HAL
open science

A abordagem documental do didático

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet, Birgit Pepin, Katiane Rocha, Cibelle Assis, Sonia Igliori

To cite this version:

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet, Birgit Pepin, Katiane Rocha, Cibelle Assis, et al.. A abordagem documental do didático. DAD-Multilingual, 2020. hal-02664943v2

HAL Id: hal-02664943

https://hal.science/hal-02664943v2

Submitted on 9 Jun 2020

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.

A abordagem documental do didático

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet & Birgit Pepin
Adaptção ao português: Cibelle Assis e Katiane Rocha
Revisor: Sonia Igliori

Resumo

A « Abordagem documental do didático » é uma entrada da *Encyclopedia of Mathematics Education* (Trouche, Gueudet & Pepin 2018) a qual foi atualizada em 2020 (Trouche, Gueudet & Pepin 2020). Este artigo é uma adaptação em português dessa versão atualizada, faz parte de uma coleção que reúne adaptações, dessa versão, em 14 idiomas, disponível em https://hal.archives-ouvertes.fr/DAD-MULTILINGUAL.

A abordagem documental do didático é uma teoria da didática da matemática. Seu principal objetivo é compreender o desenvolvimento profissional dos professores por meio do estudo de suas interações com os recursos seus usos e projetos em/para seu ensino. Nesse texto nós descrevemos, brevemente a emergência do surgimento dessa abordagem, suas fontes teóricas, seus conceitos principais e a metodologia associada. Ilustramos esses diferentes focos com o apoio de exemplos advindos de diferentes projetos de pesquisas. Essa apresentação sintética destina-se não apenas a pesquisadores, mas também a não especialistas (por exemplo, estudantes de mestrado), interessados em uma primeira aproximação da abordagem documental.

Palavras-chave:

Materiais curriculares; recursos digitais; gênese documental; invariantes operatórios; sistemas de recursos; recursos para o ensino; trabalho coletivo de professores; desenvolvimento profissional de professores.

Abstract

The 'Documentation Approach to Didactics' is an entry of the Encyclopedia of Mathematics Education (Trouche, Gueudet & Pepin 2018). This entry has been updated in 2020 (Trouche, Gueudet & Pepin 2020). This article is a Portuguese adaptation of this updated version. It is part of a collection, gathering such adaptations in 14 languages (https://hal.archives-ouvertes.fr/DAD-MULTILINGUAL).

The documentational approach to didactics is a theory in mathematics education. Its first aim is to understand teachers' professional development by studying their interactions with the resources they use and design in/for their teaching. In this text we briefly describe the emergence of the approach, its theoretical sources, its main concepts and the associated methodology. We illustrate these aspects with examples from different research projects. This synthetic presentation is written for researchers, but also for non-specialists (e.g. master students) interested in a first discovery of the documentational approach

Keywords

Curriculum materials; Digital resources; Documentational geneses; Operational Invariants; Resource systems; Resources in/for teaching; Teachers' collective work; Teacher professional development.

1. Introdução

Os professores de matemática interagem, em seu trabalho diário, com recursos concebidos para fins de ensino (que nós denominaremos recursos curriculares, por exemplo, um livro didático) ou com recursos que não têm finalidade de ensino (por exemplo, um artigo de periódico). Seus trabalhos com esses recursos, em sala de aula ou fora dela, incluem a seleção, a modificação e a criação de novos recursos. Esse trabalho criativo é denominado *trabalho documental do professor,* e seus resultados *documentação do professor. Os* recursos curriculares incluem, normalmente, textos (por exemplo, livros didáticos, programas oficiais ou ainda produções de alunos); recursos digitais (que podem também ser, por exemplo, textos encontrados na Internet, mas também softwares. A disponibilidade de uma profusão de recursos em Internet está causando mudanças profundas na maneira como os professores escolhem os recursos, os usos que eles fazem deles e muitos outros aspectos**.** Assim, o estudo de recursos e as possíveis interações que os professores podem ter com eles tornaram-se um importante campo de pesquisa (Trouche, Gueudet & Pepin 2019), em especial porque as reformas curriculares são acompanhadas em muitos países por recursos que devem ajudar os professores a implementar o novo programa, de acordo com as expectativas da instituição. Do ponto de vista teórico, o trabalho de professores com recursos curriculares tem sido estudado internacionalmente, mobilizando uma multiplicidade de conceitos (Remillard 2005; Pepin et al. 2013). Na literatura anglo-americana, observamos as distinções entre *intended curriculum* e *enacted curriculum*, que podem ser traduzidos, respectivamente, por currículo prescrito e currículo praticado. A transição do currículo prescrito para o currículo praticado aproxima-se de uma das etapas do processo de transposição didática (Chevallard 1994), a transição do saber a ser ensinado ao saber ensinado (etapa denominada, por Ravel 2005, como transposição interna). Nesse texto, apresentamos a abordagem documental do didático (doravante ADD), decorrente da tradição francesa de pesquisa em didática.

2. As fontes da abordagem

A abordagem documental do didático (ADD) foi introduzida por Ghislaine Gueudet e Luc Trouche (Gueudet & Trouche 2008, 2009; Gueudet 2019) e tem se desenvolvido em trabalho conjunto com Birgit Pepin (Gueudet, Pepin & Trouche 2012). A ADD está ancorada na tradição francesa de pesquisa em didática da matemática (Trouche 2016a), na qual os conceitos de situação didática, de restrição institucional e de esquema são centrais. Ela baseia-se igualmente em uma perspectiva sociocultural, incluindo, em particular, a noção de mediação (Vygotsky 1978) como componente de qualquer processo cognitivo. Além disso, a ADD foi desenvolvida no contexto de uma crescente digitalização da informação e da comunicação, o que requer novas abordagens teóricas.

De fato, a digitalização da informação e da comunicação, bem como o desenvolvimento da Internet têm trazido grandes mudanças em termos de facilidade e rapidez, possibilitando o acesso a inúmeros recursos e a comunicação com inúmeros interlocutores. Isso caracterizou uma metamorfose completa dos modos de pensamento e de ação, em particular na educação relativamente a novos equilíbrios entre recursos estáticos e dinâmicos, entre concepção e uso de recursos, entre trabalho coletivo e individual (Pepin, Choppin, Ruthven & Sinclair 2017). A consideração dessas mudanças levou a ADD a propor uma mudança de paradigma, analisar o trabalho dos professores pela lente dos “recursos” para o e no ensino, ou seja, os recursos que eles preparam para nutrir suas práticas de sala de aula, e o que é continuamente renovado por essas práticas.

Os autores da ADD se apoiaram em trabalhos realizados internacionalmente em vários campos de pesquisa: (1) o campo do uso de tecnologias; (2) o campo do desenvolvimento profissional de professores; (3) o campo da concepção e de uso dos recursos curriculares e outros recursos e (4) o campo da arquitetura da informação.

No campo do uso de tecnologias, a principal fonte da ADD é a abordagem instrumental. Essa teoria foi desenvolvida por Rabardel (1995) em ergonomia cognitiva, depois integrada em didática da matemática (Guin & Trouche 2002, Guin, Ruthven e Trouche 2005). Essa teoria distingue um *artefato*, disponível para um usuário, e um instrumento, desenvolvido por esse usuário. O processo de desenvolvimento do instrumento é chamado de gênese instrumental. Essa gênese combina dois processos: instrumentação e

instrumentalização – que a ADD assume como conceitos centrais (ver § 3). O desenvolvimento da abordagem instrumental correspondeu a um período em que as problemáticas de integração de tecnologias pelos professores envolviam uma ferramenta única (por exemplo, uma calculadora, um software de cálculo formal ou ainda um software de geometria dinâmica). No novo contexto digital que mencionamos, ficou claro que a abordagem instrumental não era mais suficiente para dar conta do fato de que os professores estavam cercados por uma profusão de recursos variados.

A atenção dada aos recursos está em acordo à proposta de Adler (2000) que, em seu trabalho sobre o desenvolvimento profissional de professores na África do Sul, propõe "pensar em um recurso [*resource* em inglês] em torno do verbo inglês re-source: nutrir da fonte novamente ou de maneira diferente" (p. 207). Também em português a palavra recurso pode dar o significado pretendido por Adler (2006). Isso porque « recurso é uma palavra composta pela justaposição do prefixo « re » e do substantivo « curso », o primeiro significa repetição e o segundo um caminho já utilizado, sendo esse o sentido do latim *recursus*. (Negri, 2007, p..9) A abordagem documental mantém essa perspectiva e considera um amplo espectro de recursos: livros didáticos, recursos *on-line*, trocas de *e-mail* com colegas, ou ainda produções de alunos etc. É tudo o que pode realimentar o trabalho do professor, recursos que dizem algo ao professor, assim como os recursos evocados por Remillard (2005) em seu estudo de recursos curriculares, que apoiam sua atividade profissional.

Essa visão ampliada dos recursos leva a uma visão ampliada do desenvolvimento profissional dos professores. Como escrevem Ball, Hill e Bass (2005), em seus estudos sobre "conhecimento matemático para o ensino", o ensino não se reduz apenas ao trabalho em sala de aula, mas inclui também a atividade de preparação, de elaboração de um planejamento, de avaliação ou de intercâmbio com diferentes atores da instituição (colegas ou pais de alunos). No quadro da ADD, estudamos o trabalho dos professores por meio de suas interações com os recursos. Nós consideramos (como Cooney,1999), que as evoluções de práticas e as evoluções de conhecimentos ou convicções profissionais se relacionam. Essa ligação é modelada em termos de esquemas e de gêneses, isso será explicado nas partes 3 e 4 desse texto.

Nesse contexto de construção teórica, foi necessário escolher um termo designando o que o professor desenvolve, para um determinado objetivo, durante seu trabalho com recursos. Nós propusemos o termo *documento*, usado no campo da arquitetura da informação (Salaün 2012) para designar um suporte que possui uma intenção, bem como dedicado a um determinado uso em um contexto preciso. É dessa escolha que surge naturalmente a denominação "abordagem documental do didático".

Além disso, a facilidade de comunicação via *Internet* faz com que essa abordagem leve em consideração o surgimento de várias formas de trabalho coletivo de professores: redes, associações *on-line* ou, ainda, comunidades mais ou menos formais. A teoria das *comunidades de prática* (Wenger, 1998) e seus conceitos de *participação*, *negociação* e *reificação* parecia particularmente frutífera e adequada para analisar a concepção de recurso por coletivo de professores e os processos de desenvolvimento profissional associados.

3. A abordagem documental do didático – uma abordagem holística do trabalho dos professores

Nesta seção, descrevemos os "ingredientes" da ADD e os processos envolvidos. Para isso, são definidos os seguintes termos: recursos curriculares, documentos, gênese, instrumentação e instrumentalização.

Os *recursos curriculares* são todos os recursos (ex. livros didáticos digitais/tradicionais, recursos interativos digitais) desenvolvidos e usados por professores e alunos em suas interações com a matemática, dentro e fora da sala de aula. Integram-se a eles os recursos curriculares digitais que Pepin e Gueudet (2018) distinguem das TICE (Tecnologias de Informação e Comunicação para o Ensino). Distinguem-se igualmente recursos curriculares materiais (livros didáticos, recursos digitais, instrumentos de manipulação ou calculadoras), recursos sociais (uma conversa na web/fórum) e recursos cognitivos (quadros/ferramentas teóricos usados para trabalhar com professores).

Em termos de processo, ao interagir com um recurso específico ou conjunto de recursos, para um determinado objetivo didático, os professores desenvolvem esquemas de utilização específicos (ver seção 4 a seguir). Esses esquemas, mesmo se eles são relativos aos mesmos recursos e ao mesmo objetivo, são suscetíveis de serem diferentes, dependendo dos hábitos e conhecimentos dos professores

considerados. Isso levou Gueudet e Trouche (2008, 2009, 2016) a introduzir o conceito de documento, desenvolvido por um determinado professor para um determinado objetivo no curso de uma gênese documental, como uma entidade híbrida composta de um conjunto de recursos e de um esquema de utilização (Figura 1).

Pepin, Gueudet e Trouche (2013) propuseram perspectivas teóricas sobre a "re-alimentação" do trabalho e das interações dos professores, e a abordagem documental parece particularmente pertinente para considerar a utilização de recursos como um processo interativo e potencialmente transformador. Esse processo combina dois movimentos: as características do(s) recurso(s) influencia(m) a prática dos professores (*o processo de instrumentação*); enquanto os hábitos e os conhecimentos dos professores orientam as escolhas e os processos de transformação dos diferentes recursos (*o processo de instrumentalização*) (Figura 1). Assim, a ADD enfatiza a natureza dialética das interações professor-recurso, combinando instrumentação e instrumentalização (Rabardel, 1995). Esses processos integram as práticas de concepção, re-concepção ou « concepção em uso », (em que os professores modificam um documento « no calor da ação ».

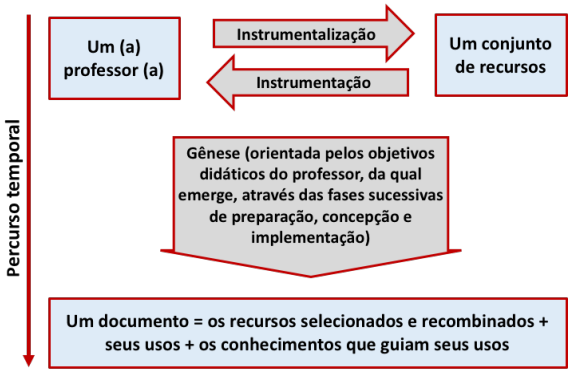


Figura 1. *Uma representação de uma gênese documental*

A ADD propõe um modelo de interações entre professores e recursos, considerando-os como determinantes para o desenvolvimento profissional dos professores.

Embora haja uma multiplicidade de recursos potencialmente úteis na Internet, não existem ferramentas que possam apoiar uma pesquisa pertinente, ou seja, que corresponda a um objetivo de ensino específico, com características ergonômicas específicas (em termos de interatividade, por exemplo) e que sejam compatíveis, de um ponto de vista didático ou epistêmico, com os recursos já integrados pelos professores (por exemplo, os livros didáticos). Em outras palavras, o que os professores encontram na Internet constituem-se, frequentemente, um conjunto de peças, e vai caber a eles realizarem uma montagem com a perspectiva de elaborar uma trajetória coerente de aprendizagem do aluno.. Para efetivar essa montagem o professor ou procura exercícios para completar uma sequência de ensino particular, ou pensa em caminhos de aprendizagem por meio de um livro eletrônico flexível, e assim sendo, eles precisarão desenvolver novas competências e conhecimentos. Eles precisarão desenvolver suas capacidades de design (Pepin, Gueudet e Trouche 2017); consciência e sensibilidade à complexidade da matemática, aos aspectos pedagógicos dos recursos e à flexibilidade de seus usos (ver Janela 1). É esse conjunto de competências que Wang (2018) define como a *expertise documental* dos professores, cujo desenvolvimento requer dispositivos de sustentação específicos: trabalho coletivo dos professores ou dispositivos de formação contínua (Pepin, Gueudet & Trouche 2017

Janela 1. Recursos para alunos de 11 a 14 anos: exemplo do trabalho documental de Vera

Vera é uma das professoras de matemática de alunos de 11 a 14 anos trabalhando com o Sésamath na França (Gueudet et al. 2016; Pepin, Gueudet & Trouche 2017). Sésamath é uma associação de professores de matemática para alunos nessa faixa etária na França, cujos membros concebem (e oferecem gratuitamente, desde 2001), livros eletrônicos interativos em seu site (http://www.sesamath.net/). O trabalho de documentação de Vera é analisado para uma nova aula. É a primeira vez que ela ensina porcentagens em uma turma do quarto ano do Collège e usa uma variedade de recursos em sua aula, incluindo os recursos da Sésamath.

A análise concentra-se no ciclo dessa aula que envolve sua preparação, implementação, avaliação da compreensão dos alunos e reflexão da professora sobre seu trabalho. A escolha de um tal ciclo está em conformidade com as ideias subjacentes à ADD, a concepção não se limita à concepção inicial de um determinado recurso para ensinar um conteúdo específico, mas continua durante o uso desse recurso. O trabalho de concepção de Vera inclui, por exemplo, o uso do LaboMEP (uma ferramenta Sésamath), para propor diferentes exercícios a diferentes alunos – isso fez com que ela tivesse consciência da necessidade de diferenciar seu ensino. O LaboMEP propõe, igualmente, variações de exercícios com a mesma estrutura. Vera declara que isso constitui, para ela, uma forte motivação para melhorar seu ensino, uma vez que isso lhe possibilita o domínio não apenas de um conjunto de exercícios familiares, mas também das variações com a mesma estrutura matemática ligada a uma aula em particular. Esses resultados demonstram o desenvolvimento da flexibilidade didática de Vera na medida em que selecionou, usou e transformou recursos curriculares existentes em novos materiais, para dar subsídios ao seu ensino de matemática.

O ensino é, nesse contexto, considerado, essencialmente, um trabalho de concepção. Isso está de acordo com o ponto de vista de Brown (2009), para o qual deve-se compreender o ensino como um trabalho de concepção, e compreender os professores como designers, correspondendo a um conjunto de teorias cognitivas que « enfatizam a parceria vital que existe entre os indivíduos e as ferramentas que eles usam para alcançar seus objetivos. [...] E não são apenas as capacidades dos indivíduos que ditam as realizações humanas, nas também as possibilidades dos artefatos que eles utilizam » (p. 19).

Brown (2009) considera, então, essa relação como uma inter-relação: a atividade de "concepção" não depende apenas da competência do professor, mas é uma inter-relação entre os professores e os recursos (curriculares), bem como o "relacionamento professor-ferramenta", podendo se considerar como possibilidades dos recursos curriculares que influenciam esse relacionamento. A ADD, na mesma perspectiva, enfatiza que o trabalho do professor sempre incorpora um ato consciente/deliberado de concepção, de criação de "alguma coisa nova", por exemplo, a combinação de elementos existentes e novos, com o intuito de atingir um certo objetivo didático. Esse trabalho de desenvolvimento é analisado graças à noção de esquema, que tornamos preciso na próxima seção.

4. Aprofundamento teórico: esquemas e sistemas

O conceito de esquema (Vergnaud 1998) é central na ADD, pois está fortemente ligado ao conceito de *classe de situações*, que designa, em nosso contexto, um conjunto de situações profissionais correspondentes a um mesmo objetivo da atividade. Por exemplo, « gerir a heterogeneidade de uma turma do 4º ano - 13 anos de idade » é, para Vera, uma classe de situações (ver Janela 1). Para uma classe de situações, um sujeito (no caso um professor) desenvolve uma organização estável de sua atividade: é um esquema. Uma outra maneira de definir o esquema, que também permite que ele seja descrito, é dizer que ele possui quatro componentes:

- objetivo da atividade (o que que caracteriza a classe de situações);
- regras de ação, de tomada de informação e de controle;
- invariantes operatórios, que constituem a parte epistêmica do esquema. Existem dois tipos de invariantes operatórios(associados): *teoremas-em-ato*, que são as proposições consideradas como verdadeiras; e os *conceitos-em-ato*, que são conceitos considerados relevantes (apresentamos alguns exemplos a seguir)

- possibilidades de inferências, de adaptação à variedade de situações.

Durante sua atividade, o professor pode enriquecer seus esquemas, integrando novas regras de ação e novos invariantes operatórios, e pode também desenvolver novos esquemas. O esquema fornece um modelo do processo de aprendizagem e do desenvolvimento profissional dos professores. No quadro da ADD, os esquemas considerados são os esquemas de uso de um recurso (ou de um conjunto de recursos). Os recursos produzidos e o esquema constituem um documento (assim como o modeliza a igualdade apresentada na Figura 1 : um documento = os recursos selecionados e recombinados + um esquema de uso).

O conjunto formado por todos os recursos utilizados pelo professor é chamado de seu sistema de recursos. Esses recursos são associados aos esquemas de uso, formando assim documentos (um mesmo recurso pode intervir em vários documentos). Os documentos desenvolvidos por um professor formam também um sistema, chamado sistema documental do professor. A estrutura desse sistema segue a das classes de situações que compõem a atividade profissional do professor, de acordo com os diferentes objetivos de sua atividade.

Quando os professores estão engajados em um trabalho documental coletivo, por exemplo em que o grupo prepara coletivamente suas aulas, eles podem também desenvolver um sistema de recursos compartilhado (Trouche, Gueudet & Pepin 2019). No entanto, os diferentes membros do grupo podem desenvolver esquemas diferentes para o mesmo recurso e, portanto, documentos diferentes (Pepin & Gueudet 2020).

A Janela 2 apresenta um estudo de caso da escola primária – de 6 a 10 anos-, ilustrando as noções de invariante operatório, de sistema de recursos e de sistema de documentos.

Janela 2. Recursos para alunos de 6 a 10 anos: exemplo do abaco virtual

O ábaco virtual[1] (Figura 2) é um *software* livre desenvolvido na França pela associação Sésamath, uma associação de professores de matemática que cria recursos *on-line* (conferir a Janela 1).

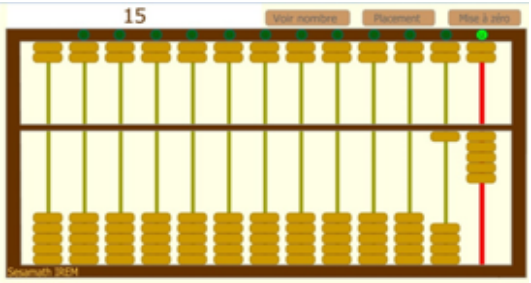


Figura 2. *O ábaco virtual.*

O ábaco chinês é dividido em duas partes por uma barra central, chamada barra de leitura. Somente as peças posicionadas ao longo dessa barra central são consideradas ativadas. O ábaco chinês possui 13 hastes verticais. Cada haste corresponde a uma posição em nosso sistema de numeração: unidades, dezenas, centenas, etc. (da direita para a esquerda). Para um mesmo número, várias posições são possíveis no ábaco chinês. Por exemplo, o número 15 é representado acima (Figura 2) movendo 6 peças (uma unária na haste das dezenas e cinco unárias na haste das unidades). Mas ele pode também ser representado com somente duas peças, substituindo as cinco unárias da haste das unidades (parte de baixo) por uma quinaria dessa mesma haste (parte de cima). Carlos é um professor das escolas primárias experiente (Poisard, Bueno-Ravel & Gueudet 2011). Ele decidiu usar o ábaco para ensinar números em classe de CE2- 8 anos. Ele havia notado uma atividade com o ábaco descrita no livro didático que ele utilizava, mas ele não quiz implementá-la até que descobriu o

[1] Para conhecer o software ábaco e outros recursos, consulte: http://seminaire-education.espe-bretagne.fr/?page_id=611

ábaco virtual (em razão da complexidade do uso dos ábacos materiais).. Ele desenvolveu uma sequência em que os alunos manipulam primeiramente o ábaco material e formulam hipóteses sobre seu funcionamento. Em seguida, os alunos trabalham com o ábaco virtual e escrevem um modo de como usá-lo. Então Carlos propõe exercícios que envolvem escrita e leitura de um determinado número no ábaco. Para a avaliação final, tais exercícios são propostos em papel, para evitar estratégias de tentativa e erro.

Carlos desenvolveu vários documentos incorporando o ábaco virtual e outros recursos (Poisard et al. 2011). Com o objetivo de « descobrir como o ábaco funciona », ele usou os ábacos físicos e virtual, e solicitou aos alunos que escrevessem, coletivamente, cartazes apresentando, o modo de utilização do ábaco. Era importante para ele que seus alunos descobrissem por si mesmos como o ábaco funciona.

Isso corresponde a um invariante operatório: « os alunos devem descobrir, tanto quanto possível, por si mesmos as novas ferramentas que encontram ». É também ligado ao conceito-em-ato associado « descoberta autônoma » ; todos dois haviam sido desenvolvidos por Carlos em sua prática anterior ao uso do ábaco. Outro invariante operatório interveio em suas escolhas: « é importante para os alunos do CE2 a manipulação de material manipulativo». O esquema desenvolvido por Carlos, com o objetivo de « descobrir o funcionamento do ábaco » inclui esses invariantes operatórios e regras de ações associadas: « é necessário propor o ábaco físico aos estudantes para que eles possam manipulá-lo », « é necessário propor o ábaco virtual para os alunos, para que eles possam verificar qual número está representado nele ».

Durante o trabalho com o ábaco, Carlos observou que para o exercício « registre um determinado número no ábaco», se os alunos usassem o ábaco virtual, eles desenvolveriam estratégias de tentativa e erro, exibindo o número em algarismos com a ajuda do botão “ver número”. Em consequência, ele decidiu realizar uma avaliação final no papel. Carlos desenvolveu um novo documento com o objetivo: “ensinar os alunos como registrar um número no ábaco”. Esse documento incorpora o ábaco virtual, mas também o ábaco desenhado no papel, e um invariante operatório (teorema-em-ato) do tipo: “no ábaco virtual, os alunos podem utilizar estratégias de tentativa e erro”.

Carlos é um professor da escola primária. Para o ensino de números no CE2 - 8 anos- depois de muitos anos, ele desenvolveu, um sistema de recursos e de documentos (que se pode considerar como um subsistema do sistema completo de recursos ou de documentos. O ábaco foi integrado aos seus recursos e deu origem a novos documentos. Alguns deles correspondem a objetivos diretamente relacionados ao ábaco, como « descobrir o funcionamento do ábaco », « ensinar os alunos como registrar um número no ábaco ». Em outros documentos, o ábaco não apareceu como objetivo a ser alcançado, mas foi utilizado para esse fim. Por exemplo, para o objetivo « ensinar os princípios da numeração inteira », ele usou o ábaco para destacar princípios de troca e de agrupamentos, como reunir dois grupos de cinco em uma haste e trocá-los por uma unidade da próxima haste. Outros recursos de seu sistema foram utilizados nesse documento, como os cartazes escritos pelos alunos. Alguns desses recursos foram decisivos na sua escolha de usar o ábaco : o livro didático em particular, que chamou sua atenção sobre o ábaco e suas possibilidades.

O conjunto do sistema de documentos do professor inclui muitos subsistemas de documentos com uma estrutura própria ligada, por exemplo, a um conteúdo matemático ou a um tipo de atividade: subsistema para geometria, subsistema para avaliação. O sistema completo pode ser descrito em diferentes escalas, de um nível de atividade muito geral a um nível muito preciso, vinculado a um conteúdo matemático específico. Do ponto de vista da pesquisa em didática da matemática, os níveis mais precisos que levam em consideração as noções matemáticas envolvidas, (o objetivo seria, então, « avaliar as competências dos alunos em relação às porcentagens em nível de 4° ano do *collège*- 13 anos », são particularmente relevantes.

A realização de pesquisas no âmbito da ADD requer uma metodologia específica, sendo esse o assunto da próxima seção.

5. A investigação reflexiva: uma construção metodológica em desenvolvimento

Esta seção apresenta a concepção da metodologia relacionada à ADD, e os princípios fundantes dessa concepção. Em seguida, descreve uma ferramenta que ilustra esses princípios e, apresenta enfim alguns problemas que essa metodologia enfrenta. A análise da atividade dos professores, por meio de seu trabalho documental necessita levar em consideração os seguintes elementos: a diversidade de recursos que alimentam esse trabalho e o que dele resultam; a variedade de interações (coletivas, institucionais e sociais) que influenciam esse trabalho; o tempo necessário para o desenvolvimento das gêneses documentais. Essas considerações epistemológicas conduziram a ADD (Gueudet, & Trouche 2010, p. 27) a desenvolver uma metodologia específica, denominada investigação reflexiva do trabalho documental dos professores.

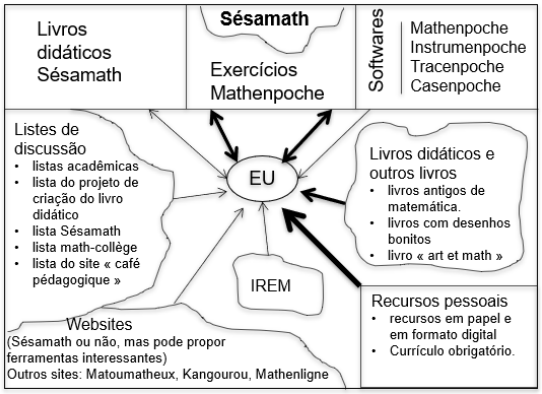
Essa metodologia atribui um papel importante aos próprios professores, e se apoia em cinco princípios principais[2]:

- o princípio de uma ampla coleção de recursos materiais usados e produzidos durante o trabalho documental;
- o princípio do acompanhamento de longa duração; as gêneses são processos em desenvolvimento e os esquemas se desenvolvem em longos períodos;
- o princípio do acompanhamento em todos os lugares (dentro e fora da sala de aula). A sala de aula é um local importante onde o ensino planejado é implementado, uma implementação que requer adaptações, revisões e improvisações. No entanto, uma parte significativa do trabalho dos professores ocorre fora da sala de aula: (na escola, por exemplo, na sala dos professores, em casa ou em cursos de formação continuada);
- o princípio do acompanhamento reflexivo do trabalho documental, em que a visão do professor sobre seu próprio trabalho é amplamente requisitada;
- o princípio de confrontação, do ponto de vista do professor com seu trabalho documental e a materialidade desse trabalho (materialidade proveniente, por exemplo, da coleção de recursos materiais ou mesmo das práticas do professor em suas aulas).

O envolvimento ativo do professor é uma necessidade prática, pois é ele quem tem acesso direto ao seu trabalho de documentação (além da observação direta do pesquisador). Ele também fornece uma posição reflexiva, levando o professor a uma atitude introspectiva, tornando às vezes visível o que poderia ser recursos ou associações ocultos em seu sistema de recursos. Esse acompanhamento a longo prazo e estreitado de trabalho de documentação de professores deve ser, na medida do possível, claramente apresentado ao professor, o que o pesquisador está solicitando e com qual finalidade. Essa necessidade conduziu Sabra (2016) a propor a noção de contrato metodológico, vinculando um professor e um pesquisador que estuda seu trabalho documental.

Com base nesses princípios, estratégias e ferramentas metodológicas foram projetadas e adaptadas aos diferentes contextos e questões de pesquisa. Uma ferramenta que pareceu particularmente proveitosa foi a representação esquemática do sistema de recursos de um professor (RESR, ver Figura 3). O professor é convidado a desenhar um mapa de seus recursos, evidenciando aqueles que foram identificados e aqueles que se apropriou, especificando de quais fontes e com qual finalidade (ver também Pepin, Xu, Trouche & Wang 2017).

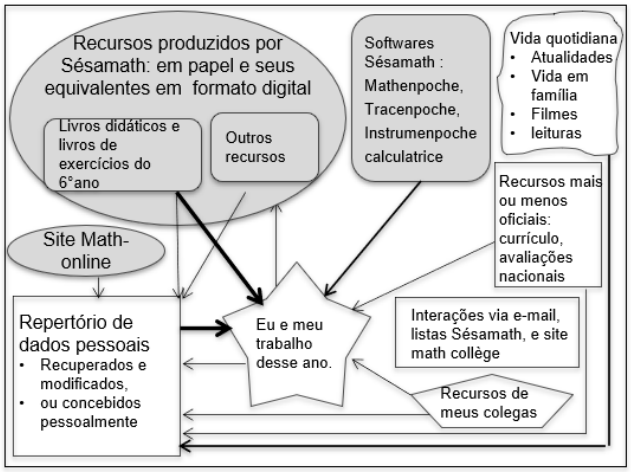
[2] Em Gueudet e Trouche (2010), propusemos apenas os quatro primeiros princípios, então formalizamos um quinto princípio que emergiu gradualmente de estudos realizados no âmbito da ADD.



No topo desta representação aparecem os recursos de Sésamath: manuais, exercícios (Mathenpoche) e software. As flechas mais ou menos largas permitem distinguir diferentes tipos de atividades: flechas grossas para preparar aulas, flechas médias para preparar exercícios, flechas finas para preparar atividades. A maioria das flechas refere-se a atividades (resolução de problemas, questões abertas, que constituem o coração do ensino de Pierre).

O acompanhamento reflexivo ao longo de um ano torna Pierre mais « conciente » (seus comentários) da contribuição de seus colegas como « fontes de seus recursos ».

Pierre se « distancia » também dos recursos de Sesamath (suas palavras): em seu novo RESR, aparecem novos recursos que ele considera inspiradores (por exemplo, filmes, leituras,...).



Pierre é um professor de matemática de alunos de 11 a 16 anos . Ele está fortemente envolvido em formas coletivas de trabalho documental coletivo, notadamente em Sésamath (ver Janela 1). Solocitou-se a ele desenhar sua RESR em fevereiro de 2009 (desenho à esquerda) e, em fevereiro de 2010 (desenho à direita), após um ano de acompanhamento reflexivo.

Figura 3. A RESR de Pierre (reprodução e tradução de Gueudet, Pepin & Trouche 2012, p. 314 e 318).

Desde o início da ADD, essa ferramenta foi desenvolvida em várias direções:

- Hammoud (2012), trabalhando em didática da química, propôs uma abordagem para analisar a RESR como mapas mentais; ela também usou as RESR para solicitar aos professores descreverem suas interações com seus colegas ou no âmbito de diferentes coletivos;
- Rocha (2018) renomeou as RESR como “Mapeamentos *Reflexivos* do Sistema de Recursos de Professores” (MRSR), por duas razões: enfatizar o papel da reflexividade; indicar um processo de exploração progressiva de um território desconhecido (para o pesquisador, mas também, de certa forma, para o próprio professor. Rocha (ibid.), seguindo o quinto princípio (ver acima), constantemente confronta também a CRSR, feita pelo professor, e o que ela chama de « Cartografia inferida do sistema de recursos dos professores », feita pela própria pesquisadora.

Além dessa ferramenta específica, foram pensados novos desenvolvimentos metodológicos de investigação reflexiva, para se obter acesso, o mais próximo possível, do trabalho documental dos professores, no momento e no local em que ele ocorre. Isso envolve a observação de um professor durante os episódios de interação com recursos, não apenas em episódios públicos como, por exemplo, em salas de aula, mas também durante episódios mais íntimos como o de preparar uma lição ou um planejamento anual, ou quando ele os revisa. Esse trabalho foi realizado para acompanhar um ciclo de uma aula (de sua preparação até a implementação e os sucessivos episódios de revisão). Ele forneceu material à valises documentais (Bellemain & Trouche 2016), coletando os dados utilizados e produzidos pelos professores durante esse ciclo. Esse tipo de acompanhamento levanta certas dificuldades, dentre as quais temos:

- Em quais condições « naturais » um professor poderia trabalhar sozinho com recursos e, ao mesmo tempo, descrever o que está fazendo? Wang (2018) introduziu a noção de *parceiro documental* de um professor, para designar as situações em que um professor conduz regularmente seu trabalho

documental com um colega. O acompanhamento de uma dupla de professores trabalhando juntos pode, assim, dar acesso a suas explicações mútuas e a certos aspectos dos conhecimentos que norteiam o seu trabalho documental (Trouche et al. 2019a).

- Como é possível armazenar (para fins de análise) os dados heterogêneos e numerosos resultantes do acompanhamento do trabalho de documentação dos professores? Esse problema foi estudado no âmbito do projeto AnA.doc (Alturkmani *et al*. 2019), com base no desenvolvimento de um protótipo de plataforma. Isso permite o armazenamento de vídeos, bem como os recursos utilizados ou produzidos pelo trabalho documental dos professores, para o compartilhamento de dados e suas análises dentro de uma comunidade de pesquisa.

A análise do trabalho documental dos professores é um processo complexo. Os cinco princípios da metodologia de pesquisa reflexiva fornecem linhas diretrizes para escolhas metodológicas. Os pesquisadores que seguem esses princípios devem fazer escolhas para limitar a abundância de dados: escolha de momentos críticos do trabalho documental dos professores (ver a noção de *incidentes documentais,* de Sabra 2016) ou recursos críticos para o sistema de recursos de um professor (ver a noção de *recurso central* Gueudet 2017). Esse trabalho está em andamento, respondendo a necessidades metodológicas e conceituais estreitamente relacionadas.

6. Desenvolvimento e perspectivas

A abordagem documental do didático surgiu recentemente na didática da matemática. Os conceitos apresentados nas seções 2 e 3: recursos, documentos, gêneses documentais, estão agora firmemente estabelecidos. Conceitos mais sofisticados, como o sistema de recursos e o sistema de documentos, continuam a evoluir. Por exemplo, no caso de professores de matemática de alunos de 16 a 18 anos, é possível observar diferentes tipos de estruturas em seus sistemas de documentos, que podem estar associados a perfis particulares de professores? Alguns grupos de professores (comunidades de prática em particular) compartilham sistemas de documentos coletivos?

Além disso, os campos de aplicação da ADD evoluíram ao longo dos anos. Em termos de níveis escolares, a pesquisa agora está focada em contextos que vão dos anos iniciais (Besnier 2019) à universidade (Gueudet 2017; Kock & Pepin, 2018), incluem o trabalho de formadores de professores com recursos (Psycharis & Kalogeria 2018). Em termos de disciplinas, a ADD foi mobilizada em ciências experimentais, por exemplo, em física-química (Hammoud 2012), mas também em línguas (Quéré 2019). Quais são as especificidades do trabalho documental dos professores nesses novos contextos?

O emprego da ADD em vários contextos sociais e culturais como, por exemplo, no Brasil (Lucena & Assis 2015, Trouche 2016b, Igliori 2018) na China, no Líbano, na Noruega e em Senegal, também levanta questões sobre as terminologias usadas pelo professor em seu cotidiano. Essa diversidade é o resultado de contextos históricos, sociais e culturais em que ocorre o trabalho dos professores. A realização de pesquisas sobre esse tema poderia melhorar e qualificar nossa compreensão das interações entre os professores e seus recursos, possivelmente com o aprofundamento de certos conceitos na ADD.

Um estudo recente possibilitou uma nova direção, considerando o trabalho dos alunos com recursos (Kock & Pepin 2018). Outros estudos (Gueudet & Pepin 2018) propuseram articulações com outras teorias. A teoria das situações didáticas (TSD) (Brousseau 1998), por exemplo, propõe o conceito de meio que designa tudo com o qual o aluno interage em uma dada situação. Esses objetos podem ser considerados como recursos. Quais são as consequências de tais reconciliações teóricas?

Assim, o conjunto de fenômenos de ensino e de aprendizagem considerados por essa abordagem está aumentando; isso leva a um desenvolvimento concomitante de conceitos e métodos. Isso aparece nas comunicações e publicações referentes à abordagem, em particular, nas fontes da conferência Re(s)sources 2018, a esse respeito, consultar (Gitirana et al. 2018; Trouche, Gueudet & Pepin 2019), destacando os recursos não previstos na abordagem e oferecendo pistas para o desenvolvimento (Trouche, 2019) de um quadro teórico vivo.

Referências

Adler, J. (2000). Conceptualising resources as a theme for teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education, 3*, 205–224.

Alturkmani, M., Daubias, P., Loisy, C., Messaoui, A., & Trouche, L. (2019). Instrumenter les recherches sur le travail professeur : le projet AnA.doc. *Education & didactique*, *13*(2), 31-60.

Ball, D. L., Hill, H. C., & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching. Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide? *American Educator*, *30*(3), p. 14-17, 20-22, 43-46.

Bellemain, F., & Trouche, L. (2016). Compreender o trabalho dos professores na concepção e utilização recursos no seu ensino, um questionamento didático e informático *I Simpósio Latinoamericano de Didática da Matemática*, 01 a 06 de novembro de 2016, Bonito - Mato Grosso do Sul - Brasil. https://drive.google.com/file/d/0B6OphkgfrkD3eGRISW1iVHg3YjQ/view

Besnier, S. (2019). Travail documentaire des professeurs et ressources technologiques : le cas de l'enseignement du nombre à l'école maternelle. *Education & Didactique, 13*(2), 119-153.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques.* Grenoble : La Pensée Sauvage.

Brown, M. W. (2009). The teacher-tool relationship: Theorizing the design and use of curriculum materials. In J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann, & G. M. Lloyd (Eds.), *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction* (pp. 17-36). New York: Routledge.

Chevallard, Y. (1994). Les processus de transposition didactique et leur théorisation. In G. Arsac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand, & A. Tiberghien (Eds.), *La transposition didactique à l'épreuve*. (pp. 135-180). Grenoble : La Pensée sauvage.

Cooney, T. J. (1999). Conceptualizing teachers' ways of knowing. *Educational Studies in Mathematics, 38*, 163-187.

Gitirana, V., Miyakawa, T., Rafalska, M., Soury-Lavergne, S., & Trouche, L. (Eds.) (2018). *Proceedings of the Re(s)sources 2018 international conference*. ENS de Lyon, acessível para https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01764563

Gueudet, G. (2017). University Teachers' Resources Systems and Documents. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education 3*(1), 198-224, acessível para https://link.springer.com/article/10.1007/s40753-016-0034-1

Gueudet, G. (2019). Studying Teachers' Documentation Work: Emergence of a Theoretical Approach. In L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.), *The 'resource' approach to Mathematics Education*. Springer series Advances in Mathematics Education (pp. 447-489). Cham: Springer – Vidéo de la conférence ayant donné naissance à ce chapitre, sous-titrée en français, à cette adresse http://video.ens-lyon.fr/ife/2018/2018-05-28_003_ Ressources2018_Ghislaine_Gueudet_v1.fra.mp4

Gueudet, G., & Pepin, B. (2018). Didactic contract at university: a focus on resources and their use. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education 4*(1), 56-73.

Gueudet, G., Pepin, B., & Trouche, L. (Eds.) (2012). *From Text to 'Lived' Resources: Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development.* New York*:* Springer*.*

Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des professeurs : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et didactique,* 2(3), 7-33

Gueudet, G., & Trouche, L. (2016). Do Trabalho documental dos professores: gênesis, coletivos, comunidade. O caso da matemática *Revista de Educação Matemática e Tecnológica Ibero-americana, 6*(3) [translation from French to Portuguese by Katiane Rocha] https://periodicos.ufpe.br/revistas/emteia/article/view/2243/1815

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics, 71*(3), 199-218.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In G. Gueudet, & L. Trouche (dir.) *Ressources vives. La documentation des professeurs en mathématiques* 57-74*,* INRP et PUR

Guin, D., Trouche, L. (dir.) (2002). *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La pensée sauvage.

Guin, D., Ruthven, K., & Trouche, L. (Eds.) (2005). *The didactical challenge of symbolic calculators: turning a computational device into a mathematical instrument*. New York: Springer.

Hammoud, R. (2012). Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles. Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique. Thèse de l'Université Lyon 1. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00762964

Igliori, S. (Ed.) (2018). Número 3 do volume 5 da Revista Ensino da Matemática em Debate, revista do Departamento de Matemática da PUC-SP. Trata-se de um número especial que apresenta treze artigos relacionados às teorias: Abordagem Instrumental do Didático; Abordagem Documental do Didático e Gênese documental https://revistas.pucsp.br/emd/issue/view/2015/showToc

Kock, Z.-J., & Pepin, B. (2018). Student use of resources in Calculus and Linear Algebra. Presentation at *INDRUM conference*, Kristiansand April 2018. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01849945

Lucena, R., & Assis, C. (2015). *Sistema de Recursos e o Trabalho Coletivo do Professor: Uma Via de Mão Dupla*. Webdocument. LEMATEC. Reciife: UFPE http://lematec.net.br/webdocs/webdoc2/

Negri, M. (2007). Embargos Infringentes. Editora Del Rey Ltda. Belo horizonte, Brasil

Pepin, B., Choppin, J., Ruthven, K., & Sinclair, N. (2017). Digital curriculum resources in mathematics education: foundations for change. *ZDM Mathematics Education, 49*(5), 645– 661, acessível para https://link.springer.com/article/10.1007/s11858-017-0879-z

Pepin, B., & Gueudet, G. (2018) Curriculum resources and textbooks in mathematics education. In S. Lerman (Ed.) *Encyclopedia of Mathematics Education.* Springer.

Pepin, B., & Gueudet, G. (2020). Studying Teacher Collaboration with the Documentational Approach: From Shared Resource to Common Schemes? In H. Borko, & D. Potari (Eds.) *ICMI study 25 Proceedings. Teachers of Mathematics Working and Learning in Collaborative Groups.* Lisbon, Portugal.

Pepin, B., Gueudet, G. & Trouche, L. (2013). Re-sourcing teachers' work and interactions: a collective perspective on resources, their use and transformations. *ZDM Mathematics Education. 45*(7), 929-944.

Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2017). Refining *teacher design capacity*: *Mathematics teachers' interactions with digital curriculum resources*, *ZDM Mathematics Education, 49*(5), 799-812, http://rdcu.be/tmXb

Pepin, B., Xu, B., Trouche, L. & Wang, C. (2017) Developing a deeper understanding of *mathematics teaching expertise*: an examination of three Chinese mathematics teachers' resource systems as windows into their work and expertise. *Educational Studies in Mathematics, 94* (3), 257-274, acessível para https://link.springer.com/article/10.1007/s10649-016-9727-2

Poisard, C., Bueno-Ravel, L., & Gueudet, G. (2011). Comprendre l'intégration de ressources technologiques en mathématiques par des professeurs des écoles. *Recherches en didactique des mathématiques*. *31*(2), 151-189 https://revue-rdm.com/2011/comprendre-l-integration-de/

Psycharis, G., & Kalogeria, E. (2018). Studying the process of becoming a teacher educator in technology-enhanced mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *21*(6), 631-660. https://doi.org/10.1007/s10857-017-9371-5

Quéré, N. (2019). Les effets du travail de conception collaboratif entre professeur.e.s et chercheur.e.s : une étude de cas en anglais. *Recherches En Education, 38,* 32-46.

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains.* Paris : Armand Colin.

Ravel, L. (2005). Des programmes à la classe : Etude de la transposition didactique interne. Exemple de l'arithmétique en Terminale S spécialité mathématique, In C. Castela & C. Houdement (Eds.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques, Année 2004*, (pp.193-222).Paris : IREM Paris 7 et ARDM.

Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, *75*(2), 211-246.

Rocha, K. (2018). Uses of Online Resources and Documentational Trajectories: the Case of Sésamath. In L. Fan, L. Trouche, S. Rezat, C. Qi, & J. Visnovska (Eds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources: Advances and issues* (pp. 235-258). Cham: Springer.

Sabra, H. (2016). L'étude des rapports entre documentations individuelle et collective : incidents, connaissances et ressources mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *36*(1), 49-95, acessível para https://revue-rdm.com/2016/l-etude-des-rapports-entre/

Salaün, J.-M. (2012). *Vu, lu, su. Les architectes de l'information face à l'oligopole du Web*. Paris : La Découverte.

Trouche, L. (2016a). Didactics of Mathematics: Concepts, Roots, Interactions and Dynamics from France. In J. Monaghan, L. Trouche, & J.M. Borwein, *Tools and mathematics, instruments for learning* (pp. 219-256). New York: Springer.

Trouche, L. (2016b). *Dos artefatos aos instrumentos do trabalho matemático: a dualidade essencial instrumentação-instrumentalização*, curso ministrado pelo Prof. Dr. Luc Trouche, junto ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Educação Matemática e Tecnológica - EDUMATEC da UFPE, e do grupo de pesquisa LEMATEC, http://atelierdigitas.net/CDS/EAE/

Trouche, L. (2019). Evidencing missing resources of the documentational approach to didactics. Towards ten programs of research / development for enriching this approach. In L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.), *The 'resource' approach to Mathematics Education*. Springer series Advances in Mathematics Education (pp. 447-489). Cham: Springer – Vidéo de la conférence ayant donné naissance à ce chapitre, sous-titrée en français, à cette adresse http://video.ens-lyon.fr/ ife/2018/2018-05-30_009_Ressources2018_Luc_Trouche_v1.mp4.

Trouche, L., Gitirana, V., Miyakawa, T., Pepin, B., & Wang, C. (2019). Studying mathematics teachers interactions with curriculum materials through different lenses: towards a deeper understanding of the processes at stake. *International Journal of Educational Research 93*, 53-67, acessível para https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.09.002

Trouche, L., Gueudet, G. & Pepin, B. (2018). Documentational Approach to Didactics. In S. Lerman (Ed.) *Encyclopedia of mathematics education*. Cham: Springer.

Trouche, L., Gueudet, G. & Pepin, B. (2020). Documentational Approach to Didactics, An updated version https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02494035

Trouche, L., Gueudet, G., & Pepin, B. (Eds.) (2019). *The 'Resource' approach to mathematics education.* Cham: Springer.

Vergnaud, G. (1998). Toward a cognitive theory of practice. In A. Sierpinska, & J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 227-241). Dordrecht: Kluwer.

Vygotsky, L. S. (1978). *Thought and language*. Cambridge: MIT Press (Original work published 1934).

Wang, C. (2018). Mathematics teachers' expertise in resources work and its development in collectives. A French and a Chinese Cases. In Fan, L., Trouche, L., Rezat, S., Qi, C., & Visnovska, J. (Eds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources: Advances and issues* (pp. 193-213*)*. Springer.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. New-York: Cambridge University Press.