



**HAL**  
open science

# O papel de fatores naturais e antrópicos na variabilidade da perda de solos no estado de Goiás entre 1985 e 2018

Lucas Espíndola Rosa, Luís Felipe Soares Cherem, Lionel Siamé

## ► To cite this version:

Lucas Espíndola Rosa, Luís Felipe Soares Cherem, Lionel Siamé. O papel de fatores naturais e antrópicos na variabilidade da perda de solos no estado de Goiás entre 1985 e 2018. *Sociedade & Natureza*, 2022, 35 (1), 10.14393/SN-v35-2023-66034 . hal-04950161

**HAL Id: hal-04950161**

**<https://hal.science/hal-04950161v1>**

Submitted on 16 Feb 2025

**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.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# O papel de fatores naturais e antrópicos na variabilidade da perda de solos no estado de Goiás entre 1985 e 2018

The role of natural and anthropic factors in the variability of soil loss in the state of Goiás between 1985 and 2018

*Lucas Espíndola Rosa*<sup>1</sup> 

*Luis Felipe Soares Cherem*<sup>2</sup> 

*Lionel Siame*<sup>3</sup> 

## Palavras-chave:

Processos erosivos  
Modelagem de perda de solos  
Bioma Cerrado

## Resumo

A perda de solos depende de fatores naturais e antrópicos com elevada variabilidade espacial e temporal que podem ser inferidos por modelos de predição como a Equação Universal de Perda de Solos Revisada (EUPS-M). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é analisar a distribuição e a variação espaço-temporais das perdas de solo no estado de Goiás para os anos de 1985, 2000 e 2018, a partir da aplicação da EUPS-M, tendo a bacia hidrográfica como unidade de análise multiescalar. Os resultados demonstram que, em geral, há o aumento na perda média de solos no estado entre os anos observados, sendo que, em 1985 a média foi 2,4 ton.ha-1.ano-1, crescendo para 10,8 ton.ha-1.ano-1 no ano de 2000 e 11,56 ton.ha-1.ano-1 em 2018. As regiões hidrográficas do Tocantins e do Paraná são as que apresentam maiores perdas. Para além do controle geral da expansão da conversão dos Cerrados, o estado de Goiás apresenta dois padrões espaciais de perda de solos, um no qual predomina o controle dos fatores naturais, ligados aos aspectos morfogenéticos com forte influência do fator topográfico e o outro da erosividade das chuvas, espacializadas em áreas como o “front” da cuesta Caiapó, a Serra Dourada e a Serra dos Pireneus. Esses dois fatores, quando associados definem áreas sensíveis, com as maiores perdas de solo do estado de Goiás.

## Keywords

Erosion processes  
Soil loss modeling  
Cerrado biome

## Abstract

Soil loss depends on natural and anthropic factors with high spatial and temporal variability, and can be inferred by predictive models such as the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). In this sense, the objective of this work is to analyze the spatio-temporal distribution and variation of soil losses in the state of Goiás for the years 1985, 2000 and 2018, based on the application of RUSLE and using the drainage basin as a multiscale unit of analysis. The results generally show that there has been an increase in the average loss of soils in the state between the observed years, with the average in 1985 being 2.4 ton.ha-1.year-1, growing to 10.8 ton.ha-1.year-1 in 2000, and 11.56 ton.ha-1.year-1 in 2018. The hydrographic regions of Tocantins and Paraná presented the highest losses. In addition to the general control of the Cerrado conversion expansion, the state of Goiás presents two spatial soil loss patterns; one in which the control of natural factors predominates, being linked to morphogenetic aspects with a strong influence of the topographic factor; and the other being rain erosivity, spatialized in areas such as the “front” of Cuesta Caiapó, Serra Dourada and Serra dos Pireneus. When associated, these two factors define sensitive areas with the highest soil losses in the state of Goiás.

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brazil. [lucasespindola@ufg.br](mailto:lucasespindola@ufg.br)

<sup>2</sup> Universidade Federal de Goiás - UFG, Goiânia, GO, Brazil. [luischerem@ufg.br](mailto:luischerem@ufg.br)

<sup>3</sup> Centre Européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement – CEREGE, Aix-en-Provence, França. [siame@cerge.fr](mailto:siame@cerge.fr)

## INTRODUÇÃO

Um dos principais problemas relativos à degradação dos solos tem sido os processos erosivos hídricos, caracterizados fundamentalmente pelo desprendimento e arraste de partículas (CARVALHO, 2008; STEVAUX; LATRUBESSE, 2017). Enquanto recurso natural é um dos principais condicionantes de um fenômeno conhecido como “Revolução Verde”, observado no bioma Cerrado, que é composto por um mosaico de fitofisionomias, tais como formações florestais, savânicas e campestres e atualmente apresenta apenas cerca de 54% de sua área conservada, sendo apenas 44% no estado de Goiás (AB’SABER, 2003; RIBEIRO; WALTER, 2008; SANO et al., 2019).

Em uma escala de maior detalhe, fundamentalmente a nível de unidades de paisagem e de vertente, estudos sobre a gênese e o desenvolvimento dos processos erosivos têm sido realizados com grande destaque nas cabeceiras do rio Araguaia e no sudoeste goiano. As erosões são constituídas nestes locais a partir da forte influência das rochas areníticas da Formação Botucatu, com consequente desenvolvimento de Neossolos Quartzarênicos, que se constituem de solos altamente suscetíveis à ocorrência dos processos erosivos, principalmente quando se trata da baixa coesão de seus agregados e da matriz de areia fina, que não resistem tanto a erosão em arraste, como em lençol (HERNANI et al., 2015; NUNES; CASTRO, 2021). Dado a ocorrência desses estudos uma pergunta emana, será que essas áreas são as mais erodidas do estado de Goiás? Quais os fatores que mais propiciam as perdas de solo nesse estado?

Com vistas a responder essas perguntas, este trabalho visa analisar a distribuição espaço-temporal das perdas de solo no estado de Goiás, partindo da bacia hidrográfica como unidade fundamental de análise, entendendo-as como sistemas ambientais abertos.

## MATERIAIS E MÉTODOS

### Área de estudo

O estado de Goiás está associado às estruturas tectônicas da Província Tocantins, especificamente, a Faixa Brasília e a Faixa Araguaia, sendo a nordeste disciplinado pelo Craton Sanfranciscano, ambas correspondentes

a Plataforma Sulamericana. Na porção sudoeste do estado, aproximadamente até ao município de Paraúna (GO) tem-se a bacia sedimentar do Paraná (LACERDA et al., 2008).

Em relação aos aspectos climáticos, Goiás encontra-se classificado como Clima tropical quente subúmido (Aw) - Koppen, evidenciando duas estações bem definidas: um inverno seco, variando entre maio a setembro e o verão chuvoso, entre outubro a abril com uma precipitação acumulada média de cerca de 1.500 mm.

Quanto aos solos, o estado de Goiás apresenta 45% de sua área ocupada por Latossolos, 18% por Cambissolos, 15% por Argissolos e 15% de Neossolos, que juntos perfazem 93% dos solos de todo estado e suas características pedológicas apresentam consolidada bibliografia (REATTO, 2008; EMBRAPA, 2018).

Encontra-se drenado por quatro regiões hidrográficas: Araguaia, Tocantins, São Francisco e Paraná, podendo ser classificadas em 26 microrregiões hidrográficas compostas por 485 bacias (Otto Pfafstetter), conforme classificação da Agência Nacional de Águas - ANA.

A escolha das bacias hidrográficas como unidade de estudo se dá em decorrência desta ser uma unidade de análise sistêmica aberta (CHRISTOFOLLETTI, 1999), que sendo adotada em nível de Otto Pfafstetter possibilita comparação com outras bacias a nível de Brasil.

### Procedimentos Metodológicos

A EUPS-R consiste de um aprimoramento da tradicional EUPS, a Equação Universal de Perda de Solos, ajustando, por exemplo, variáveis como o fator LS, que neste modelo conta com a melhor acurácia para declividades superiores a 20%, bem como apresentam melhores estimativas a erosões lineares (RENARD et al., 2011). Deste modo, são sistematizados conforme:

$$A = R.K.LS.C.P \quad \text{Equação (1)}$$

Em que: A corresponde a perda de solos em ton.ha-1.ano-1; R corresponde a erosividade em MJ.mm/ha/ano; K corresponde a erodibilidade em Mg.h/MJ/mm; LS corresponde respectivamente ao comprimento de rampa e a declividade; bem como o fator CP, que corresponde ao fator uso e cobertura do solo e as práticas conservacionistas, estes últimos, de valores adimensionais.

Para tanto, foram utilizados dados pluviométricos do projeto TerraClimate com resolução espacial de 4 km. Este produto resulta da associação de dados satelitários (variáveis correlatas à precipitação) com dados de estações climatológicas (reanalizadas e validadas) com o objetivo de disponibilizar séries climatológicas espacial e temporalmente contínuas para todas as áreas continentais. Deste modo, a observação da erosividade teve como procedimento metodológico a adoção da seguinte equação (LOMBARDI NETO, MOLDENHAUER, 1992).

$$EI = 68,73 (p^2/P)^{0,841} \quad \text{Equação (2)}$$

Nesse caso, EI corresponde a Erosividade Média; 68,730 é um coeficiente admitido na equação; p corresponde à precipitação média mensal em milímetros; P representa a

precipitação média anual em milímetros; 0,841 é um coeficiente admitido na equação.

A erodibilidade (fator K) consiste fundamentalmente de uma resultante da interação entre a textura do solo, a matéria orgânica, a estrutura e a permeabilidade (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Ademais, representa a resistência intrínseca, ou seja, a força constituída pela junção das características físicas, químicas, mineralógicas e biológicas ao destacamento e transporte de partículas, que atuam devido a um combinado de efeitos de forças exógenas sendo o principal fator natural relacionado à erosão (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2010; WANG et al., 2013) sendo admitido para o estado de Goiás os seguintes valores (Tabela 1).

**Tabela 1** - Síntese da erodibilidade dos solos do estado de Goiás.

Solos (SIBCs)	Solos WRB/FAO	Erodibilidade – Mg.h.MJ <sup>-1</sup> mm <sup>-1</sup>	Referências
Afloramentos Rochosos	-	0	-
Argissolo Vermelho	Red Acrisol	0,03	BERTONI; LOMBARDI NETO (2010)
Argissolo Vermelho-Amarelo	Red Yellow Acrisol	0,04	FARINASSO et al. (2006)
Cambissolo	Cambisol	0,03	SILVA et al. (2009)
Chernossolo	Chernosol	0,03	CUNHA et al. (2019)
Gleissolo	Gleissol	0,02	DEMARCHI; ZIMBACK (2014)
Latossolo Vermelho	Red Ferralsol	0,03	HERNANI et al. (2015)
Latossolo Vermelho-Amarelo	Red Yellow Ferralsol	0,03	DEMARCHI; ZIMBACK (2014)
Water bodies	-	0	-
Neossolo Litólico	Leptsol	0,03	FARINASSO et al. (2006)
Neossolo Quartzarênico	Arenosol	0,04	DEMARCHI; ZIMBACK (2014)
Nitossolo Vermelho	Nitisol	0,04	DEMARCHI; ZIMBACK (2014)
Organossolo	Histosol	0,015	DISCONZI et al. (2014)
Plintossolo Argilúvico	Plinthsol	0,03	MARTINS et al. (2011)
Plintossolo Háptico	Plinthsol	0,01	FARINASSO et al. (2006)
Plintossolo Pétrico	Plinthsol	0,03	CUNHA et al. (2019)

Elaborado pelos autores (2022).

O levantamento do fator K teve como procedimento inicial a realização de uma restituição dos limites das classes de solos para o estado de Goiás, com base em técnicas de

mapeamento digital de solos (LIMA et al., 2013). É de conhecimento a possibilidade de contribuições por meio do desenvolvimento de mapas de solo digitais, a partir da associação

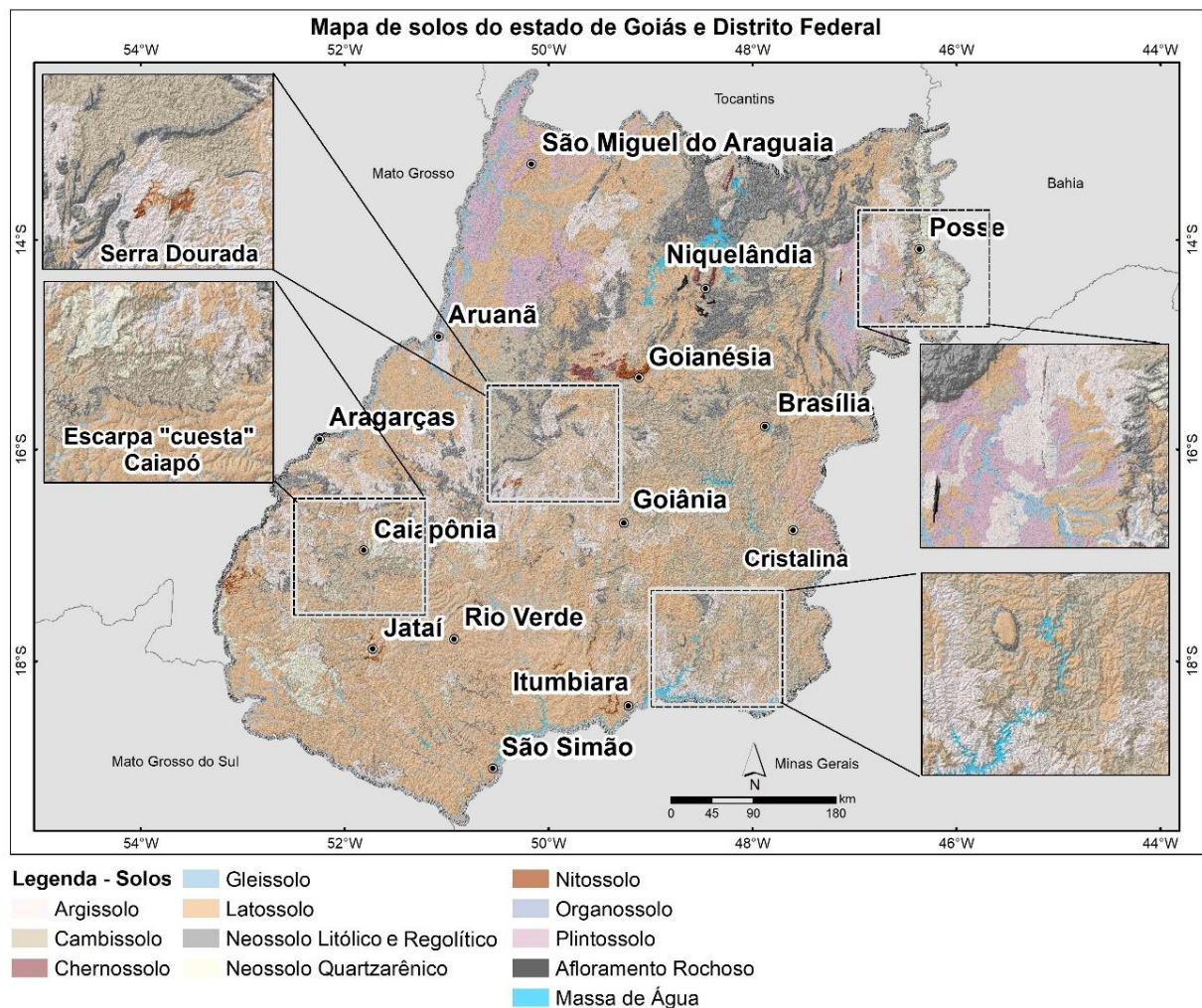


entre as informações pedológicas pré-existent, o relevo e o material de origem, tendo como base a relação solo - paisagem (VIDAL-TORRADO et al., 2005; SOUSA JR; DEMATTÊ; 2008; CATEN et al., 2012; NUNES; CASTRO 2015; CREMON, 2021).

As informações tiveram a combinação de quatro informações básicas, sendo-as: i) a utilização de modelos digitais de elevação (MDE), extraindo informações como declividade, altitude e sombra com exagero de 9x

(estereoscopia); ii) a utilização de informações pedológicas pré-existent, a partir da compilação dos dados do Projeto RADAMBRASIL, entre outras bases de dados; iii) A utilização de observação do material de origem, sendo tanto o substrato geológico, como áreas de agradação sedimentar; e por fim, iv) a utilização de fotointerpretação a partir do consórcio das informações anteriores com imagens de alta resolução.

Figura 1 - Solos do estado de Goiás e Distrito Federal



Fonte: Os autores (2022).

A observação da fotointerpretação evidencia-se como a mais importante variável em decorrência da observação precisa dos limites entre as unidades pedológicas (OLIVEIRA et al., 2016), sendo decisiva para diferenciar feições em áreas de bacias sedimentares, como as áreas de veredas e áreas de extensas feições agradacionais. Auxiliam também quanto a observação do estado fotossintético da vegetação, que quando demonstram menor disponibilidade de água revelam solos menos

profundos e evoluídos (SOUSA JR; DEMATTÊ, 2008).

O fator LS corresponde à combinação do comprimento da rampa (L) com a declividade (S) e para tanto são utilizados dados do SRTM 30 m Arc-Second Global. A determinação desse fator apresenta limitações em áreas de relevos complexos ou de grandes extensões, sendo assim, aplicados fatores de correção para diminuição destes ruídos (RENARD et al., 2011; ZHANG et al., 2017). Neste contexto, o fator L representa uma dimensão linear que

corresponde teoricamente a uma distância que vai do início da formação do escoamento até o ponto de encontro com o canal (MINELLA, et al., 2010). O fator S é decisivo para a aferição da perda de solos, visto que, as perdas tendem a aumentar com o crescimento do comprimento da declividade (RENARD et al., 2011). Deste modo, adota-se a seguinte equação (ZHANG et al., 2017):

$$L = (\lambda/22,1)^m$$

$$m = 0,2 \quad \theta \leq 1.7\% \cong 0,97^\circ;$$

$$m = 0,3 \quad 1.7\% < \theta \leq 5.2\% \cong 0,97^\circ$$

$$< \theta \leq 2,97^\circ;$$

$$m = 0,4 \quad 5.2\% < \theta \leq 9\% \cong 2,97^\circ < \theta$$

$$\leq 5,14^\circ;$$

$$m = 0,5 \quad \theta > 9\% \cong 5,14^\circ$$

$$s = 10,8 \text{ sen } \theta + 0.03 \theta < 9\% \cong 5,14^\circ$$

$$s = 16,8 \text{ sen } \theta - 0,5 \geq 9\% \cong 5,14^\circ$$

FATOR = L.S      Equação (3)

Em que: L corresponde ao comprimento de fluxo final;  $\lambda$  é o comprimento de fluxo em metros; 22,1 é o coeficiente da fórmula referente à parcela padrão (WISCHEMEIER; SMITH, 1978); m: corresponde ao coeficiente de variação da declividade; S corresponde ao fator S; 10,8

coeficiente para valores com declividade menores que 9%, que corresponde a 5,14°; 16,8 para declividades maiores que 9%  $\cong$  5,14°; 0,03 coeficiente aplicada a fórmula de declividades inferiores a 9%; 0,5 para declividades maiores ou iguais a 9%; sen  $\theta$  do ângulo correspondente extraído da declividade.

Os dados referentes ao uso e cobertura do solo, que indicam o fator CP foram retirados a partir da utilização de imagens do MapBiomas, provenientes dos sensores LANDSAT de resolução espacial de 30 m dos recortes temporais de 1985, 2000 e 2018. O fator CP é desenvolvido a partir das parcelas experimentais, em que são comparadas diferentes coberturas do solo, com a condição de pior cenário, ou seja, de solo exposto. Quando da associação de diferentes tipos de usos e coberturas, por exemplo, pastagens e agricultura adotou-se a variável de maior valor. Os valores individuais de C variam entre 0 e 1, sendo valores mais próximos a 1 os mais erodíveis e valores mais próximos a 0, os menos erodíveis (RENARD et al., 2011). Para o levantamento foram admitidos que nos usos antrópicos ocorrem o pior cenário.

**Tabela 2** - Síntese do fator CP para o estado de Goiás.

Uso e cobertura do solo	CP	Referência
Formação Campestre	0,001	Adaptado de TOMAZONI et al. (2005)
Formação Florestal	0,0005	SILVA (2008)
Formação Savânica	0,001	Adaptado de TOMAZONI et al., (2005)
Floresta Plantada	0,026	MARTINS (2005)
Massa d'água	0	PARANHAS FILHO et al., (2003)
Infraestrutura Urbana	0	-
Solo Exposto	1	DA COSTA et al., (2005)
Pastagem	0,008	SILVA (2008)
Agricultura	0,05	SILVA (2008)

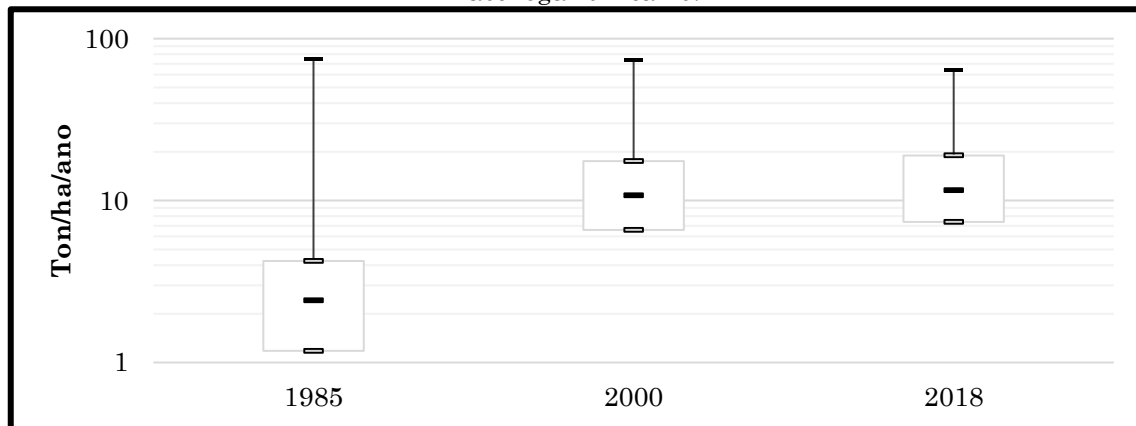
Fonte: Organizado pelos autores (2022).

Deste modo, o que confere o aspecto de dinâmica a EUPS-R são os dados representados pelos recortes temporais de 1985, 2000 e 2018, que demonstram a variação do fator R, a partir da sazonalidade das precipitações, e pelo fator CP, expressos pela variação do uso e cobertura do solo. Os dados foram trabalhados em escala de 1:50.000. A escolha do recorte temporal entre 1985 a 2018 se deu pela disponibilidade das imagens de maneira sistemática no início da pesquisa, ao qual pudesse de maneira consolidada avaliar a dinâmica de ocupação em todo estado de Goiás.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estado de Goiás apresenta uma perda média de solos no ano de 1985 de 2,4 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> crescendo para 10,8 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no ano de 2000 e 11,56 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no ano de 2018. A concentração das maiores perdas, por exemplo, no 3º quartil, evidencia grande crescimento partindo de 4 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 1985 para 17 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 2000 e 19 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 2018 (Figura 2).

Figura 2 - Síntese das perdas de solo no estado de Goiás nos recortes temporais de 1985, 2000 e 2018. Base logarítmica 10.

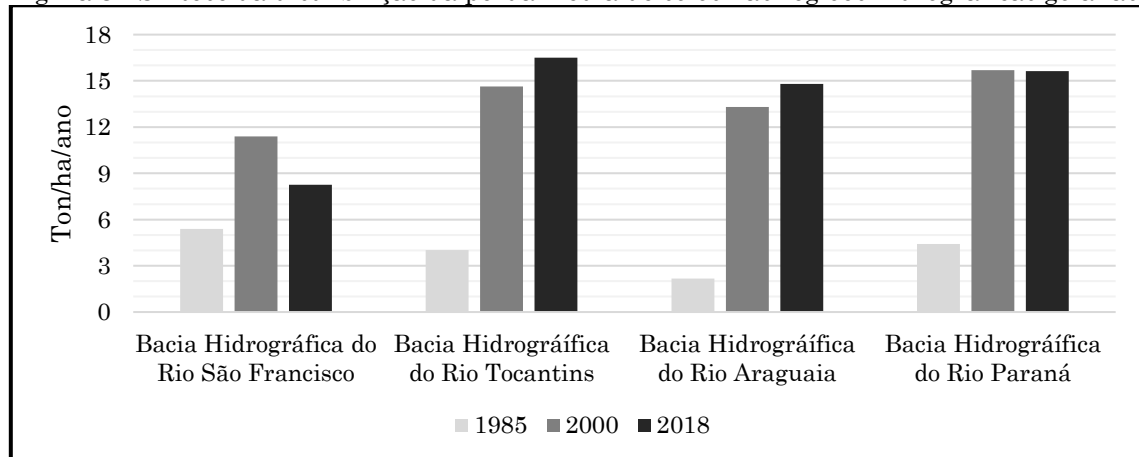


Fonte: Os autores (2022).

As regiões hidrográficas que apresentam menores perdas, no ano de 1985 são as dos rios Araguaia e Tocantins, com perdas médias de 2,2 e 4  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , respectivamente. A bacia do rio Paraná apresenta uma perda de 4,4  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  e a bacia do rio São Francisco exibe uma perda de 5,4  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , a maior para o recorte temporal de 1985 (Figura 3).

No ano de 2000, as bacias com maiores perdas são as do Paraná, com quase 16  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  e a do rio Tocantins com 14,6  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ . As regiões hidrográficas com as menores perdas em 2000 são as da bacia do rio São Francisco com perdas de 11,4  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  e a do rio Tocantins com perdas de 14,6  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  (Figura 3).

Figura 3 - Síntese da distribuição da perda média de solos nas regiões hidrográficas goianas.



Fonte: Os autores (2022).

No ano 2018 as maiores perdas foram de 16,5  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$  e 15,6  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , respectivamente, pertencentes às bacias do rio Tocantins e a do rio Paraná. Ainda no referido ano, a pequena porção da bacia do rio São Francisco apresenta uma perda de 8,25  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ , enquanto a bacia do rio Araguaia exibe uma perda de 14,8  $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ . Deste modo, a região hidrográfica do São Francisco é a que tem a maior perda média, no ano de 1985 e a de menor perda no ano de 2018.

Das 26 microrregiões hidrográficas goianas que apresentam maiores perdas foram respectivamente as do rio Meia-Ponte, do rio Claro, afluente do rio Vermelho, e a do rio Veríssimo (Tabela 3). Destaca-se que a do rio Meia-Ponte apresenta um crescimento de 182% na perda de solos entre 1985 e 2018, se colocando como uma das com maiores perdas nos três recortes temporais.



**Tabela 3** - Síntese das microrregiões hidrográficas com as maiores perdas de solo no estado de Goiás entre os anos de 1985 e 2018.

	1985		2000		2018	
	<b>Microrregiões com altas perdas de solos</b>	Rio Meia Ponte	7	Rio Claro - Rio Vermelho	22	Rio Claro - Rio Vermelho
Rio dos Bois		4,4	Rio Meia Ponte	19,73	Rio Veríssimo	20,3
Rio Paracatú		4,3	Rio Veríssimo	18,61	Rio Meia Ponte	19,8
<b>Microregions with the highest losses</b>	Rio Verde e Cristalino	0,56	Rio Verde e Cristalino	3,59	Rio Verde e Cristalino	4,3
	Rio das Almas	0,77	Rio das Almas	4,34	Rio das Almas	4,7
	Rio do Peixe	0,78	Rio do Peixe	4,9	Rio do Peixe	4,7

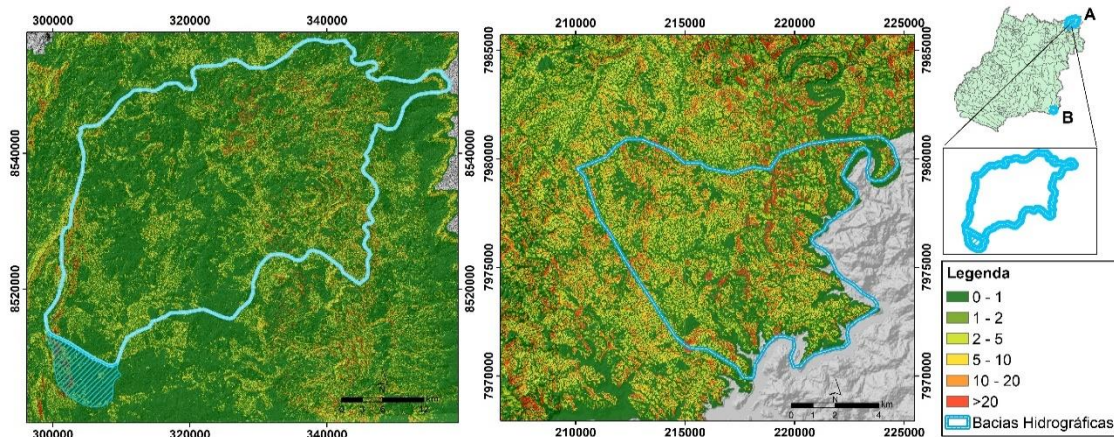
Fonte: Os autores (2022).

A microrregião com a menor perda é a do rio Verde e Cristalino na região do município de São Miguel do Araguaia, mesmo partindo de 0,56 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 1985 para 4,3 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 2018, um crescimento de 668% (Tabela 3). A bacia do rio das Almas, na região de Pirenópolis (GO) também se manteve nos três recortes temporais como entre as de menores perdas, assim como a do rio do Peixe, afluente do rio Araguaia.

A análise em nível de bacia hidrográfica aponta que uma sub-bacia afluente do rio

Manso, na microrregião do Vão do Paranã, hachurada na Figura 4-A, apresenta uma perda de 75 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. A própria bacia do rio Manso apresenta a terceira maior perda média com 17,85 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Figura 4-A). Estas perdas se explicam por sua bacia afluente se apresentar situada nas altas declividades da Serra da Praia, uma continuidade da Serra Geral do Paranã, sustentada pelos ortoquartzitos do Grupo Araí, que produzem uma grande quantidade de sedimentos em decorrência de solos expostos.

Figura 4 - Sub-bacias com as maiores perdas de solos no ano de 1985. Na figura "A", a microbacia hachurada é a de maior perda de solos e está inserida dentro da bacia do rio Manso, a terceira maior. Na figura "B" uma bacia afluente do rio São Marcos.



Fonte: Os autores (2022).

A região da bacia do rio Manso tem suas perdas de solos associadas às áreas mais declivosas, que se correlacionam a algumas áreas de *canyons*, bem como a solos expostos situados sobre as rochas carbonáticas do Grupo Bambuí - Formação Sete Lagoas. Uma bacia afluente do rio São Marcos (Figura 4-B), que para este ano demonstra uma perda de 25,76 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, tem como principal causa as pastagens situadas sobre as áreas mais declivosas. Os solos expostos na bacia afluente do rio São Marcos também se localizam sobre

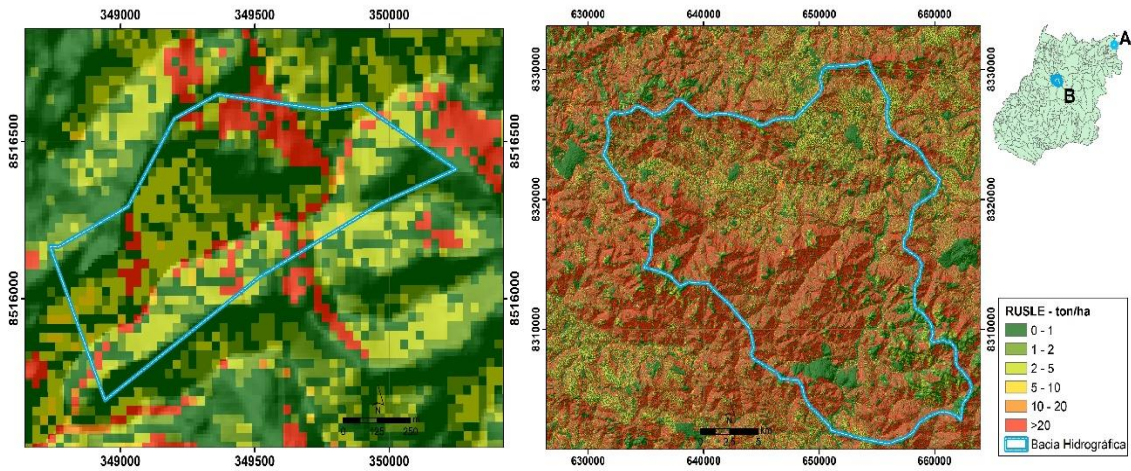
alçados topográficos de rochas quartzíticas do Grupo Araxá.

No ano de 2000, um segmento a jusante da bacia do ribeirão Galheiros apresenta uma perda de solos de 75 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Figura 5 – A). A mesma sub-bacia, afluente do rio Manso, que no ano de 1985 apresenta uma perda de 75 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, no ano de 2000 apresenta uma perda de 44,17 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. O segmento a jusante da confluência entre o rio Uru e o rio das Almas, na bacia do córrego Seco, apresenta a



terceira maior perda de solos com 39 ton/ha (Figura 5–B).

Figura 5 - Sub-bacias com maiores perdas de solo em 2000.

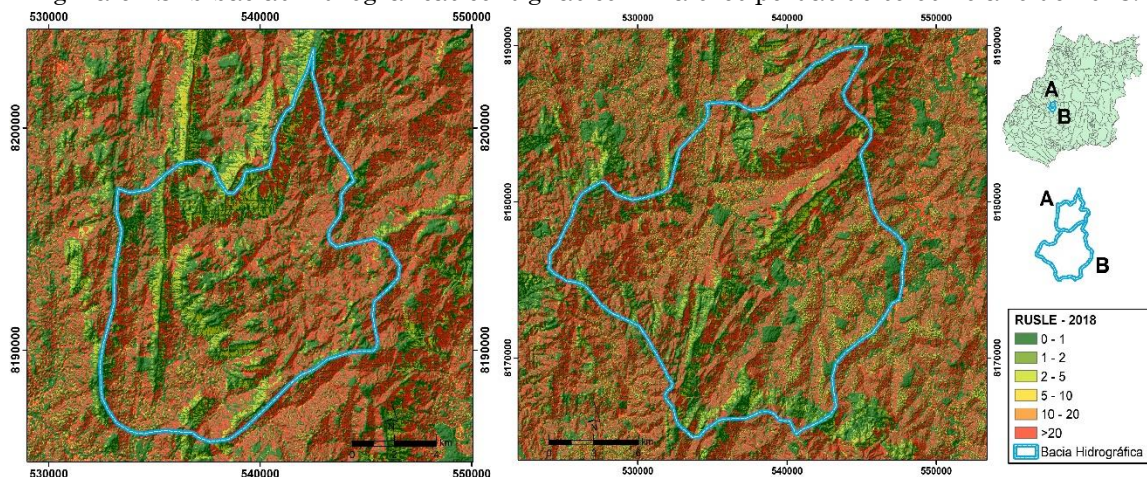


Fonte: Os autores (2022).

Os maiores resultados estão relacionados às altas declividades da área de estudo, que se situa em um *canyon* com altas concentrações de solo exposto por área. Essa região também é composta pelas rochas pelito-carbonatadas da Formação Sete Lagoas, Grupo Bambuí. Na bacia do córrego Seco (Figura 6–B), as perdas estão associadas as pastagens posicionadas sobre altas declividades ou nos terços inferiores que recebem grande energia cinética de montante proveniente do arraste das chuvas. As declividades são produzidas pelas descontinuidades litológicas do Complexo Máfico-Ultramáfico Canabrava.

No ano de 2018, a sub-bacia hidrográfica afluente do rio Manso, novamente apresenta a maior perda entre todas as bacias avaliadas, com perdas médias de 64 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>. Deste modo, destaca-se o maior potencial erosivo desta sub-bacia, como sendo a maior do estado de Goiás em produção de sedimentos. Em seguida, as maiores perdas se dão em duas sub-bacias hidrográficas, uma a do córrego Palmito (Figura 6-A) e a outra sem toponímia (Figura 6-B), ambas contíguas localizadas dentro da bacia do rio Claro, com perdas respectivas de cerca de 40 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> e 44,4 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (Figura 6).

Figura 6 - Sub-bacias hidrográficas contíguas com maiores perdas de solos no ano de 2018.



Fonte: Os autores (2022).

Essas sub-bacias se localizam em áreas dissecadas da Faixa Brasília, em áreas próximas a dobra da Serra Dourada de Goiás. Destaca-se que as maiores perdas de solo estão associadas às pastagens e às altas declividades ocasionadas

pelas mudanças na região da Serra do Fundão. Como exemplo, ambas correspondem respectivamente a 69% e 63% de suas áreas sob o uso de pastagem.

Uma das principais causas do aumento da perda de solos é a variação do uso e cobertura (FARHAN; NAWAISEH, 2015). Esta alteração pode ser notada no estado de Goiás pelo aumento das áreas agropecuárias, principalmente entre os anos de 1985 – 2000, em que a conversão direta de vegetação remanescente em áreas agropecuárias representa neste recorte temporal 17% das áreas do estado, enquanto no recorte temporal de 2000 - 2018 correspondem a cerca de 13,4%. Há um maior destaque no primeiro recorte temporal, entre 1985-2000, onde as maiores perdas na região da bacia do rio Araguaia se localizam aproximadamente entre Jataí e Aragarças, na região do município de Caiapônia (Figura 7).

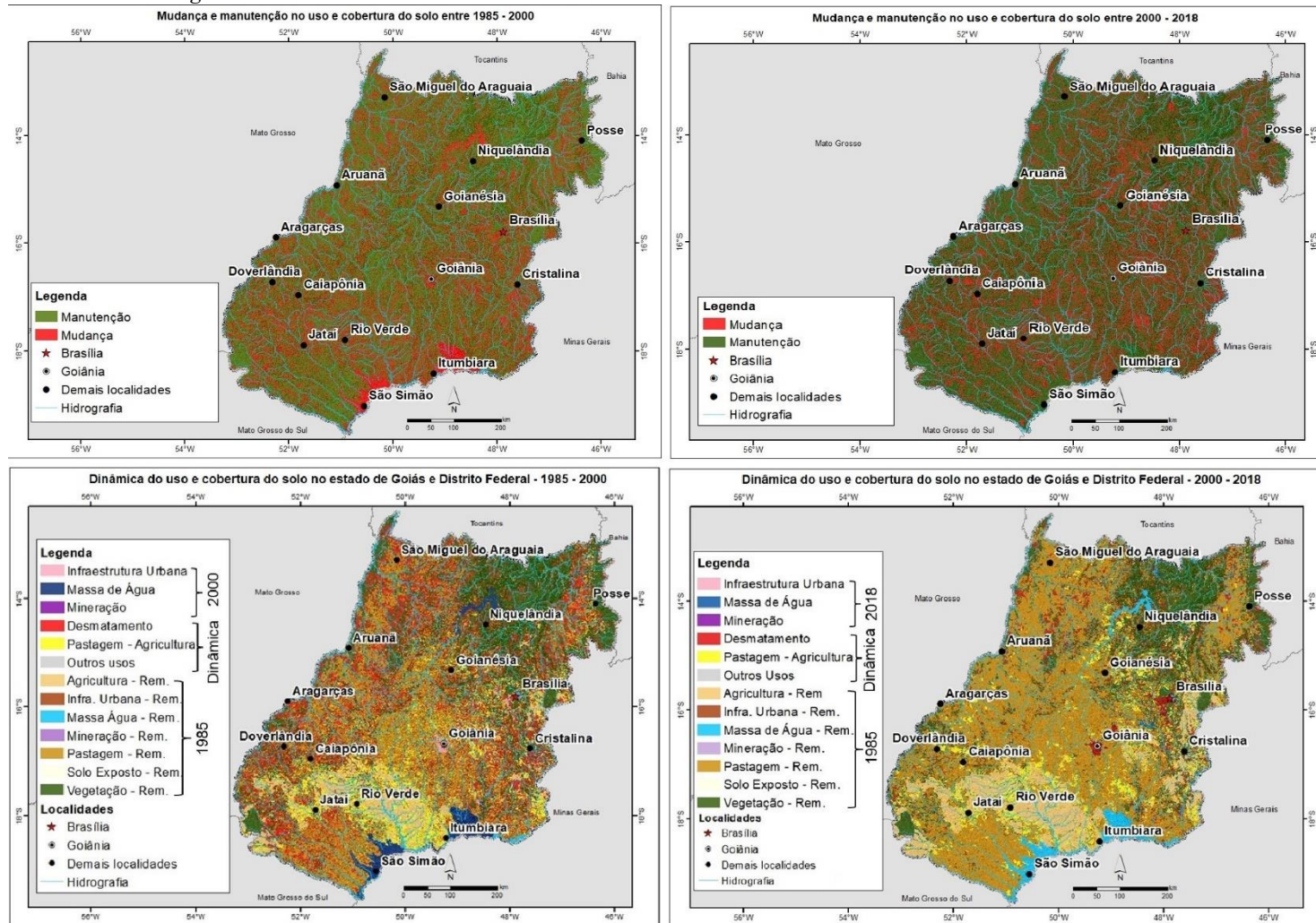
As pastagens apresentam uma estabilidade nos três recortes temporais, mantendo-se próximas a 44% da área do estado de Goiás. As áreas correspondentes ao uso de pastagem desde 1985 representam cerca de 33% do estado, demonstrando a abrangência do desmatamento ocorrida até 1985. As áreas agrícolas também apresentam crescimento neste recorte temporal,

partindo de 5,4% no ano de 1985 para 14% no ano de 2000 e 16% no ano de 2018. As áreas agrícolas que se mantiveram remanescentes, ou seja, que permaneceram estável no mesmo local partiram de 4,3% entre o recorte temporal de 1985 – 2000 para 8% entre 2000-2018.

As áreas agropecuárias tendem a apresentar compartimentos ambientais distintos, enquanto as áreas agrícolas se situam predominantemente sobre as áreas planálticas, nos topos das chapadas e com predomínio dos relevos planos e suave ondulados, as de pastagem tendem a se estabelecer nas regiões mais acidentadas, ou com solos menos desenvolvidos, do ponto de vista genético (OLIVEIRA, 2014). As áreas de pastagem tendem a concentrar-se principalmente na região do Vale do Araguaia, notáveis por seus Plintossolos (MARTINS et al., 2017) com a criação voltada à pecuária de corte, enquanto nas áreas centrais, em direção ao sul e a leste, por exemplo, de destacada bacia leiteira se localizam em municípios como Piracanjuba, Bela Vista e Morrinhos (FERREIRA et al., 2019).



Figura 7 - Síntese da conversão de uso e cobertura do solo no estado de Goiás entre os anos de 1985 – 2018.



Fonte: Os autores (2022).

As conversões de uso e cobertura do solo no estado de Goiás corresponderam entre os anos de 1985 – 2000 a 27% da cobertura, enquanto no ano de 2000 – 2018 a 25%, sendo esse desmatamento detectado como potencializador das perdas de solo, com destaque para as bacias do ribeirão Boa Vista e do rio Bonito, ambos afluentes do rio Caiapó, e que apresentam extensas áreas de Neossolos Quartzarênicos e Latossolos de textura média. Áreas convertidas de pastagem para agricultura cresceram entre 1985 – 2018, passando de 7,68% da área do estado para 11,24%.

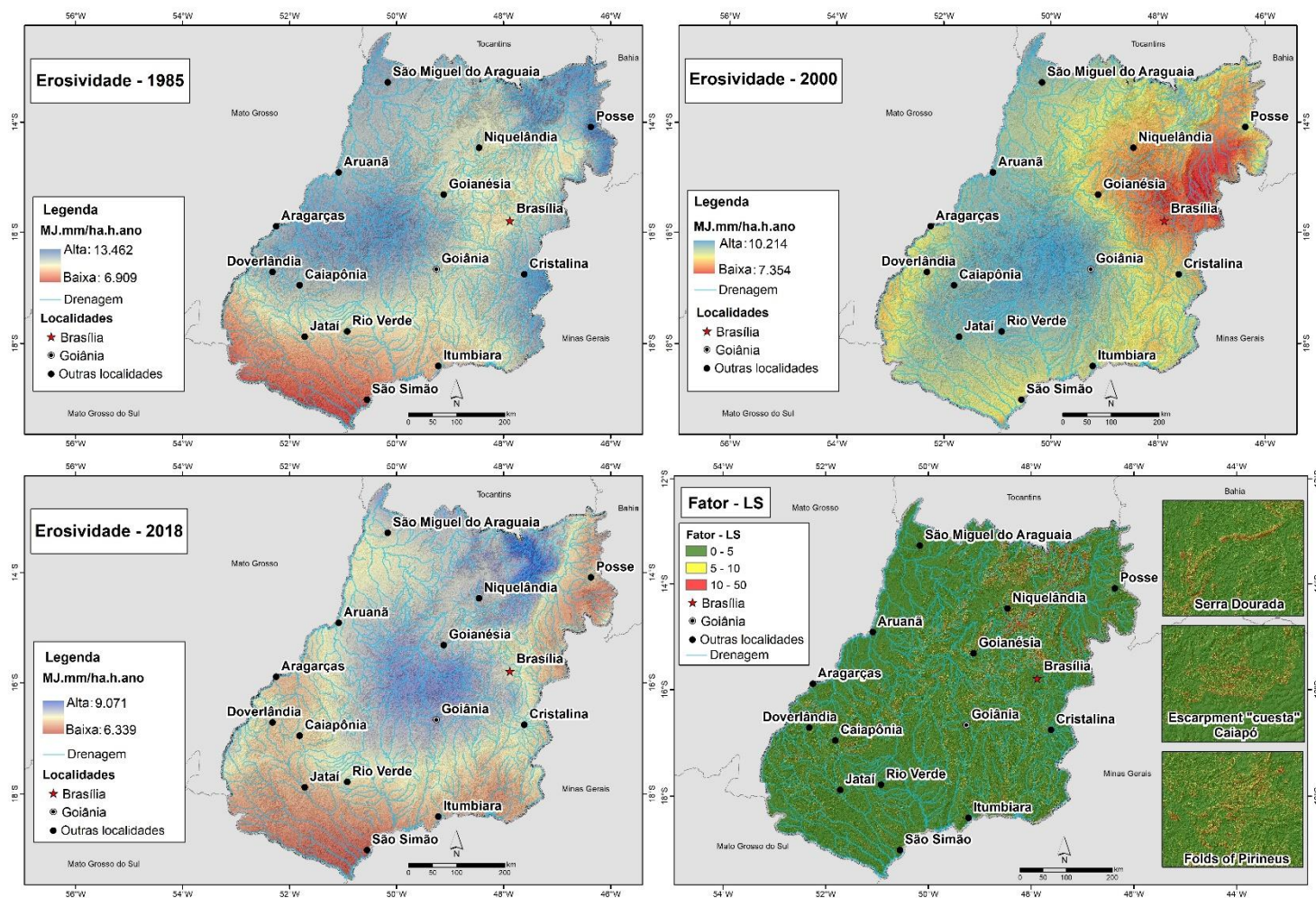
Destaca-se que as maiores perdas de solo no estado de Goiás se concentram principalmente na mudança dos grandes compartimentos geomorfológicos, por exemplo, nos *fronts* da cuesta Caiapó, nas áreas dissecadas de Pirenópolis (GO), representadas pela ocorrência

da “Sintaxe dos Pireneus” – Grupo Araxá, bem como na região da Serra Dourada. Desta maneira, além do fator da conversão da cobertura dessas áreas terem passado por processo de desmatamento, ou seja, a conversão predominante de vegetação remanescente em pastagem, o fator topográfico representado nessas áreas associado à alta erosividade também contribuem para o aumento da perda de solos (Figura 8).

A erosividade tende a ser mais concentrada na região centro-sul de Goiás, partindo de Goiânia em direção à Jataí e em direção a Doverlândia formando um amplo polígono com erosividades que gravitam ao entorno de 9.000 – 10.000 MJ.mm/ha.h.ano, por vezes, maiores. A região sul, apesar de apresentar uma quantidade menor de meses de estiagem como observado na porção sul de Jataí (GO) apresenta menor erosividade.



Figura 8 - Síntese da erosividade e do fator topográfico da EUPS-R para o estado de Goiás.



Fonte: Os autores (2022).

Em relação à perda de solos, os resultados de maiores perdas na região central do estado de Goiás demonstra uma mudança em relação à percepção de áreas “frágeis”, ou seja, de alta erodibilidade, por constituírem solos mais arenosos, de baixa fertilidade e coesão, demonstradas nos estudos desenvolvidos predominantemente na região sudoeste do estado de Goiás, com destaque para o município de Mineiros, que apresenta forte influência dos Neossolos Quartzarênicos originados sobre as rochas da Formação Botucatu (TRINDADE, 2015; NUNES; CASTRO, 2021).

A respeito da conversão de áreas de pastagem em agricultura, especialmente no sudoeste goiano, o que se observa é que apresentam neste recorte espacial especificamente desde 2005, áreas de solos mais frágeis, enquanto anteriormente ocupavam áreas com melhor aptidão agrícola, principalmente as destinadas a grãos (TRINDADE, CASTRO, 2015).

O aumento nas perdas de solo é corroborado com o aumento da produção agrícola de cana-de-açúcar na região da bacia do rio Meia-Ponte, que conseqüentemente traz a degradação ambiental como a sensível diminuição de áreas remanescentes. Destaca-se que levantamentos como de Castro et al. (2010) indicam que a classe de cana-de-açúcar aumentou mais de nove vezes entre o recorte temporal de 2000 – 2009, com redução da pastagem nessas áreas que foram substituídas por grãos. Deste modo, os resultados comprovam espacialmente o ciclo apontado de substituição da pastagem por agricultura (TRINDADE, 2015).

Em termos gerais de perdas de solo, os resultados evidenciados para o estado de Goiás se assemelham aos apontados para o bioma Cerrado, em que no ano de 2000 partiram de 10,4 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> para 12 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no ano de 2012 (GOMES et al., 2019), enquanto que para o estado de Goiás partiram de 10,8 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no ano de 2000 para 11,5 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 2018.

Estudos para o estado de Goiás mostraram uma perda média histórica de 18 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no recorte temporal entre 1985 a 2017, sendo que, no ano de 1985 apresenta uma perda de quase 20 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> mantendo valores semelhantes para os recortes temporais entre 2000 e 2017 (PENA, 2020), mesmo ante a alta conversão de vegetação remanescente em áreas agropecuárias (CASTRO et al., 2010; PARENTE et al., 2019).

Credita-se a esses altos valores observados por Pena (2020), a opção de entrada na base de dados do modelo, sendo utilizado um mapa de solos em escala desajustada ao nível de vertentes e bacias hidrográficas, bem como

informações satelitárias com recorte espacial de 5 quilômetros (CHIRPS) que apresentam ampla homogeneidade nas áreas erosivas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O modelo da EUPS-R mostra-se adequado para observação das perdas de solo, principalmente com base na restituição do mapa de solos. Nesse sentido, as perdas de solos no estado de Goiás estão mais associadas aos processos morfogenéticos do que ao manejo e ao uso, mas que ainda assim, a conversão de vegetação remanescente para áreas agropecuárias contribuiu para o aumento das perdas, verificadas em 2,4 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no ano de 1985, em 10,8 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no ano de 2000 e 11,5 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> no ano de 2018. As regiões hidrográficas também apresentam variação quanto as maiores perdas, sendo a região do São Francisco com a maior perda no ano de 1985, entorno de 5,4 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup>, a região do rio Paraná com uma perda de algo entorno a 15,7 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 2000 e a região do rio Tocantins com algo entorno a 16,5 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> em 2018.

As regiões com maiores perdas decorrentes aos processos morfogenéticos estão associadas predominantemente ao fator LS, que corresponde à energia potencial desenvolvida pelo escoamento superficial, que a partir da convergência de fluxos, ganha maior energia cinética de montante à jusante. Contribuem também as erosividades, que correspondem ao destacamento das partículas do solo e que associado ao fator LS produzem em tese, a condição potencial para deflagração dos processos erosivos. As maiores erosividades do estado nos recortes temporais de 1985, 2000 e 2018 tendem a ficar continuamente na região central do estado de Goiás, variando anualmente em outras regiões.

Em síntese, as áreas com maiores perdas ou processos denudacionais correspondem a região do reverso da escarpa da “cuesta” Caiapó, a região da Serra Dourada de Goiás e a região da “sintaxe” da Serra dos Pireneus, sendo potencializadas quando do uso de pastagens.

## AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado dentro do programa de colaboração CAPES-COFECUB (TE981/20).

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, A.N. Os **domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- BERTONI, J, LOMBARDI NETO, F. **Conservação do Solo**. São Paulo: Editora Ícone, 7ª ed. 2010.
- BRASIL, Projeto RADAMBRASIL - **Folha SD. 22 Goiás**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL, v. 25. 1981.
- BRASIL. **Folha SD. 23 Brasília**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL, v. 29. 1982.
- BRASIL. **Folha SE. 22 Goiânia**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra / Projeto RADAMBRASIL, v. 31. 1983.
- CARVALHO, N.O. **Hidrossedimentologia prática**. Editora Interciência, 2008.
- CASTRO, S.S., ABDALA, K., SILVA, A.A., BÓRGES, V.M.S. A expansão da cana-de-açúcar no Cerrado e no estado de Goiás: elementos para uma análise espacial do processo. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.30, n.1, p.171-191, jan/jun. 2010. <https://doi.org/10.5216/bgg.v30i1.11203>
- CATEN, A., ten., DALMOLIN, R.S.D., MENDONÇA-SANTOS, M. De. L, GIASSON, E. Mapeamento digital de classes de solos: características da abordagem brasileira. **Ciência Rural, Santa Maria**, v.42, n.11, p.1989-1997, nov. 2012. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012001100013>
- CHRISTOFOLLETI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Blucher, 1999.
- CREMON, E.H., PEREIRA, A.C., PAULA. L.D.L. De., NUNES, E.D. Geological and terrain attributes for predicting soil classes using pixel-and geographic object-based image analysis in the Brazilian Cerrado. **Geoderma**, v.401. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115315>
- CUNHA, B.G., BASTOS JÚNIOR, E.M., PEDROTTI, A. Erodibilidade dos solos do entorno do reservatório da barragem Sindicalista Jaime Umbelino de Souza. In: **XII Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe – 18 a 22 de março de 2019, Aracaju/SE. Água para todos: não deixar ninguém para trás**. 2019. <https://doi.org/10.34117/bjdv5n7-178>
- DA COSTA, T.C., LUMBRERAS, J.F., ZARONI, M.J., NAIME, U.J., GUIMARÃES, S.P., UZEDA, M.C. **Estimativas de perdas de solo para microbacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 78. 2005.
- DEMARCHI, J.C.; ZIMBACK, C.R.L. Mapeamento, Erodibilidade e Tolerância de Perda de Solo na sub-bacia do ribeirão das Perobas. **Energ. Agric.**, Botucatu, vol. 29, n.2, p. 102-114, abril-junho. 2014. <https://doi.org/10.17224/EnergAgric.2014v29n2p102-114>
- DISCONZI, P.B., TEIXEIRA-GRANDA, C.F.A., DAMÉ, R.De C., F.D., HARTWIG, M.P. Erodibilidade do solo da bacia da barragem Santa Bárbara, Pelotas (RS). In: **X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo, Fatos e Mitos em Ciência do Solo**. Pelotas (RS) SBCS. 2014.
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.ed. Brasília: 2018.
- FARHAN, Y., NAWAISEH, S. Spatial assessment of soil erosion risk using RUSLE and GIS techniques. **Environ Earth Sci**, v.74 p.4649-4669. 2015. <https://doi.org/10.1007/s12665-015-4430-7>
- FARINASSO, M.; CARVALHO JÚNIOR, O.A.; GUIMARÃES, R.F.; GOMES, R.A.T.; RAMOS, V.M. Avaliação qualitativa do potencial de erosão laminar em grandes áreas por meio da EUPS – Equação Universal de Perdas de Solos – Utilizando novas metodologias em SIG para os cálculos dos seus fatores na região do Alto Parnaíba – PI – MA. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, ano 7, n.2, p.73-85. 2006. <https://doi.org/10.20502/rbg.v7i2.80>
- FERREIRA, G.C.V., MIZIARA, F., COUTO, V.R.M. Pecuária em Goiás: Análise da distribuição espacial e produtiva. **Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, v.13, n.2, p.21-39. 2019.
- GOMES, L., SIMÕES, S.J., NORA, E.L.D., SOUSA-NETO, E.R.De., FORTI, M.C., OMETTO, J.P.H.B. Agricultural Expansion in the Brazilian Cerrado: Increased Soil and Nutrient Losses and Decreased Agricultural Productivity. **Land**, v.8, n.12. 2019. <https://doi.org/10.3390/land8010012>
- HERNANI, L.C., CHAGAS, C.Da.S., GONÇALVES, A.O., MELO, A. Da. S. Potencial natural de erosão e geotecnologias para a classificação de capacidade de uso dos solos. Cap. 6. In: CASTRO, S.S., HERNANI, L.C. (Org). **Solos Frágeis, caracterização, manejo e sustentabilidade**. EMBRAPA. Brasília: 2015.
- KAMPF, N., CURRI, N. Formação e evolução do solo (Pedogênese). In: KER, J.C., CURRI, N.,



- SCHAEFER, C.E.G., VIDAL-TORRADO, P. (Org). **Pedologia Fundamentos** Viçosa: SBCS, 2015.
- LACERDA FILHO, J et al., **Geologia do estado de Goiás e Distrito Federal. Escala: 1:500.000.** Goiânia: CPRM/SIC – FUNMINERAL, 2008.
- LIMA, L.A.de.S., NEUMANN, M.R.B., REATTO, A., ROIG, H.L. **Mapeamento de Solos do Tradicional ao Digital.** Planaltina (DF): EMBRAPA Cerrados - Documentos 316. 2013.
- LOMBARDI NETO, F., MOLDENHAUER, W.C. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em Campinas (SP). **Bragantia, Campinas.** v.51, n.2, p.189-196, 1992. <https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>
- MARTINS, A.P.B., SANTOS, G.G., OLIVEIRA, V.A.de., MARANHÃO, D.D.C., COLLIER, L.S. Hardening and Stability of Plinthic Material of the Araguaia River Floodplain under Different Drying Treatments. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** 2017. <https://doi.org/10.1590/18069657rbcS20170190>
- MARTINS, S.G. **Erosão Hídrica em povoamento de Eucalipto sobre solos coesos nos Tabuleiros Costeiros (ES).** Tese. UFLA. Lavras: 2005.
- MARTINS, S.G., AVANZI, J.C., SILVA, M.L.N., CURTI, N., FONSECA, S. Erodibilidade do solo nos tabuleiros costeiros. **Pesq. Agropec. Trop.** Goiânia, v.41, n.3, p.322-327, jul/set. 2011. <https://doi.org/10.5216/pat.v41i3.9604>
- MINELLA, J.P.G., MERTEN, G.H., RUHOFF, A.L. Utilização de métodos de representação espacial para cálculo do fator topográfico na equação universal de perda de solo revisada em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34. p.1455-1462. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000400041>
- NEARING, M.A., YIN, S., BORELLI, P., POLYAKOV, V.O. Rainfall erosivity: An historical review. **Catena**, n.157, p. 357-362. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2017.06.004>
- NUNES, E.D., CASTRO, S.S. Compartimentação morfopedológica aplicada à distribuição de padrões espaciais de processos erosivos em solos frágeis – Município de Mineiros, GO. In: CASTRO, S.S., HERNANI, L.C (Orgs.). **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade.** Brasília: EMBRAPA (DF), 2015.
- NUNES, E.D., CASTRO, S.S. Degradação de fitofisionomias do Cerrado e impactos erosivos hídricos lineares no sudoeste de Goiás – Brasil. **Sociedade & Natureza.** Uberlândia (MG). v.33. ISSN 1982-4513. 2021. <https://doi.org/10.14393/SN-v33-2021-60606>
- OLIVEIRA, I. J. De. Chapadões *descerrados*: relações entre vegetação, relevo e uso das terras em Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, v.34, n.2, p.311-336, mai/ago. 2014. <https://doi.org/10.5216/bgg.v34i2.31734>
- OLIVEIRA, V.A., SANTOS, G.G., COLLIER, L.S., SANTOS, H.G.dos., COELHO, M.R., LUMBRERAS, J.F., SILVEIRA, P.M., Da. **Classificação e mapeamento de solos: curso prático intensivo com ênfase nos solos do Planalto Central do Brasil.** Goiânia: EMBRAPA – UFG – SBCS, 2016.
- PARANHAS FILHO, A.C, FIORI, A.P., DISPERATI, L., LUCCHESI, C., CIALI, A., LASTORIA, G. Avaliação multitemporal das perdas de solos na bacia do rio Taquarizinho (MS). **Boletim Paranaense de Geociências**, n.52, p.49-59. 2003. <https://doi.org/10.5380/geo.v52i0.4200>
- PARENTE, L., MESQUITA, V., MIZIARA, F., BAUMANN, L., FERREIRA, L.G. Assessing the pasturelands and livestock dynamics in Brazil, from 1985 to 2017: A novel approach based on high spatial resolution imagery and Google Earth Engine cloud computing. **Remote Sensing of Environment**, v.232. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111301>
- PENA, D.S. **Influência da expansão agrícola sobre a perda de solo no estado de Goiás.** Goiânia: Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 11 dez. 2020.
- REATTO, A., CORREIA, J.R., SPERA, S.T., MARTINS, E.De.S. Solos do bioma Cerrado. In: SANO, S.M., ALMEIDA, S.P.de., RIBEIRO, J.F. **Cerrado Ecologia e Flora.** Brasília (DF): EMBRAPA, 2008.
- RENARD, K.G., YODER, D.C., LIGHTLE, D.T., DABNEY, S.M. Universal soil loss equation and Revised Universal Soil Loss Equation. **Handbook of Erosion Modelling.** 1ª edição. Blackwell Publishing, 2011. <https://doi.org/10.1002/9781444328455.ch8>
- RIBEIRO, J.F., WALTER, B.M.T. As principais fitofisionomias do bioma Cerrado. Cap.6. p.151-199. In: **Cerrado: Ecologia e Flora.** SANO, S.M., ALMEIDA, S.P. de., RIBEIRO, J.F. Embrapa Cerrado. Brasília (DF). 2008. 1279 p.
- SANO, E.E. et.al. Land use dynamics in the Brazilian Cerrado in the period from 2002 to 2013. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília: v.54, 2019. <https://doi.org/10.1590/s16783921.pab2019.v54.00138>



- SILVA, A.M.Da; SILVA, M.L.N.; CURI, N; AVANZI, J.C; FERREIRA, M.M. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1811-1820. 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832009000600029>
- SILVA, V.D. **Análise de perda de solo, utilizando o modelo (RUSLE) Revised Universal Soil Loss Equation, aplicado com auxílio das técnicas de geoprocessamento na bacia do Ribeirão Reis, Maringá (PR)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.
- SOUSA JR., DEMATTÊ, J.A.M. Modelo digital de elevação na caracterização de solos desenvolvidos de basalto e material arenítico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 449-456. 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000100043>
- STEVAUX, J. C., LATRUBESSE, E. M. **Geomorfologia fluvial**. Oficina de Textos, 2017.
- TOMAZONI, J.C., MANTOVANI, L.E., BITTENCOURT, A.V.L., ROSA FILHO, E.F. A sistematização dos fatores da EUPS em SIG para quantificação da erosão laminar na bacia do rio Anta Gorda (PR). **Estudos Geográficos**, Rio Claro, v.3, n.1, p.01-21, jan-jun. 2005.
- TRINDADE, S.P. **Aptidão agrícola, mudanças de usos dos solos, conflitos e impactos diretos e indiretos da expansão da cana-de-açúcar na região sudoeste goiana**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 30 mar. 2015.
- VIDAL-TORRADO, P., LEPSCH, I.F., CASTRO, S.S. Conceitos e aplicações das relações pedologia-geomorfologia em regiões tropicais úmidas. **Tópicos em Ciência do Solo**, v.4, p.145-192. 2005.
- WANG, B., ZHENG, F., ROMKENS, M.J.M., DARBOUX, F. Soil erodibility for water erosion: A perspective and Chinese experiences. **Geomorphology**, v.187, n.187, p.1-10. 2013. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.01.018>
- WISCHMEIER, W.H, SMITH, D.D. **Predicting rainfall erosion losses. A guide to conservation planning**. United States Department of Agriculture, 1978.
- ZHANG, H., WEI, J., YANG, Q., BAARTMAN, J.E.M., GAI, L., YANG, X., LI, S.Q., YU, J., COEN, J.R., GEISSEN, V. An improved method for calculating slope length and the LS parameters of the Revised Universal Soil Loss Equation for large watersheds. **Geoderma**, v.308, p.36-45. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.08.006>

## CONTRIBUIÇÃO DOS AUTORES

Todos os autores participaram da concepção, elaboração, revisão e escrita do trabalho.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído nos termos da Licença de Atribuição Creative Commons, que permite o uso irrestrito, distribuição e reprodução em qualquer meio, desde que o trabalho original seja devidamente citado.