em um dos formatos sugeridos pelas formadoras.

Figura 81 – *Design* da configuração didática da OI₄



Fonte: Elaborado pela autora.

No *design*, pode-se perceber a presença das duas formadoras F_1 e F_2 , as quais irão desenvolver diferentes funções: F_1 a mediação, ou seja, após a apresentação da análise caberá a esta formadora fomentar a discussão entre o grupo e a turma, especialmente por meio da dinâmica de perguntas e respostas. Também irá julgar a necessidade de se fazer perguntas ao grupo para fazer com que seus componentes possam refletir melhor sobre algum aspecto relativo ao modelo teórico em estudo. Já F_2 deverá fazer o registro das apresentações dos grupos e das discussões.

Durante a apresentação de cada grupo, os demais estudantes da turma assumem um papel importante na OI₄, pois esses deverão fazer perguntas aos componentes do grupo pautadas na apresentação realizada e articuladas ao modelo teórico. Trata-se de um momento de discussão e reflexão coletiva, relevante aos participantes da formação, especialmente quanto ao aprofundamento sobre os elementos teóricos estudados.

5.3.5.5 Análise *a priori* da OI₄

A análise *a priori* da OI₄ revela uma clara intenção de prever esquemas dos estudantes para realizar a apresentação da análise feita pelos grupos. Busca-se prever como os grupos se organizam para realizar a apresentação, tal como, as motivações para as escolhas realizadas.

Inicialmente, foram elencados possíveis esquemas de apresentação da análise feita pelos grupos.

I – Apresentação centrada em um estudante:

Esse tipo de apresentação, feita por um único estudante, daria fortes indícios de uma análise e apresentação feita por ele. A não participação, ainda que seja mínima, dos demais participantes do grupo poderia indicar, inclusive, que a resolução final da situação matemática foi elaborada por esse estudante. Outros aspectos podem ser somados a esses, tal como o domínio ou não sobre o modelo teórico em estudo, por exemplo. A depender se esse estudante consegue ou não articular os elementos do modelo teórico com os eventos analisados.

II – Apresentação distribuída entre os participantes do grupo:

Nesse caso, repousa as expectativas das formadoras, ou seja, que todos participem da apresentação, ainda que minimamente, revelando participação na análise e compreensão sobre modelo teórico. Trata-se de uma apresentação centrada em todos participantes do grupo. Todos revelam suas impressões sobre o experimento, comentando à luz do modelo teórico o que compreenderam. Faz parte da discussão não apenas a construção final (como conseguiram responder a situação matemática) mas, principalmente, todo o processo de tentativas de resolução da situação matemática durante o experimento da OI_p e como essa vivência os auxiliou a compreender melhor o modelo teórico em estudo.

III – Apresentação influenciada pelos papéis assumidos na OI_p:

Na OI_p coube aos estudantes-atores a resolução da situação matemática e aos estudantes-observadores a observação pautada em critérios de observação com base no modelo teórico. Logo, é possível que, durante a apresentação da análise feita pelo grupo, os estudantes voltem a se dividir para resolver a situação com foco na função assumida. Assim, é possível que os estudantes-atores apresentem e discutam o experimento com foco na situação matemática realizada, enquanto os estudantes-observadores discutam as ações dos estudantes-atores durante a OI_p com base no modelo teórico em estudo.

5.3.5.6 Método de análise da OI₄

Diferentemente das orquestrações instrumentais anteriores, a OI₄ contou com a participação de 23 dos 24 estudantes matriculados na turma em que a MOI estava sendo testada. Isso porque o fato de ser aplicado em uma disciplina real nos levou a decidir que os oito estudantes que não participaram do experimento da OI_p/OI₂, deveriam se organizar em grupos de até 5 estudantes para realizar a situação matemática e de formação da OI_p e OI₂. Assim, além

dos quatro grupos que participaram presencialmente da OI_p/OI₂, mais dois grupos foram formados um com três e outro com cinco integrantes.

Uma análise microgenética-videográfica foi realizada no vídeo gerado por uma das formadoras durante a apresentação da análise feita pelo grupo D sobre o experimento realizado na OI_p/OI₂. Com a análise do vídeo, objetivou-se:

- a) identificar esquemas ou componentes desses, no trabalho coletivo, dos componentes do grupo D no processo de análise da OI_p/OI₂;
- b) verificar como os estudantes, a partir das participações individuais, estabelecem correlação entre os eventos observados/vivenciados OI_p/OI₂ com o modelo teórico OI;
- c) identificar quais protocolos de outras orquestrações instrumentais são utilizados pelos estudantes como artefatos para auxiliá-los na análise e apresentação e como fazem isso;
- d) identificar esquemas ou componentes desses, no trabalho coletivo, dos componentes do grupo D, relativos à apropriação de conhecimentos sobre a OI.

A análise microgenética-videográfica realizada no vídeo da apresentação do grupo D possibilitou a identificação de sete etapas sob as quais estava estruturada a apresentação da análise do grupo. Os critérios de definição de cada etapa são as variações entre apresentação e discussão do que foi apresentado. Foram registrados quatro momentos de apresentação com temáticas distintas e intercaladas a esses três momentos de discussão. Etapas e eventos foram classificados no instrumento de análise criado, utilizado para analisar os dados das outras orquestrações instrumentais. Nesse instrumento (Quadro 54), podem-se classificar os eventos, subobjetivos, regras de ação, antecipação e controle, invariantes operatórios e possibilidades de inferências dos estudantes durante a apresentação.

Quadro 54 – Instrumento de análise de eventos da OI₄ relativo a um subobjetivo

| Evento | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidades de inferência |
|---------------|---|--------------------------------|-------------------------------------|
| | | | |

Fonte: Elaborado pela autora.

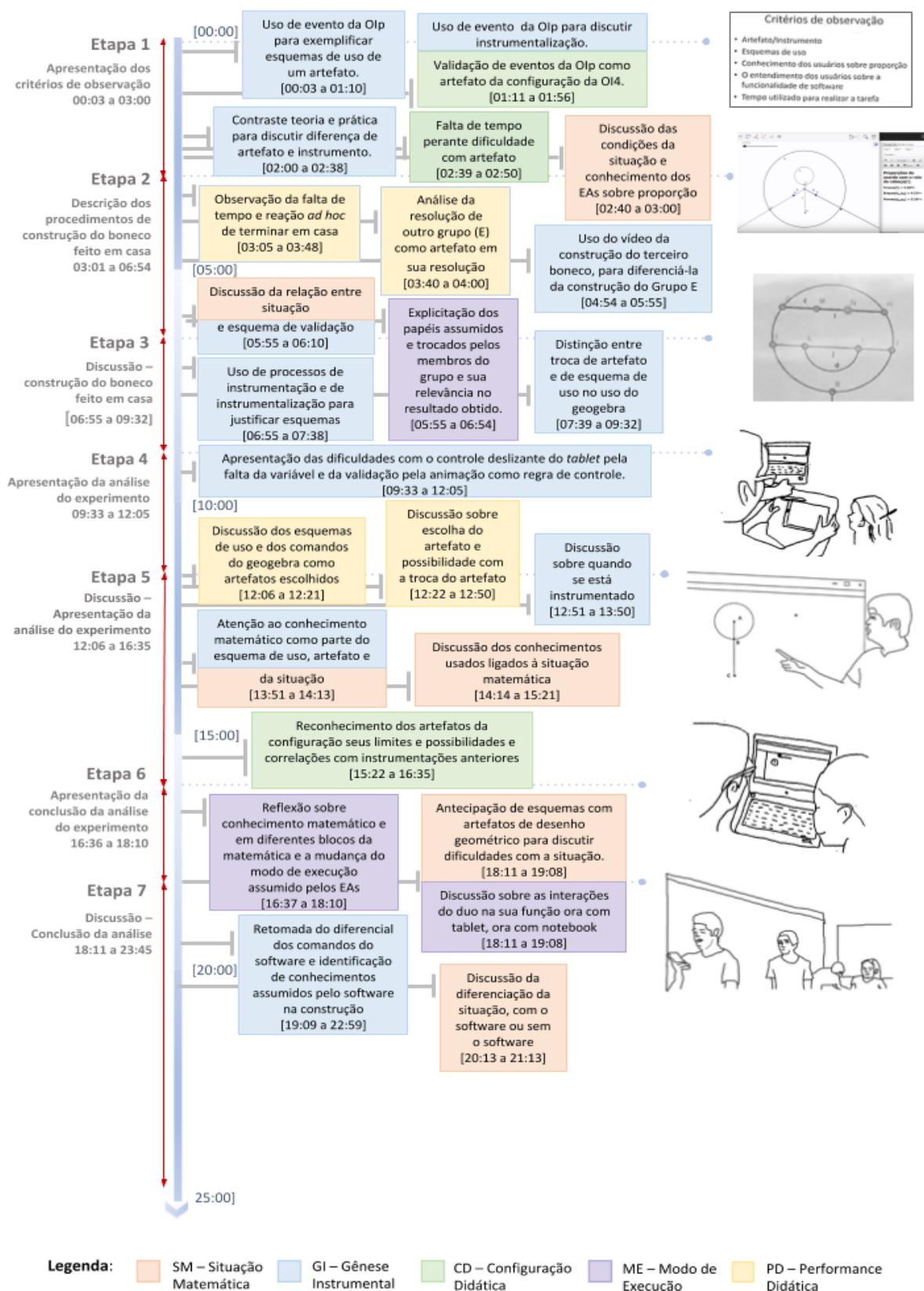
O instrumento de análise favoreceu a classificação dos eventos nas etapas e intervalos de tempo correspondentes. Isso oportunizou, ainda, a criação de uma linha do tempo para

melhor destacar como os estudantes do grupo D resolveram estruturar a apresentação da análise, tal como, o conteúdo dessa.

5.3.5.7 Performance didática – análise da apresentação da análise do grupo D – OI₄

Na linha do tempo (Figura 82), pode-se observar que os estudantes do grupo D optam por usar os critérios de observação para iniciar a apresentação (Etapa I); em seguida, informam que decidiram concluir a situação matemática depois do experimento e descrevem como construíram o novo boneco tomando como base a construção já feita na OI_p e também a construção do grupo E (Etapa II); discute-se sobre a construção do boneco a partir de questionamentos das formadoras (Etapa III); segue-se a apresentação da análise do experimento, momento em que buscam explicar à luz do modelo teórico o que foi feito pelo *duo* na OI_p, mas também como fizeram o boneco pós-experimento (Etapa IV); discute-se sobre a apresentação da análise do experimento a partir de questionamentos das formadoras (Etapa V); segue-se a apresentação da conclusão do experimento (Etapa VI); por fim, discute-se sobre a apresentação da conclusão do experimento, a partir de questionamentos das formadoras (Etapa VII).

Figura 82 – Linha do tempo da apresentação do grupo D na OI4



Fonte: Elaborada pela autora.

É relevante informar que em todas as etapas os estudantes tomaram como exemplos eventos observados/vivenciados OIp/OI₂ para apresentar os critérios, descrever e discutir a construção do boneco na OIp e o que foi feito após o experimento. Inclusive, como o que foi construído na OIp e o que foi feito pelo grupo E contribuíram para construção final do boneco apresentada. Os exemplos também foram utilizados para articular a análise da OIp e OI₂ com o modelo teórico, além de ajudar os estudantes a responderem os questionamentos feitos pelas formadoras.

Na linha do tempo (Figura 82), pode-se observar que os eventos estão distinguidos por uma legenda de cores, as quais representam as cinco temáticas escolhidas para guiar as análises: situação matemática (laranja), gênese instrumental (azul), configuração didática (verde), modo de execução (lilás) e *performance* didática (amarelo).

A análise da apresentação do grupo D referente à análise do experimento realizado na OIp/OI₂ será apresentada por etapa, a partir do detalhamento e discussão de cada um de seus eventos. Na descrição de cada evento, será possível verificar componentes de esquemas, no trabalho coletivo, em que indivíduos reconhecem, compartilham, ou discordam de componentes do esquema do outro, pelos membros do grupo, identificados a partir da análise do vídeo da apresentação do grupo. Nesse trabalho coletivo, identificam-se componentes do esquema individual e compartilhados. Esses eventos nos quais se estruturam a apresentação e análise feita pelo grupo D têm estreita relação com os critérios de observação definidos na OI₂. Na Figura 83, têm-se elencados os critérios que guiaram os estudantes-observadores do grupo D, durante a observação do trabalho do *duo* na OIp e a análise feita pelo grupo na OI₄.

Figura 83 – Critérios de observação escolhidos pelo grupo D

| Critérios de observação |
|--|
| • Artefato/Instrumento |
| • Esquemas de uso |
| • Conhecimento dos usuários sobre proporção |
| • O entendimento dos usuários sobre a funcionalidade de software |
| • Tempo utilizado para realizar a tarefa |

Fonte: Critérios recordados do protocolo de observação do grupo D

Na Etapa 1 (Figura 82), foram observados seis eventos relativos a gênese instrumental apresentada com o objetivo de destacar como os critérios de observação definidos na OI₂

guiaram a análise do experimento. A apresentação é iniciada pelo estudante-observador EO₂, com a participação dos demais componentes do grupo em diferentes momentos (Quadro 55).

Quadro 55 – Explicar esquemas de uso de um artefato

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes Operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|---|--|---|
| <p>Uso de evento da OI_p para exemplificar esquemas de uso de um artefato.</p> <p>[00:03 a 01:10]</p> | <p>EO₂: evocar eventos da OI_p, em que o <i>duo</i> discute [<i>brainstorm</i>] as condições da situação, informadas no protocolo de orientação, para exemplificar esquemas de uso dos estudantes relativos a este artefato.</p> | <p>EO₂: como os EA fizeram uso do protocolo de orientação serve para evidenciar seus esquemas de uso em relação a este artefato.</p> <p>EO₂: o <i>Brainstorm</i> faz parte dos esquemas para a resolução da situação matemática, compondo-se em uma antecipação.</p> | <p>EO₂: é na ação do sujeito que fica mais fácil identificar seus esquemas de uso de um artefato. Logo, ao se descrever como o sujeito faz uso de um artefato, descreve-se seu esquema de uso.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

Nesse primeiro evento, EO₁ discute conhecimento sobre a gênese instrumental, com especial atenção às antecipações presentes na discussão inicial do *duo*. EO₂ inicia sua fala relembando a discussão (*Brainstorm*) do *duo* (estudantes-atores da OI_p) ao acessar o protocolo de orientação em que estava detalhada a situação matemática, suas condições e suas restrições. Esse parece ser um teorema em ação implícito de EO₂, tomado como antecipação. Ele fala do *brainstorm* como um esquema dos estudantes para favorecer a resolução da situação proposta (Quadro 55). O *brainstorm* que ocorre entre o *duo*, do ponto de vista de EO₂, serviria para identificar conhecimentos que os ajudaria a resolver a situação, mas também a identificar os primeiros entraves. Nesse evento [00:03 a 01:10], a regra de ação de EO₁ consiste em evocar exemplos da OI_p para falar da relação artefato (protocolo de orientação) e esquemas de uso (*brainstorm*) do *duo*.

O segundo evento [01:11 a 01:56] da Etapa 1 (Quadro 56) EO₂ continua no tema da gênese instrumental, com o foco na noção de instrumentalização. A regra de ação de EO₂ consiste em evocar eventos ocorridos na OI_p relativos às tentativas e erros do *duo* para exemplificar os esquemas de uso relacionados ao processo de instrumentalização destes. Isso porque, segundo EO₂, o *duo* não chega a concluir a construção do boneco; o processo de instrumentação não está bem desenvolvido, ainda. EO₂ conclui com isso que não se pode falar que os EA estão instrumentados. Assim, EO₂ decide retomar as dificuldades apresentadas pelos

estudantes-atores ao usar o *software* GeoGebra para construir objetos geométricos segundo as condições impostas pela situação.

Quadro 56 – A instrumentalização do *duo*

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes Operatórios | Possibilidade de inferência |
|--|---|---|---|
| Uso de evento da OI_p para discutir instrumentalização. [01:11 a 01:56] | EO₂ : evocar eventos da OI_p , em que o <i>duo</i> revela esquemas de tentativa e erro para resolver a situação matemática, para exemplificar o processo de instrumentalização dos EA com o GeoGebra. | EO₂ : sabe que mostrar que o <i>duo</i> ainda estava em processo de tentativas e erros, quando o tempo de conclusão do experimento acabou, revela que ainda não está instrumentado em relação ao GeoGebra, ao menos para a situação proposta. | EO₂ : a instrumentação é percebida quando o sujeito consegue resolver dadas situações com o artefato disponibilizado. Logo, enquanto estiver no campo das tentativas e erros com o artefato, passa pela instrumentalização. |

Fonte: Elaborado pela autora.

No terceiro evento [01:11 a 01:56], EO_2 valida sua função de observador, elemento da configuração didática da OI_2 , como algo relevante para registrar e entender o trabalho realizado pelo *duo*, assim como o trabalho do *duo* como artefato da OI_2 . Os eventos da OI_p , escolhidos por EO_2 , para exemplificar a observação por ele realizada na OI_2 , à luz de critérios pautados no modelo teórico, evidenciam tal validação. Além disso, EO_2 sabe que o fato de ter observado a vivência de uma OI termina favorecendo-o quanto à escolha de eventos que sirvam de exemplos na análise que está fazendo na OI_4 .

Quadro 57 – Validação do papel e função estudante-observador

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|--|--|---|---|
| Validação de eventos da OI_p como artefato da configuração didática da OI_4 . [01:11 a 01:56] | EO₂ : justificar a importância da OI_p como artefato para os objetivos de observação da relação artefato-instrumento, validando configuração da OI_4 . | EO₂ : se é possível observar a instrumentalização no trabalho do <i>duo</i> , a escolha de observar o trabalho dos estudantes como artefato para a formação é útil para o objetivo. | EO₂ : os eventos do trabalho do <i>duo</i> na OI_p permitem a articulação com os critérios de observação; logo, são exemplos que funcionam como artefato à OI_4 . |

Fonte: Elaborado pela autora.

No quarto evento [02:00 a 02:38], EA_2 toma à palavra. Ele busca no conteúdo do *webdoc* (OI_1) a definição de artefato e de instrumento para diferenciar esses dois elementos teóricos. O texto-base dado para a teoria passa se compor no artefato fonte como regra de tomada de

informação. Em seguida, evocam eventos da OI_p , quanto ao uso do artefato GeoGebra feito pelo *duo*, considerando os usos em que o GeoGebra era um artefato e os que era um instrumento para os EA (Quadro 58). É interessante observar que EA_2 compreende bem os conceitos em jogo e isso lhe permite estabelecer uma relação que entre a teoria (*webdoc*) e a prática (experimentação por ele mesmo vivenciada na OI_p).

Quadro 58 – Distinção entre artefato e instrumentação

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes Operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|--|---|--|
| <p>Contraste entre teoria (<i>Webdoc</i>) e prática (OI_p) para discutir diferença de artefato e instrumento.</p> <p>[02:00 a 02:38]</p> | <p>EA₂: fazer menção ao conteúdo do <i>Webdoc</i> (OI_1) que distingue artefato de instrumento para explicar que o GeoGebra, inicialmente, era um artefato para o <i>duo</i>.</p> <p>EA₂: utilizar a ideia de esquemas de uso desenvolvidos por eles, como meio de transformar o artefato em instrumento.</p> | <p>EA₂: o texto com as ações deles, mesmos correlacionadas aos exemplos visto no <i>Webdoc</i>, mostra que, para o <i>duo</i>, o <i>software</i> GeoGebra ainda é um artefato em relação à situação proposta.</p> <p>EA₂: instrumento é o artefato mais o esquema de uso.</p> | <p>EA₂: a definição de artefato descrita no <i>Webdoc</i> permite identificar eventos em que o <i>software</i> ainda se configura um artefato para os sujeitos; logo, é possível inferir que tal artefato só será um instrumento ao perceberem que os esquemas de uso dos estudantes favorecem a resolução da situação proposta.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

O quinto evento [02:39 a 02:50] é apresentado por três componentes do grupo D, EA_1 , EA_2 e EO_1 . Há indícios de que os três compartilham de alguns elementos comuns a regras de ação para dar destaque a um elemento relevante da configuração didática da OI_p , que também foi escolhido como critério de observação da OI_2 : o tempo (Quadro 59). Esses estudantes relembram interrupções que ocorreram durante o experimento, as quais tomaram certo tempo do *duo* para resolver a situação matemática. Também dão ênfase a mais um elemento da configuração didática da OI_p , uma decisão *ad hoc* das formadoras: a inserção do artefato *tablet*. Esse foi um único grupo que, por problemas do *notebook*, teve de iniciar o trabalho no *tablet*. A dificuldade na instrumentalização do *duo* com esse artefato dificultou o processo de construção do boneco.

Quadro 59 – Elementos da configuração didática da OI_p – tempo e o *tablet*

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|--|---|---|---|
| Discussão da falta de tempo de resolução da situação, perante dificuldade com artefato escolhido. [02:39 a 02:50] | EO₁/EA₁/EA₂ : evocar eventos da OI_p para exemplificar que a dificuldade do <i>duo</i> em resolver a situação no <i>tablet</i> , além dos imprevistos ocorridos desfavoreceram o trabalho do <i>duo</i> . | EO₁/EA₁/EA₂ : o <i>duo</i> é instrumentado quanto ao uso do controle deslizante no <i>notebook</i> , não no <i>tablet</i> . | EO₁/EA₁/EA₂ : se o <i>duo</i> é instrumentado com o GeoGebra no <i>notebook</i> , então a escolha do <i>tablet</i> para o <i>duo</i> resolver a situação poderá demandar mais tempo para se instrumentalizar e depois resolver a situação. EO₁/EA₁/EA₂ : se o <i>duo</i> é instrumentado com o GeoGebra no <i>notebook</i> , e não no <i>tablet</i> , então a instrumentação depende não somente do <i>software</i> , mas do dispositivo também. |

Fonte: Elaborado pela autora.

O último evento [02:39 a 02:50] da Etapa 1 tem por foco a apresentação do critério de observação que destaca os conhecimentos matemáticos do *duo* perante as condições da situação matemática proposta (Quadro 60). Assim, o *duo*, partir da regra de ação evoca eventos da OI_p para dar destaque ao conhecimento matemático mais utilizados por eles durante a OI_p – proporção, embora outros sejam citados, tais como: raio, segmento etc. EA₂ busca dar ênfase à proporcionalidade porque, embora o *duo* (ele e EA₁) revelasse dominar o conceito de proporção, utilizá-lo para cumprir a situação parece ter sido o maior desafio. Era preciso garantir a construção das partes do boneco de forma que essas fossem proporcionais entre si. Os eventos citados por EA₂ revelam que o *duo* usa o conhecimento de proporção para atender a uma condição da situação, mas também para validar os objetos construídos, ou seja, se ampliam e reduzem, então, são proporcionais e a construção está correta.

Quadro 60 – Condições da situação matemática e o conceito de proporção

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|---|---|---|
| Discussão das condições da situação e conhecimento dos EA sobre proporção. [02:40 a 03:00] | EA₂ : evocar eventos da OI_p , em que o <i>duo</i> construa objetos (raio, braço, perna) que tenham relação com a proporção (condição da situação), para salientar os conhecimentos matemáticos do <i>duo</i> . | EA₂ : a busca por uma construção de partes do boneco proporcionais entre si é um forte indício do conhecimento matemático (proporção) do <i>duo</i> . | EA₂ : a construção proporcional das partes do boneco é condição da situação. Proporção é um conhecimento matemático. Se há construção proporcional, há conhecimento matemático sobre proporção em jogo. |

Fonte: Elaborado pela autora.

A Etapa 2 possui seis eventos distribuídos que ocorrem no intervalo [03:01 a 06:54]. Esses eventos emergem de dois objetivos:

- a) delimitar o que foi feito na sala e a decisão de terminar a construção do boneco em casa; e
- b) apresentar a resolução final da situação matemática (OI_p) com suporte do vídeo produzido em casa.

Inicialmente, em um primeiro evento, observa-se a discussão deles sobre aspectos da *performance* didática, com reação *ad hoc* a partir do evento inesperado da falta de tempo. Para atender ao primeiro objetivo, EA_2 informa [03:05 a 03:48] que a falta de tempo para concluir a construção do boneco na OI_p foi o que levou o grupo D a uma decisão de concluir, após o experimento da OI_p , a situação matemática. É válido ressaltar que isso não foi algo solicitado pelas formadoras. A decisão tomada pelo grupo pode ser entendida como uma reação *ad hoc* ao fato de não terem concluído a tarefa na OI_p .

Quadro 61 – O tempo e as reações *ad hoc*

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|--|--|--|
| Observação da falta de tempo e reação <i>ad hoc</i> de terminar em casa. [03:05 a 03:48] | EO_1/EA_1 : informar que a observação identificou a falta de tempo para completar a situação matemática, relatar as partes feitas com quais comandos e observar a decisão tomada pelos estudantes. | EA_1/EO_1 : o conhecimento do que e como foi feito é importante para a continuidade. EA_1/EO_1 : a falta de tempo de resolver uma situação demanda uma decisão, fazer ou não em casa. | EA_1/EO_1 : se não houve tempo para terminar tarefa, na OI_p , logo deve-se tomar uma decisão de fazer em casa ou não. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Na sequência, ainda na Etapa 2, EO_1 , com o objetivo de apresentar a resolução final da situação matemática (OI_p), apresenta as três tentativas de construção realizadas pelo grupo, o detalhamento da versão final do boneco e a relevância da troca de papéis/funções entre os participantes do grupo neste processo, em cinco eventos.

No segundo evento da Etapa 2, EO_1 continua com foco em discutir ações deles que estavam fora do planejado, em uma alusão às reações *ad hoc* da *performance* didática. Ele descreve e analisa a construção do boneco do grupo E [03:40 a 06:10], construção essa que inspirou a do grupo D (Quadro 62) e apresentada pelo grupo E semanas antes da apresentação

deles. EO₁ sabe que os esquemas de uso e de ação instrumentada do grupo E culminaram em procedimentos complexos de construção do boneco.

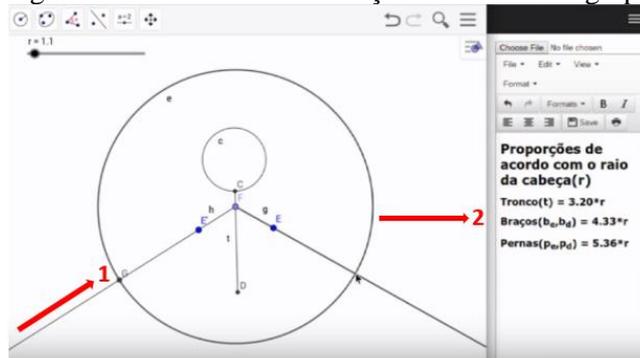
Quadro 62 – Primeira tentativa de construção do boneco inspirado no boneco do grupo E

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|--|---|--|--|
| Análise da resolução de outro grupo (E) como artefato em sua resolução. [03:40 a 04:00] | EO ₁ : informar que a primeira tentativa de construção do boneco consistiu em construí-lo dentro de uma circunferência, tomando como referência a construção do boneco do grupo E. | EO ₁ : os esquemas de uso e de ação instrumentada, do grupo E, do GeoGebra para construir o boneco, são corretos, mas complexos. EO ₁ : uma análise do procedimento do grupo E leva a um novo procedimento válido e mais simples. | EO ₁ : a construção do boneco pelo grupo E é válida, mas complexa. Logo, pode-se tomá-la como referência para uma nova construção mais simples. |

Fonte: Elaborado pela autora.

EO₁ explica que, na construção feita pelo grupo E, cada parte do corpo do boneco construída era vinculada a uma circunferência (ver janela gráfica na Figura 84). Além disso, as medidas de cada parte boneco foram definidas com base nas medidas de um modelo humano, tal como informava o protocolo de orientação (ver janela de protocolo na Figura 84).

Figura 84 – Recorte da construção do boneco do grupo E



Fonte: Recorte da captura de tela da construção do boneco do grupo E.

Embora a primeira tentativa de construção do boneco do grupo D tenha sido influenciada pela construção do grupo E, essa foi parcialmente abandonada por sua complexidade. O grupo buscou aproveitar algumas ideias neste modelo, mas para construir seu próprio modelo, mais simples e didático, para que outros pudessem entender com mais facilidade.

O terceiro evento diz respeito à segunda tentativa de construção do boneco do grupo D (Quadro 63). A gênese instrumental volta a compor o foco da discussão, na medida em que EO₁

discute as mudanças de regras de ação a partir de demandas de membros do grupo. A regra de ação de EO₁ consiste em informar que a construção feita por seu grupo articulava cada parte do boneco a um controle deslizante. A construção foi deletada porque não havia no boneco o pescoço [05:55 a 06:10]. EO₁ informa que, para esta tentativa, usaram como modelo o desenho disponibilizado no protocolo de orientação, mas, este tinha pescoço o que não validava a construção feita pelo grupo D.

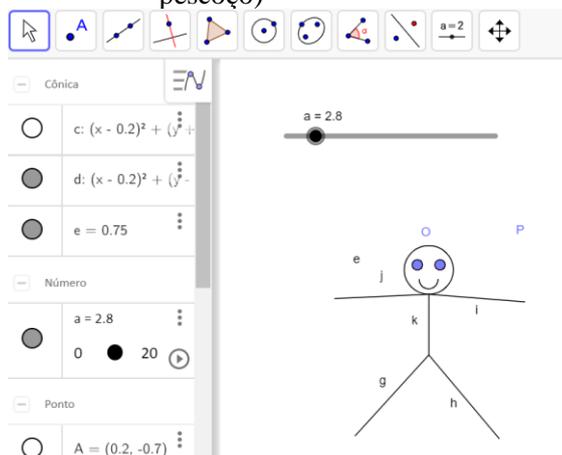
Quadro 63 – Relação entre a situação e o esquema de validação

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|--|---|--|
| Discussão da relação entre situação e esquema de validação [05:55 a 06:10] | EO ₁ : informar que a segunda tentativa de construção do boneco consistiu em articular suas partes ao controle deslizante, no entanto não tinha pescoço e os braços ficaram ligados à cabeça, diferentemente do modelo fornecido no protocolo de orientação, por isso foi deletado. | EO ₁ : há um modelo de boneco a ser seguido no protocolo de orientação e a construção é validada quando as condições da situação articulada com o modelo são consideradas. | EO ₁ : a construção do boneco deve seguir o modelo disponibilizado pelas formadoras no protocolo de orientação. Se uma das condições dadas não é obedecida, deve-se deletar a construção. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Dado que a construção não é compatível com o modelo (Figura 85), EO₁ informou que os componentes do grupo o rejeitaram como solução; logo, o grupo D optou por uma nova tentativa de construção do boneco.

Figura 85 – Segunda tentativa do grupo D de construção do boneco (sem pescoço)



Fonte: Recorte da captura de tela da construção do segundo boneco do grupo D.

Na sequência, a discussão volta-se ao modo de execução, com foco nos papéis assumidos pelos estudantes, e a importância deles na execução da situação. Com o objetivo de apresentar o histórico de construção dos três bonecos e as motivações do grupo para isso [05:55 a 06:54], EO₁ explicita os papéis assumidos (OI_p e OI₂) e trocados (OI₄) entre os membros do grupo, assim como a relevância disso no resultado obtido (Quadro 64). EO₁ estava no controle do GeoGebra nas três tentativas de construção do boneco, e os demais componentes do grupo, o outro estudante-observador (OI₂) e os estudantes-atores (OI_p), assumiram as funções de observadores e colaboradores.

Quadro 64 – Troca de funções/papéis e as contribuições para construção do boneco

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|--|---|---|---|
| Explicitação dos papéis assumidos e trocados pelos membros do grupo e sua relevância no resultado obtido. [05:55 a 06:54] | EO₁ : explicar a sua construção, reconhecer a falha e o papel dos colegas na crítica, revelar as novas construções e avanços incluídos. | EO₁ : no trabalho em grupo, as críticas assumem um papel importante e levam a modificações e avanços. | EO₁ : se há críticas do grupo, precisa-se reconhecer as falhas; logo, é preciso melhorar. |

Fonte: Elaborado pela autora.

As observações e colaborações de EA₁, EA₂ e EO₂ culminaram em reconhecimento de falhas ou entraves nas construções que iam sendo feitas sob controle de EO₁, e na indicação da necessidade de modificações, resultando em três tentativas até chegar à versão final, um boneco semelhante ao da segunda tentativa, mas com pescoço.

Na Etapa 3, o grupo D objetiva responder aos questionamentos das formadoras relativos aos procedimentos adotados na construção do terceiro boneco na sua versão final [06:55 a 09:32]. Assim, a formadora inicia a discussão com a primeira pergunta: *Por que [a construção dos olhos e da boca] diminuem proporcionalmente [à variação do raio da cabeça]?*. A pergunta diz respeito a elementos adicionais que não foram sugeridos no protocolo de orientação, neste caso os olhos e a boca, acrescentados ao boneco do grupo D.

Quadro 65 – Discussão sobre os procedimentos de construção do terceiro boneco

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|---|--|---|
| Uso de processos de instrumentação e de instrumentalização na justificação da construção do rosto. [06:55 a 07:38] | EO ₁ : construir uma corda do círculo e tomar dois pontos da corda, para manter as distâncias entre os pontos proporcionais ao raio da cabeça. | EO ₁ : uma corda da circunferência é proporcional ao raio. EO ₁ : um arco de círculo é proporcional ao seu raio. EO ₁ : a distância entre dois pontos de um segmento mantém-se proporcional ao comprimento do segmento na GD. | EO ₁ : para manter a proporcionalidade dos olhos e boca no rosto do boneco, articula-se sua construção com segmentos construídos a partir de pontos do círculo. Se o ponto pertence a uma corda do círculo, então sua distância em relação aos outros pontos do segmento mantém-se proporcional. |

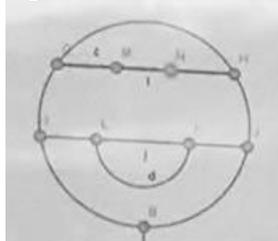
Fonte: Elaborado pela autora.

A regra em ação de EO₁ (Quadro 66) para justificar processos de instrumentação e instrumentalização detalha a construção dos olhos, boca e demais partes do corpo do boneco, com garantia da proporcionalidade.

Trecho 46 – Construção do 3.º boneco.

EO₁: Se eu colocasse dois pontos fixo ali [fora do segmento que liga dos pontos da circunferência], o boneco diminuía e o ponto ia ficar lá, no vazio. E a boca também. Se não tivesse feito isso, a boca não ia ficar desse tamanho, ia diminuir desse tamanho [gesticula mostrando o tamanho maior – menor], ou ia ficar fixo ali, e o boneco ia diminuir a boca e ia ficar ali parado. Aí, oh [mostra na projeção], aí ele cresce porque vai demais pra ir sozinho, aí ele cresce até o tamanho máximo e depois diminui proporcionalmente todo o boneco.

Figura 86 – Print da construção final do boneco do grupo D



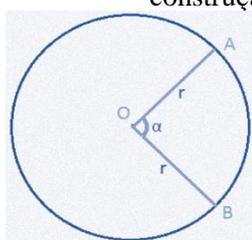
Fonte: Recorte da captura de tela da construção da cabeça do boneco do grupo D.

Assim, inicialmente, EO₁ explica que a construção dos olhos consistiu na definição de dois pontos de uma corda da circunferência que representa a cabeça do boneco (Trecho 46). No trecho, pode-se observar que o argumento de EO₁ é que se fizesse “solto” não daria certo. EO₁ argumenta que o segmento vai ser proporcional à cabeça (raio), conseqüentemente os olhos

(pontos) sob o segmento também o serão. O mesmo argumento é mantido para boca, ao tomar dois pontos um semicírculo que culminam em dois pontos.

O fato de o segmento ser uma corda da circunferência é usado para, segundo eles, garantir que o comprimento do segmento é proporcional ao raio da cabeça. Realmente, são proporcionais, mas isso não garante. O *software* utiliza a manutenção do ângulo central com o ponto da circunferência. Ao fazer isso, o ângulo vira uma constante; logo, fica proporcional ao raio. A proporcionalidade é garantida por transposição informática¹ (BALACHEFF, 1993) da geometria dinâmica, quando decide a nova posição que um ponto da circunferência deve ser ao se ampliar ou reduzir a circunferência, mantendo-se constante o ângulo central. A distância entre os pontos é igual à medida do ângulo vezes a medida do raio (Figura 87). Mas os estudantes só veem a dependência do raio. A corda tem dependência bilinear do raio e do ângulo central. Eles veem somente a linearidade com o raio.

Figura 87 – Comprimento do arco AB e a relação com a construção da boca do boneco



Fonte: Elaborada pela autora.

Os estudantes sabem que o comprimento do arco AB (Figura 87) é a medida da distância entre os pontos A e B, pertencentes à circunferência, logo, proporcional à medida do ângulo central α . Isso garante que, quanto menor o ângulo, menor será o comprimento do arco e, quanto maior o ângulo, maior será o comprimento do arco. O arco corresponde à boca do boneco. Assim, quando definem o arco por dois pontos de uma corda, eles evidenciam tal conhecimento a partir da escolha dos objetos geométricos construídos pelo *software* por transposição informática.

No segundo evento [06:55 a 07:38] da Etapa 3, também tem foco na gênese instrumental, mas para discutir a diferença entre artefatos e esquemas de uso. EO₁ continua

¹ Transposição informática: processo de criação de objetos de ensino como adaptação dos saberes de referências às restrições da modelização computacional, do computador e materiais de suporte informático. (BALACHEFF, 1993, p.15).

respondendo aos questionamentos da formadora que, dessa vez, pergunta sobre aspectos que distinguem a construção do grupo E da do grupo D: *A construção do grupo E é diferente da de vocês por causa dos comandos e artefatos diferentes utilizados? Ou por causa dos esquemas de uso diferentes?* Inicialmente, EO₁ hesita em responder e EA₂ toma a palavra respondendo que os comandos eram os mesmos, mas que os esquemas de uso foram diferentes (Quadro 66).

Quadro 66 – Distinção entre artefato e esquema na construção do terceiro boneco

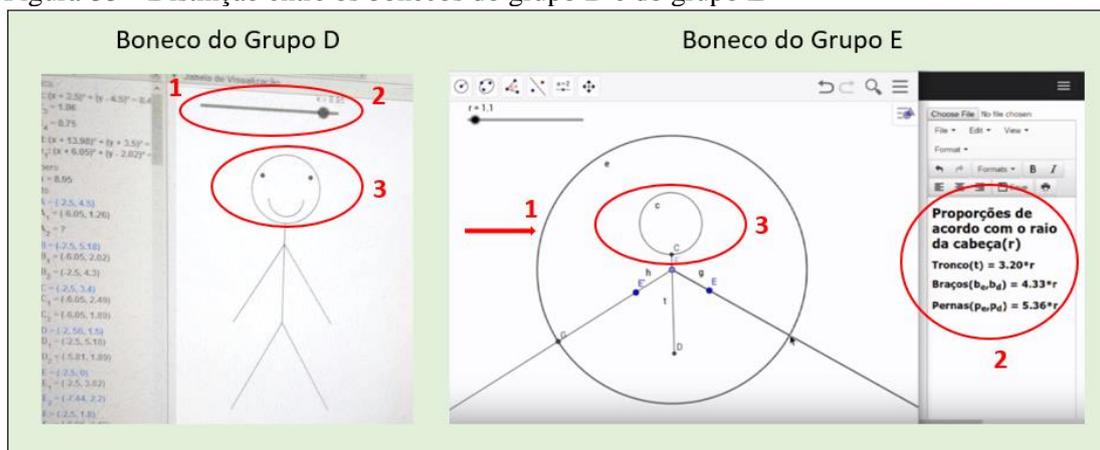
| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|--|---|---|
| Distinção entre troca de artefato e de esquema de uso do GeoGebra. [07:39 a 09:32] | EO ₁ /EA ₁ /EA ₂ : defender que os artefatos e comandos foram os mesmos, mas os esquemas de uso desses é que foram diferentes, ou seja, o grupo usou as mesmas ferramentas do GeoGebra e comandos, mas a referência para a determinação das medidas foi diferente. O grupo E usou um modelo humano para obter medidas padronizadas. Já o grupo D atribuiu medidas ao boneco fictício, tomando como referência apenas a medida do raio como variável e a razão dessa com as medidas das partes, razão criada por eles. | EO ₁ /EA ₁ /EA ₂ : é possível utilizar comandos iguais do artefato e obter resultados diferentes e isto pode ser exemplificado considerando as formas como os dois grupos, D e E, definiram as medidas das partes do boneco. | EO ₁ /EA ₁ /EA ₂ : ignorar o modelo humano para definir as razões do corpo do boneco torna a construção mais simples. Logo, escolher as razões entre o raio da cabeça e as demais partes do corpo garante uma construção do boneco mais simples. |

Fonte: Elaborado pela autora.

EO₁ e EA₁, ainda que rapidamente, refletem sobre a afirmação de EA₂ e de imediato concordam. EO₁ retoma a fala e informa que eles usaram os mesmos comandos do GeoGebra (controle deslizante, segmentos, circunferência etc.), utilizados pelo grupo E. Entretanto, defende que de fato o boneco é diferente. EA₁ e EA₂ reforçam a fala de EO₁, defendendo que os procedimentos utilizados por seu grupo, além de diferentes, são mais simples e, por isso, mais didáticos.

Na Figura 88, podem-se observar alguns procedimentos adotados pelos dois grupos que diferenciam a construção dos bonecos, embora os comandos sejam os mesmos. EO₁ explica para turma e formadoras que em ambas as construções os estudantes fizeram uso do controle deslizante para definir uma variável igual ao raio. Entretanto, enquanto o grupo D vinculou as medidas de todas as partes do corpo ao controle deslizante (1D), o que faz o boneco ampliar e reduzir proporcionalmente, o grupo E vinculou as partes do corpo do boneco à circunferência (1E).

Figura 88 – Distinção entre os bonecos do grupo D e do grupo E



Fonte: Recorte da captura de tela da construção dos bonecos do grupo D e E.

Outro aspecto que diferencia as construções (Figura 88) é o procedimento de definição das medidas das partes dos bonecos. O grupo D atribuiu medidas (2D), as quais chamaram ‘aleatórias’, pois inventaram a medida e não tomaram um modelo humano como referência. Já o grupo E seguiu a condição imposta pela situação, descrita no protocolo de orientação, que consistia em usar as medidas de um modelo humano (um componente do grupo, por exemplo) para definir as medidas do boneco (3D). Sobre esse aspecto, EO₁ complementa: *foi diferente (determinação das medidas), mas funcionou do mesmo jeito. O boneco aumenta e diminui proporcionalmente.*

Na hora de fazer o braço, ambos escolhem um ponto do tronco sem medir. Eles geram o corpo como segmento a partir de um ponto da cabeça e um comprimento fixo (utilizam um múltiplo da variável). Depois, o grupo D faz o braço pelo segmento iniciado no ponto do pescoço com comprimento fixo (ambos usam uma função nesse comprimento, um com razão tirada das medidas (E) e outro com razão inventada (D)).

Ambos fazem o outro braço por simetria por meio do mesmo comando do GeoGebra, “Reflexão em relação a uma reta”. O grupo E depois cria um círculo com centro no tronco (encontro dos braços) e, passando pela mão, vincula o outro ponto a esse círculo. Esse procedimento muda o efeito do movimento no boneco. Os segmentos dos braços e das pernas deixam de ter a propriedade de segmento com comprimento fixo pela variável do controle deslizante, e passam a ser dependentes dessa circunferência. Isto promove no boneco o efeito polichinelo. No entanto, o grupo D evita fazer isso, pois percebe que o efeito não garante a proporcionalidade entre as partes do boneco.

Pode-se observar ainda, na Figura 88, que o boneco do grupo D possui olhos e boca. Como dito anteriormente, ainda que isto não tenha sido uma exigência da situação, o grupo, desde a primeira tentativa de construção do boneco, buscava se diferenciar do grupo E. O desafio imposto por eles mesmos era um boneco que atendesse às condições da situação, mas que fosse mais simples e melhor que o do grupo E.

Na Etapa 4 (Quadro 67), o grupo D, depois de apresentar os critérios e as tentativas de construção do boneco após o experimento da OI_p , foca sua apresentação na análise do experimento da OI_p à luz da OI [09:33 a 12:05]. Para isso, eles continuam centrados na discussão da gênese instrumental, ao debaterem dificuldades dos estudantes ao se alterar o dispositivo utilizado. As regras em ação dos estudantes $EO_1/EA_1/EA_2$ consistem em evocar eventos observados/vivenciados na OI_p para exemplificar a dificuldade do *duo* quanto ao uso do controle deslizante, o que perdurou praticamente em quase todo experimento. Inicialmente, a dificuldade foi mais acentuada quando no uso do *tablet*, artefato que o *duo* não estava instrumentado para usar na definição de uma variável por meio do controle deslizante.

Quadro 67 – Apresentação da análise do experimento da OI_p pelo grupo D

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|--|--|--|
| Apresentação das dificuldades com o controle deslizante do <i>tablet</i> pela falta da variável e da validação pela animação como regra de controle. [09:33 a 12:05] | $EO_1/EA_1/EA_2$: evocar eventos da OI_p que revelem a dificuldade do <i>duo</i> em utilizar a ferramenta controle deslizante do GeoGebra para construir o boneco com partes proporcionais devido ao artefato utilizado (o <i>tablet</i>). EO_1: validar a proporcionalidade das partes com a animação do controle deslizante. | $EO_1/EA_1/EA_2$: os controles deslizantes do GeoGebra do <i>tablet</i> e do <i>notebook</i> são diferentes. Logo, são artefatos diferentes e o <i>tablet</i> dificulta o uso da variável. EO_1: a validação da construção do boneco (com partes proporcionais e simétricas) atesta se há instrumentação dos sujeitos em relação ao <i>software</i> . | EO_1: se o boneco construído não atende todas as condições impostas pela situação não pode ser validado. Logo, o <i>duo</i> ainda está vivenciando a gênese instrumental com o <i>software</i> , não sendo para essa situação instrumentado. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Para o *duo*, a validação da construção se daria com a verificação da proporcionalidade e da simetria. No entanto, a definição da variável no controle deslizante vinculado a objetos construídos para garantir a proporcionalidade entre eles era algo para qual o *duo* acreditava estar instrumentado no *notebook*. Isso porque já tinha vivenciado experiência anterior em sala de aula na construção de homotetias com o controle deslizante. No entanto, nunca tinham realizado tais procedimentos no *tablet*, em que a forma de determinar a variável é diferente.

Sendo o *tablet* e o *notebook* artefatos distintos e considerando que a experiência do *duo* na construção de objetos proporcionais se deu no *notebook*, o uso do *tablet* não os favorecia.

Durante toda a apresentação da análise (Quadro 67), EO₁/EA₁/EA₂ atribuem a não finalização da construção do boneco à falta de instrumentalização do *duo* com o *tablet*. Entretanto, o grupo deixa de considerar a troca realizada pela formadora, do *tablet* pelo *notebook*, em dado momento do experimento (Figura 52).

Mesmo com a troca do *tablet* pelo *notebook*, o *duo* mantém por certo tempo a dificuldade de construir o boneco vinculado ao controle deslizante, a partir da definição de uma variável. Até que, após algum tempo, conseguem construir a cabeça e o tronco, tendo o raio como unidade de medida atribuído ao controle deslizante. Os esquemas de uso do *duo* possibilitam a construção proporcional da cabeça vinculada ao tronco. Não havendo mais tempo, o *duo* encerra o experimento com um boneco construído, mas com apenas cabeça e tronco obedecendo às condições impostas pela situação.

Nos quatro eventos da Etapa 5, EO₁/EA₁/EA₂ discutem o processo de gênese instrumental do *duo* [12:06 a 14:13], respondendo a questionamentos das formadoras sobre a apresentação da análise do experimento. Essa sequência de perguntas realizadas pelas formadoras, diferentemente de outros momentos da apresentação, conduziram os estudantes a hesitações e reflexões. Os gestos, expressões faciais, pausas para pensar ou respostas imediatas (sem reflexão) dão indícios da dificuldade dos estudantes em estabelecer relação entre o conhecimento geométrico e o conhecimento de geometria dinâmica, ambos necessários à resolução da situação matemática na OI_p e, portanto, aos processos de gênese instrumental.

Inicialmente, a formadora questiona *se as construções geométricas, considerando as propriedades geométricas com o GeoGebra, têm a ver com o conhecimento geométrico ou com o conhecimento do GeoGebra*. A regra de ação utilizada pelos estudantes para responder ao questionamento consiste em evocar eventos da OI_p para justificar que a proporção entre a cabeça e tronco só foi possível por causa do comando intersecção entre dois objetos.

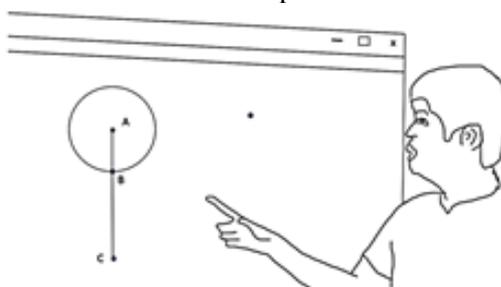
Quadro 68 – Esquemas de uso e os comandos do GeoGebra como artefatos

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|---|--|---|
| Discussão dos esquemas de uso e dos comandos do GeoGebra como artefatos. [12:06 a 12:21] | EO₁/EA₁/EA₂ : evocar eventos da OI _p para justificar que a proporção entre a cabeça e o tronco só foi possível por causa do comando intersecção. | EO₁/EA₁/EA₂ : o comando <i>intersecção entre dois objetos</i> permite articulá-los de forma que estes aumentam e diminuem juntos. Já a proporcionalidade fica garantida por causa da unidade de medida, o raio, utilizada na construção da cabeça e do tronco. | EO₁/EA₁/EA₂ : se o raio da circunferência (cabeça) é a unidade de medida utilizada para definir a medida do segmento (tronco) e ambos estão articulados, então, serão proporcionais, o tronco e a cabeça. |

Fonte: Elaborado pela autora.

No Quadro 68, podem-se observar, a partir das regras de ação, invariantes operatórios e possíveis inferências dos estudantes EO₁/EA₁/EA₂ do grupo D. Para esses três estudantes, os esquemas de uso do *duo* em relação ao GeoGebra e seus conhecimentos matemáticos e sobre o GeoGebra os ajudaram na construção parcial do boneco. Os estudantes sabiam que é o comando intersecção que faz com que os objetos aumentem/diminuam juntos, embora não garanta a proporcionalidade entre esses. Mas complementam, informando que é a unidade de medida (raio), definida e utilizada na construção dos objetos (cabeça e tronco) que garante a proporcionalidade.

Figura 89 – Apresentação da construção da cabeça e tronco feita pelo *duo* na OI_p



Fonte: Elaborada pela autora.

No Quadro 69, detalha-se mais um aspecto da discussão sobre a análise do experimento, com foco na gênese instrumental do *duo*, perante a decisão *ad hoc* de mudar o artefato de *tablet* para *notebook*, elemento próprio da *performance* didática. Dessa vez, a discussão foi motivada pela seguinte pergunta da formadora: *Mas fizeram (cabeça e tronco) pelo controle deslizante?* Para respondê-la, EO₁/EA₁/EA₂ fazem uso de eventos da OI_p em que o *duo* tenta fazer uso do

controle deslizante. Na discussão, buscam diferenciar esse trabalho do *duo*, quando no *tablet* e quando no *notebook*.

Quadro 69 – Escolha e possibilidade de troca do artefato

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes Operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|--|---|---|
| Discussão sobre escolha do artefato e possibilidade com a troca do artefato. [12:22 a 12:50] | EO₁/EA₁/EA₂ : evocar eventos da OI _p para explicar que o artefato disponibilizando – o <i>tablet</i> – não possibilitou o uso do controle deslizante para a definição de uma variável. Entretanto, no segundo artefato disponibilizado <i>notebook</i> , o <i>duo</i> conseguiu definir um controle deslizante com variável (unidade de medida = raio). | EO₁/EA₁/EA₂ : ao definir um controle deslizante com medida variável – raio (unidade de medida), as demais partes do corpo do boneco poderiam receber medidas em função da medida do raio. | EO₁/EA₁/EA₂ : a determinação de uma variável no controle deslizante, sendo o raio a unidade de medida escolhida, depende de uma versão do GeoGebra que permita esse procedimentos. Logo, há a necessidade de trocar a versão <i>tablet</i> pela versão do <i>notebook</i> . |

Fonte: Elaborado pela autora.

Os estudantes dão ênfase à dificuldade de instrumentalização do *duo* para definir uma variável no *tablet*, o que os impossibilitou de construir objetos promocionais, diferentemente do que ocorre no *notebook*, uma vez que eles já possuíam esquemas de uso da versão do GeoGebra para esse artefato, para definir variável por meio do controle deslizante (Quadro 69). O fato é que, para EO₁/EA₁/EA₂, os esquemas de ação instrumentadas que conduziram o *duo* à resolução da situação, ainda que parcial, emergiram no uso do *notebook*, daí a necessidade de mudar o artefato.

O Quadro 70 diz respeito à discussão sobre o processo de instrumentação do *duo* na OI_p. As regras de ação dos estudantes EO₁/EA₁/EA₂ evocam eventos da OI_p para exemplificar se o *duo* está instrumentado, considerando a pergunta da formadora sobre a temática. Pergunta-se: *vocês veem que conseguiram mesmo nesta parte [construção da cabeça e tronco proporcionais] ter uma instrumentação ou ficaram só na instrumentalização?*

Quadro 70 – Discussão sobre o processo de instrumentação

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes Operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|---|--|---|
| Discussão de quando se está instrumentado [12:51 a 13:50] | EO₁/EA₁/EA₂ : evocar eventos da OI _p para afirmar que houve instrumentação do <i>duo</i> , apenas, no que concerne à construção da cabeça e do tronco, pois atendiam às condições impostas pela situação quanto à proporcionalidade. | EO₁/EA₁/EA₂ : a instrumentação e instrumentalização são processos imbricados, o que permite ao sujeito ser instrumentado, ainda que parcialmente, à medida que vão se instrumentalizando em outras diferentes etapas da situação proposta. | EO₁/EA₁/EA₂ : se o sujeito faz uso de um artefato para realizar parte de uma situação e consegue, logo, ao menos em parte, ele é instrumentado. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Os estudantes EO₁/EA₁/EA₂ defendem que, entre os muitos esquemas de uso do *duo* em relação ao artefato GeoGebra para resolver a situação, ora no *tablet*, ora no *notebook*, ainda assim, esquemas de ação instrumentada puderam ser observadas na construção da cabeça e do tronco. Essa parte da construção é considerada por EO₁/EA₁/EA₂ a efetivação parcial da situação da OI_p, ou seja, até esse ponto, pode-se dar ao *duo* o *status* de instrumentado (Quadro 71). Isso porque houve a construção geométrica da cabeça e do tronco; ambos aumentam e diminuem juntos devido ao uso do comando Interseção do GeoGebra e são proporcionais entre si, graças à escolha do raio como unidade de medida utilizada na construção destes objetos. Em alguns momentos, o grupo D revela que, se houvesse mais tempo, o *duo* conseguiria resolver a situação.

Nesse quarto evento da Etapa 5, referente à apresentação da análise do experimento da OI_p, com foco na gênese instrumental do *duo*, aborda-se a relevância do conhecimento matemático como parte do esquema de uso em relação ao artefato para resolver a situação. A formadora dá continuidade à discussão apresentando mais uma questão: *como os esquemas de uso dos artefatos estavam ligados ao GeoGebra?*

Mais uma vez, EO₁/EA₁/EA₂ evocam eventos da OI_p, regras de ação, para exemplificar como os esquemas de uso estão relacionados ao conhecimento matemático em foco. Esses estudantes revelam saber que a escolha dos comandos do GeoGebra tem a ver com os conhecimentos que possuem e que são correlatos à situação. Assim, é natural que eles busquem garantir a simetria entre as partes inferiores e superiores do boneco por meio do comando *Reflexão em relação a uma reta* do GeoGebra.

Quadro 71 – Conhecimento matemático e os esquemas de uso

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|---|---|--|
| Atenção ao conhecimento matemático como parte do esquema de uso, artefato e da situação. [13:51 a 14:13] | EO₁/EA₁/EA₂ : evocar eventos da OI _p para exemplificar a relação dos esquemas de uso com a matemática. | EO₁/EA₁/EA₂ : a escolha dos comandos está relacionada à matemática que esses conseguem representar a partir do uso desses. Por isso, é importante mostrar a escolha do comando “reflexão em relação a um ponto”, utilizado para garantir a simetria entre os membros do boneco. | EO₁/EA₁/EA₂ : a relação comando-objeto matemático coloca em evidência esquemas de uso do sujeito em relação ao artefato. Logo, antes de se escolher ou buscar por um comando, o sujeito tem em mente o objeto matemático que deseja construir. |

Fonte: Elaborado pela autora.

O que se pode verificar a partir da resposta dos estudantes EO₁/EA₁/EA₂ (Quadro 71), ao questionamento da formadora na sala de aula, é que entendem que, ao escolher um comando, os esquemas de uso do *duo* possuem relação com o conhecimento que se tem do artefato, mas também do conhecimento matemático, que guia a escolha e o uso do artefato, por exemplo.

Ainda na Etapa 5, o quinto evento tem por objetivo discutir a respeito do conhecimento matemático do *duo* [14:14 a 15:21]. A formadora questiona o grupo D: *proporções, como é que isto estava ligado à situação matemática?* Para responder a essa questão, as regras de ação dos estudantes EO₁/EA₂ os fazem evocar eventos da OI_p para exemplificar, por meio da ação do *duo* no experimento, que ambos possuíam conhecimento a respeito de dois conceitos centrais à situação: proporção e simetria.

Quadro 72 – Conhecimentos matemáticos correlatos à situação matemática

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes Operatórios | Possibilidade de inferência |
|--|---|--|--|
| Discussão dos conhecimentos usados ligados à situação matemática. [14:14 a 15:21] | EO₁/EA₂ - Evocar eventos da OI _p para exemplificar a relevância do conhecimento do <i>duo</i> sobre proporção e simetria para a realização da situação. | EO₁/EA₂ - A proporção entre as partes do corpo do boneco é o que faz com que todas ampliem e reduzam simultaneamente. A simetria entre as partes inferiores e superiores do corpo do boneco é o que aproxima o modelo do modelo humano. | EO₁/EA₂ - As condições impostas pela situação pressupõem conhecimento prévio do <i>duo</i> sobre proporção e simetria. Logo, são essenciais à construção do boneco. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Ao explicar os eventos evocados, EO₁/EA₂ colocam em evidência uma concepção deles sobre a proporção. Para eles, quando um objeto construído vinculado a outro cresce e o outro cresce ou quando diminui e o outro diminui, então, são proporcionais. Esse teorema é bastante utilizado pelo grupo na OI_p e na OI₄ para validar/explicar as construções realizadas. No entanto, isso não é suficiente para que se garanta a proporcionalidade. Outro conceito fundamental à construção do boneco revelado pelo *duo* é o de simetria entre os membros superiores e inferiores. Assim, buscam tomar o corpo humano como referência para construção de braços e pernas.

O último evento da quinta etapa da apresentação da análise do grupo D tem por objetivo discutir sobre a influência da OI sobre a desempenho do *duo* diante da troca de artefatos. Assim, a formadora questiona: *vocês foram uma das equipes que, por conta dos problemas técnicos, mudou de artefato. Sentiram alguma diferença quanto à configuração quando estava com o tablet, e à configuração quando estava com no computador?*

Para responder à pergunta da formadora, EA₂ tem por regra em ação evocar aulas passadas da disciplina, em que ocorre a formação, em que o *duo* teve a oportunidade de passar por processo de instrumentalização com a versão do GeoGebra para *notebook*. Nessa, aprenderam a construir objetos em homotetia por meio do controle deslizante. Logo, por regra de antecipação, EA₂ revela que utilizariam os mesmos esquemas para tentar resolver a situação que demandava garantia da proporcionalidade entre as partes do boneco. No entanto, as decisões *ad hoc* das formadoras, com a troca do *notebook* pelo *tablet*, depois do *tablet* pelo *notebook*, trouxeram implicações ao trabalho do *duo* na OI_p.

Quadro 73 – Artefatos: limitações, possibilidades e correlações com instrumentação

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|---|--|---|
| <p>Reconhecimento dos artefatos da configuração seus limites e possibilidades e correlações com instrumentações anteriores. [15:22 a 16:35]</p> | <p>EA₂: evocar aulas da disciplina com o GeoGebra, anteriores à OI_p, para defender a instrumentação do <i>duo</i> quanto à versão do GeoGebra no computador, não no <i>tablet</i>.</p> <p>EA₂: evocar eventos da OI_p para informar que o artefato <i>tablete</i>, por ser diferente do computador, provocou “um choque” e, ao mesmo tempo, instigou o <i>duo</i> a desenvolver esquemas de uso do <i>software</i> para resolver a situação.</p> | <p>EA₂: o conhecimento prévio – homotetia no GeoGebra (versão <i>notebook</i>) – pode ser utilizado para fazer o boneco ampliar e reduzir, desde que a construção esteja articulada ao controle deslizante.</p> <p>EA₂: não ter conhecimento prévio sobre como usar um artefato (<i>tablet</i>) pode desestabilizar seu usuário, mas, também, instigá-lo ao uso, diante do desafio de ter que desenvolver novos esquemas de uso do <i>software</i> para resolver a situação.</p> | <p>EA₂: se a homotetia entre objetos construídos no GeoGebra (versão <i>notebook</i>) pode ser garantida com o controle deslizante, articulado com esses objetos, então, pode-se utilizar os mesmos esquemas de uso do controle deslizante no GeoGebra (versão <i>tablet</i>) para construir o boneco.</p> <p>EA₂: dois artefatos distintos (<i>tablet</i> e <i>notebook</i>) possuem versões específicas do GeoGebra. Logo, ainda que a situação matemática seja a mesma, o uso de um artefato para qual o <i>duo</i> não está instrumentado pode favorecer o desenvolvimento de novos esquemas de uso do <i>software</i> para a construção do boneco.</p> |

Fonte: Elaborado pela autora.

Na primeira troca, EA₂ afirma que foi impactante ter que trabalhar com um artefato – versão do *software* para *tablet* – para qual não estavam, (ele e EA₁), instrumentalizados, mas reconhece que isso os instigou a desenvolver novos esquemas para resolução da situação. Os estudantes sabiam que o conhecimento prévio de como estabelecer a homotetia com o GeoGebra no *notebook* os ajudaria na determinação e manutenção da proporcionalidade, mas a troca do artefato resultou em um desafio para o *duo* (Quadro 73).

A sexta etapa [16:36 a 18:10] observada consistiu na apresentação das conclusões do grupo D sobre a análise realizada do experimento. Nesse momento, vem à tona a discussão de elementos do modo de execução, os papéis assumidos pelos estudantes-atores. Para concluir a apresentação, EO₁ reflete sobre proporção e a sua relação com a resolução do boneco. Ele busca defender que o *duo* sabia que a proporção era um conhecimento da álgebra e da regra de três, que conhecia o GeoGebra e sabia que seus comandos envolvem geometria. No entanto, EO₁ destaca que era preciso mais que o domínio da matemática exigida pela situação em jogo. Mais que ter conhecimentos geométricos por trás dos comandos do *software*, era preciso conhecer como determinar a proporção na geometria do *software*.

Quadro 74 – Conclusão da análise do experimento

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|--|--|--|
| Reflexão feita sobre o conhecimento matemático e suas aparições em diferentes blocos da matemática e a mudança do modo de execução assumido pelos estudantes. Apresentar últimos argumentos sobre a não conclusão do boneco na OI _p [16:36 a 18:10] | EO₁ : refletir sobre conhecimento de proporcionalidade e a situação de construção do boneco proporcional; identificar que o impasse estava no uso do <i>software</i> para colocar a proporcionalidade no boneco; refletir sobre os esquemas de uso do GeoGebra para identificar que o conhecimento de proporção na geometria era de fato uma lacuna. | EO₁ : proporção é um conhecimento da álgebra e de regras de três. EO₁ : GeoGebra mexe com comandos que envolvem a geometria; logo, a proporção na geometria era o conhecimento-chave. | EO₁ : conhecer proporção e saber usar o GeoGebra eram necessários, portanto saber a proporção no contexto do conhecimento utilizado no GeoGebra é crucial. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Na sétima etapa, quatro eventos foram observados e são relativos ao diferencial oferecido pela geometria dinâmica na resolução da situação da OI_p, pautados nas conclusões do grupo D. O primeiro evento [18:11 a 19:08] consiste na antecipação de esquemas com artefatos de desenho para discutir as dificuldades de resolução da situação proposta.

A formadora pergunta: “*isso tem a ver com o conhecimento geométrico ou com o conhecimento do GeoGebra? [Fala-se das construções geométricas considerando as propriedades geométricas com o GeoGebra.]*”. Para responder, EO₁ busca antecipar uma forma de construir o boneco com instrumentos de desenho, na perspectiva de mostrar que o *duo* não conseguiu resolver a situação porque faltava a este conhecimento do *software* GeoGebra.

Quadro 75 – Antecipação de esquemas e artefatos de desenho geométrico

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes Operatórios | Possibilidade de inferência |
|--|---|---|---|
| Antecipação de esquemas com artefatos de desenho geométrico para discutir dificuldades com a situação. [18:11 a 19:08] | EO₁ : antecipar uma forma de construir o boneco com régua e compasso para defender que a dificuldade do <i>duo</i> em realizar a situação no <i>software</i> não era matemática, mas em relação ao artefato – o GeoGebra – que não dominam. | EO₁ : O <i>duo</i> possui conhecimento de construção geométrica com régua e compasso. | EO₁ : se o conhecimento matemático que o <i>duo</i> possui é suficiente para construir o boneco com lápis e papel, então a dificuldade apresentada é de achar os comando no GeoGebra. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Segundo EO₁ (Quadro 75), o *duo* sabia fazer construções geométricas com instrumento de desenho; logo o que precisava era definir quais comandos do GeoGebra fariam as mesmas construções no *software*. Se não conseguiram fazer isso, a dificuldade só poderia estar relacionada à não instrumentalização com o *software*.

Já no segundo evento [19:09 a 22:59], a discussão sobre o diferencial da geometria dinâmica continua. A formadora pergunta: “*no papel não tem a amarração de poder aumentar. EA₂ desenhou, certo? Como é que fica, a questão do dinamismo para amarrar a construção geométrica que de fato está ligada à propriedades da geometria, com os instrumentos papel, régua e compasso [...] você faria as mesmas [construções]? O que você faz aqui [refere-se à construção no GeoGebra] e não faz aqui [refere-se à construção no papel] que garanta as propriedades*”.

Os estudantes fazem uma pausa, como se estivessem refletindo sobre a pergunta. EO₁ tenta responder, mas hesita e volta a refletir. Assim, para responder à pergunta, EO₁/EA₂ evocam eventos observados/vivenciados na OI_p para exemplificar o que se pode fazer com o *software* que não se pode fazer com lápis, papel e instrumentos de desenho.

Quadro 76 – Diferencial oferecido pelos comandos do *software* GeoGebra

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|--|---|--|
| Retomada do diferencial dos comandos do <i>software</i> e identificação de conhecimentos assumidos pelo <i>software</i> na construção. [19:09 a 22:59] | EO ₁ /EA ₂ : evocar eventos da OI _p para apresentar o diferencial oferecido pelo <i>software</i> na construção do boneco, superando algumas limitações de uma construção com lápis, papel e instrumentos de desenho geométrico. A exemplo disso, o comando de reflexão por um ponto constrói um objeto simétrico. | EO ₁ /EA ₂ : ao utilizar comandos do <i>software</i> , objetos são construídos automaticamente. Não é preciso fazer cálculos para validar a construção. | EO ₁ /EA ₂ : se o <i>software</i> possui comandos para a construção de objetos geométricos, esses são construídos com relativa precisão; logo, o usuário não precisa fazer cálculos para validar a construção. |

Fonte: Elaborado pela autora.

EO₁/EA₂ apresentam eventos em que o *software* supera o uso de lápis, papel e instrumentos, evitando a necessidade de fazer cálculos ou verificações. Isso porque, para esses estudantes, os comandos do GeoGebra guardam conhecimentos matemáticos que possibilitam a construção de objetos geométricos automaticamente e com grande precisão. A exemplo disso,

recordam do uso do comando *Reflexão por uma reta* para construir os membros do boneco. Na verdade, não foram os estudantes que construíram, mas o *software*.

O terceiro evento [20:13 a 21:23] diz respeito à diferenciação entre a situação resolvida com ou sem o *software* (Quadro 77). Assim, em uma nítida intenção de ajudar os estudantes a refletirem mais sobre o diferencial da geometria dinâmica, a formadora questiona:

[...] como é que de fato houve conhecimento geométrico [...] em termo de amarração da proporcionalidade? Porque... tá... a relação entre o conhecimento da geometria e o conhecimento da construção geométrica. Você tá dizendo que faria no papel. Faria o desenho ou faria da figura geométrica?

EO₁/EO₂/EA₁/EA₂ evocam seus conhecimentos sobre construção geométrica para defender a possibilidade de resolver a situação com lápis, papel e instrumentos de desenho. Eles sabem que é possível garantir as duas condições centrais da situação matemática – proporcionalidade e simetria –; logo, acreditam que poderão fazer a mesma construção nesses moldes, tal como fariam no *software*.

Quadro 77 – Construção do boneco com e sem *software*

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|--|---|--|---|
| Discussão da diferenciação da situação, com o <i>software</i> ou sem o <i>software</i> [20:13 a 21:23] | EO ₁ /EO ₂ /EA ₁ /EA ₂ : evocar seus conhecimentos para defender a ideia de que a construção geométrica proposta na situação podia ser feita com lápis, papel e instrumentos geométricos. | EO ₁ /EO ₂ /EA ₁ /EA ₂ : sabem fazer construções geométricas com lápis, papel e instrumento de desenho, com garantia de proporcionalidade e simetria e por isso defendem essa possibilidade como mais simples para construir o boneco. | EO ₁ /EO ₂ /EA ₁ /EA ₂ : se é possível garantir simetria e proporcionalidade com lápis, papel e instrumentos de desenho, então a construção do boneco é mais simples desta forma do que com o <i>software</i> GeoGebra. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Há de se considerar que EO₁/EO₂/EA₁/EA₂, ao responderem positivamente à pergunta da formadora, desprezam uma das condições impostas pela situação da OI_p: que o boneco aumente e diminua proporcionalmente. Mas esse efeito só pode ser garantido pela geometria dinâmica. Isso dá indício de que os estudantes ainda têm dificuldade de compreender os efeitos da geometria dinâmica sobre as construções geométricas, diferenciando-as de construções com instrumentos convencionais.

Quadro 78 – Interação entre os estudantes-atores, estudantes-observadores e formadoras

| Eventos | Regras de ação, antecipação e controle | Invariantes operatórios | Possibilidade de inferência |
|---|---|--|---|
| A interação entre o <i>duo</i> em função do uso dos artefatos. [23:00 a 23:45] | EO₁ : evocar eventos da OI _p para defender a importância do trabalho em <i>duo</i> , especialmente com o <i>notebook</i> . | EO₁ : o trabalho em dupla tende a ser mais rápido e o <i>duo</i> era instrumentado quanto ao uso do controle deslizante no <i>tablet</i> . | EO₁ : se o trabalho é colaborativo (em <i>duo</i>), e isso se faz com suporte de um artefato conhecido pelo <i>duo</i> , pode-se inferir que a escolha desse artefato e a definição dos papéis/funções favorecem a resolução da situação proposta. |

Fonte: Elaborado pela autora.

O último evento [23:00 a 23:45] da sétima etapa, que discute a apresentação da conclusão da análise do experimento da OI_p, apresenta uma temática diferente dos quatro anteriores: a própria OI_p. Com o objetivo de responder sobre a configuração didática, modo de execução e *performance* didática, EO₁ tem por regra de ação evocar eventos da OI_p para defender a configuração didática e o modo de execução relativo ao papel/função do *duo*. Isso porque a formadora pergunta: “*a configuração com o tablet ou com o computador muda a interação a dupla?*”.

EO₁ revela saber que o trabalho em dupla tende a ser mais rápido, considerando as interações entre os estudantes-atores e as funções que exerceram de controle e colaboração. No entanto, EO₁ vincula que essas interações são favorecidas de acordo com o artefato que estão utilizando. Isso porque com o artefato que o *duo* estava instrumentalizado para uso do controle deslizante – o *notebook* – as interações parecem fluir melhor e favorecem a resolução da situação do que quando o *duo* estava com o *tablet*.

5.3.5.8 Síntese da performance didática da OI₄

A *performance* didática da OI₄ será apresentada sob dois prismas: desempenho individual dos participantes do grupo durante sua atuação na OI₄ e a gênese instrumental de cada estudante, desenvolvida a partir do trabalho coletivo. Para isso, serão evidenciados elementos concernentes à(ao):

- a) trabalho coletivo desenvolvido pelo grupo D durante a OI₄;
- b) desempenho individual de cada componente na OI₄;

- c) compreensão de estudantes-atores e estudantes-observadores a respeito dos conceitos correlatos à OI.

A *performance* didática, coletiva e individual, dos componentes do grupo D resulta de uma análise pautada naquela já realizada sobre a apresentação da análise do experimento da OI_p. No entanto, a *performance* didática visa à validação da OI₄ com foco nos objetivos traçados, dando destaque às escolhas didáticas que favoreceram o bom andamento da orquestra, sejam elas previstas (*mise en œuvre*) ou não (decisões *ad hoc*). Também, busca-se evidenciar as situações inesperadas que, por sua natureza, podem contribuir ou prejudicar o andamento da orquestra. E, por fim, os efeitos da OI₄ em favorecer a gênese instrumental de cada participante do grupo, especialmente, no que concerne à compreensão desses sobre o modelo da OI.

A orquestração instrumental 4 encerra uma sequência de orquestrações instrumentais criadas para favorecer a compreensão dos participantes da formação sobre o modelo teórico orquestração instrumental. A OI₄ foi desenvolvida para proporcionar aos participantes a síntese e a análise dos dados por eles mesmos produzidos à luz do modelo teórico que se busca aprender.

Pode-se afirmar, a partir da análise realizada na apresentação grupo D, que, de modo geral, a configuração didática e o modo de execução previstos para OI₄ e operacionalizados foram bem-sucedidos. No entanto, as situações imprevistas que, geralmente, resultam em decisões ou reações *ad hoc* terminam alterando muito do que foi planejado, o que se pode refletir, positiva ou negativamente, sobre o desempenho dos participantes e, conseqüentemente, sobre os objetivos traçados.

Performance coletiva (grupo D) na OI₄:

A seguir, as ocorrências identificadas durante a execução da OI₄.

- a) O evento inesperado pelo grupo D de não concluir a construção do boneco na OI_p e o fato de a situação da OI₄ propor uma análise sobre o processo de resolução da situação matemática durante a OI_p geraram uma reação *ad hoc* dos estudantes do grupo D – concluir após o experimento a construção do boneco. Ficou evidente, durante a apresentação do grupo, que era relevante para seus componentes mostrar que sabiam resolver a situação matemática e que, se o *duo* não conseguiu concluir, um dos fatores foi o tempo perdido com o uso de um artefato para o qual não estavam instrumentalizados (*tablet*) e com as interrupções ocorridas.

Isso resultou na apresentação de duas análises feitas pelo grupo:

- a da construção parcial do boneco feita pelo *duo* durante o experimento (OI_p), exigida pela situação da OI₄;
- a que tratava da construção feita por EO₁ (reação *ad hoc*), com o suporte dos demais componentes do grupo, após o experimento da OI_p.

Durante a apresentação, isso foi bem recebido pelas formadoras, cuja decisão *ad hoc* consistiu em aproveitar as duas análises apresentadas para ampliar as discussões sobre os elementos teóricos em jogo a partir dos eventos detalhados, relativos a ambas as construções. Para isso, tiveram de reformular algumas questões em tempo real que dessem conta de discutir as duas análises;

- b) a condição imposta pela situação da OI₄ que se fizesse uma síntese e análise do experimento da OI_p, de forma coletiva e colaborativa, levou o grupo D a uma interessante troca de papéis/função durante a análise/apresentação. Diante da situação inesperada, de não conclusão da situação da OI_p, o estudante-observador, EO₁, tem reação *ad hoc* de fazer o boneco. Algo que EO₁ já havia prometido ao *duo* (5.^a interrupção na OI_p), durante uma provocação de EO₁ ao fato de seus colegas não estarem conseguindo resolver a situação matemática. Essa iniciativa de EO₁ altera seu papel/função assumidos no experimento (OI_p), ao se colocar como estudante-ator, uma vez que construiu o boneco, enquanto os estudantes-atores e o outro estudante-observador atuaram como seus colaboradores.

EO₁ consegue resolver a situação da OI_p com o suporte dos demais integrantes do grupo, cuja colaboração favoreceu o aprimoramento das construções feitas por EO₁. Os colaboradores indicaram a necessidade de uma construção diferente daquela feita pelo grupo E (referência). Decidiram que a construção deveria ser mais simples e didática que a do grupo E, para eles muito complexa. Queriam que o boneco atendesse às condições da situação, inclusive a forma do desenho do boneco que constava no protocolo de orientação. Esse tinha cabeça, tronco (com pescoço), braços e pernas. Por fim, EO₁ decide oferecer um diferencial ao boneco que não foi posto pelos colegas, que não constava na construção do grupo E, nem no protocolo de orientação: olhos, boca e um nome, a saber, Gandalf (um mago da trilogia *O Senhor dos Anéis*);

- c) Foram previstos e sugeridos pelas formadoras diferentes dispositivos digitais para a apresentação dos grupos: vídeo (*Movie Maker*), história em quadrinhos (*Pixton*),

slides (*PowerPoint*, apresentação do *Gdrive* ou *Prezzi*), linha do tempo (*MyHistro*) ou mapa conceitual (*Cmaptools*). Mas foi observado que todos os grupos, incluindo o grupo D, optaram pelo uso de slides por meio do programa *PowerPoint*. Embora as demais opções não tenham sido exploradas, o grupo D buscou incluir outros artefatos.

As formadoras já haviam previsto que, independentemente, da escolha dos dispositivos, os estudantes precisariam de um kit multimídia para fazer a apresentação. Assim, computador, tela de projeção e projetor foram disponibilizados para que eles pudessem explorar a apresentação em *PowerPoint* e o vídeo da construção do boneco por eles produzido. No entanto, o grupo decidiu mostrar e ler as anotações feitas pelo estudante-observador durante o experimento da OI_p. Fazer isso olhando para tela de projeção pareceu algo desconfortável para EO₁, que estava no controle da apresentação naquele momento. Assim, em uma reação *ad hoc*, utilizou seu próprio celular para ler as informações do protocolo (etapa de conclusão da análise), enquanto EA₂ passava o documento no computador, acompanhando a leitura feita por EO₁;

- d) os questionamentos realizados pelas formadoras, todos comunicados por F₁, enquanto F₂ filmava as apresentações, ajudaram o grupo D a discutir, refletir e ampliar seus conhecimentos sobre diferentes temáticas concernentes à OI. Duas temáticas foram bastante discutidas pelos estudantes, revelando uma tendência que se iniciou desde a OI₁, o interesse do grupo em compreender a gênese instrumental e a configuração didática. Isso pode justificar a ampla discussão sobre esquemas de uso, artefato e instrumentos, instrumentalização e instrumentação, assim como sobre a situação matemática, conhecimentos matemáticos, os relativos aos artefatos e à geometria dinâmica e o tempo. Um aspecto relevante observado é que o grupo discute elementos das etapas da OI, mas não atribuem, diretamente, tais elementos a essas. Assim, discutem sobre o tempo, a escolha dos artefatos (*tablet*, *notebook*, protocolo etc.), mas não os apresenta como elementos da configuração didática. Falam ainda da relevância de suas funções para fazer a síntese e análise (estudante-observador) ou mesmo para a qualidade das interações e celeridade na resolução da situação pelo *duo* (estudantes-atores), mas não atribuem esses elementos ao modo de execução para o qual papéis/funções foram previstos.

Há, ainda, a *performance* didática, que também tem seus elementos revelados em diferentes momentos da apresentação, mas sem explicitação de ser ou não da *performance* didática. Eles falam da não instrumentalização do *duo* com o *tablet* para a definição de uma variável no controle deslizante, mas não afirmam que se trata de um evento imprevista; falam troca do *tablet* pelo *notebook*, mas não informam que se trata de uma decisão *ad hoc* das formadoras.

Embora os estudantes não façam uma correlação direta desses, entre outros elementos, às suas respectivas etapas da OI, em alguns momentos eles conseguem estabelecer essa relação, ainda que indiretamente. Isso ocorre nos momentos de discussão, na apresentação, quando a formadora faz perguntas e usa, por exemplo, os termos configuração didática e os estudantes conseguem situar suas respostas nesta etapa;

- e) no tocante à atuação do grupo D quanto à apresentação, esse seguiu um padrão muito comum de organização dos estudantes quando em trabalho coletivo. Há sempre um que fica na liderança. Ficou nítido que EO₁ ficou na maior parte do tempo no controle tanto da análise (não foi visto pelas formadoras, mas as falas atestam isso) e da apresentação. EA₁ deixou o controle da situação e virou um dos colaboradores mais ativos de EO₁ durante a apresentação. EA₁ permanece na função de colaboradora, mas direciona suas falas para discutir a situação matemática e sobre alguns aspectos da gênese instrumental. EO₂ foi escolhido pelo grupo para iniciar a apresentação e dar um panorama geral sobre o que seria discutido. A atuação desse estudante é mais passiva e centrada, quase que exclusivamente, a esse momento da apresentação.

Performance didática – Gênese instrumental dos componentes do grupo D – OI₄:

A seguir, serão apresentados alguns aspectos a respeito da gênese instrumental de cada estudante na OI₄, bem como evidenciados elementos concernentes à compreensão de estudantes-atores e estudantes-observadores a respeito dos conceitos correlatos à Orquestração Instrumental.

A *performance* didática, individual, dos componentes do grupo D resulta de uma análise pautada naquela já realizada sobre a apresentação da análise do experimento da OI_p. No entanto, o foco recai sobre a atuação de cada componente, no sentido de revelar se os objetivos da OI₄ foram alcançados.

EA₁: EA₁ evidenciou compreensão em suas falas, durante a apresentação da análise feita com seu grupo, sobre:

- a) gênese instrumental: EA₁ consegue, por meio de eventos da OI_p, revelar entendimento sobre os processos de gênese instrumental, instrumentalização e instrumentação. Exemplo: quando informa que o *duo* estava instrumentado em relação à construção da cabeça e do tronco (construção parcial do boneco), mesmo não tendo tido tempo de terminar o boneco. A noção de esquema é discutida por EA₁, que revela entender que os esquemas são desenvolvidos pelo sujeito; que a transformação do artefato em instrumento depende dos esquemas de uso do sujeito em relação ao artefato; que os esquemas possuem relação com a ação e os conhecimentos dos sujeitos. Exemplo: EA₁ fala: “*ao usar um artefato para o qual o duo não está instrumentalizado, este terá que desenvolver outros esquemas de uso*”;
- b) situação matemática: EA₁ revela entender a importância da situação para o processo de gênese instrumental, tal como dos conhecimentos matemáticos e sobre os artefatos em jogo. Mostra ter domínio dos conceitos matemáticos, especialmente os que são centrais, proporção e simetria, e, ainda, de comandos do GeoGebra na versão *notebook*, como a definição de uma variável. Exemplo: o comando intersecção permite vincular dois objetos geométricos, de forma que ambos irão aumentar e diminuir juntos, mas a proporcionalidade é garantida pela definição da variável de medida igual ao raio no controle deslizante. Múltiplos dessa medida são definidos para a construção do boneco;
- c) configuração didática: embora EA₁ não faça menção ao termo configuração didática, dá ênfase a dois elementos desta etapa da OI: o tempo de realização da situação matemática, que ficou comprometido pelas interrupções, e o artefato disponibilizado, ao focar na dificuldade de uso do artefato *tablet*.

No que concerne à participação de EA₁ na orquestração instrumental 4, pode-se afirmar que EA₁ participou em diferentes momentos da apresentação, especialmente para discutir a situação matemática e o processo de gênese instrumental por ela vivenciado no papel de estudante-ator da OI_p. Em suas falas, EA₁ revela o uso de protocolos de outras orquestrações, tais como eventos da OI_p, a construção do boneco do grupo E, protocolo de orientação, seus conhecimentos sobre a matemática e os artefatos em jogo.

As falas de EA₁ também dão indícios de sua participação no processo de análise da situação da OI_p, como também nas três tentativas de construção do boneco. De todos os componentes do grupo D, EA₁ não troca de papel/função, mantendo-se no papel de estudante-ator e na função de colaboração, sendo um dos participantes que questionou a segunda tentativa de construção do boneco, feito sem pescoço.

Durante a apresentação, em especial, os eventos vivenciados na OI_p serviram para estruturar as falas do estudante que estava no controle da apresentação – EO₁. Suas falas foram alternadas às etapas da apresentação e centradas, especialmente nas temáticas: situação matemática e gênese instrumental. Como suporte, foram utilizados eventos da OI_p, protocolo de orientação (OI_p), construção do boneco do grupo E (OI₄) e os próprios conhecimentos matemáticos e sobre o *software*.

EA₂: mantém-se na linha de colaborador na apresentação, mas vez por outra anuncia que vai fazer os dois papéis, e ser observador também. Várias das inferências realizadas por EA₂ usam, além de eventos da OI_p, os questionamentos da formadora e uma parada para refletir sobre a construção feita em diversos momentos:

- a) gênese instrumental: ele demonstra bom conhecimento dos conceitos de artefato e instrumento e toma como regra de ação a confrontação do texto teórico com os eventos do experimento vivenciado por ele mesmo. Ao discutir o conhecimento matemático em jogo e o seu uso em esquemas para resolver a situação matemática no GeoGebra, EA₂ revela conhecer dois diferentes subobjetivos de uso da proporção: construir o boneco e validar a construção. Além disso, percebe serem objetivos diferentes, portanto esquemas diferentes. Consegue ainda resgatar eventos vivenciados por ele no *duo*, ao ser confrontado entre artefatos diferentes ou esquemas diferentes para resolver uma situação. EA₂, junto com EO₁ e EA₁, evoca eventos da OI_p, regras de ação, e revela saber que a escolha dos comandos do GeoGebra tem a ver com os conhecimentos que possuem e que são correlatos à situação. Os questionamentos da discussão levam EA₂, assim como todos os colegas, à busca de novos artefatos para refletir sobre os questionamentos. Em relação à potencialidade do *software* para resolver uma situação, ele busca antecipar esquemas para resolver a situação com instrumentos de desenho geométrico;
- b) configuração didática: em diversos momentos, EA₂ evoca o tempo e os artefatos escolhidos como importantes aspectos da realização da situação. Durante toda a

apresentação da análise, conjuntamente com EO_1 e EA_1 , ele atribui a não conclusão da tarefa ao artefato utilizado por eles;

c) modo de execução: em dois momentos, EA_2 mostra compreender claramente a ideia dos papéis assumidos por cada sujeito de uma orquestração e, quando EO_1 centraliza a apresentação para refletir, EA_2 assume a discussão da análise feita, mas antes diz que vai assumir ali os dois papéis, como ator e como observador;

d) performance didática: a decisão *ad hoc* de trocar o artefato-base, do *tablet* para o *notebook*, é também percebida e dominada por EA_2 , mesmo que ele não o conecte explicitamente aos termos da teoria. EA_2 mostra também entender a falta de tempo para resolver a situação na OI_p como um evento que não era esperado e comenta a decisão *ad hoc* tomado pelo grupo, novamente sem explicitar ser isso uma decisão *ad hoc*. EA_2 incorpora eventos de aulas de disciplinas anteriores, ao discutir os efeitos da decisão *ad hoc* de troca do artefato. Ele mostra um desenvolvimento de regras de busca de informação para construir seus argumentos, incorporando novos artefatos à OI_4 . Mas, ao mesmo tempo, reconhece que a situação gerou o momento propício para que novos esquemas fossem desenvolvidos, com o artefato levando a mudança de esquemas do sujeito.

EO_1 : como já discutido, a EO_1 assume o papel central na apresentação, logo após EO_2 ficar constrangido com a filmagem. Já anunciado durante a OI_2 , em que ele atua observando, ele toma para si também a tarefa de resolver a situação matemática, que é feita em conjunto com os outros, mas centrada nele. Ele traz também à tona diversos outros artefatos, eventos de situações inesperadas, reações *ad hoc* e decisão *ad hoc*, por exemplo: a solução apresentada por outro grupo; a solução que fizeram após a OI_p .

a) situação matemática: os elementos da situação matemática são refletidos por EO_1 , em dois momentos cruciais. Primeiro, ao apresentar a solução do boneco sem pescoço, ele discute a presença do desenho do boneco no protocolo da situação (que tinha pescoço), mostrando a importância dos diversos elementos presentes em um protocolo de situação. Segundo, ao discutir a decisão do grupo de escolher as razões a partir do boneco desenhado (sem medir), o que chamou de aleatório. Motivados por questionamentos da formadora, que, em decisão *ad hoc*, põe em jogo uma situação hipotética de construção do boneco no lápis e papel, para discutir a diferença

de situação, EO₁, acompanhado por EA₂, demonstra habilidade em antecipações para discutir ser possível ou não a situação proposta sem a geometria dinâmica;

- b) gênese instrumental: EO₁ para discutir diversos aspectos da gênese instrumental, assume também o papel de ator, resolvendo a situação: discussão entre esquemas de ação instrumentada e de uso e complexidade da solução, em geral baseado na análise conjunta do grupo, dos artefatos trazidos por eles e, por vezes, da reflexão no momento sobre o que está apresentando a partir dos questionamentos. EO₁ se utiliza da explicitação dos passos e decisões da construção de um novo elemento, inserido por eles na situação (o rosto), como artefato para discutir a instrumentação e instrumentalização, deles próprios, com o GeoGebra para construir o boneco (o rosto). Ainda discutindo sobre a diferença entre o artefato e o instrumento, ao ser questionado, EO₁, conjuntamente com EA₂, mostra ter claro que o uso de um mesmo artefato com esquemas diferentes leva a soluções diferentes, formando um instrumento diferente. Isso é feito pelos dois a partir da reflexão sobre os passos dados na construção da solução deles comparada à solução do grupo E. Ao ser questionado sobre a relação entre artefato e conhecimento matemático, EO₁ traz à tona não só a instrumentalização e a instrumentação, mas o conhecimento matemático em diferentes campos da matemática. Segundo ele, os colegas sabiam proporção algebricamente, mas já a proporção na geometria era um desafio, elemento esse necessário na construção geométrica pelo GeoGebra;
- c) configuração didática: elementos da configuração didática são focados por EO₁, quando ele analisa o artefato disponibilizado, o uso do *tablet*, a instrumentalização/instrumentação do grupo com o controle deslizante, na OI_p e em vivências de aulas anteriores; e o tempo, ou a falta dele, perante esse entrave e a falta de instrumentalização com o dispositivo. São eventos inesperados que jogam luz a aspectos do *mise en scène*, como da configuração didática;
- d) modo de execução: EO₁ aponta em sua análise da construção do boneco os papéis assumidos pelos diferentes membros do grupo e seus efeitos, principalmente ao discutir as mudanças provocadas pelas sugestões ou não aceite do grupo de solução proposta por ele (o boneco sem pescoço). Há clareza para ele sobre a importância dos diferentes papéis assumidos, mesmo que ele não atribui isso ao modo de execução;

e) performance didática: EO₁ centra-se no uso de eventos inesperados da OI_p relativo ao tempo e ao artefato disponibilizado para discutir tanto as decisões da formadora como as dificuldades de construção do boneco. EO₁ também explicita decisões tomadas pelo grupo D a partir de eventos não esperados, como o uso da construção do grupo E e a decisão do grupo de construir o boneco em casa. EO₁ apresenta suas próprias decisões, como a de construir o boneco ele mesmo, anunciado aos outros membros do grupo como provocação já na OI_p, e a de construir o rosto do boneco complementando a situação matemática. Os participantes do grupo D decidem, ainda, mudar a situação escolhendo eles mesmos as razões a serem utilizadas sem medir.

EO₂ evidenciou compreensão em suas falas, durante a apresentação da análise, sobre:

- a) gênese instrumental: os EA tinham conhecimento de muitos comandos do GeoGebra e por isso estavam instrumentalizados em relação ao *software*. Entretanto, EO₂ afirma que o *duo* não era instrumentado para o objetivo da realização da situação, a construção integral do boneco. Os exemplos dados por EO₂ dão indícios de que conhecia bem os processos que compõem a gênese instrumental: instrumentalização e instrumentação. Outro conceito trazido à tona foi o de esquemas. EO₂ evoca o momento de recebimento do protocolo de orientação sobre a situação matemática. O estudante-observador recorda da discussão gerada a partir da leitura das informações que constavam no protocolo. Segundo EO₂, era um *brainstorm* sobre os conhecimentos matemáticos e sobre o GeoGebra, um esquema dos EA para a resolução da situação matemática. Outro exemplo que revela entendimento de EO₂ sobre o esquema está na relação que o estudante faz do uso do GeoGebra para resolver a situação matemática por tentativa e erros. Esses esquemas foram bastante utilizados pelo *duo*, durante todo o processo de resolução. A cada objeto construído e validado, uma nova sequência de tentativas e erros era iniciada, e, para EO₂, esse é o principal esquema dos EA para resolver a situação da OI_p. A noção de esquema de EO₂ está associada ao conhecimento e à ação do sujeito, componentes do esquema. Ele discute ainda o conhecimento matemático que depende do *software*, numa menção a um processo de instrumentação, e aqueles que os EA já possuíam;
- b) modo de execução: há dois aspectos fundamentais apontados por EO₂ que dizem respeito ao modo de execução previsto pelas formadoras para OI_p: o uso do protocolo de orientação; e o trabalho colaborativo estabelecido pelo *duo*. É a partir da leitura e

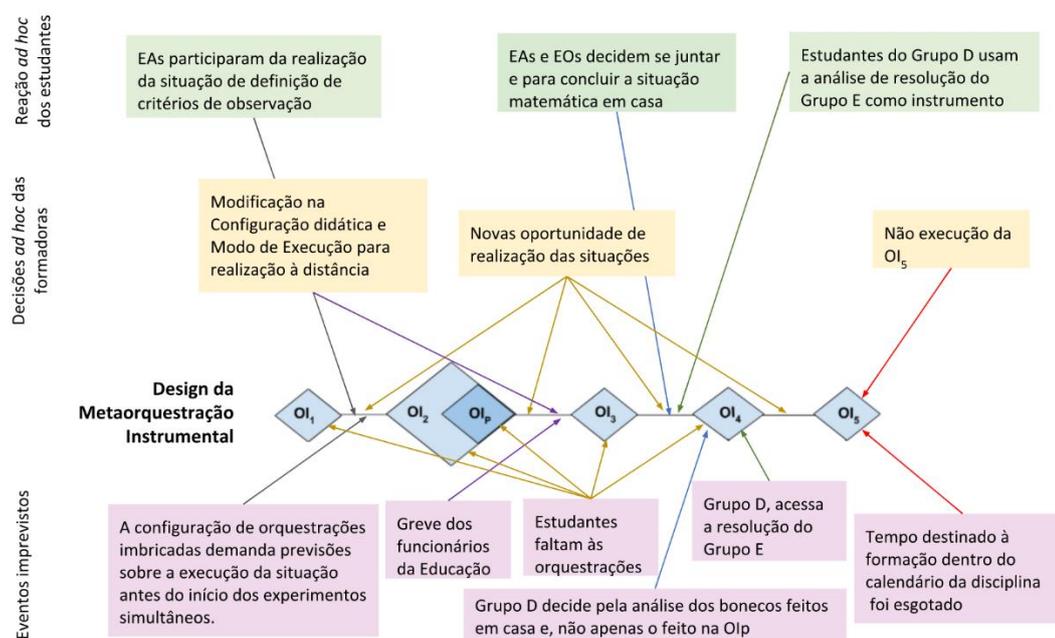
identificação das condições e restrições da situação da OI_p que os estudantes discutem inicialmente para só então iniciar a construção do boneco. Outro aspecto gerado pelo uso do protocolo de orientação é a interação entre os estudantes-atores, o *duo*, prevista no modo de execução da OI_p, na qual um fica no controle do artefato e o outro colabora, ambos com o objetivo comum de concluir a resolução da situação. EO₂ evidencia esses elementos, mas não os relaciona ao modo de execução da OI_p. Quanto à atuação individual na apresentação da análise da OI₄, EO₂ concentrou sua participação no primeiro momento da apresentação, não conseguindo mais atuar. EO₂ iniciou sua participação dando um panorama geral da apresentação da análise, no entanto o fato de estar sendo filmado constrangeu sobremaneira o estudante, o que se refletiu negativamente em sua participação. Esse fato dá luz aos efeitos dessa técnica de coleta de dados, as quais precisam ser consideradas pelo pesquisador. Além dos aspectos éticos, prever os efeitos da técnica sobre os estudantes podem levar à definição de decisões para serem aplicadas a tais situações no sentido de evitar constrangimentos e/ou o abandono da atividade por parte do estudante.

5.4 METAPERFORMANCE DIDÁTICA – ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nesta seção, discutiremos a metaperformance didática da MOI, de forma a revelar os aspectos que contribuíram para o bom andamento do modelo teórico em desenvolvimento e, ainda, as situações imprevistas, decisões e reações *ad hoc* tomadas, interna e externamente à MOI.

5.4.1 *Design da Metaorquestração Instrumental*

Na realização das situações, considerando suas condições e restrições impostas aos que irão resolvê-las, eventos imprevistos emergem, não apenas do ponto de vista do formador, mas também do ponto de vista do estudante. Assim, estudantes reagem para resolver o imprevisto – reação *ad hoc*, e as formadoras tomam decisões *ad hoc* (DRIJVERS et al., 2010). A definição de reação *ad hoc* estende a dada por Drijvers et al. (2010), no sentido de olhá-la do ponto de vista da ação do estudante que altera a OI. No entanto, ao iniciar a execução de uma situação, imprevistos podem ocorrer e os estudantes reagem diante deles. A exemplo disso, na OI_p,

Figura 90 – Eventos externos do *design* da MOI

Fonte: Elaborada pela autora.

No decorrer da MOI (Figura 90), o que se pode observar é que esses eventos imprevistos (azul), reações *ad hoc* (verde) e decisões *ad hoc* (amarelo) não ocorrem somente internamente às orquestrações, mas externamente também, entre a execução das orquestras que compõem a MOI. Isso pode culminar em alterações na situação e na OI suporte, podendo resultar, inclusive, na substituição de ambas. A escolha por duas orquestras imbricadas com execução simultânea da OI₂ com a OI_p sem considerar a necessidade de alinhar todos os momentos de ambas as orquestrações.

. A OI₂, diferentemente, da OI_p, estava estruturada para dar suporte à situação de observação da prática em dois momentos distintos, um antes (OI_{2.1}) e outro (OI_{2.2}) durante a execução do experimento da OI_p executada simultaneamente a OI_{2.2}. Isso se refletiu diretamente na forma como a situação da OI₂ deveria ter sido resolvida.

No momento da OI_{2.1}, o experimento OI_{2.2} e OI_p não haviam começado. Cabia aos estudantes-observadores, na OI_{2.1}, escolher os critérios de observação, sem que houvesse atividade prevista para os estudantes-atores naquele espaço de tempo, os estudantes tiveram uma reação *ad hoc* que consistiu em juntar-se e escolher em grupo os critérios. Aproveitaram esse momento para definir também os papéis/funções de cada componente do grupo, já que isso não havia sido definido pelas formadoras. Essas ações ocorrem minutos antes da OI_{2.2} e OI_p iniciarem.

Ao final do experimento da OI_p , os estudantes-atores não conseguiram concluir a situação matemática e, ao serem informados pelas formadoras que na próxima aula teriam de apresentar uma síntese de uma análise do processo de resolução da situação, o grupo não queria que a análise fosse de uma situação inacabada. Assim, reagiram a essa condição da situação proposta para a OI_4 . Como reação *ad hoc*, pediram às professoras para continuar a resolução da situação matemática em casa, o que as formadoras autorizaram, mantendo, no entanto, a situação prevista para OI_4 .

As apresentações ocorreram em dias diferentes. No primeiro dia de execução da OI_4 , alguns grupos se apresentaram, entre eles o grupo E. A apresentação da análise da situação matemática concluída em casa influenciou muitíssimo o grupo D. Assim, o grupo D decide por uma análise que contemple não apenas o boneco feito pelos EA na OI_p , mas também os que eles fizeram após a OI_p . Trata-se de uma reação *ad hoc* que toma como referência a construção do boneco do grupo E para construir seu próprio boneco (Figura 88). Dessa forma, a construção do boneco do grupo E passou a ser um instrumento para a construção do boneco pelo grupo D. Além disso, percebe-se uma nítida alteração da situação por parte dos estudantes, antes mesmo de ela ser executada. Inclui-se a análise dos bonecos que farão em casa. Durante as apresentações, isso é confirmado.

Outra situação imprevista (Figura 90) foram as paralisações e greve dos funcionários de Educação que ocorreram durante o período de execução da meta, resultando na impossibilidade de a OI_3 ocorrer presencialmente. Esse fato se passou a poucos dias da data prevista para realização da OI_3 . Assim, as formadoras tomaram as seguintes decisões *ad hoc*:

- a) mudança da situação S_3 ; e
- b) mudança da OI_3 .

O *design* de composição de orquestrações instrumentais, a serem executadas em tempo corrido, no mesmo dia, como ocorreu com o Estudo Preliminar, ou em dias/horários diferentes, especialmente, quando há intervalos entre as orquestrações, exige de quem orquestra prever situações que venham a alterar ou mesmo impossibilitar a execução de uma das orquestras, como ocorreu com a OI_3 .

Percebe-se algo similar ao que Drijver et al. (2010) chamou de decisão *ad hoc*, mas que ocorre entre orquestrações quando em uma composição de orquestrações. Um evento inesperado entre duas OI dá origem a uma decisão própria ao momento, mas que possui tempo para reflexão e análise *a priori*, para uma quase reconfiguração didática.

Por fim, algo relevante a ser considerado é o fato de a MOI ter sido testada em sala de aula real. Isso colocou em evidência as diferentes variáveis inerentes à dinâmica da sala de aula, do trabalho docente. Uma dessas variáveis é a falta do aluno à formação, sendo comum que um baixo percentual de estudante falte alguma aula. No entanto, não foi previsto que os estudantes procurassem as formadoras para realizar as mesmas atividades que haviam faltado, a exemplo disso, os experimentos da OI₂ e OI_p. De fato, por nessa disciplina a professora, também formadora nesta pesquisa, utilizar-se de uma avaliação contínua, em que o estudante é continuamente avaliado, é provável que isso tenha levado os estudantes a procurar cumprir todas as atividades, mesmo tendo faltado algum dia da disciplina. Assim, tomaram a decisão *ad hoc* de autorizar a formação de grupos de estudantes que haviam faltado para fazer os experimentos, tal como descritos no protocolo de orientação. Isso garantia a participação desses estudantes na OI₄. Os fóruns da OI₁ e OI₃ foram mantidos abertos para que os estudantes que não realizaram a situação até a data prevista pudessem contribuir também. Manter os fóruns abertos foi uma estratégia de fazer com que os estudantes que não participaram das OI₁ e OI₃ lessem o *webdoc* didático.

Essas decisões exteriores à MOI dão luz a algumas das características prescritas ao modelo, tais como a articulação, a sistematização e a composição (sequenciamento ou imbricação). Mesmo sendo decisões exteriores ao modelo, elas funcionam bem a ponto de reintegrar os faltosos à formação sem muito prejuízo dessa, afinal essas características da MOI tornam as orquestrações, de certa forma, interdependentes.

A OI₅ emerge das iteradas vezes que o *design* da MOI foi discutido com grupo de pesquisa. Levou-se tempo até se entender, de fato, a necessidade de uma OI no *design* que oferecesse uma experiência da prática aos estudantes. Assim, concebeu-se a OI₅, uma orquestração de natureza prática que visa favorecer a execução de uma situação S₅ de criação de uma OI por parte dos participantes da pesquisa. Uma vez que a formação já havia sido encerrada, inclusive o período letivo, não houve tempo e executar a OI₅.

5.4.2 Metassituação

As situações que compõem a metassituação possuem natureza e complexidade distintas. Todas cumprem um papel relevante na MOI e, quando bem executadas, tendem a favorecer a apropriação dos participantes na formação sobre a OI.

As situações imprevistas, decisões e reações *ad hoc* tanto internas quanto externas às orquestrações podem se refletir, positiva ou negativamente, na metassituação ou na MOI. A exemplo disso, alterações e substituições foram observadas à medida que as orquestrações iam sendo executadas. Na OI₂ estudantes alteram o modo de execução e a situação ao decidirem juntar EA e EO para realizar a situação destinada apenas aos EO. Na OI₃, um fator externo (greve/paralisações) fez com que houvesse a substituição da situação e da orquestração. O esgotamento do tempo impediu a realização da OI₅.

Esses eventos dão luz à complexidade da metassituação da MOI. E, ainda, revelam que a metaperformance didática (*mise en scène*) passa a depender de um *mise en œuvre* que contemple não apenas o que se passa dentro de cada orquestração, mas também fora delas. As relações entre as orquestrações também devem ser consideradas, como é o caso das a OI₂ e a OI_p.

5.4.3 As características da MOI

A descrição e análise de cada OI realizadas neste trabalho evidenciaram muitas adaptações produzidas pelas formadoras. Essas adaptações emergiram dos resultados do Estudo Preliminar e do Estudo Principal, algumas efetivadas no momento da execução das orquestras e outras entre a execução delas. Tais modificações recaem sobre a metaconfiguração didática e sobre o metamodo de execução, refletindo-se diretamente nas características da MOI.

Do Estudo Preliminar:

- a) a criação de uma orquestra com situação de fundamentação teórica (OI₁);
- b) a criação do *webdoc* (OI₁);
- c) a elaboração de protocolos impressos de orientação (OI₂/OI_p);
- d) o melhoramento da orquestração de análise e síntese (OI₄);
- e) a criação de uma orquestra que desse oportunidade aos participantes para orquestrar (OI₅).

No momento da execução:

- a) troca *tablet* pelo *notebook* (OI_p);
- b) disponibilizar um carregador de *notebook* (OI_p).

Entre as orquestrações instrumentais:

- c) substituir situação e orquestração (OI₃);
- d) decidir pela não execução de uma das orquestrações (OI₅);

e) dar novas oportunidades para resolver as situações propostas nas orquestrações que os estudantes faltaram (em toda MOI).

Essas adaptações foram realizadas pelas formadoras, mas muitas outras também foram realizadas pelos próprios estudantes. Isso revela mais que o potencial do modelo a adaptações, mas também a característica de ser flexível (Figura 91). Na Orquestração Instrumental, Trouche (2005) prescreve a sistematização, a intencionalidade e o ambiente rico em tecnologias como características inerentes a este modelo. No entanto, considerando que a MOI não compreende apenas uma OI mais uma composição de orquestras, foi preciso prescrever outras características que dessem conta desse modelo de formação. No primeiro teste da MOI, prescreveu-se a composição de orquestras, sequenciadas ou imbricadas, a articulação entre as orquestrações e um ambiente propício a diferentes tipos de orquestrações. No segundo teste, mais duas características foram integradas: a adaptação e a flexibilidade.

Figura 91 – Prescrição de novas características à metaorquestração instrumental



Fonte: Elaborada pela autora.

A flexibilidade do modelo consiste não apenas na possibilidade de realizar adaptações em diferentes momentos da MOI, mas de alterar, substituir a situação e as orquestrações, sempre na perspectiva de melhoramento e favorecimento da metassituação e MOI. Além disso, há a possibilidade de que essas mudanças sejam feitas pelos estudantes também, sob o controle das formadoras. Isso porque, às vezes, as modificações realizadas pelos estudantes, ainda que não previstas pelas formadoras, são viáveis e colaboram com o bom andamento da orquestra ou com os objetivos para os quais a situação foi criada e proposta. Nesse caso, a flexibilidade da MOI se revela característica essencial.

5.4.4 A metaconfiguração didática e o metamodo de execução

As situações da metassituação e as características prescritivas da MOI são pontos de partida para a estruturação de uma OI que irá dar suporte a execução das situações que compõem a metassituação, considerando a natureza e a complexidade de cada uma.

A metaperformance didática observada durante o *mise en scène* da metaconfiguração didática e do metamodo de execução, previstas no *mise en œuvre*, para o segundo teste da MOI, revelou a necessidade de revisão na arquitetura do *design* das orquestras. E, ainda, na forma como este *design* é executado.

5.4.4.1 A metaconfiguração didática

A arquitetura prevista no *mise en œuvre* para a configuração didática não levou em consideração o intervalo de tempo entre a execução das orquestrações. No Estudo Preliminar, a MOI foi executada em tempo corrido, no mesmo dia, com curtos intervalos apenas para arranjos necessários antes de começar uma nova orquestração. Esses arranjos podem não ter sido relevantes ao Estudo Preliminar, mas, numa situação em que o intervalo de tempo é significativo, esses precisam ser levados em conta. Nesse sentido, deve-se definir bem as situações e subsituações, os papéis e funções a serem executados em concordância com o tempo preestabelecido nas configurações das orquestras (internamente) e na MOI (externamente) para que se garanta a execução e o bom andamento da formação como um todo.

Outro forte aspecto da metaconfiguração didática foi a escolha do ambiente didático virtual para a execução das OI₁ e OI₃. No *mise en œuvre* da metaconfiguração, a OI₁ foi projetada para ser de fato uma OI na modalidade à distância. O mesmo não ocorreu com a OI₃, já que foi projetada para execução em sala de aula presencial. A OI₃, nesse segundo teste da MOI, foi uma decisão *ad hoc* das formadoras, um arranjo realizado antes do dia marcado para a execução desta orquestra. O pouco tempo que tiveram para estruturar a nova situação e orquestração e substituir por aquela prevista no *mise en œuvre* justifica a dificuldade de articular os experimentos realizados na OI₂ e OI_p à orquestração instrumental. Houve uma boa participação dos estudantes, mas as postagens ficaram centradas no modelo teórico da OI, sem muita articulação como experimentos, tal como almejava-se.

5.4.4.2 Metamodo de execução

A metaconfiguração prevê um tempo para que as coisas ocorram na MOI, mas é o metamodo de execução que prevê se esse tempo será suficientemente bom para tudo que está sendo proposto na metaconfiguração, considerando a forma como essa será executada. Previu-se, por exemplo, uma semana para OI₁ (a distância), duas horas aulas para execução da OI₂ e OI_p, mais uma semana para nova OI₃ (a distância) e mais quatro horas aulas para execução da OI₄. Além disso, alunos faltosos precisavam de novas oportunidades dentro da formação, afinal a MOI estava sendo testada em ambiente de ensino real, não simulado. Essas novas oportunidades culminaram em mais tempo, que não foi previsto no metamodo de execução. No entanto, essas oportunidades foram dadas sem prejuízo à formação e ao cronograma que precisava ser cumprido; logo, a pesquisa não poderia prejudicar o trabalho da docente.

Como já informado, a OI₅ não foi prevista inicialmente, quando da realização do segundo teste da MOI e, por isso, quando concebida, não pôde ser executada. Trata-se de um prejuízo à validação do modelo em desenvolvimento, pois seria a oportunidade da efetiva prática de orquestrar, ou seja, seria o momento da pesquisa em que melhor se perceberiam os reflexos do estudo realizado na prática do futuro professor.

É relevante informar que os estudantes que participaram da formação foram convidados a elaborar uma OI para favorecer o ensino de matemática com a integração de tecnologias, mas articulado com os múltiplos registros de representação semiótica. Essas orquestrações não foram analisadas porque a atividade não foi estruturada com o rigor exigido para trabalho de pesquisa. Além disso, o tempo de finalização desta tese não permitia mais uma análise destas orquestrações.

5.4.5 *Mise en œuvre e o Mis en scène*

As situações imprevistas, as decisões *ad hoc* e as reações *ad hoc* evidenciadas pela metaperformance didática dão luz a dois momentos responsáveis pela arquitetura da MOI, o *mise en œuvre* (que compreendem a metaconfiguração didática e o metamodo de execução) e o *mise en scène* (metaperformance didática). Ambos necessitam de refinamento teórico. O refinamento teórico foi previsto por Cobb et al. (2002), Collins (1990) e Brown (1992) em função da natureza experimental e iterações do *Design Experiments*.

Esses atos, o *mise en œuvre* e o *mise en scène*, foram criados para melhor arranjar os elementos relativos à configuração didática e ao modo de execução previstos para cada orquestração que compõe a MOI. Trata-se de uma ampliação do cenário de execução didática proposto por Drijvers e Trouche (2008).

No que diz respeito ao *mise en œuvre*, melhorar sua definição pode ajudar a aumentar a precisão das escolhas didáticas feitas para a metaconfiguração didática e metamodo de execução. Embora tenha-se usado o termo planejamento para dar uma noção inicial do que entendia do *mise en œuvre*, ficou nítido durante a concepção, desenvolvimento, testes e análises da MOI que esse ato é mais que planejar. O *mise en œuvre* envolve planejamento, mas também previsões, das mais simples às mais complexas, as análises *a priori* que contemplam não apenas a situação a ser resolvida, mas também a OI que dará suporte a essa resolução.

O *mise en scène* é o momento em que a OI é executada, em tempo real, de onde emergem os dados necessários à análise das boas escolhas didáticas que contribuíram para o bom andamento da MOI e, para alcançar os objetivos tanto da metassituação quanto da MOI. Também é o momento em que se compreendem elementos essenciais da metaperformance didática: os eventos imprevistos e as decisões *ad hoc*, além dos reflexos desses sobre metassituação e a MOI.

Um elemento identificado durante o refinamento teórico foi a necessidade de se considerar as alterações causadas por decisões não do professor, mas do estudante, muitas vezes em reação *ad hoc* a um evento inesperado. Cunhou-se esse termo para diferenciar as decisões *ad hoc* das formadoras daquelas dos estudantes, pois, embora ambos os termos façam parte de um ambiente didático, as decisões tomadas pelos estudantes não foram percebidas como didáticas, mas com uma intenção clara no cumprimento das funções que lhes foram atribuídas, na resolução das situações que lhes foram propostas. Assim, entendeu-se que os estudantes reagem na intenção de se fazer cumprir o que lhes é proposto, visando sua formação, na busca por aprendizagem. Talvez, o termo reação não seja o mais adequado para o contexto no qual foi aplicado, mas será mantido até que novas reflexões sejam feitas rumo à escolha de um novo termo.

5.4.6 O papel dos artefatos na metaorquestração instrumental

Uma característica da MOI, herdada da OI, é o ambiente propício à integração de tecnologias, especialmente as digitais. Esses recursos cumprem um papel fundamental quanto

à resolução da situação proposta e quanto à execução da orquestração. E, por isso, estão presentes em todas as orquestrações instrumentais da MOI.

Ao longo da formação, foi possível perceber a influência desses artefatos no trabalho individual, em dupla ou coletivo dos estudantes para resolver as situações. Isto já havia sido defendido por Remillard (2012) com relação à escolha e ao uso de recursos por parte dos professores, que se engajam com os recursos para realização de suas práticas docentes. Assim, percebeu-se que os artefatos:

- a) moldam a forma de pensar e, conseqüentemente, de usar o artefato. Os modos de engajamento desenvolvidos pelos estudantes ora no uso do *webdoc* (OI₁), ora no uso de conteúdo do fórum da OI₃ articulado com outros artefatos (protocolos gerados em orquestrações anteriores), são bons exemplos. Os modos de engajamento com os artefatos permitiam aos estudantes avançar em relação à resolução da situação. Também tornavam observável a integração de outros elementos que eram transformados em artefatos para cumprir a situação. Isso porque os estudantes não se engajaram apenas com um artefato; em geral, integravam outros artefatos (conhecimentos, experiências, protocolos etc.).
- b) moldam as decisões de seus usuários, a depender dos conhecimentos que já possuem sobre o artefato, mas também do que pretendem fazer com o artefato. A definição da unidade de medida e razão de proporcionalidade no GeoGebra a partir de um modelo humano como referência é um exemplo de como isso pode ocorrer. Os EA tinham noção de como definir essas variáveis da situação no GeoGebra sem necessariamente utilizar o modelo humano; logo, abandonam essa condição da situação, alterando-a. A construção do boneco do grupo E tornou-se um instrumento para a construção do boneco grupo D, uma referência que guiava as decisões sobre o que fazer e como fazer o próprio boneco;
- c) molda as interações entre participantes. O protocolo de orientação (OI_p), por exemplo, informava como devia ser a comunicação entre os estudantes durante os experimentos (OI_p e OI₂). Os EA e EO seguiram, até certo momento, as orientações desse artefato, que resultou em interações exclusivas entre o *duo* (para resolver a situação matemática) e nenhuma interação entre os observadores (que registravam a OI_p). No entanto, o *tablet* usado para filmagem moldou a interação entre EO₂ e os EA, pois, para garantir a qualidade do vídeo, o artefato demandava que os sujeitos

filmados falassem mais alto e se afastassem um pouco da tela do *notebook* para evitar reflexos na tela ao ser filmada pelo *tablet*. Para isso, EO₂ precisou se comunicar com os EA. Pode-se perceber uma sequência de ações sendo moldadas pelas demandas da situação associadas ao potencial ou limitações dos artefatos.

Outro aspecto importante de se discutir é a criação de artefatos destinados ao seu público-alvo, considerando seus interesses e objetivos quanto ao uso. Nesse sentido, as formas de destinação foram relevantes à concepção e posterior análise dos usos do *webdoc* por parte dos estudantes, além de terem atraído os participantes da formação que leram o *webdoc* didático e fizeram comentários positivos sobre o texto multimídia. Mais do que as diferentes mídias integradas ao texto produzido que abordava a OI, tinha-se uma série de exemplos que visam facilitar a compreensão do élitro sobre os elementos teóricos nesse discutidos. O *webdoc* é o único recurso utilizado pelos participantes do início ao fim da formação.

A resolução de cada situação proposta com suporte das OI gera protocolos: na OI₁ e OI₃ (postagens no fórum), na OI₂ (critérios de observação, registro cursivo da observação, vídeos), na OI_p (captura de tela, arquivo do GeoGebra) e na OI₄ (arquivo da apresentação, vídeo da construção do boneco e da apresentação). Esses protocolos são moldados pelos estudantes a cada novo uso, transformando-se em artefato para resolver uma nova situação, em outra orquestração. À medida que as orquestrações vão sendo vivenciadas, os estudantes vão formando um sistema específico de recursos que fica até o final da formação à disposição deles. Diz-se específico porque foi gerado para se apropriar da OI e seu conteúdo se configura em eventos que exemplificam elementos desse modelo teórico que os estudantes buscam aprender.

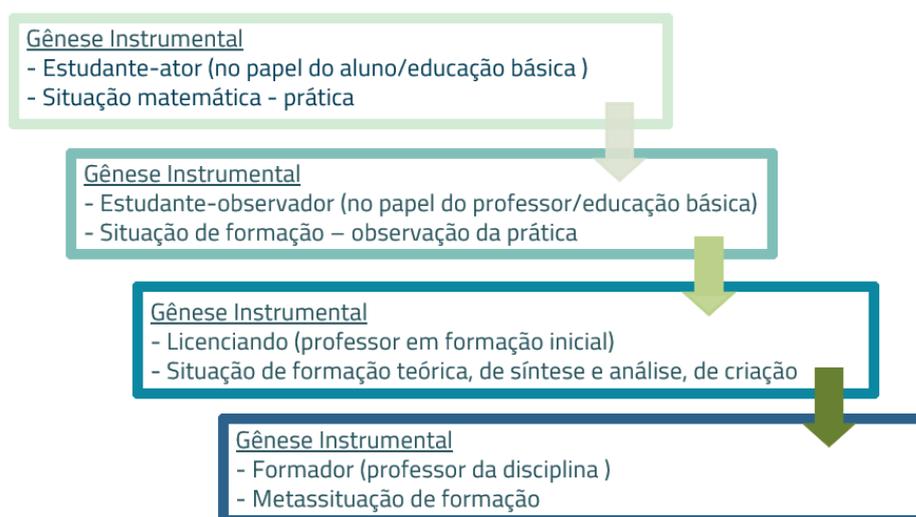
5.4.7 A relação dos esquemas com a situação e os papéis/funções

A ação dos sujeitos (estudantes e formadoras) durante a vivência da MOI depende do papel e função que recebem para exercer em cada orquestração. Eventualmente, o contrário ocorre. A relevância da ação está em favorecer a identificação dos esquemas de uso e de ação instrumentada, ambos relacionados aos processos de gênese instrumental, foco das orquestrações instrumentais. Por meio da observação e registro da ação (fala, gestos, condutas etc.) do sujeito, em especial, quando em situação de trabalho coletivo, é possível identificar seus esquemas, mas também componentes de esquemas que por ele são compartilhados.

Cada OI que compõem o *design* da MOI visa favorecer as gêneses instrumentais dos estudantes. Mas, à medida que vão vivenciando as orquestrações, os papéis e funções assumidos

por eles mudam, e os esquemas, por sua vez, serão de naturezas diferentes. A estrutura de análise da MOI considera a análise de diferentes tipos de gênese instrumental dos participantes, em diferentes papéis/funções, na execução de diferentes situações. Para Vergnaud (2013), a existência do esquema está condicionada à da situação. Assim, é na observação do sujeito em situação que tais esquemas são passíveis de serem identificados e as gêneses instrumentais reveladas.

Figura 92 – Relação dos esquemas e papéis/funções da MOI



Fonte: Elaborada pela autora.

Pode-se observar nessa figura que, na MOI, o futuro professor de matemática que participa da formação poderá assumir:

- o papel de aluno da educação básica que resolve a situação matemática (OI_p) e que objetiva aprender matemática (ou outra área do conhecimento) com integração de tecnologia. Aqui, seus esquemas evocados e desenvolvidos têm a ver com o conhecimento específico em jogo;
- o papel de professor de matemática (ou de outra área do conhecimento) da educação básica, que observa o trabalho de seus alunos (OI_2) para aprender matemática com integração de tecnologia. Nesse caso, os esquemas evocados e desenvolvidos têm a ver com os conhecimentos professor-pesquisador, que observa a evolução das gêneses instrumentais de seus alunos na resolução da situação matemática;
- sua condição real de licenciando e não simulada (casos anteriores). Nessa situação, o licenciando participa da formação para se apropriar da Orquestração Instrumental.

Desse modo, os esquemas observados são os que têm a ver com os que ele evoca ou desenvolve para compreender orquestração instrumental (OI₁/OI₃/OI₄/OI₅).

Por fim, há um papel que o licenciando não assume na MOI, o de formador. Na MOI, esse papel é assumido pela professora da disciplina e pela pesquisadora. Nesse caso, os esquemas que podem ser observados são os que têm a ver com os que o formador evoca ou desenvolve para guiar os licenciandos às gêneses instrumentais para compreender a OI.

5.4.8 O trabalho coletivo e o desenvolvimento de esquemas

As orquestrações instrumentais da MOI promovem o trabalho coletivo e colaborativo. É interessante observar que as situações propostas, mesmo quando realizadas individualmente, estão vinculadas ao que outro participante faz. Assim, nos fóruns das OI₁ e OI₃, por exemplo, a dinâmica de fazer uma pergunta e responder à pergunta de outro estudante culmina em uma interdependência sobre o que o outro faz. Um estudante precisará ler ao menos uma pergunta sobre a qual irá refletir e tentar responder e sabe que o mesmo ocorrerá com a pergunta que postou. Tem-se um trabalho cooperativo, ainda individual, mas que pode contribuir para evolução do estudante que deseja se apropriar da OI. Cada pergunta pode revelar a dúvida de quem lê, e cada resposta pode agregar valor ao conhecimento de quem tinha dúvida. Em ambos os casos, componentes de esquemas podem ser revelados, e outros inferidos a partir do conteúdo da postagem.

Na OI_p, o trabalho deve ser feito pelo *duo* (dupla que interage para a realização de uma atividade). Essa é uma OI que fomenta a colaboração, pois o duo possui o mesmo objetivo e devem trabalhar juntos para alcançá-lo. Daí a decisão de se utilizar apenas um computador por *duo*. É um processo que pode resultar em acordos e desacordos entre os estudantes do *duo*, mas sempre na direção da resolução da situação. Esse processo é muito rico porque se pode ter acesso aos gestos, falas, registros, representações, ações do *duo*, e isso favorece bastante a identificação de esquemas e de seus componentes. Mais que isso, favorece a identificação de componentes de esquemas que são compartilhados pelo *duo* em situação de trabalho coletivo.

Rabardel (1995) aponta a existência dos esquemas de atividade coletiva instrumental, ora quando o coletivo compartilha o mesmo instrumento, ora quando ações do coletivo são individuais, mas a integração de seus resultados é compatível a uma contribuição para atender objetivos comuns. Nesta pesquisa, ambos os casos foram identificados, não apenas no que concerne ao esquema, como também aos componentes de esquema.

Já na OI₂, tem-se o trabalho individual dos EO, os quais são orientados a realizar a situação proposta sem interagir com os demais componentes do grupo. Nesse caso, os registros dessa atuação são importantes para observar os esquemas evocados e desenvolvidos dos EO para realizar a situação que visa à observação da prática pautada em critérios pré-definidos à luz da OI.

Por fim, tem-se a OI₄, uma orquestração que visa articular protocolos, artefatos, conhecimentos e experiências dos participantes da formação para apresentar uma síntese da análise da OI_p feita pelo grupo ao qual pertencem. Trata-se de uma orquestração que fomenta o trabalho coletivo, em diferentes momentos que compreendem a análise da OI_p, a síntese da análise e a apresentação da síntese. Como informado, os estudantes acrescentaram à situação da OI₄ a análise da construção do boneco feito em casa, algo comum a todos os demais grupos. Também fazem uso de um protocolo de construção do boneco criado por outro grupo. A partir da análise desses dados, poder-se-á inferir sobre os esquemas que os estudantes evocaram e/ou desenvolveram para realizar a situação proposta, considerando as reações *ad hoc* desses estudantes: construir o boneco em casa e usar o protocolo de construção de outro grupo.

5.4.9 A trajetória de apropriação da orquestração ao longo da formação

A descrição e as análises realizadas em cada OI, separadamente, embora considerando as articulações existentes entre as orquestras, permitiram traçar a trajetória realizada pelos estudantes do grupo D, para observar e inferir sobre a evolução de seus esquemas rumo à apropriação da Orquestração Instrumental. Permitiram, ainda, a identificação de articulações realizadas por esses estudantes ao usar protocolos gerados por eles, na vivência de orquestrações anteriores, para resolver as situações propostas de novas orquestrações. Em uma composição de orquestrações a cada momento, o estudante ganha mais autonomia na decisão dos artefatos a utilizar. Criou-se para isso uma legenda (Figura 93), para uma linha do tempo, que permitiu descrever a trajetória individual de cada estudante do grupo.

Figura 93 – Legenda para identificação de uso de protocolos entre orquestrações

| | | | | | | | | |
|----------|-------------------------|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Legenda: | Interações dos sujeitos | Engajamento com as formas de destinação | Uso de protocolo da OI1 | Uso de protocolo da OI2.1 | Uso de protocolo da OI _p | Uso de protocolo da OI2.2 | Uso de protocolo da OI3 | Uso de protocolo do Grupo E |
|----------|-------------------------|---|-------------------------|---------------------------|-------------------------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------------|

Fonte: Elaborada pela autora.

A legenda destaca as interações entre os sujeitos pela dinâmica nos fóruns por postagens de pergunta/resposta na OI₁ e na OI₃ (linha cinza, tracejada). As formas de destinação do *webdoc*, artefato disponibilizado para realização da situação da OI₁, tornaram-se um artefato para os estudantes em todas as orquestrações posteriores à OI₁, exceto a OI_p, que tinha foco no conteúdo matemático. Os registros de engajamento dos estudantes com as formas de destinação do *webdoc* foram registrados (seta preta, tracejada). As postagens nos fóruns da OI₁ tornaram-se um protocolo utilizado nas OI₂ e OI₃ (seta azul), assim como as postagens do fórum da OI₃ foram utilizadas na OI₄ (seta marrom).

Pode-se observar (Figura 93) que a elaboração dos critérios de observação OI_{2,1} tornou-se um protocolo utilizado (seta vermelha) para a realização do registro cursivo e de produção do vídeo da observação da prática OI_{2,2}. Os protocolos escritos e vídeo também foram utilizados na OI₄ (seta verde).

Os eventos gerados pelo trabalho do *duo* na OI_p formaram um banco de eventos, um dos protocolos mais importantes da MOI, utilizado na OI₄ (seta rosa). Esse protocolo favoreceu, especialmente, a resolução da situação da OI₄ (Figura 93), pois os eventos vivenciados e observados se configuraram em exemplos para discussão da Orquestração Instrumental. As discussões geradas no fórum da OI₃ com forte articulação com as do fórum da OI₁ e experimentos da OI₂ e OI_p também se tornaram protocolos utilizados na OI₄ (seta azul celeste). É válido informar que o último item da legenda (

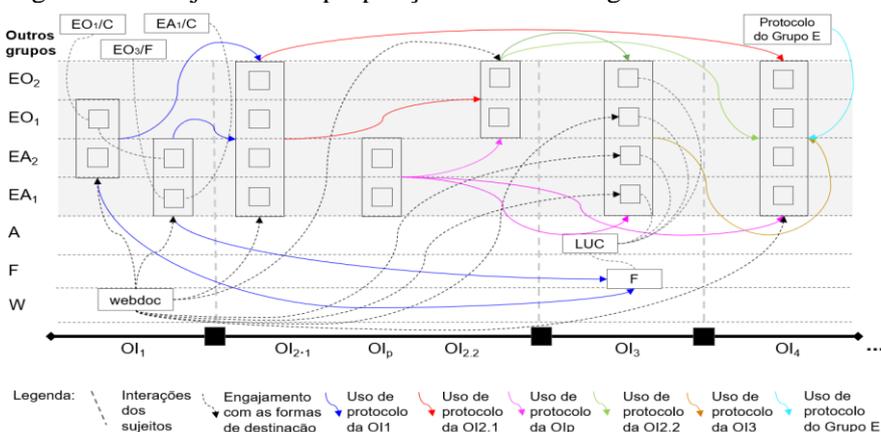
Figura 93) foi incluído ao se perceber a situação imprevista de produção de protocolo e uso do mesmo protocolo, em uma mesma orquestra, por grupos distintos. Aceitar a inclusão desse protocolo (grupo E) no processo de realização da situação (grupo D) foi uma decisão *ad hoc* das formadoras durante a execução da OI₄. Assim, o uso do protocolo do grupo E pelo grupo D também foi incluído na análise dos dados da OI₄.

A seguir, as trajetórias de apropriação das cinco temáticas relativas à orquestração instrumental, gênese instrumental, situação matemática, configuração didática, modo de execução e *performance* didática são discutidas. As trajetórias revelam o interesse, do ponto de vista, coletivo e individual, dos estudantes do grupo D pelas temáticas e indícios do entendimento deles em relação a tais temáticas.

5.4.9.1 Gênese instrumental

A Figura 94 apresenta a evolução individual dos componentes do grupo D (eixo vertical), ao longo da formação (eixo horizontal) sobre a gênese instrumental, a temática mais discutida pelos componentes desse grupo. Esquemas de uso, instrumentalização, instrumentação, inserção e integração de tecnologias, distinção entre instrumento e artefato são elementos correlatos à temática que interessaram ao grupo D. Também, é a temática que apresenta maior quantidade de interações (perguntas e respostas, nos fóruns) e discussões (pautadas em protocolos, orquestrações) realizadas por este grupo. A quantidade de contribuição de cada componente sobre a temática foi praticamente a mesma.

Figura 94 – Trajetória de apropriação da temática: gênese instrumental



Fonte: Elaborada pela autora.

No que concerne à atuação e evolução individual (Figura 94), pode-se afirmar que:

- a) EO₂ não participou da primeira orquestração, mas discutiu e interagiu em torno da temática nas demais orquestrações. Nas discussões (OI₂, OI₃ e OI₄), EO₂ revelou avanços na apropriação sobre esquemas de uso e dos processos de gênese instrumental, provavelmente pela leitura do *webdoc*, o que ficou mais evidente na atuação do estudante nas OI₂ e OI₄;
- b) EA₁ e EO₁ participaram de todas as orquestrações e interagiram em todas também. No entanto, na OI₁, EA₁ respondeu a uma pergunta, mas não perguntou, enquanto EO₁ fez uma pergunta, mas não respondeu. Eles deixaram de realizar a situação da OI₁ tal como anunciada: fazer uma pergunta e responder à pergunta de um colega. Nas discussões, EO₁ revelou avanços na apropriação da noção de esquemas de uso e dos processos de gênese instrumental. Já EA₁ revelou avanços sobre a distinção entre artefato e instrumento e a relação desses com a instrumentalização e a instrumentação. Os modos de engajamento desses estudantes com as formas de destinação do *webdoc* contribuíram não apenas para resolução da situação, mas para a compreensão dos elementos teóricos que buscaram se apropriar para entender a OI;
- c) EA₂ participou de todas as orquestrações e realizou, conforme orientações das formadoras, a situação da OI₁, postando uma pergunta e uma resposta. De fato, foi o estudante que mais revelou interesse por essa temática e buscou interagir e discutir sobre a distinção entre artefato e instrumento e a relação desses com os processos de instrumentalização e instrumentação. Mais que isso, com bastante segurança e propriedade, buscou evidenciar o papel dos esquemas de uso em tais processos pautado em exemplos para se fazer entender, também. O engajamento desse estudante com as formas de destinação do *webdoc* também contribuiu para a evolução de sua compreensão sobre tais elementos teóricos.

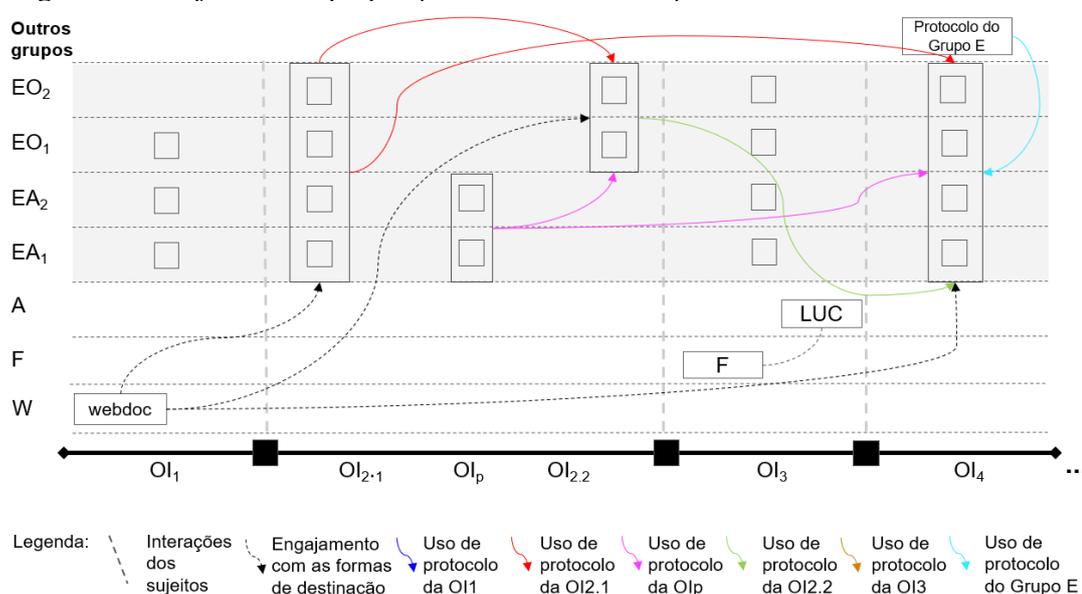
É relevante esclarecer que a noção de esquema que os estudantes apresentavam era incipiente, mas, considerando a complexidade do conceito, pode-se inferir que eles, principalmente EA₁, estavam avançando rumo à compreensão. Eles consideravam que o esquema ora eram as ações desenvolvidas pelo sujeito, ora os conhecimentos que o sujeito desenvolvia, inclusive os prévios. É interessante esse ponto de vista dos estudantes, pois as regras de ação e os invariantes operatórios são componentes do esquema, não o próprio esquema em sua totalidade. No entanto, isso não foi informado aos estudantes durante as orquestrações, nem mesmo no *webdoc*.

5.4.9.2 Situação matemática

A segunda temática mais discutida pelo grupo D foi a situação matemática. Mas a trajetória em torno da temática só se inicia na OI_2 (Figura 95). Não houve interações de componentes do grupo D sobre a temática na OI_1 . Contudo, as postagens de outros grupos feitas na OI_1 serviram de protocolo para formadora que formulou novas perguntas a partir dessas interações (Figura 95, seta azul) para alimentar o fórum da OI_3 . No entanto, mesmo com registro de pergunta da formadora (síntese do fórum da OI_1) e resposta do autor da OI , Prof. Luc, o grupo D não interagiu sobre a temática.

Embora o *webdoc* tenha colocado em evidência a relevância da situação matemática para a concepção de orquestração, o grupo só mostrou interesse em discutir essa temática a partir da necessidade de resolução da situação que previa a definição de critérios de observação na $OI_{2.1}$. Gera-se, a partir daí, um protocolo utilizado na $OI_{2.2}$ e OI_4 (Figura 95, seta vermelha). O registro cursivo e vídeo $OI_{2.2}$, com foco na resolução da situação matemática (OI_p), são protocolos gerados pelos EO, utilizados pelo grupo D, especificamente na OI_4 (Figura 95, seta verde).

Figura 95 – Trajetória de apropriação da temática: situação matemática



Fonte: Elaborada pela autora.

A OI_p gera eventos muitíssimo importantes à discussão dessa temática, pois se trata do processo de resolução da situação matemática pelo *duo*. Esses eventos são protocolos que podem ser utilizados (Figura 95, seta rosa) para realizar a situação proposta na OI_4 . Na OI_4 , além do uso dos protocolos gerados na $OI_{2.1}$, $OI_{2.2}$ e OI_p , o grupo fez uso do protocolo (Figura 95, seta azul celeste) de construção do boneco do grupo E como instrumento para viabilizar a resolução da situação matemática que iriam apresentar.

O processo de resolução do boneco apresentado pelo grupo E na OI_4 foi transformado em instrumento pelos estudantes de outro grupo, grupo D, dentro da própria OI em que foi produzido. Esse é um diferencial que chama a atenção para a possibilidade de protocolos serem gerados e transformados em artefatos/instrumentos dentro da orquestração em que foram produzidos.

Do ponto de vista de apropriação individual, tem-se que:

- a) EO_1 e EO_2 eram estudantes-observadores na OI_2 ; logo, a função de ambos era observar segundo os critérios de observação definidos, a resolução de uma situação matemática na OI_p . Isso pode ter fomentado a necessidade de incluir a situação matemática como um critério de observação. Tanto EO_1 quanto EO_2 concordam com o grupo pela escolha da situação matemática como critério de observação e se esforçam para garantir a qualidade da observação feita. No caso de EO_2 , ele revelou preocupação com a qualidade do áudio e da imagem que estava produzindo da OI_p . Essa observação conduziu sua fala ao discutir os esquemas de tentativas e erros do *duo* para a resolução da situação matemática. O cuidado na execução da situação da OI_2 e a discussão na OI_4 dão indícios de que EO_2 entende a relevância desse elemento no contexto da OI . Já em relação ao EO_1 , seu registro cursivo da observação da execução da OI_p dá ênfase aos conhecimentos matemáticos dos EA. Para EO_1 , o fato de os EO não terem conseguido resolver a situação não se deve à falta de conhecimento específico, pois o *duo* tinha conhecimentos matemáticos prévios. EO_1 dá luz à importância de se propor uma situação que demande conhecimentos que não são, no todo, desconhecidos dos que vão tentar resolvê-la. É preciso que se aproveitem os conhecimentos prévios dos resolvidores para que possam, a partir de seus esquemas, fazer outros conhecimentos emergirem. Também era fato para EO_1 a importância da resolução da situação matemática da OI_p . Assim, o protocolo de construção do *duo* do grupo D e o do grupo E passaram a ser instrumentos nas mãos

de EO_1 , que, com a ajuda dos demais componentes de seu grupo, resolve, analisa, apresenta e discute a síntese sobre a situação. Os conhecimentos matemáticos integrados ao *software* e os de geometria dinâmica, nesse processo de construção do boneco, fizeram EO_1 avançar em relação aos seus próprios conhecimentos e entendimento quanto à situação matemática no contexto da OI. Na $OI_{2.2}$, o protocolo de observação de registro cursivo dá uma ênfase especial à situação matemática em jogo e suas condições. A leitura do *webdoc* é evidenciada na discussão sobre a definição dos papéis e dos critérios na OI_2 , o que pode explicar a escolha pela temática como critério de observação e a ênfase dada à situação matemática executada pelo *duo*, observada por EO_1/EO_2 na OI_2 ;

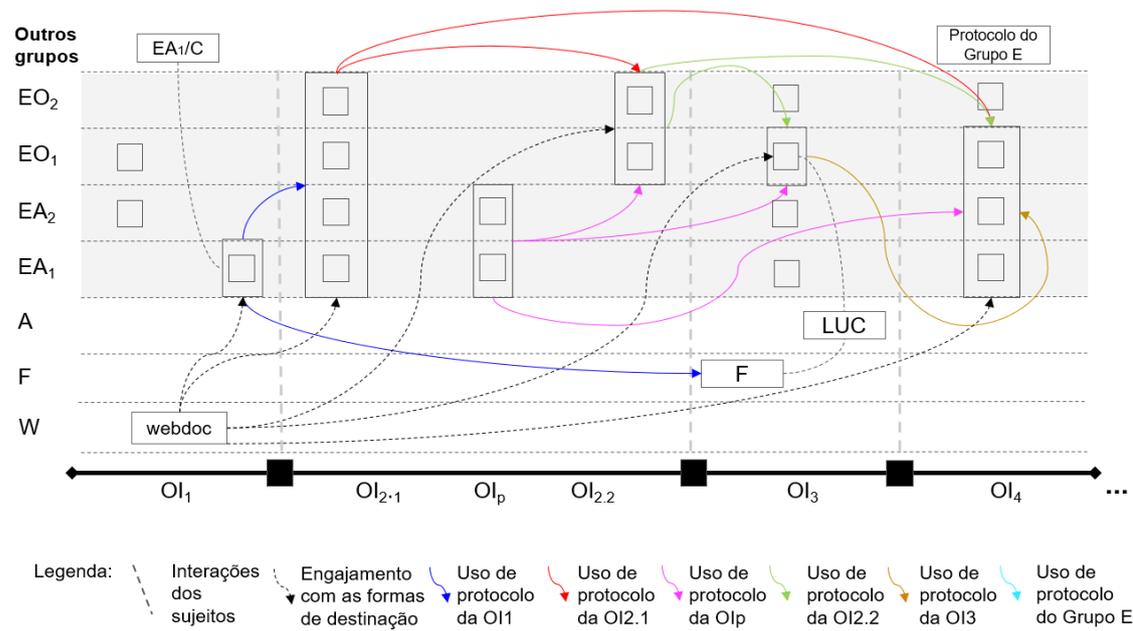
- b) EA_1 e EA_2 possuem participação semelhante em relação aos EO sobre a temática situação matemática. Eles decidem com os EO sobre tomar a situação matemática critério de observação, mas, diferente dos observadores, os EA trabalham juntos para resolver a situação matemática da OI_p . Isso lhes dá a oportunidade da experiência prática e, conseqüentemente, outro ponto de vista sobre a situação matemática. Os eventos gerados por esses estudantes na OI_p potencializam a atuação de ambos na OI_4 , ainda que diferentes. Na OI_4 , EA_1 busca contribuir com a apresentação da análise, dando exemplos correlatos à experiência por si vivida na OI_p , no entanto faz isso de forma articulada aos pressupostos teóricos que busca compreender. EA_1 articula, inclusive, as temáticas gênese instrumental com situação matemática. Além disso, revela compreender o papel da situação matemática à OI, evidenciando os conhecimentos, as condições e as restrições da situação. Já EA_2 foca, especialmente, nos conhecimentos matemáticos demandados pela situação e a dificuldade de utilizá-los de forma integrada à geometria dinâmica do *software*. EA_2 traz à tona a proporcionalidade e a relação dessa com o controle deslizante, a simetria e a descoberta da ferramenta de reflexão e, ainda, a definição da unidade de medida, a partir da definição de uma variável no controle deslizante.

5.4.9.3 Configuração didática

Na configuração didática, preveem-se os artefatos, as funções/papéis que os sujeitos devem exercer na execução da orquestra, define-se o tempo de as coisas acontecerem e a gestão desses elementos para que a orquestração cumpra seu papel de dar suporte aos estudantes

durante à resolução das situações propostas na MOI. Essa é uma das etapas da OI que mais despertou interesse por parte dos estudantes do grupo D durante a formação, especialmente dos estudantes EA₁ e EO₁, ambos com participação nos fóruns da OI₁ e OI₃.

Figura 96 – Trajetória de apropriação da temática: configuração didática



Fonte: Elaborado pela autora.

No entanto, é na OI₄ que o grupo coloca em evidência elementos correlatos à configuração didática. Os estudantes, durante a discussão, ora apontam como relevantes as escolhas didáticas da configuração, feitas pelas formadoras, ora apontam problemas causados por algumas dessas escolhas. Nessa orquestração, embora EO₂ estivesse presente, ele não discutiu sobre a temática em foco.

Do ponto de vista de apropriação individual, tem-se que:

- EA₁ e EO₁ revelam maior interesse pela configuração didática que seus outros colegas. Eles discutem sobre essa temática trazendo à tona elementos inerentes à configuração: os artefatos, as funções, os papéis e, especialmente, o tempo pedagógico. A trajetória de ambos traz algumas semelhanças quanto à escolha dos elementos que discutem, no entanto, sob pontos de vista diferentes: a do estudante-ator e a do estudante-observador. EA₁ colaborou com EA₂ para resolver a situação matemática, talvez por isso buscou evidenciar a escolha didática da formadora em disponibilizar, inicialmente, o *tablet* e não o *notebook*. Para EA₁, essa escolha não

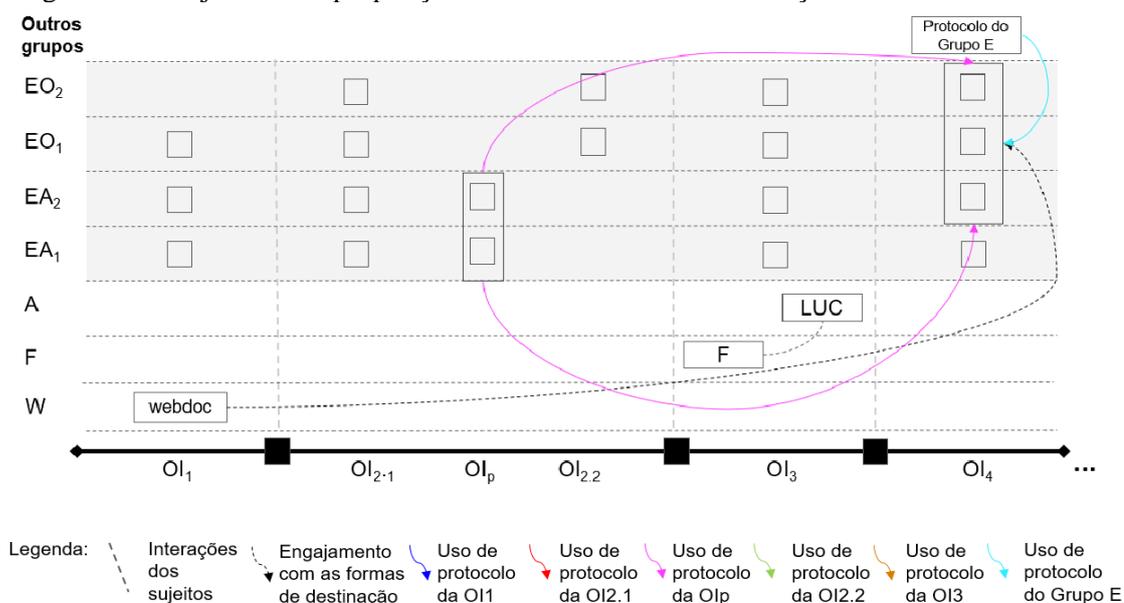
favoreceu o *duo* na resolução da situação, e o tempo que se perdeu para se definir uma variável no controle deslizante também não. Já EO₁ traz à tona o mesmo fato, mas com o olhar do observador. EO₁ destaca que a experiência que EA₁ e EA₂ tinham com o *notebook* não tinham com o *tablet*, e isso foi o que os levou a não conseguirem concluir a resolução. Também evidencia a importância dos papéis que exerceram, pois, nas interações entre eles, quem estava no controle do artefato e quem colabora favoreceu a resolução parcial do boneco. EA₁ mostra maior capacidade de antecipar, e EA₂, já com alguma instrumentalização com o GeoGebra, utiliza-se dele como um tipo de rascunho para testar certas construções e ter *insights* de como resolver;

- b) EA₂ também destaca o artefato *tablet*, revelando que o recurso mais dificultou do que ajudou no trabalho do *duo*. No entanto, EA₂ não reprova essa escolha das formadoras, pois afirma que o fato de disponibilizar um artefato diferente do que o *duo* tinha o hábito de trabalhar os levou a desenvolver novos esquemas de uso para resolver a situação. O tempo também foi algo evidenciado por EA₁, em função da instrumentalização/instrumentação com o *tablet*. O estudante afirma que o *duo* levou muito tempo tentando definir uma variável no controle deslizante do *tablet* e isso se refletiu no tempo de conclusão da resolução da situação. Mais uma vez, EA₁ discute elementos da OI de forma articulada e pautada em exemplos;
- c) EO₂ discutiu elementos correlatos à configuração didática. Mas participou do processo de definição de critérios, em que foi indicado o tempo como algo relevante de ser observado.

5.4.9.4 Modo de execução

O modo de execução foi uma das temáticas menos discutidas pelos estudantes. Durante a formação, o modo de execução foi evidenciado por meio dos eventos gerados pelos EA na OI_p. Esses eventos fomentaram a discussão do grupo D, especificamente de EA₂, EO₁ e EO₂ sobre a temática. Além disso, a resolução da situação matemática em casa e o acesso do grupo D ao protocolo de construção do boneco do grupo E permitiram a inserção dessa temática na trajetória de apropriação de elementos teóricos da OI.

Figura 97 – Trajetória de apropriação da temática: modo de execução



Fonte: Elaborado pela autora.

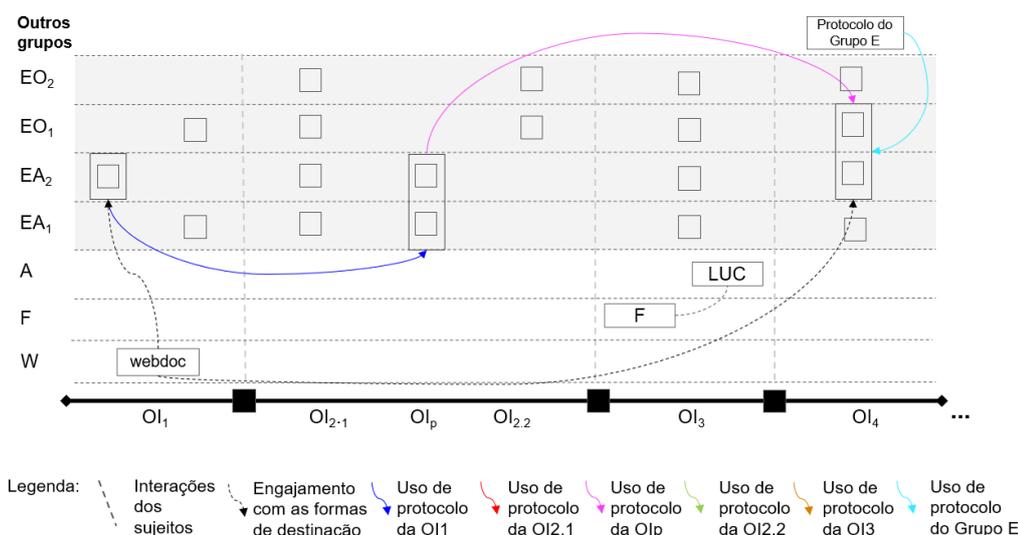
Nenhum dos componentes desse grupo discutiu sobre o modo de execução nos fóruns da OI₁ e OI₃. Além disso, não definiram essa temática como critério de observação na OI₂. Assim, para que se possa ter uma noção de como os estudantes entenderam o modo de execução, observaram-se os principais resultados relacionados a essa temática na apresentação da análise da OI_p, realizada na OI₄.

Do ponto de vista de apropriação individual, tem-se que:

- a) EO₂ destaca as interações intensas entre EA₁ e EA₂ ao receberem o protocolo de orientação para resolver a situação matemática. EO₂ revela um modo de execução diferente quanto ao uso desse protocolo. Mais que uma leitura para a tomada de informação, foi uma tempestade de ideias (*brainstorm*). Nesse sentido, EO₂ dá indícios de que entende que o modo de execução prevê usos dos artefatos, mas, durante a realização da orquestração, esses podem ser distintos do que foi previsto;
- b) EO₁ dá ênfase à forma colaborativa que EA₁ e EA₂ executaram a situação matemática na OI_p, destacando as interações entre esses estudantes, que se alternavam, ora no *tablet*, ora no *notebook*. EO₁ dá indícios de que entende a importância de prever como os participantes de uma orquestração devem executar suas os papéis e funções que lhes foram atribuídas;
- c) EA₂ evidencia os conhecimentos matemáticos dos EA como fatores que influenciaram a escolha de ferramentas no GeoGebra. A exemplo disso, o conhecimento de proporcionalidade, condição imposta pela situação para todos os objetos que seriam construídos. Em função disso, toda vez que construíam partes do boneco, buscavam validar a construção com a ferramenta de arrasto, para verificar se as partes aumentavam e diminuía proporcionalmente;
- d) EA₁ participou da discussão na OI₄, mas não se identificou em suas falas intenção de discutir elementos que tivessem relação direta com o modo de execução.

5.4.9.5 *Performance Didática*

A *performance* didática é a última temática apresentada na trajetória de estudo dos participantes da MOI. A temática é essencialmente discutida pelo grupo na OI₄, tal como ocorreu com o modo de execução. No entanto, o interesse de EA₂ por essa etapa da orquestração amplia a discussão sobre a temática.

Figura 98 – Trajetória de apropriação da temática: *Performance* didática

Fonte: Elaborado pela autora.

Do ponto de vista de apropriação individual, tem-se que:

- EA₁ não apresentou em sua fala, durante a discussão na OI₄, elementos que permitam a inferência sobre como tem entendido a *performance* didática. Sua não participação nos fóruns para discutir a temática e a não escolha do grupo pela *performance* como critério de observação podem ter contribuído para isso. Embora sua atuação como estudante-ator tenha gerado eventos correlatos à *performance* didática, esses não foram utilizados por EA₁ para discutir a temática;
- EA₂, diferentemente de EA₁, revelou interesse pela temática desde a vivência da OI₁, apresentando pergunta relativa à temática. Embora não só volte a discutir a *performance* na OI₄, foi possível identificar elementos dessa etapa da Orquestração apresentados por EA₂. As situações imprevistas e decisões *ad hoc* foram evidenciadas, quando EA₂ faz uso dos eventos produzidos na OI_p. A decisão tomada pela formadora quanto à troca do *tablet* pelo *notebook*, o que favoreceu a construção parcial do boneco, é uma decisão *ad hoc* à situação imprevista do uso do *tablet* pelo *duo*;
- EO₁ e EO₂ não discutem a temática *performance* didática nos fóruns da OI₁ e OI₃, nem tem a temática como critério de observação na OI₂. É na apresentação da análise sobre a OI_p, na OI₄, mais precisamente no uso do protocolo de construção do boneco pelo grupo E que EO₁ coloca em evidência elementos relativos à temática. Ao informar o uso desse protocolo como referência para construir o boneco do grupo D,

EO₁ evidencia uma situação imprevista, decorrente de uma reação *ad hoc* tomada pelos grupos formados na OI_p, a de concluir a construção do boneco em casa. Ao discutir esses eventos, EO₁ revela seu entendimento sobre decisões, situações e reações que ocorrem externa e internamente, muitas vezes, fora do que foi orientado e planejado pela formadora. Os resultados alcançados pelo grupo D a partir desses eventos culminam na construção de um boneco mais simples, menos complexo do que aquele feito pelo grupo E. Além disso, possui olhos e boca. Esse fato dá luz às situações imprevistas que culminam em bons resultados. Os olhos e boca representam um avanço em termos de complexificação da situação proposta. Os dois elementos, ao contrário dos demais do boneco, são aparentemente desconectados dos demais traços do boneco.

Observar a trajetória dos estudantes do grupo D na busca de apropriar-se dos elementos teóricos da OI confirmou o interesse do grupo pela temática gênese instrumental e configuração didática. Destaca-se o entendimento dos estudantes relacionados ao artefato, ao instrumento, aos processos de instrumentalização e instrumentação, assim como ao esquema de uso. Os estudos com a OI realizados por Trouche (2005) e Drijvers et al. (2010), entre outros, contemplam as gêneses instrumentais ora de estudantes para aprender matemática, ora dos professores para ensinar matemática. A MOI amplia as perspectivas de investigação da gênese instrumental, para gênese instrumental de formação teórica.

A trajetória de apropriação dos estudantes sobre os elementos teóricos da OI revelou:

- a) o *webdoc* como um artefato potencial para formação sobre a OI, único recurso utilizado pelo grupo em todas as orquestrações em que atuaram, salvo a OI_p (não se identificaram evidências de uso);
- b) uma ação comum dos estudantes, observada durante as discussões na OI₄, revelou que eles conseguem destacar, discutir, exemplificar elementos da configuração didática, do modo de execução e da *performance* didática, mas não o fazem articuladamente com essas etapas. Assim, discutiu-se a variável tempo, mas sem informar que esta era um elemento da configuração didática, por exemplo;
- c) a OI_p gerou um banco de exemplos, rico em eventos que poderiam ser usados para exemplificar elementos da OI. No entanto, esse protocolo não foi utilizado para interagir no fórum da OI₃. Ao mesmo tempo, foi muitíssimo útil aos estudantes na realização da situação da OI₄;

- d) eventos externos e internos às orquestrações instrumentais da MOI devem ser observados e analisados, pois eles podem resultar em interferências, em alterações e prejudicar o bom andamento das orquestrações, ou, ainda, comprometer a execução da situação.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo, serão apresentadas as principais conclusões e, após pequeno resgate da pesquisa, um resumo estendido, seguido das limitações identificadas na pesquisa e as perspectivas de futuros estudos.

6.1 CONCLUSÕES

O uso de tecnologias digitais integrado ao ensino de matemática demanda dos professores formação específica. Em 2005, Luc Trouche desenvolveu o modelo da OI, no intuito de favorecer professores de matemática na integração de artefatos à sua prática docente em matemática. Esta pesquisa toma por pressuposto a importância da OI para a prática docente com tecnologias digitais e investiga a OI no âmbito da formação inicial de professores de matemática. Assim, objetiva-se conceber e validar um modelo teórico para a formação de professores de matemática sobre a OI – a Metaorquestração Instrumental.

A orquestração instrumental está fundamentada no conceito de situação e na noção de esquema desenvolvido por Gérard Vergnaud. Esses conceitos, por sua vez, fundamentam a Abordagem Instrumental, desenvolvida por Pierre Rabardel (1995), da qual emerge o conceito de gênese instrumental, composta por dois processos denominados de instrumentalização, quando o sujeito exerce influência sobre o artefato e instrumentação e quando o artefato exerce influência sobre o sujeito. Esses são conceitos fundamentais à pesquisa, especialmente para o desenvolvimento do modelo da Metaorquestração Instrumental e expansão da Orquestração Instrumental.

A concepção da MOI colocou em evidência a necessidade de uso de um modelo metodológico que favorece a estruturação de um *design* de formação sobre a OI. Dessa forma, integrou-se ao quadro teórico-metodológico desta pesquisa o *Design Experiments* (BROWN, 1992; COLLINS, 1990; COBB et al., 2002). Os pressupostos do *Design Experiments* orientam o uso de teorias para conceber *designs*, desenvolvê-los e testá-los de forma iterativa, na perspectiva de aprimorá-los e validá-los. A própria teoria utilizada para desenvolvimento do *design* é passível de refinamento.

Um *design* foi concebido para a MOI. Trata-se de estrutura que visa atender à execução de uma metassituação, composta por seis situações de natureza e complexidades distintas. O *design* é composto por seis orquestrações instrumentais, uma para cada situação.

As orquestrações foram estruturadas para darem suporte às situações propostas e visam à: fundamentação teórica, observação da prática da vivência de uma OI, execução de uma OI, articulação entre teoria e prática vivenciadas, análise e síntese de dados produzidos à luz da orquestração instrumental e, por fim, criação de uma orquestração. Todas as situações buscam a apropriação pelos participantes da MOI sobre a Orquestração Instrumental, ou seja, são de formação, exceto a que propõe a vivência de uma OI, a qual visa à aprendizagem de matemática com integração de tecnologias digitais.

Duas testagens iteradas do modelo teórico em desenvolvimento foram realizadas. A primeira em uma turma de mestrado com 26 mestrandos e duas formadoras serviu como base da origem desta pesquisa, um Estudo Preliminar. O Estudo Principal, segundo teste da MOI, foi realizado em uma turma do curso de licenciatura em matemática de uma instituição pública de ensino superior. Participaram da formação 23 licenciandos em Matemática e duas formadoras. Esse segundo teste exigiu a inclusão dos pressupostos teóricos “formas de destinação” e “modos de engajamento” segundo Remillard (2012), no quadro teórico da pesquisa.

A coleta de dados baseou-se essencialmente na técnica de observação, estruturada e não estruturada (MARCONI; LAKATOS, 2003). A observação não estruturada culminou em registros cursivos; já a estruturada, em entrevista e filmagem. As filmagens emergem do trabalho de um observador e do acionamento de *softwares* de captura de tela de computador. Além desses, os testes da MOI geraram outros protocolos criados pelos participantes da formação, e, embora sejam considerados resultados da pesquisa, esses protocolos são analisados como dados desta para efeito de validação do modelo testado.

Para analisar os dados da MOI, resultantes da execução de cada OI, utilizou-se a técnica de Análise Microgenética-Videográfica, com inspiração no estudo de Luciano Meira (1994). A técnica favoreceu a organização, a classificação, a descrição e a análise dos dados coletados. Além disso, contribuiu para a criação de instrumentos de análise que dessem conta das especificidades dos dados coletados sem perder de vista a articulação que se almeja fazer entre tais dados e os pressupostos teóricos da pesquisa. A análise foi orientada pela estrutura sugerida por Meira, a qual segue os seguintes passos: familiarização com os dados; criação do índice de eventos; análise interpretativa dos eventos correlatos ao problema de pesquisa; descrição dos acontecimentos; transcrição detalhadas de eventos; análise exaustiva das transcrições; e, por fim, divulgação dos resultados e da apresentação de interpretações ilustradas.

As análises tiveram como foco a evolução dos participantes na formação, quanto à apropriação desses, relativa aos elementos teóricos da Orquestração Instrumental em estudo. Trata-se dos conhecimentos construídos pelos futuros professores de matemática sobre a Orquestração Instrumental, ora individualmente ora coletivamente.

Sobre o modelo da metaorquestração instrumental:

O modelo da metaorquestração instrumental é definido como a gestão sistemática e intencional, por um agente (formador(es)), dos artefatos e dos sujeitos (professores e futuros professores) confrontados com uma metassituação, com o objetivo de se apropriarem do modelo da OI. Toma-se a definição de situação, segundo Vergnaud (1996), e define-se metassituação como uma situação complexa que pode ser analisada como uma combinação de situações de natureza e dificuldade próprias.

A construção do modelo suscitou cunhar outras definições tais como: metaconfiguração didática, metamodo de execução e metaperformance didática. Nesta última, surgiu a definição de reação *ad hoc*. No âmbito das definições buscou-se um aperfeiçoamento do cenário de execução didática dos elementos da Orquestração Instrumental, organizando os seus elementos em duas fases *mise en œuvre* e *mise en scène*..

Há na OI características prescritivas, tais como a sistematização, a intencionalidade e o ambiente rico em tecnologias. No entanto, embora a MOI tenha herdado tais características, essas não deram conta de caracterizá-la. Logo, havia a necessidade de se prescrever características inerentes ao *design* que se buscava conceber. No primeiro teste da MOI, prescreveu-se: a composição de orquestrações (sequenciada ou imbricada), a articulação e um ambiente propício a diferentes tipos de interação. No segundo teste, percebeu-se a necessidade de prescrição de mais duas características: a adaptação e a flexibilidade.

As situações que compõem a metassituação visam favorecer a reflexão e a compreensão dos participantes sobre a OI. Assim, a situação S_1 foi criada para oportunizar a fundamentação teórica, um primeiro contato dos estudantes com os pressupostos da orquestração instrumental, pautado em exemplos. A S_p é uma situação matemática que busca proporcionar aos seus resolvidores a vivência prática de uma OI, e a S_2 visa à observação da prática, ou seja, a execução da S_p . A S_3 objetiva uma articulação do estudo teórico (S_1) com os experimentos (S_p e S_2). A S_4 visa à análise e síntese da análise dos dados produzidos durante a formação. A S_5 visa à criação de uma OI para o ensino de matemática.

Todas essas situações conduzem o sujeito, que busca resolvê-las, à reflexão sobre a orquestração instrumental. É fato que a S_p , no momento de sua execução, tem foco nos conhecimentos matemáticos, mas é na resolução da S_4 que os participantes da formação podem evocar os eventos que emergem da *performance* didática com a S_p , para articulá-los com os pressupostos da Orquestração Instrumental. A metassituação consiste na composição dessas situações que, por definição, possuem natureza e complexidades próprias. A vivência de cada situação apresenta diferentes aspectos da OI, o que favorece não apenas a apropriação desse modelo teórico, como também a formação para desenvolver a prática docente pautada no modelo.

A vivência das orquestrações dá aos participantes a oportunidade de experimentar diferentes papéis em uma única formação. Essas orquestrações simulam a sala de aula convencional, e os participantes podem ser o estudante (OI_p) ou o professor (OI_2) e assumir funções correlatas a esses papéis. Se o participante escolher ser estudante, poderá alternar-se em exercer diferentes funções, ora aquele que fica no controle das tecnologias para resolver a situação proposta, ora aquele que colabora com a resolução. Nas orquestrações OI_1 , OI_3 e OI_4 , mantêm seu papel como licenciandos em formação. Na OI_5 , não testada nesta tese, assumem o papel de professor do âmbito escolar que orchestra seu ensino.

Já os formadores se mantêm como tal, podendo assumir, também, o papel de pesquisador, a depender de seus interesses em relação à MOI que pode ser formar professores ou futuros professores, ou investigar fenômenos ligados a esse modelo teórico.

Não são apenas os sujeitos que sofrem metamorfose ao longo da formação. Os artefatos também passam por esse processo. Em todas as orquestrações são disponibilizadas tecnologias para a realização das situações propostas. Ao iniciar tal processo de resolução, os participantes geram, a partir da relação situação-artefato-sujeito, protocolos, cujos conteúdos têm a ver com os pressupostos teóricos que se busca aprender. Esses protocolos podem ser utilizados pelos participantes, sozinhos ou em composição com outros artefatos, para realizar situações subsequentes da MOI. Esse novo processo de metamorfose, quando contínuo, ou seja, ao longo da formação, pode formar um sistema de recursos, úteis para executar as situações e para aprender sobre a OI. As trajetórias de formação dos participantes evidenciam não apenas o processo de apropriação da orquestração, mas também os usos dos artefatos e as metamorfoses desses artefatos, realizadas pelos seus usuários, individual e coletivamente.

Sobre a metaconfiguração didática e o metamodo de execução:

A metaconfiguração didática do *design*, internamente a cada OI, tem a ver com a configuração didática das orquestrações instrumentais que compõem o modelo. Os elementos, nesse caso, são os mesmos prescritos pela OI, modelo teórico que fundamenta a MOI. Entretanto, externamente às OI, observou-se a necessidade de se considerar aspectos:

- a) planejamento de atividades ou ausência delas, preparatórias ou não, entre as orquestrações, mas relativas às situações propostas que serão resolvidas nessas orquestrações;
- b) previsão de adaptações do *design* que podem culminar em alterações, substituições e até na não execução de situações e, conseqüentemente, das orquestrações correlatas;
- c) equiparação do tempo de execução da MOI com o tempo disponibilizado para formação;
- d) a possibilidade da troca de papéis e funções entre os sujeitos, internamente e externamente às orquestrações;
- e) o uso de protocolos gerados pelos participantes em orquestrações para a resolução de situações subsequentes. Esse uso pode ser de um único protocolo escolhido pelos participantes ou articulado com outros protocolos ou, ainda, com artefatos disponibilizados na orquestração;
- f) o uso interno de protocolos gerados na mesma orquestração.

As orquestrações instrumentais dão suporte aos participantes na execução de cada situação que compõe a metassituação. A execução da primeira situação na OI₁ favorece a resolução das demais situações nas OI₂, OI₃, OI₄ e OI₅. Isso gera uma articulação entre as situações propostas e, conseqüentemente, entre as orquestrações correspondentes. A metaconfiguração didática foi projetada para favorecer o uso dos protocolos produzidos durante a resolução de uma situação em uma orquestração, nas demais orquestrações.

Assim, o estudo realizado na OI₁ favorece a definição dos critérios de observação e a própria observação guiada pelos critérios (OI₂) favorece a discussão teórico-prática e a síntese da análise da OI feita pelos participantes da formação. Ainda que os protocolos não sejam utilizados, só os conhecimentos produzidos pela participação em cada orquestração já contribuem com o trabalho a ser realizado durante toda formação. Além disso, o metamodo de execução foi projetado para garantir que a realização de cada situação de forma que o estudante perceba a OI por diferentes prismas.

Na OI_1 , tem-se um estudo dos fundamentos teóricos pautado em diferentes tipos de exemplos; na OI_2 , a observação de uma OI em pleno desenrolar, evidenciando as escolhas didáticas das formadoras, aspectos do trabalho dos estudantes com os artefatos para resolver a situação matemática, entre outros elementos; na OI_p , a vivência de uma orquestração, que ajuda a perceber as dificuldades, as limitações e os desafios encontrados pelo estudante para resolver a situação matemática; já na OI_3 , uma discussão que articula os fundamentos teóricos estudados com as experiências vividas; na OI_4 , a análise de dados produzidos à luz da orquestração instrumental. O modo de execução de cada situação, em cada orquestração é o que dará aos estudantes a condição de articular o conhecimento construído ao novo, além de juntar tudo que aprendeu durante a formação para poder orquestrar uma situação de ensino de matemática com a integração de tecnologias (OI_5).

Sobre gênese instrumental:

Um grande desafio à MOI foi traçar a trajetória de apropriação dos participantes da formação, ou seja, a gênese de formação da OI dos participantes no trabalho individual e coletivo. Nessa direção, a identificação e a análise de componentes de esquemas e de esquemas revelados pelos estudantes no uso dos artefatos e protocolos produzidos por eles mesmos foi essencial à construção da trajetória.

Durante o trabalho coletivo ou em *duo*, componentes de esquemas eram compartilhados entre sujeitos, a exemplo disso, a concordância e uso de um mesmo conhecimento matemático para a construção de um objeto geométrico no GeoGebra; ou, ainda, a junção de componentes de esquemas de diferentes estudantes para a realização de uma dada parte da situação. Por exemplo, a construção da cabeça pela ferramenta “Círculo dados centro e raio”, em que um estudante decide pela ferramenta e outro indica a medida do raio, os invariantes matemáticos e relativos ao GeoGebra se complementam e juntos conseguem a construção tal como o *duo* desejava. Esses aspectos ajudaram quanto à análise da gênese instrumental na OI_p do *duo* e contribuíram para compreender a trajetória de apropriação dos estudantes quanto à OI, no entanto considerando não mais o estudo de matemática, mas teórico.

Nesse caso, buscou-se identificar os esquemas ou componentes de esquemas, individuais ou compartilhados, ou quando componentes dos estudantes se complementavam para favorecer o trabalho coletivo. Um exemplo disso ocorre quando os estudantes buscam compreender a noção de esquemas, e um entende esquema como os conhecimentos do

indivíduo, enquanto outro entende os esquemas como a ação do sujeito. Juntos, esses estudantes vão colaborando para o entendimento do outro.

Sobre a metaperformance didática:

Tinha-se como hipótese que o modelo teórico Orquestração Instrumental oferece um importante arcabouço teórico para se orquestrar situações ricas em tecnologias digitais para a formação do professor de matemática no que concerne à compreensão desse modelo teórico. Uma formação que articula teoria, prática e reflexão sobre o uso de tecnologia no ensino e aprendizagem da matemática. Na perspectiva de validar ou refutar tal hipótese, procedeu-se a análise da metaperformance didática. Essa contemplou três diferentes tipos de análise, inicialmente a análise da metassituação, da metaconfiguração didática, do metamodo de execução e do *design* da MOI, na perspectiva do aperfeiçoamento do modelo e refinamento teórico. Analisou-se, também, os eventos da OI_p na intenção de validá-la como um banco de exemplos. De fato, as análises desses eventos, validaram o banco de exemplos, estruturado nas cinco linhas do tempo, baseadas nas temáticas de elementos teóricos da Orquestração Instrumental. Há exemplos correlatos à situação matemática, à gênese instrumental, à configuração didática, ao modo de execução e à *performance* didática. Analisou-se, ainda, a gênese instrumental do *duo* relativa à realização da S_p, na OI_p, que também contribui para validar o banco de exemplos, especialmente no que concerne à gênese instrumental, seus elementos e pressupostos. Por fim, trajetórias de apropriação da OI por temática, do ponto de vista individual e coletivo, permitiram inferir sobre o processo de apropriação e a compreensão dos estudantes sobre elementos do modelo teórico em estudo.

A análise dessas trajetórias deu indícios de evolução dos estudantes durante a formação. Eles partiram de uma dinâmica de perguntas e respostas chegando a discutir uma análise à luz da OI. Do ponto de vista da formação coletiva, os estudantes do grupo analisados apresentaram indícios de evolução no entendimento de elementos e processos ligados à gênese instrumental: instrumentalização, instrumentação, artefato, instrumento. Também, revelam avanços quanto à compreensão da noção de esquema.

No tocante às etapas da OI, embora não façam conexão com os termos: configuração didática, modo de execução, *performance* didática, os estudantes revelam saber os elementos relevantes a cada etapa, especialmente a configuração didática. Do ponto de vista de formação individual, verificaram-se indícios de melhor aproveitamento da formação por parte dos estudantes EA₂ e EO₁, especialmente no que concerne à compreensão de conceitos-chave da

MOI. Esquemas desses estudantes fazem com que consigam discutir e exemplificar eventos correlatos a estes conceitos. EA₁ e EO₂ também revelam compreensão em relação aos conceitos da OI, mas de forma muito incipiente, especialmente EO₂, que possui uma participação menos ativa durante formação. No caso de EA₁, seu foco da situação matemática desviou sua atenção para aspectos correlatos ao fazer matemática com o *software*, mais do que discutir tais eventos à luz do modelo teórico que buscava compreender. Essas análises validam o modelo de formação metaorquestração instrumental, mas também apontam para necessidade de melhoramento em seu *design*, maior precisão na caracterização dos esquemas, e continuação do refinamento teórico.

6.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Um aspecto a ser considerado na concepção, desenvolvimento, testes, análises e validação da MOI consiste no volume de dados gerados a cada novo teste. No Estudo Preliminar, cinco grupos foram formados, e no Estudo Principal seis grupos foram formados, mas apenas um grupo de cada estudo foi analisado. É relevante a análise de outros grupos de forma a aumentar o rigor e precisão das inferências realizadas, além da possibilidade de surgirem novos elementos que venham a reforçar a validação do modelo, mas também contribuir com a expansão da orquestração instrumental e o refinamento teórico da MOI.

6.3 PERSPECTIVAS FUTURAS DE PESQUISA

No tocante às demandas não realizadas do Estudo Principal, consideram-se relevantes, ainda que em uma perspectiva de continuação desta pesquisa, a execução e análise dos dados da OI 5.

A S₅ e OI₅ são consideradas o ápice da formação, pois, com a execução dessas, os dados advindos dos protocolos criados pelos estudantes revelariam mais sobre a apropriação destes a respeito da Orquestração, aumentando a precisão das inferências em relativas às análises dos dados. Além disso, dá-se ao estudante a oportunidade de realizar uma situação que o coloca na posição que ele almeja chegar, para a qual está buscando conhecimento, a do professor que orchestra o ensino de matemática com integração de tecnologias digitais, o que também implica em desenvolvimento profissional. No entanto, a idealização delas veio a um tempo em que toda a MOI do estudo principal já havia sido realizada e a disciplina finalizada.

A análise dos dados de outros grupos participantes da MOI também é importante e pode contribuir com o refinamento de definições cunhadas neste trabalho, especialmente as de reação *ad hoc*, *mise en œuvre* e *mise en scène*.

As metamorfoses de artefatos e protocolos ao longo da formação revelam um campo fértil para estudos sobre o sistema de recursos formado por sujeitos quando em metassituação de formação. Um sistema de recursos rico em tecnologias digitais disponibilizadas pelas formadoras, integradas pelos estudantes, transformadas pelo trabalho ora individual, ora coletivo. Acompanhar os usos desses recursos e as metamorfoses abre um caminho para investigações em torno da documentação do futuro professor de matemática quando em formação, uma articulação possível com a Abordagem Documental do Didático (GUEUDET; TROUCHE, 2009).

Essa possibilidade de articulação com a Abordagem Documental do Didático não está centrada apenas no modelo da MOI e na trajetória de formação dos participantes com foco na relação desses com os artefatos. A concepção da MOI realizada pela formadora dá indícios de que as orquestrações instrumentais do professor podem revelar muito sobre seus esquemas profissionais (Goigoux; Vergnaud, 2005), seu sistema de recursos e sua documentação (Gueudet; Trouche, 2009) e, ainda, sobre seus conhecimentos docentes (SHULMAN, 1968; 2005).

É relevante investigar a possibilidade de adaptações necessárias no *design* da MOI para o ensino de outras teorias. Nesse sentido, há de se pensar em uma extensão OI, na perspectiva de validar a Orquestração de Formação de aportes teóricos.

REFERÊNCIAS

ATUBE. Disponível em: <<http://www.atube.me/pt-br/>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

ÁVILA, G. Razões, proporções e regra de três. **Revista do Professor de Matemática**. São Paulo, v.8, p.1-8, 1986.

BELEI, R. A.; GIMENIZ-PASCHOAL, S. R.; NASCIMENTO, E. N.; MATSUMOTO, P. H. V. R. O uso de entrevista, observação e videogravação em pesquisa qualitativa. **Cadernos de Educação**, Pelotas, FaE/PPGE/UFPEl, v. 30, p. 187-199, jan./jun. 2008.

BELLEMAIN, F. **LEMATEC Studium v. 2.0, ambiente didático virtual**. Recife-PE, grupo LEMATEC-EDUMATEC-UFPE, 2016.

BELLEMAIN, F.; GITIRANA, V.; IGNÁCIO, R.; LUCENA, R.; TIBÚRCIO, R.; DOUGLAS, A.; SIQUEIRA, E.; RODRIGUES, A. **Webdocs Studium**: plataforma para elaboração de *Webdocuments* integrando e articulando recursos dinâmicos. LEMATEC-UFPE, 2017.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Guia do Livro Didático 2007**: Matemática/séries/anos iniciais do ensino fundamental. Secretaria de Educação Fundamental. Brasília, MEC/SEF, 2006.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais**: Matemática/Secretaria de Educação Fundamental. Brasília: MEC / SEF, 1998.

BROUSSEAU, G. La théorie des situations didactiques en mathématiques. **Éducation et didactique**, Rennes, v. 5, n. 1, 2011.

BROWN, A. Design Experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. **The Journal of the Learning Science**, Londres, v. 2, n. 2, p. 141-178, 1992.

COBB, P; CONFREY, J.; DiSESSA; LEGRER, R.; SHAUBLE, L. Design Experiments in Educational Research. **Educational Researcher**, Califórnia, v. 32, n. 1, p. 9-13, 2003.

COLLINS, A. Towards a *design science* education. In: SCANLON, E.; O'SHEA, T. (Eds.). **New directions in educational technology**. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1992. p. 15-22.

COUTO, R.M.L.S. **Mediações Didáticas da Tutoria Online da Geometria Analítica**: uma análise à luz da orquestração instrumental e das representações semióticas. 2015. 172 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática e Tecnológica) – Programa de Pós-graduação em Educação Matemática e Tecnológica da Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, 2015.

DRIJVERS, P.; DOORMAN, M.; BOON, P.; REED, H.; GRAVMEIJER, K. The Teacher and the Tool: instrumental orchestrations in the technology-rich mathematics classroom. **Educational Studies in Mathematics**, Berlin Heidelberg, v. 75, n. 2, p. 213-234, Springer Netherlands, 2010.

DRIJVERS, P.; TROUCHE, L. From artifacts to instruments: a theoretical framework behind the orchestra metaphor. In: BLUME, G. W.; HEID, M. K. (Eds.). **Research on technology and the teaching and learning of mathematics: cases and perspectives**. Charlotte, NC: Information Age, v. 2, p. 363-392, 2008.

GEOGEBRA. Disponível em: <<https://www.GeoGebra.org/>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

GÓES, M. C. R. A abordagem microgenética na matriz histórico-cultural: Uma perspectiva para o estudo da constituição da subjetividade. **Cadernos Cedes**, Campinas-SP, ano XX, n. 50, p. 9-25, abr. 2000.

GOIGOUX, R.; VERGNAUD, G. Schèmes professionnels, **AIRDF**, Paris, v.36, n.1, p. 7-10. 2005.

GUEUDET, G.; TROUCHE, T. Towards new documentational systems for mathematics teachers? **Educational Studies in Mathematics**, Berlin Heidelberg, v.71, n.3, p. 199–218, Springer Netherland, 2009.

HOYLES, C.; NOSS, R.; SUTHERLAND, R. **Final Report of the Microworlds Project 1986 -1989**. Departmento of Mahematics, Statistics and Computing. Institute of Education, University of London, Londres, 1991.

LABORDE, C. The Computer as Part of the Learning Environment: the case of Geometry. In: KEITEL, C.; RUTHVEN, K. **Learning from Computers: Mathematics Education and Technology**, Berlin Heidelberg, v. 121, p. 48-67, Springer Netherland, 1993.

LEONARDO DA VINCI. Disponível em : <[http://www.leonardodavinci.net/the-vitruvian-man.jsp#prettyPhoto\[gallery2\]/0/](http://www.leonardodavinci.net/the-vitruvian-man.jsp#prettyPhoto[gallery2]/0/)>. Acesso em: 15 dez. 2018.

LUCENA, R.; GITIRANA, V.; TROUCHE, L. Analyse des Schèmes dans un Travail collectif lié à une Méta-Orchestration Instrumentale. Texto apresentado no Séminaire national de l'ARDM : 17 – 18 novembre 2017a. Disponível em <https://www.academia.edu/38083483/ANALYSE_DES_SCH%C3%88MES_DANS_UN_TRAVAIL_COLLECTIF_LI%C3%89_%C3%80_UNE_META-ORCHESTRATION_INSTRUMENTALE>. Acesso em 07 jan. 2019.

_____; _____. Instrumental Meta-Orchestration for Teacher Education. In: GITIRANA, V.; MIYAKAWA, T.; RAFALSKA, M.; SOURY-LAVERGNE, S.; TROUCHE, L. **Proceedings of Re(s)ource 2018 International Conference**. Lyon, ENS de Lyon, 2018. p. 300-303.

LUCENA, R.; GITIRANA, V.; TROUCHE, L. Teoria da Orquestração Instrumental: um olhar para formação docente. **Anais do I Simpósio Latino-Americano de Didática da Matemática - Ladima**. Bonito – Mato Grosso do Sul – Brasil, 2016.

_____; _____. Une Analyse Micro-Génétique des Genèses Instrumentales Impliquées dans une Situation de Géométrie Dynamique. Texto apresentado na **19^e. École d'Été de Didactique des Mathématiques**. Paris, ARDM, 2017b. Disponível em https://www.academia.edu/38083371/UNE_ANALYSE_MICRO-G%3%89N%C3%89TIQUE_DES_GEN%C3%88SES_INSTRUMENTALES_IMPLIQU%C3%89ES_DANS_UNE_SITUATION_DE_G%3%89OM%C3%89TRIE_DYNAMIQUE, acessado em 07 de janeiro de 2019.

_____; _____. O ensino de matemática com integração de recursos digitais: um olhar sobre aulas à luz da orquestração instrumental. **Ensino de Matemática em debate – EMD/PUC-SP**, São Paulo – SP, v. 5, n. 3, p. 238-261, 2018.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia Científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas 2003.

MEIRA, L. Análise microgenética e videografia: ferramentas de pesquisa em psicologia cognitiva. **Temas de Psicologia**, Ribeirão Preto-SP, v.2, n. 3, p. 59-71, 1994.

PARZYSZ, B. “Knowing” vs “seeing”. problems of the plane representation of space geometry figures. **Educational Studies in Mathematics**, Utrecht, v. 19, n.1, p. 79-92, feb. 1988.

PIAGET, J. **La formation du symbole chez l'enfant**: imitation, jeu et rêve, image et représentation. Lausanne-Suiça e Paris-França, Delachaux et Niestle S.A., 1968.

PIXTON. Disponível em: <<https://www.pixton.com/br>>. Acesso em: 15 dez. 2018.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies**: une approche cognitive des instruments contemporains. Paris, Armand Colin, 1995.

REMILLARD, J. Modes d'engagement: comprendre les transactions des professeurs avec les ressources curriculaires en mathématiques. In Gueudet, G., Trouche, L., (Eds.). **Ressources vives**: le travail documentaire des professeurs en mathématiques. p. 201-216. Rennes, PUR. Lyon: INRP, 2010.

ROCHA, K.; LUCENA, R. La notion de schème dans l'analyse d'activité des enseignants et futures enseignants de mathématiques: un regard sur les ressources. In: TROUCHE, L.; SOURY-LAVERGNE, S.; MIYAKAWA, T.; GITIRANA, V.; ASSIS, C. **Actes du Séminaire Ressource 2017-2018** (à paraître).

SANTOS, M. M. A matemática da arquitetura ideal. **Anais do Graphica**. Curitiba, 2007.

SILVA, R. **A arte de desenhar proporções do corpo humano**, 2ª ed. São Paulo, Editora Criativo, 2012.

SHULMAN, L. S. Conocimiento Y enseñanza: fundamentos de uma nova reforma. **Revista de currículum y formación del profesorado**, 9, 2, 2005.

TROUCHE, L. Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques: nécessité des orchestrations. **Recherches en didactique des Mathématiques**, Grenoble, v. 25, p. 91-138, 2005.

_____. Environnements informatisés et mathématiques: quels usages pour quels apprentissages ? **Educational Studies in Mathematics**, Utrecht, v. 55, p. 181-197, 2004.

TROUCHE, L; BELLEMAIN, F. O trabalho do professor com os recursos de seu ensino, um questionamento didático e informático. **Anais do I Simpósio Latino-Americano da Didática da Matemática - Ladima**. Bonito – Mato Grosso do Sul, Brasil, 2016.

VALENTE, W. R. A prática de ensino de Matemática e o impacto de um novo campo de pesquisas: a educação matemática. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 179-196, nov. 2014.

VERGNAUD, G. A teoria dos campos conceituais. In: BRUN, J. (Coord.). **Didáticas das Matemáticas**. Tradução de M. J. Figueiredo. Lisboa: Instituto Piaget, 1996. Publicado em: **Recherches en didactique des Mathématiques**, Grenoble, La Pensée Sauvage Éditions, v. 10-23, p. 133-170, 1991.

_____. Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. In: ARTIGUE, M.; GRASS, R.; LABORDE, C.; TAVIGNOT, P. (Orgs.). **Vingt ans de didactique des mathématiques en France**. Grenoble: La Pensée Sauvage, 1994. p. 177-191.

_____. Qu'est-ce que la pensée ? **La nouvelle revue : de l'adaptation et de la scolarisation**, Liège-Bélgica/Paris-França, n. 62, p. 277-299, 2013.

_____. The Theory of Conceptual Fields. **Human Development**, Basileia-Suiça, v. 52; p. 83-94, 2009.

_____. The theory of conceptual fields. In: STEFFE, L. P.; NESCHER, P.; COBB, P.; GOLDIN, G. A.; GREER, B. (Eds.). **Theories of Mathematical learning**, Mahwah, Lawrence Erlbaum Ass, 1996. p. 219-239.

VIEIRA PINTO, A. **O conceito de tecnologia**. Rio de Janeiro: Contraponto, 2005. v. I.

ZBIEK, R. M.; HOLLEBRANDS, K. A research-informed view of the process of incorporating mathematics technology into classroom practice by in-service and prospective teachers. **Research on technology and the teaching and learning of Mathematics**, Carolina do Norte-EUA, v. 1, p. 287-344, 2008.

APÊNDICE A - PROTOCOLO DE ORIENTAÇÃO PARA ESTUDANTES-ATORES DA OIP

Papel: estudante-ator

EA1: _____

EA2: _____

EA3: _____

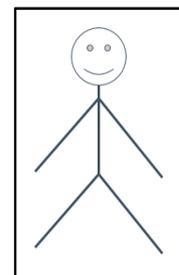
Situação matemática: construa um boneco (cabeça, tronco e membros inferiores e superiores), com vista frontal.

Condições:

I – Escolha uma pessoa do seu grupo como **modelo** e verifique a **razão** entre as medidas das partes do corpo (ver boneco);

II – Construa o boneco no software de geometria dinâmica **GEOMETRIA**;

III – A **simetria** entre os lados direito e esquerdo do corpo e as **razões** estabelecidas devem ser respeitadas mesmo se **aumentar** ou **diminuir** qualquer parte do corpo.



IV – O **tempo** para conclusão da atividade é de **30 min**.

ORIENTAÇÕES E OUTRAS CONDIÇÕES

Função: realizar a tarefa matemática proposta.

Recursos disponibilizados: *notebook, internet e software geogebra* instalado para realização da tarefa e o *software atube catcher* para captura de tela.

Os estudantes-atores:

- (a) deverão trabalhar colaborativamente para executar a tarefa proposta;
- (b) poderão, caso desejem, utilizar outros recursos que não os disponibilizados para facilitar a realização da tarefa;
- (c) poderão escolher as ferramentas do Geogebra que desejarem para construir o desenho solicitado;
- (d) terão 30 min para executar a tarefa;
- (e) deverão gravar o arquivo boneco construído e identificá-lo pelo nome do grupo.

Bom trabalho!

APÊNDICE B – PROTOCOLO DE ORIENTAÇÃO PARA ESTUDANTES- OBSERVADORES OL₂

Papel: estudante-observador

Observador 1 (anotações): _____

Observador 2 (filmagem): _____

Situação de formação: elaborar critérios para observação (anotação e filmagem) da tarefa matemática, fundamentados na Teoria da Orquestração Instrumental (TROUCHE, 2005).

I - Considere, para elaboração dos critérios, os processos de gênese instrumental, os esquemas de utilização, os aspectos de gestão que podem interferir (contribuindo ou não) com a execução da tarefa matemática (condições dadas pelas professoras para realização da tarefa, organização do grupo, escolha de recursos, as ações de cada estudante executor, etc);

II - Considere, durante a observação e a anotação, os critérios elaborados por vocês e as orientações;

Crítérios de Observação:

(a) _____

(b) _____

(c) _____

(d) _____

(e) _____

ORIENTAÇÕES

Função: coletar dados por meio da observação e registro (anotação e filmagem) de eventos relevantes para o entendimento da orquestração instrumental, segundo os critérios de observação, elaborados previamente.

Recursos: ficha de anotação, tablet (pode-se utilizar o celular), critérios de observação definidos.

CONDIÇÕES

Os estudantes-observadores deverão:

(a) trabalhar em dupla, mas sem manter qualquer tipo de comunicação com os demais estudantes durante a elaboração dos critérios e coleta de dados;

(b) observar as interações e ações dos estudantes-atores durante a realização da tarefa matemática, fazendo anotações relevantes de acordo com os critérios de observação de todo processo de resolução da situação matemática

Bom trabalho!