

## **Perda de solos em bacias hidrográficas da microrregião do Vão do Paranã – GO**

*Soil loss in hydrographic basins in the microregion of Vão do Paranã – GO*

**Ana Flávia Soares Carneiro**

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil

[anafscarneiro@gmail.com](mailto:anafscarneiro@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7809-2986>

**Karla Maria Silva de Faria**

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil

[karlamsfaria@gmail.com](mailto:karlamsfaria@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9381-932X>

**Lucas Espíndola Rosa**

Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, Brasil

[lucasespindola@ufg.br](mailto:lucasespindola@ufg.br)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2979-6546>

### **RESUMO**

O processo de uso e ocupação dos solos no Cerrado provocou grandes mudanças no equilíbrio ambiental do bioma, se refletindo em forma de diversos impactos ambientais. Dentro destes, está a perda de solos por erosão. Apesar de ainda apresentar grandes porções de vegetação nativa quando comparada ao restante do estado, a microrregião do Vão do Paranã em Goiás possui características ímpares de atributos físicos, o que a torna palco de grandes degradações quando associada à má utilização antrópica. Com a pretensão utilizar-se a metodologia da Equação Universal de Perda de solos – USLE para estimativa de perda anual de solo nas bacias hidrográficas do rio São Domingos e rio Corrente, no Vão do Paranã, foram analisados previamente os atributos hipsometria, declividade, solos e uso e cobertura dos solos nos anos de 1985 e 2015. Observou-se de antemão nesta etapa uma maior concentração de atributos que expressavam vulnerabilidade ambiental na bacia do rio São Domingos, que foi constatada também com a análise dos parâmetros morfométricos e com a aplicação da USLE, já que esta apresentou (apesar de pequena) uma maior estimativa de perda anual de solos, comparada à bacia do rio Corrente. Este fato possivelmente pode estar relacionado à presença de Unidades de Conservação que podem estar minimizando o avanço da antropização e seus possíveis impactos ambientais na região.

**Palavras-chave:** Erosão, Antropização, Bacias Hidrográficas.

### **ABSTRACT**

The process of land use and occupation in the Cerrado caused major changes in the environmental balance of the biome, reflected in the form of various environmental impacts. Among these is the loss of soils through erosion. Despite the fact that large portions of native vegetation are still recognized, when compared to the rest of the state, the micro-region of Vai do Paranã in Goiás has unique physical attributes, which makes it the scene of major degradation when it is associated with human misuse. With the intention of using the methodology of the Universal Soil Loss Equation - USLE to estimate annual soil loss in the São Domingos and Corrente river basins, in the Vai do Paranã, the attributes of hypsometry, slope, land use and its cover in the years 1985 and 2015. I was observed at this stage a greater concentration of attributes that expressed environmental vulnerability in the São Domingos river basin, which was also found in the analysis of morphometric parameters, and with the application of the USLE, since it presented (although small) a higher estimate of annual soil loss, compared to the Corrente river basin. This fact may possibly be related to the presence of Conservation Units, which should minimize the advance of anthropization and its possible environmental impacts in the region.

**Keywords:** Erosion, Anthropization, Watersheds.

## 1. INTRODUÇÃO

Localizado na região central do país, o Cerrado cobre continuamente os estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Tocantins, Maranhão, Piauí, Bahia, São Paulo, Paraná e o Distrito Federal, onde originalmente, ocupavam-se cerca de 2 milhões de km<sup>2</sup>. Seu processo de ocupação ocorreu de maneira tardia, mas estimulado, uma vez que a Amazônia já estava inserida nas discussões ambientais nacionais e internacionais, principalmente, a partir da década de 1970, devido aos incentivos políticos e ao momento histórico brasileiro de instalação da nova capital do país, Brasília (PIRES, 2000).

Com a ocupação do território acontecendo de maneira acelerada, incentivada por políticas estatais de desenvolvimento da região do Cerrado, a conversão da vegetação nativa para áreas de agricultura e pastagem também foi realizada de maneira rápida, gerando expressivas consequências ao bioma. Dentro destas, pode-se citar o exemplo de solos, água e biodiversidade, de maneira geral, como os grandes prejudicados. A pressão antrópica e suas consequências foram responsáveis por colocar o Cerrado na lista dos 34 *hotspots* mundiais – áreas ricas em biodiversidade, com presença de espécies endêmicas, que possuem alto grau de degradação (MITTERMEIER *et al.*, 2004).

Em Goiás, a Microrregião do Vão do Paranã, no nordeste goiano, sustenta-se como uma das áreas do estado onde se encontram os maiores percentuais de conservação do bioma. Ainda assim, abriga uma gama de desequilíbrios ambientais, estes proporcionados por atividades humanas, em que pode-se destacar problemas ligados à ocorrência de erosões propiciadas, especialmente, pela junção de fatores de vulnerabilidade, como solos frágeis, áreas declivosas e as más práticas de manejo do uso agropecuário (PONCIANO; RODRIGUES; FARIA, 2019); (FARIA; SILVA, 2020).

Dentro dos diversos impactos e degradações impostos pelo processo produtivo e ocupacional do Cerrado, a perda de solos se destaca. Esta afeta diretamente o plano socioeconômico, já que influencia na capacidade de produção dos solos e na quantidade de água dos canais. O desprendimento desse material pode alcançar leitos e nascentes, provocando o assoreamento, que influencia não somente nas mudanças morfológicas de canais, mas também na alteração da quantidade e da qualidade das águas e impactos negativos nos ecossistemas aquáticos e processos geomorfológicos dos leitos (MORAIS, 2006).

No ano de 2012, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) divulgou em relatório que a estimativa de perda de solos férteis anual é próxima de 24 bilhões de toneladas em todo o planeta. Este processo, junto com a desertificação, a degradação de terras e a seca, afeta mais de 1,5 bilhão de pessoas que dependem do que é produzido nessas regiões para sobrevivência, ou seja, geralmente, as populações mais pobres, que somam 42% dos indivíduos, que vivem em áreas degradadas. No relatório de 2015 e de 2019, a FAO apontou que as mudanças no uso e cobertura, especialmente de áreas com vegetação natural para pastagem ou terras cultivadas, acabam por remover a biomassa, fazendo com que ocorra a perda não somente do material, mas também de nutrientes fundamentais do solo, como o carbono, alterando as propriedades, e, conseqüentemente, sua biodiversidade microbiana e fertilidade.

Diversas metodologias podem ser aplicadas para a estipulação de perda de solos, como apresenta Checchia (2005) alguns modelos para a predição de erosão hídrica: o *Areal Nonpoint Source Watershed Environmental Response Simulation model* (AGNPS), modelo estadunidense desenvolvido para prever e analisar a vazão, o transporte de sedimentos e nutrientes em bacias hidrográficas rurais de até 20.000 hectares; o *Water Erosion Prediction Project* (WEPP), modelo baseado em atributos físicos que considera a variabilidade espacial e temporal do processo de erosão; e o *Soil and Water Assessment Tool* (SWAT) que simula processos físicos em escala de bacia hidrográfica, com o objetivo de analisar os impactos das alterações do uso do solo sobre o escoamento superficial e subterrâneo, assim como a produção de sedimentos e a qualidade de água.

Diante disso, tendo em vista a dinâmica sistêmica apresentada pelas bacias hidrográficas, em que autores como Carvalho (2014), defendem inclusive sua utilização como forma de

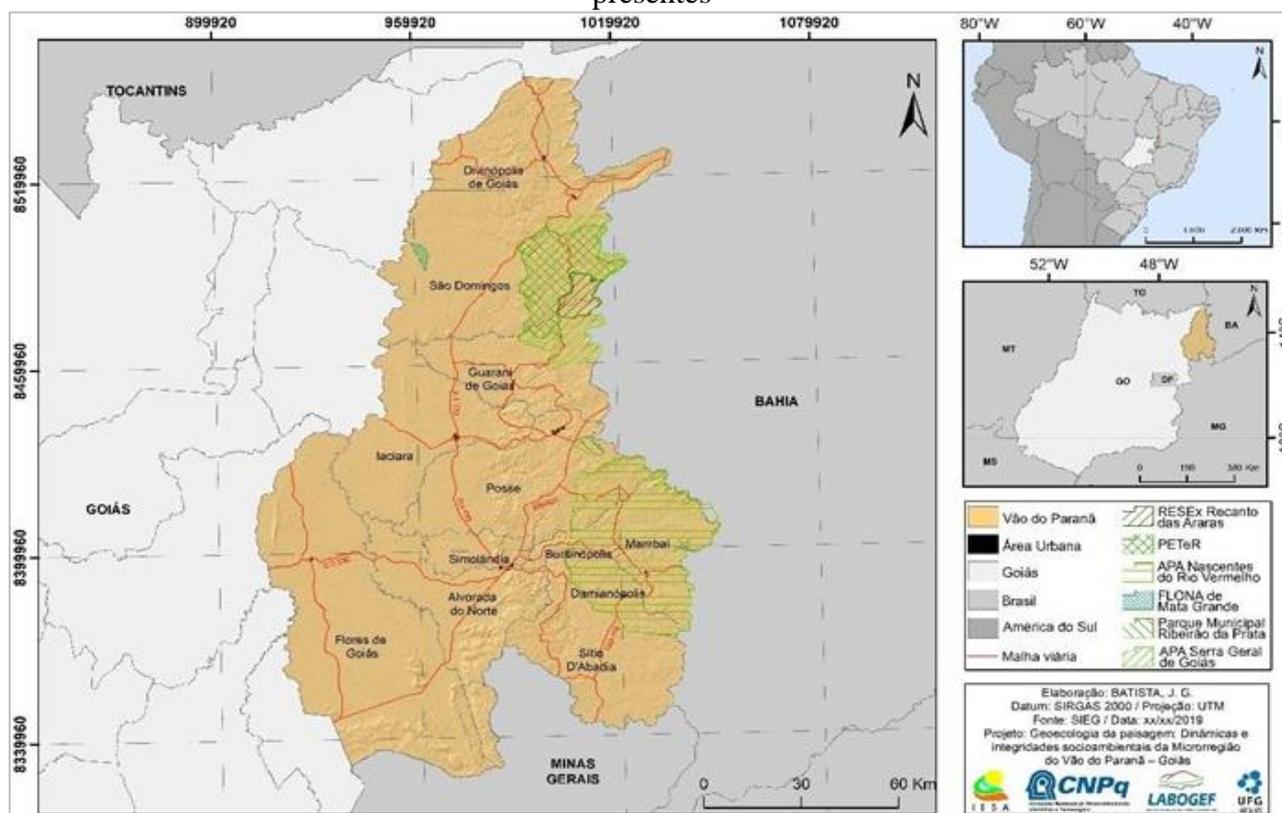
ordenamento administrativo, facilitando o planejamento ambiental, o presente estudo visa, portanto, identificar nas bacias hidrográficas dos rios São Domingos e Corrente na Microrregião do Vão do Paranã, Goiás, a estimativa de perda de solos anual por meio da proposta metodológica da Equação Universal de Perda de Solos – USLE.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Área de Estudo

A microrregião do Vão do Paranã é inserida na porção nordeste do estado de Goiás, zona que vem modificando sua característica econômica com a consolidação de políticas públicas e a retomada do desenvolvimento sustentável na região, sobretudo com a intensificação da atividade turística (YAZIGI, 2004) por meio da modalidade turismo de natureza. A área conta com a presença de sete Unidades de Conservação de categoria de proteção integral ou sustentável, sob a responsabilidade do poder público federal, estadual ou municipal (**Figura 1**).

**Figura 1:** Mapa de localização da Microrregião do Vão do Paranã e Unidades de Conservação presentes



Fonte: Elaborado por BATISTA, J. G. (2019)

Ao todo, seu território ocupa uma área de 17.384,71 km<sup>2</sup>, distribuídos na área de 12 municípios goianos, sendo eles: Sítio d'Abadia, Damianópolis, Simolândia, Alvorada do Norte, Buritinópolis, Mambaí, Flores de Goiás, Posse, Iaciara, Guarani de Goiás, São Domingos e Divinópolis de Goiás, onde residem, segundo estimativa do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2018, 121.564 habitantes.

Inserem-se nesta microrregião as Unidades de Conservação do Parque Estadual de Terra Ronca (57.000,00 ha), associado à Reserva Extrativista Recanto das Araras de Terra Ronca (12.349,33 ha), situadas nos municípios de São Domingos e Guarani de Goiás; a Floresta Nacional

da Mata Grande (2.010,05 ha), também em São Domingos; o Parque Natural Municipal Ribeirão da Prata (3.167,76 ha), em Posse; a Área de Proteção Ambiental das Nascentes do Rio Vermelho (176.324,33 ha), distribuída nos municípios de Buritinópolis, Damianópolis, Mambai e Posse; e a Área de Proteção Ambiental da Serra Geral de Goiás (60.000,00 ha), localizada também em São Domingos e Guarani de Goiás, próxima às unidades já citadas.

A microrregião apresenta 46 bacias hidrográficas, inseridas nos limites administrativos. Devido ao comportamento topográfico da microrregião, na porção oeste, destacam-se pequenas bacias (área média total de aproximadamente 40 km<sup>2</sup>). Na porção leste, destacam-se médias bacias (média de 2.220,97 km<sup>2</sup>). Para a seleção das bacias dos rios São Domingos e Corrente, adotou-se como critério a expressividade de suas áreas, assim como o fato destas apresentarem o maior e o menor índice de antropização (respectivamente), dentro do período analisado.

## 2.2. Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa estão, portanto, associados à delimitação das bacias hidrográficas presentes na microrregião, realizadas automaticamente por meio de ferramentas do *software* ArcMap, refinadas manualmente para a correção de erros.

Os dados utilizados para a composição do uso do solo foram obtidos por meio da coleção 4 da iniciativa Mapbiomas, considerando o período de 1985 a 2015. As informações referentes à disposição dos solos foram obtidas a partir do trabalho de Ponciano (2017). Sendo assim, também foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solos **Equação (1)** na avaliação do potencial de perda dos solos, calculada por meio da proposição de Wischmeier e Smith (1965):

$$A = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P \quad (1)$$

Assim,

A = perda de solo calculada por unidade de área (t/ha.ano);

R = fator erosividade pela chuva (MJ/ha.mm/ano);

K = fator erodibilidade do solo (MJ/ha.mm/ha);

L = fator comprimento de declive;

S = fator grau de declive;

C = fator uso e manejo;

P = fator prática conservacionista.

### 2.2.1. Fator R (Erosividade)

O cálculo da erosividade foi realizado a partir das médias mensais de precipitação com base na janela histórica de 31 anos das estações meteorológicas dos municípios goianos de Posse e Formosa. Os dados foram obtidos do portal do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2019), trabalhados seguindo a **Equação (2)**, expressa por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992):

$$EI = 68,730 \left( \frac{p^2}{P} \right)^{0,0841} \quad (2)$$

Desta maneira,

EI = média mensal do índice de erosão em;

p = precipitação média mensal em milímetro;

P = precipitação média anual em milímetro.

Calculada a erosividade, foi elaborado o mapa por meio da ferramenta *Interpolation* → *IDW*

do ArcMap 10.3, agregando os valores de erosividade aos pontos de localização das estações meteorológicas, gerando a interpolação.

### 2.2.2. Fator K (Erosividade)

O cálculo de erodibilidade é feito com as porcentagens de textura para a subsuperfície de cada solo identificado, como consta na **Equação (3)**, exposta por Mannigel *et al.* (2002 *apud* HUDSON, 1982):

$$Fator K = \frac{(\% silte) + (\% areia)}{100} / (\% argila) \quad (3)$$

Como na realização deste estudo não houve a etapa de campo e amostragem de materiais, os valores de erodibilidade dos solos foram obtidos em outras bibliografias (**Quadro 1**):

**Quadro 1:** Erodibilidade dos solos segundo a revisão bibliográfica

| Tipo de Solo                          | Erodibilidade (K) | Referência                     |
|---------------------------------------|-------------------|--------------------------------|
| Neossolo Quartzarênico órtico         | 0,0722            | Corrêa, Morais e Pinto (2015)  |
| Neossolo Quartzarênico hidromórfico   | 0,0722            | Corrêa, Morais e Pinto (2015)  |
| Neossolo Litólico eutrófico           | 0,0570            | Rodrigues <i>et al.</i> (2017) |
| Neossolo Litólico distrófico          | 0,0570            | Rodrigues <i>et al.</i> (2017) |
| Argissolo Vermelho eutrófico          | 0,0112            | Mannigel <i>et al.</i> (2002)  |
| Nitossolo Vermelho eutrófico          | 0,0016            | Correchel (2003)               |
| Latossolo Amarelo distrófico          | 0,0100            | Oliveira Jr e Medina (1996)    |
| Latossolo Vermelho distrófico         | 0,0038            | Mannigel <i>et al.</i> (2002)  |
| Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico | 0,0081            | Mannigel <i>et al.</i> (2002)  |
| Plintossolo Argilúvico distrófico     | 0,0438            | Morais e Sales (2017)          |
| Plintossolo Pétrico concrecionário    | 0,0438            | Morais e Sales (2017)          |
| Cambissolo Háptico distrófico         | 0,0508            | Mannigel <i>et al.</i> (2002)  |

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

### 2.2.3. Fator LS (Topográfico)

Para gerar o fator topográfico, multiplicou-se o comprimento e o grau de declive, conforme a **Equação (4)**, proposta por Bertoni e Lombardi Neto (2005).

$$LS = 0,00984 \cdot L^{0,63} \cdot S^{1,18} \quad (4)$$

### 2.2.4 Fator CP (Uso e manejo; Prática conservacionista)

Os valores da integração CP foram obtidos na dissertação de Oliveira (2012), onde se utilizou o modelo já existente de Stein *et al.* (1987). Para as classes de uso e cobertura do solo, foram então atribuídos (**Quadro 2**):

**Quadro 2:** Fator CP para as classes de uso e cobertura presentes nas bacias

| Uso/Cobertura      | Fator CP |
|--------------------|----------|
| Agricultura        | 0,25000  |
| Área Urbana        | 0,00000  |
| Corpo Hídrico      | 0,00000  |
| Formação Campestre | 0,01000  |

|                    |         |
|--------------------|---------|
| Formação Florestal | 0,00004 |
| Formação Savânica  | 0,00070 |
| Floresta Plantada  | 0,00010 |
| Pastagem           | 0,02000 |
| Solo Exposto       | 1,00000 |

Fonte: Oliveira (2012).

A fim de confirmar uma inclinação à fragilidade ou a expor um contraponto, foram efetuados cálculos de parâmetros morfométricos para identificar o que os resultados apontam sobre as dinâmicas ambientais dessas bacias, conforme indicado no **Quadro 3**:

**Quadro 3:** Descrição dos parâmetros morfométricos analisados

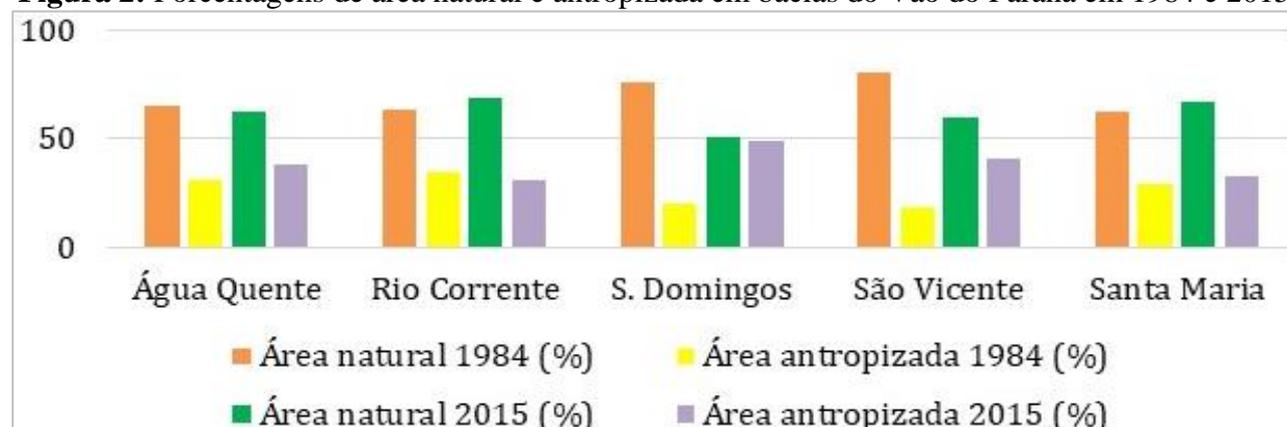
| Parâmetro Utilizado        | Descrição   | Fórmula  |
|----------------------------|---|--|
| Densidade de drenagem      | Indica o quão desenvolvido é o sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica. É o resultado da relação entre o comprimento total dos canais e a área da bacia, expressa em km <sup>2</sup> /km (EMBRAPA, 2012). | $Dd = \frac{Lt}{A}$<br>Sendo:<br>Dd = densidade de drenagem;<br>Lt = comprimento total; e A = área da bacia.   |
| Índice de rugosidade       | Relaciona o escoamento superficial com o potencial erosivo da bacia. É calculada pela diferença altimétrica entre a foz e a maior altitude encontrada na bacia (EMBRAPA, 2012).                                 | $Ct = Dd \times H$<br>Onde:<br>Ct = índice de rugosidade; Dd = densidade de drenagem;<br>H = amplitude altimétrica.                                    |
| Coefficiente de manutenção | Fornece a área mínima necessária para a manutenção de 1m de canal de escoamento, permitindo analisar o balanço hidrodinâmico da bacia (EMBRAPA, 2012).  | $Cm = \frac{1}{Dd} \cdot 1000$<br>Sendo:<br>Cm = coeficiente de manutenção (km <sup>2</sup> /km);<br>Dd = densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> ). |

Fonte: Adaptado de EMBRAPA (2012).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise histórica comparada do uso do solo entre as duas bacias indicou a bacia do Rio São Domingos com maior intensidade de antropização, e a do Rio Corrente, com menor intensidade de antropização (**Figura 2**), motivando, portanto, a seleção destas para análise da vulnerabilidade a perda de solos.

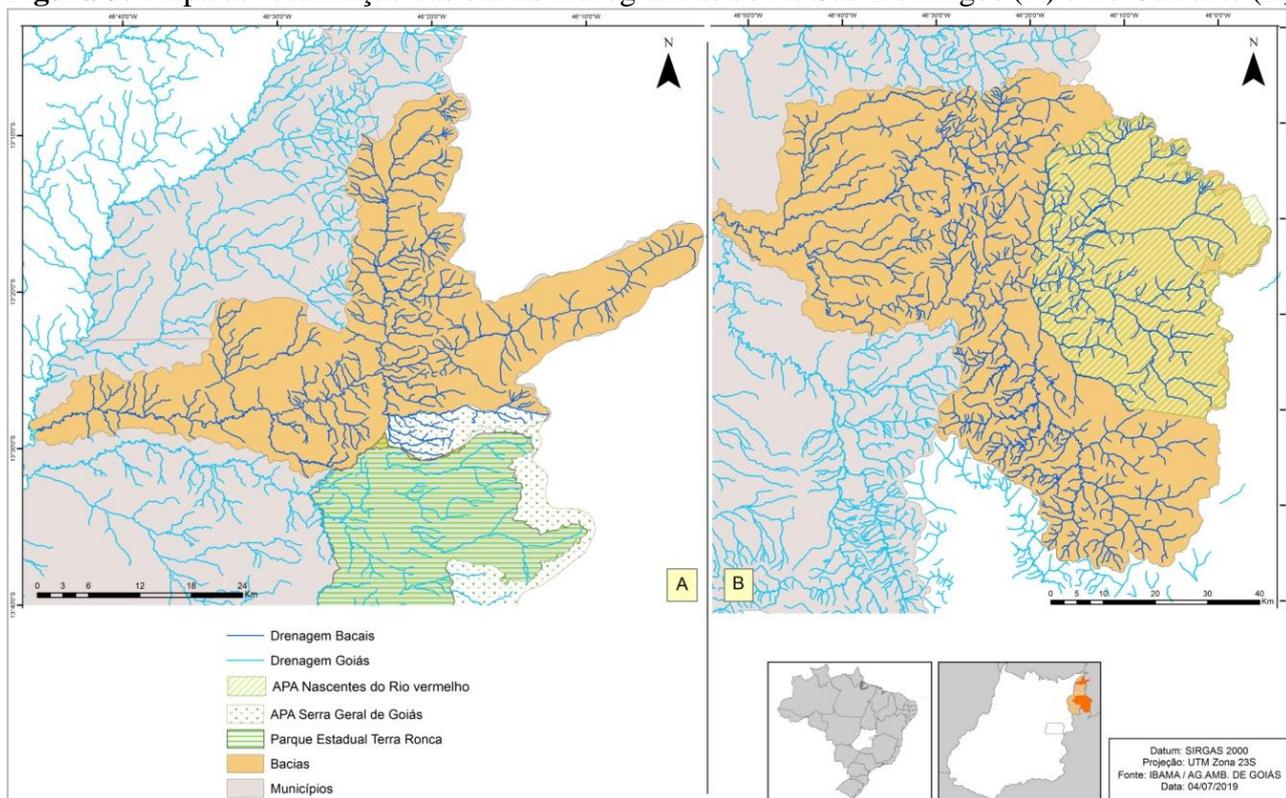
**Figura 2:** Porcentagens de área natural e antropizada em bacias do Vão do Paraná em 1984 e 2015



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

A bacia do rio São Domingos (na **Figura 3-A**) localiza-se na porção norte do Vão do Paranã, ocupando 7,04% da área da microrregião, abrangendo os municípios de São Domingos e Divinópolis de Goiás. Ao todo, a bacia apresenta uma área de 1.223,49 km<sup>2</sup>, de modo que, dentro da série histórica verificada (1985 e 2015), o percentual de áreas com uso natural diminuiu 25,51%, enquanto as áreas antropizadas ampliaram em 29%. Esta bacia contempla 69,62 km<sup>2</sup> de áreas destinadas à Unidades de Conservação (cerca de 5,7% da bacia), como já citado, sendo 3,80 km<sup>2</sup> ocupados pelo Parque Estadual de Terra Ronca, e 65,82 km<sup>2</sup> pela APA da Serra Geral de Goiás.

**Figura 3:** Mapa de localização das bacias hidrográficas do rio São Domingos (A) e rio Corrente (B)



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2019).

A bacia hidrográfica do Rio Corrente (**Figura 3-B**) corresponde à porção sudeste do Vão do Paranã, abrangendo 33,30% de seu território total. Com uma extensão em área de 5.788,68 km<sup>2</sup>, se insere dentro dos municípios goianos de Iaciara, Posse, Mambaí, Buritinópolis, Simolândia, Alvorada do Norte, Sítio d'Abadia e Damianópolis. Dentro dos limites da bacia do rio Corrente, encontra-se a APA Nascentes do Rio Vermelho, Unidade de Conservação de uso sustentável criada em 2001, com área de 1.763,24 km<sup>2</sup>, que representa 30,46% da bacia do Rio Corrente.

Analisando os atributos físicos das bacias, que foram utilizados para compor o cálculo da USLE, verifica-se um paradigma sobre as fragilidades impressas dentro das próprias classes.

As coberturas e usos dos solos nas áreas de estudo foram alterados de forma considerável, ao longo dos últimos 30 anos, entre os dois mapeamentos realizados. No ano de 1985, a bacia do Rio São Domingos era majoritariamente caracterizada por extensões de vegetação nativa, com cerca de 79,1% da área total (**Tabela 1**). Havia o predomínio de vegetações remanescentes de formações savânicas, presumivelmente associadas aos fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos e climáticos encontrados na região. Os usos antropizados se fizeram, portanto, bem representados pela classe de pastagens, que ocupam 17,7% da bacia, estando disposta em todas as porções da bacia (**Figura 4-1A**).

**Tabela 1:** Distribuição das classes nos anos de análise

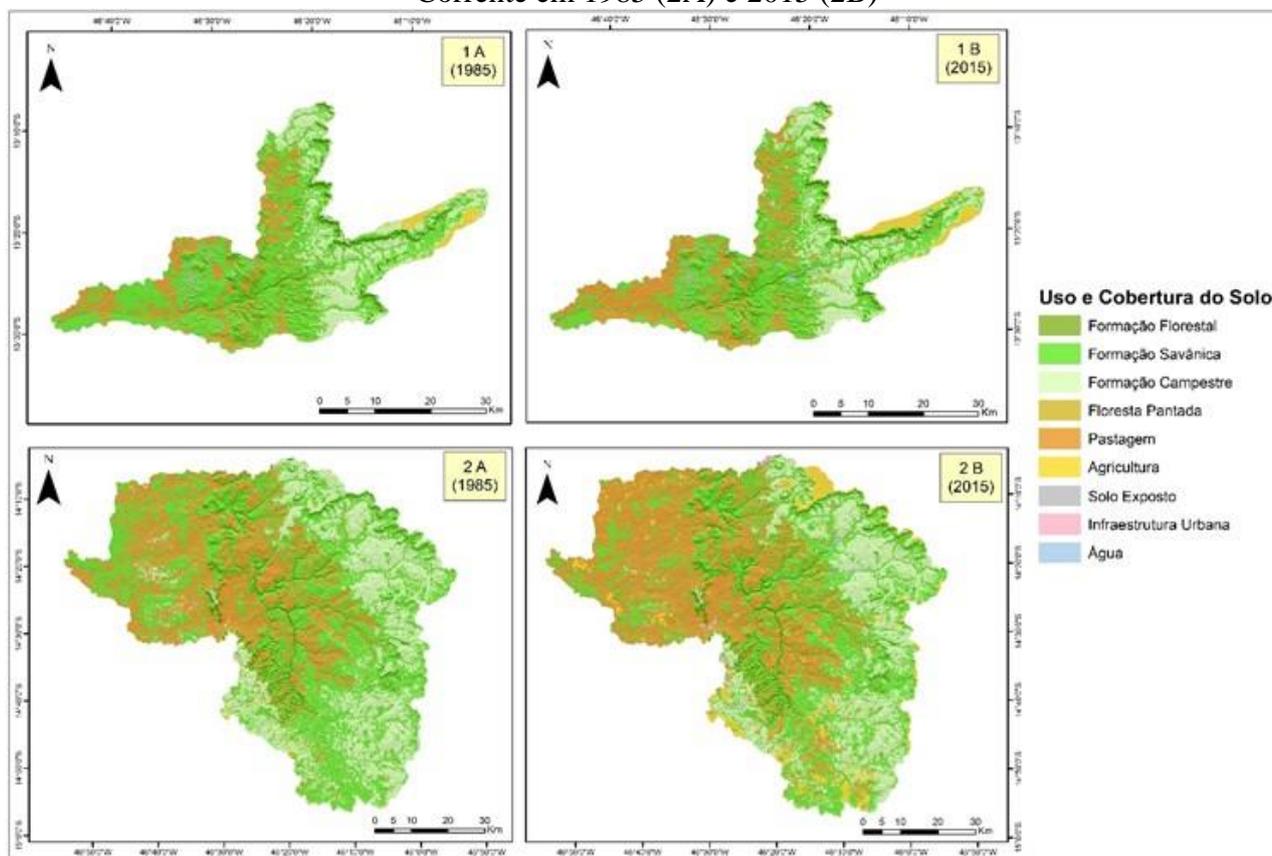
| Classes            | Bacia São Domingos 1985 (%) | Bacia São Domingos 2015 (%) | Bacia Corrente 1985 (%) | Bacia Corrente 2015 (%) |
|--------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Formação florestal | 4                           | 3,66                        | 2,71                    | 2,38                    |
| Formação savânica  | 55,0                        | 48,76                       | 45,2                    | 37,2                    |
| Formação campestre | 20,1                        | 17,80                       | 24,53                   | 20,95                   |
| Floresta plantada  | 1                           | 0,025                       | 0,1                     | 0,04                    |
| Pastagem           | 17,7                        | 24,6                        | 27                      | 33,4                    |
| Agricultura        | 2,2                         | 4,2                         | 0,39                    | 5,4                     |
| Área Urbana        | -                           | -                           | 0,02                    | 0,22                    |
| Solo exposto       | -                           | 0,97                        | -                       | 0,21                    |
| Corpo hídrico      | -                           | -                           | 0,04                    | 0,21                    |

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Em 2015, é possível perceber uma diminuição das classes naturais, sobretudo, nas formações campestres e savânica, convertidas possivelmente em áreas de pastagens, já que esta foi a classe antrópica que revelou maior aumento (**Figura 4-1A e 1B**).

A presença da APA Nascentes do Rio Vermelho em, aproximadamente, 1/3 da área da bacia talvez seja um fator determinante para que o aumento de áreas antropizadas não seja maior na bacia do rio Corrente, uma vez que observa-se na região da APA (na porção nordeste da bacia) que houve pouca conversão de usos entre os anos de análise. Ao contrário da porção oeste, que apresentou um grande aumento em número de pastagem, e na região sul, que demonstrou consideráveis quantidades de faixas de agricultura.

**Figura 4:** Uso e cobertura nas bacias do rio São Domingos em 1985 (1A) e 2015 (1B) e rio Corrente em 1985 (2A) e 2015 (2B)



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

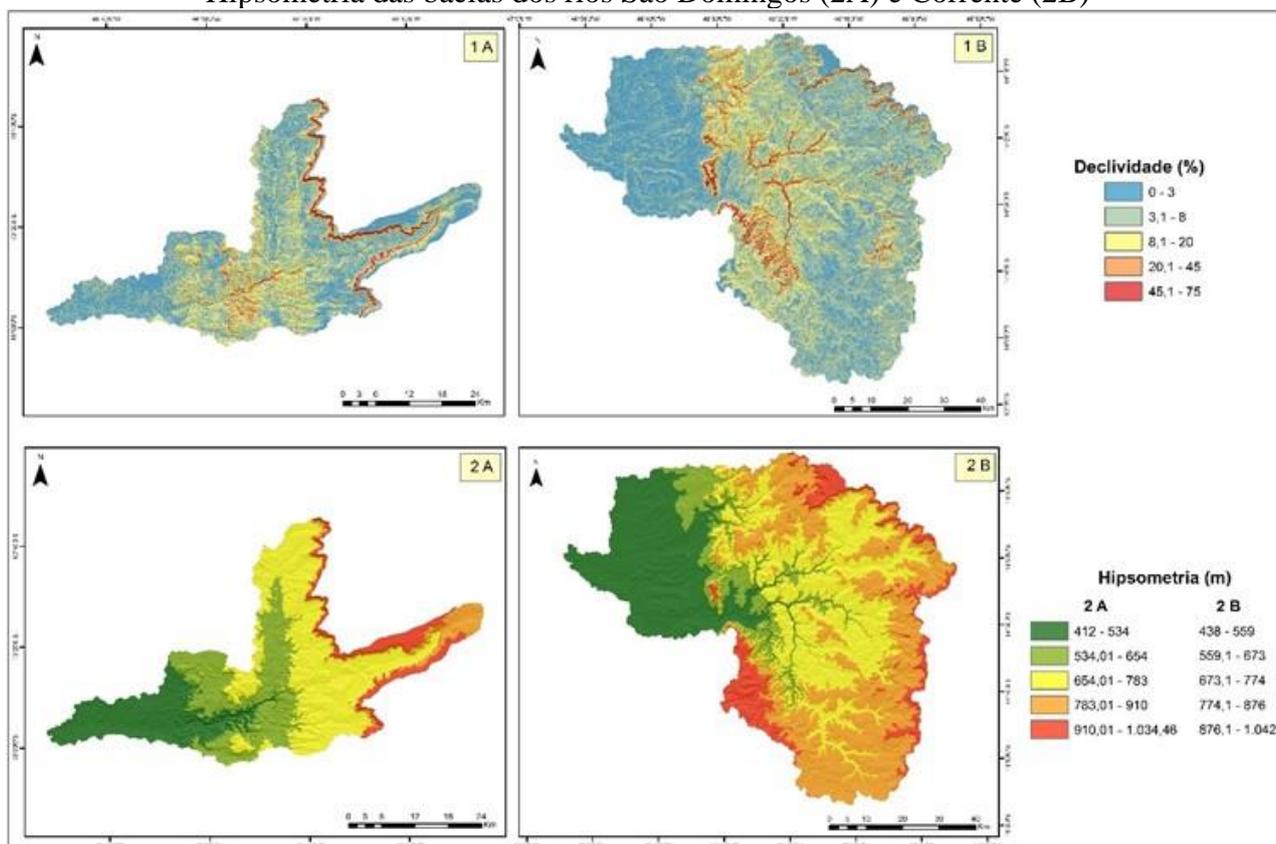
A análise da declividade indica que a bacia do Rio São Domingos (**Figura 5-1A**) apresentase, majoritariamente, com relevos entre as faixas do plano e do ondulado, que correspondem à 1.121 km<sup>2</sup> da bacia, bem distribuídos na área. As classes que variam entre os relevos forte ondulado e forte montanhoso se restringem à aproximadamente 102 km<sup>2</sup> da bacia, especificamente na escarpa da Serra Geral goiana e na porção central da bacia, ocupada, principalmente, por áreas de vegetação nativa e agricultura.

A bacia do Rio Corrente também apresenta um grande predomínio de relevos plano, suave – plano e ondulado (**Figura 5-1B**). Os relevos mais intensos distribuem-se entre a zona da escarpa, localizada à nordeste da bacia, e na porção central, onde provavelmente, localizam-se canais de drenagem mais entalhados que formam cânions.

Contrapondo a declividade das áreas de estudo com as destinações de uso em 2015, constata-se que as conversões de vegetações nativas, seja em áreas de pastagem ou de agricultura, tiveram suas extensões orientadas, de maneira majoritária, na zona oeste da bacia do rio São Domingos (aumento considerável de pastagem) e na porção sul/oeste na bacia do rio Corrente. Desta maneira, nota-se em ambas as bacias um aumento nas extensões de pastagem nas zonas oeste, nestas onde se encontram as faixas mais aplainadas das bacias, locais ideais para o desenvolvimento de atividades agropecuárias, por necessitarem de menos tecnologias e de técnicas de produção.

Ambas as bacias analisadas possuem cotas altimétricas que variam entre 400m e 1.000m, sendo que as zonas de maior altitude encontram-se nas bordas leste e sudoeste, locais onde se iniciam os canais de drenagem (**Figura 5**).

**Figura 5:** Declividade das bacias hidrográficas dos rios São Domingos (1A) e Corrente (1B); Hipsometria das bacias dos rios São Domingos (2A) e Corrente (2B)



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Em relação aos solos, o comportamento pedológico da microrregião do Vão do Paraná coincide com o padrão característico do Cerrado: predomínio de Latossolos e de solos com sedimentos arenosos (HOFFMANN NETO, 1999). Em função da contribuição topográfica e

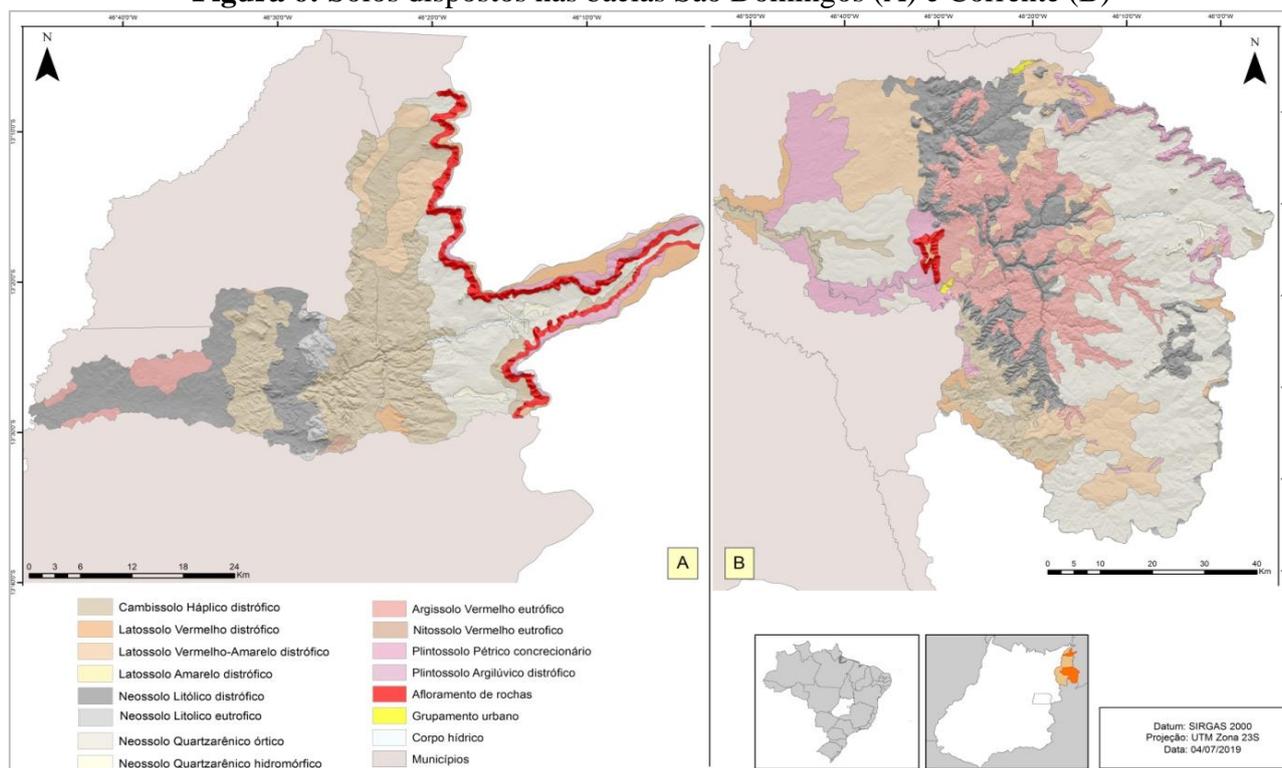
litológica, ainda identifica-se uma expressiva diversidade pedológica, com o desenvolvimento de 12 classes de solo, limitadores ao desenvolvimento agrícola (PONCIANO, 2017), dispostas nas bacias em estudo (**Figura 6**).

De maneira comparativa, nota-se que os solos da bacia do Rio São Domingos apresentam, no geral, pouca fertilidade, por conta da alta saturação de alumínio, baixa capacidade de troca catiônica, quantidade reduzida de nutrientes e alto poder de fixação de fósforo (HOFFMANN NETO, 1999); associado à solos, em grande parte, com textura majoritariamente arenosa, o que pode favorecer a formação de processos erosivos. As regiões onde se encontram os solos mais profundos e menos arenosos são justamente aquelas porções a montante e a jusante da bacia, onde o relevo se faz mais plano.

Apesar de apresentar basicamente as mesmas classes de solo, a bacia do rio Corrente possui uma quantidade maior de solos bem evoluídos, devido à presença mais expressiva de Argissolos e Latossolos (BRANCO, 2014). Com uma menor concentração da fração areia em sua composição, possuem melhores condições de sustentar certos tipos de uso e menor suscetibilidade na formação de erosão, dadas suas condições físicas.

A ONU (2012) indica que os efeitos do desmatamento em solos arenosos são maiores quando comparados aos solos argilosos, isso porque o tamanho das partículas argilosas é capaz de reter com mais facilidade a água e os nutrientes, evitando a sua perda. Isto acontece ao contrário de solos arenosos, que, devido à superfície de contato de suas partículas, conseguem reter menos nutrientes e matéria orgânica.

**Figura 6:** Solos dispostos nas bacias São Domingos (A) e Corrente (B)



**Fonte:** Elaborado pelos autores (2019).

Na bacia do rio São Domingos, apenas 15,65% dos solos são de textura argilosa, o que significa dizer que, em caso de desmatamentos, 84,35% dos solos estarão mais suscetíveis à degradação; enquanto na bacia do Rio Corrente, 31,9% apresentam textura Argilosa, o que implica que em situação de retirada da vegetação, 68,1% dos solos estarão mais vulneráveis à situações de erosão; número que apesar de grande, é bastante inferior à bacia do rio São Domingos.

Apesar de sua extrema importância para a conservação ambiental nas regiões analisadas, as

áreas com destinação à Unidades de Conservação, presentes nas bacias, ainda são locais com grandes situações de conversões de usos naturais em antrópico. Desta forma, as faixas de ocorrência de solos pouco argilosos nas zonas dessas UCs podem vir a degradar-se conforme haja a antropização dessas áreas. O Relatório Anual de Desmatamento no Brasil (MAPBIOMAS, 2020) aponta que, no ano de 2019, 44.069 ha de Unidades de Conservação foram desmatados no Cerrado, com destaque para a APA Nascente do Rio Vermelho, inserida na bacia do rio Corrente, que foi uma das UCs mais desmatadas do país, com 2.045 ha de vegetação suprimida, o que vir a provocar futuras degradações no solo da Unidade, formado majoritariamente por solos do tipo Neossolo litólico, que é vulnerável à erosão.

### 3.1. Parâmetros morfométricos

A avaliação dos parâmetros morfométricos, realizada nas bacias selecionadas, indica um comportamento relevante para validação das hipóteses levantadas.

A densidade de drenagem é um parâmetro que pode indicar o nível de evolução do relevo e do sistema de drenagem, atrelando-se com fatores geológicos, do solo e até mesmo climáticos, podendo ser classificada de acordo com os resultados expressos por Carvalho e Silva (2006).

Ambas as bacias apresentaram o índice densidade de drenagem considerado regular, como visto na (Tabela 2). Esta característica pode estar relacionada aos atributos do solo, uma vez que revela uma quantidade considerável de solos com teor elevado de areia. Desta maneira, possui taxa de infiltração maior do que, por exemplo, solos argilosos, devido à maior porosidade pedológica. Assim, desenvolvem-se menos canais de drenagem, pois se escoam uma menor quantidade de água. Em contrapartida, torna-se mais fácil o surgimento de processos erosivos mediante às características dos solos.

**Tabela 2:** Densidade de drenagem das bacias analisadas

| Densidade de drenagem |          |                             |                                 |                            |
|-----------------------|----------|-----------------------------|---------------------------------|----------------------------|
| Bacia                 | Área     | Comprimento dos canais (km) | Resultado (km/km <sup>2</sup> ) | Resultado                  |
| São Domingos          | 1.223,50 | 1.029,18                    | 0,84                            | Bacia com drenagem regular |
| Corrente              | 5.788,68 | 3.194,30                    | 0,55                            | Bacia com drenagem regular |

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O índice de rugosidade é considerado um parâmetro adimensional, em que quanto menor o resultado encontrado, menor a possibilidade de a bacia estar sujeita à erosão. Segundo afirma Moreira *et al.* (2016), este índice relaciona o escoamento hídrico ao seu potencial erosivo, assim, quanto maior apresenta-se o índice de rugosidade de uma bacia, maior será o risco de degradação quando as vertentes se caracterizarem por serem íngremes e longas. Desta forma, conforme a Tabela 3, a bacia com maior propensão à degradação é a bacia do rio São Domingos.

**Tabela 3:** Índice de rugosidade das bacias analisadas

| Índice de rugosidade |                           |   |           |
|----------------------|---------------------------|---|-----------|
| Bacia                | Amplitude altimétrica (m) | Densidade de drenagem (km/km <sup>2</sup> ) | Resultado |
| São Domingos         | 623,75                    | 0,84  | 523,95    |
| Rio Corrente         | 603,61                    | 0,55  | 331,98    |

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O coeficiente de manutenção é interpretado como um parâmetro que relaciona-se de forma inversa à densidade de drenagem. Dessa forma, é calculada a área mínima (em km<sup>2</sup>) necessária para

a boa manutenção de 1 km de canal de escoamento, ou seja, quanto menor for o coeficiente de manutenção, menor será a possibilidade de manter-se ativo em 1 km de canal.

A **Tabela 4** indica que, quando as áreas são comparadas, a bacia do rio São Domingos é a que apresenta um índice menor em capacidade de manter-se perene, em 1 km de canal com sua área total, significando que seus canais terão maior dificuldade de permanecerem ativos.

**Tabela 4:** Coeficiente de manutenção das bacias analisadas

| Bacia        | Coeficiente de manutenção |                                 |
|--------------|---------------------------|---------------------------------|
|              | Comprimento do canal (km) | Resultado (km/km <sup>2</sup> ) |
| São Domingos | 1.029,18                  | 1,19                            |
| Corrente     | 3.194,30                  | 1,81                            |

Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

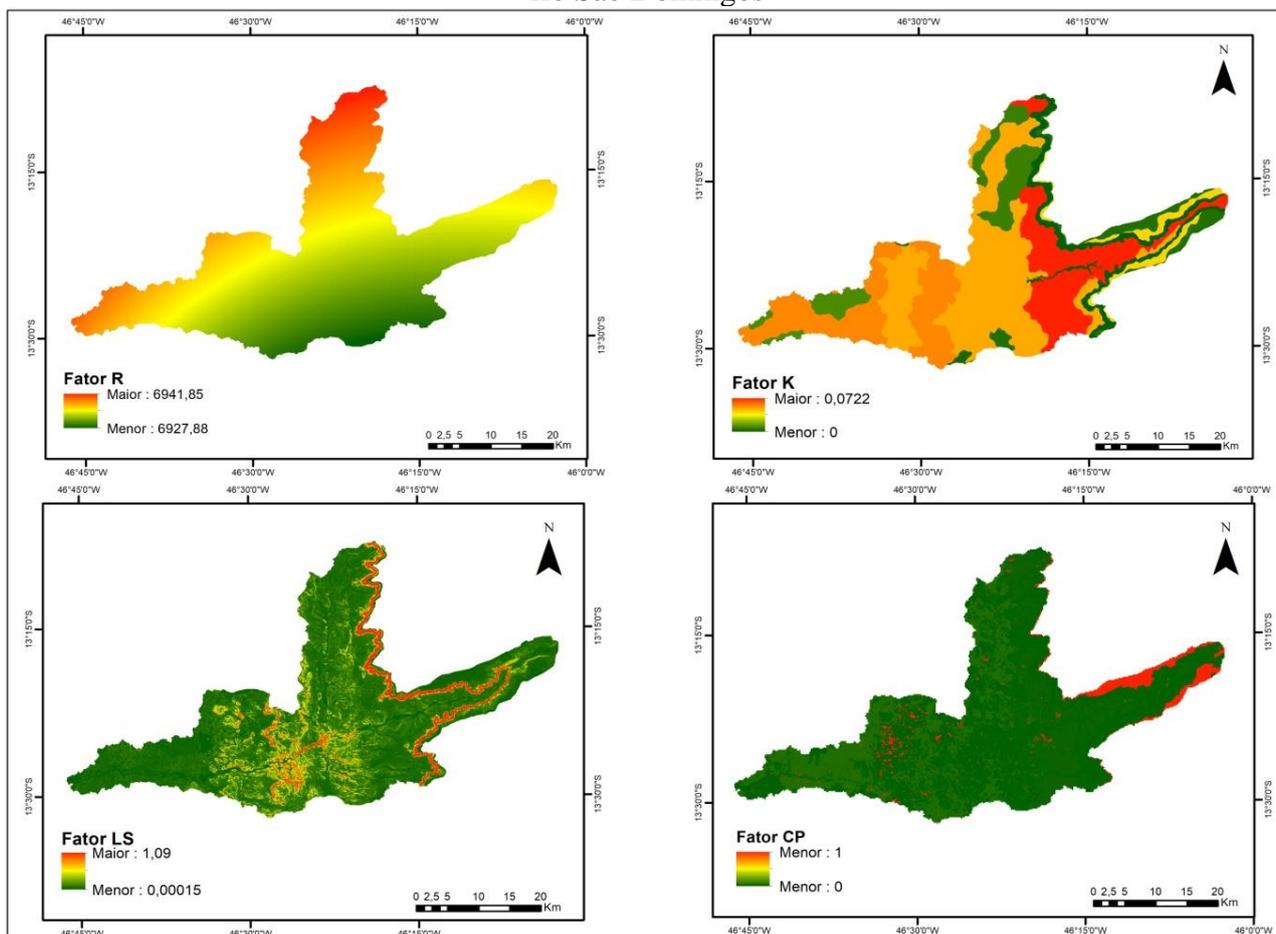
### 3.2. Equação Universal de Perda de Solos

Conforme realizados os mapeamentos anteriormente analisados, foram gerados os produtos referentes às classes que compõem a equação de perda de solos, conforme indicam as figuras 7 e 8.

O regime de chuvas da região faz com que a bacia hidrográfica do rio São Domingos apresente uma taxa de erosividade (fator R) que varia entre 6.941,85 a 6.927,88 MJ.mm(ha.h)<sup>-1</sup> (**Figura 7**).

Com os valores obtidos, pode-se confirmar que a bacia possui um potencial moderado até forte de Erosividade, provocado pela chuva, conforme a classificação presente em Carvalho (2008).

**Figura 7:** Representação gráfica dos fatores que compõem o cálculo de perda de solo na bacia do rio São Domingos



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

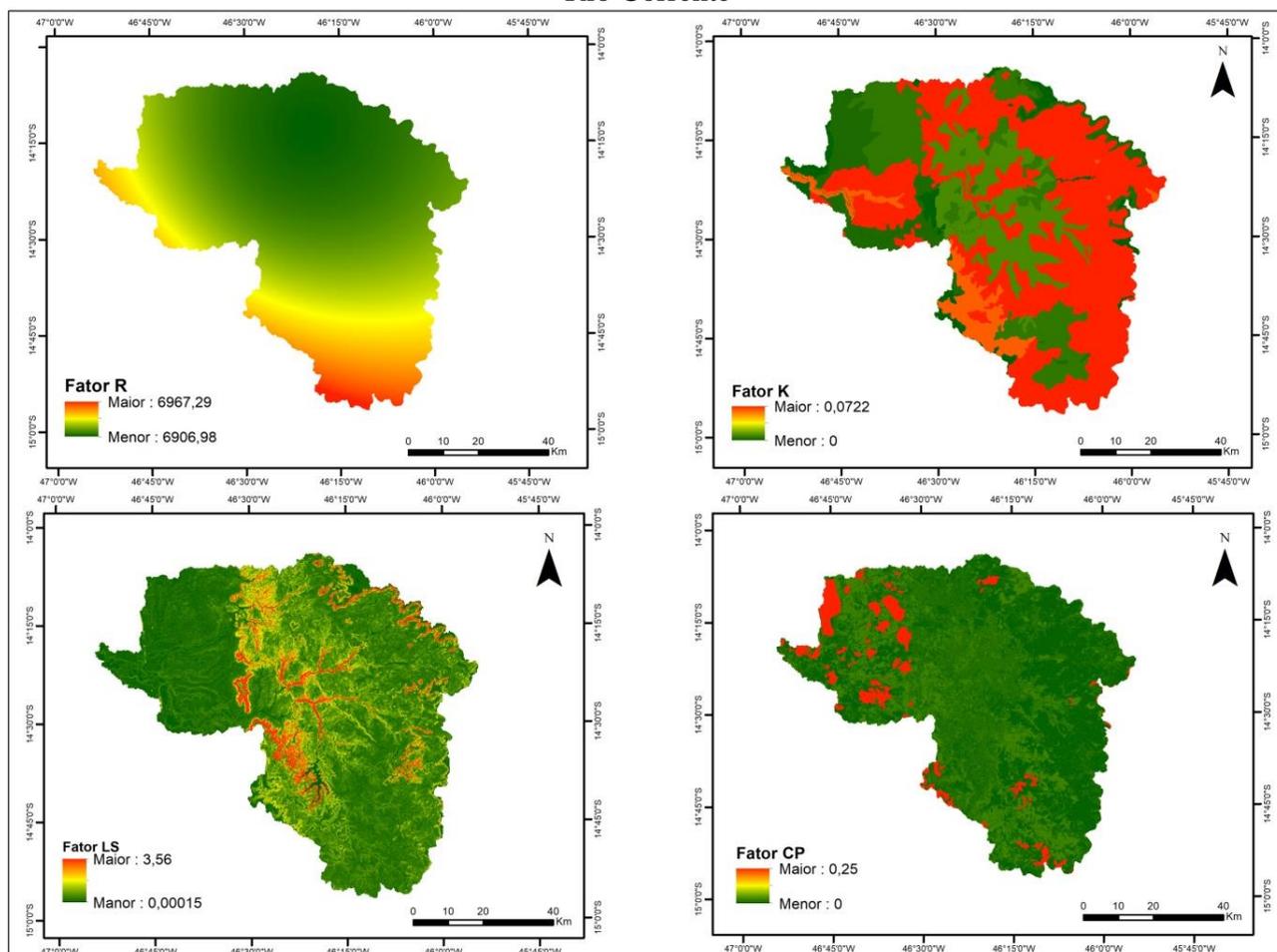
O fator K, referente à erodibilidade apresentada por cada classe de solo, mostrou valores que variam entre 0 e 0,0722, sendo as regiões de afloramentos rochosos equivalente ao menor valor encontrado, seguido pelos Argissolos e Latossolos, presentes em maioria no norte, leste e oeste na bacia (região mais plana, no qual os solos desenvolvem-se em maior profundidade). A classe que apresentou a maior propensão à perda de solo foi a dos Neossolos Quartzarênicos, presentes na porção centro-leste da bacia.

O fator topográfico LS, resultado da integração dos fatores L e S, representa o comprimento do declive e seu gradiente, obtendo o valor máximo de 1,08 nas regiões que expressam declive. Variando entre 0 e 1, o fator CP atingiu maiores valores nas regiões de solo exposto, apresentando-se em pequenas faixas isoladas.

A bacia do Rio Corrente apresentou os valores de seus fatores semelhantes à bacia do Rio São Domingos, devido ao fato de que as classes encontradas repetem-se, em maioria, nas duas áreas de estudo, se diferenciando de forma mais visível nas extensões de suas áreas (**Figura 8**).

O fator R, condizente à erosividade, assim como na São Domingos, encontra-se atuante de forma moderada a forte, uma vez que apresenta seus valores entre 6.906,98 e 6.967,29 MJ.mm(ha.h)<sup>-1</sup>.

**Figura 8:** Representação gráfica dos fatores que compõem o cálculo de perda de solo na bacia do Rio Corrente



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

O fator K manifesta-se de forma mais intensa nas porções sul e leste da bacia, apresentando índices que alcançam os 0,0722, indicando a presença de Neossolos Quartzarênicos, a classe mais propensa à erodibilidade encontrada na sua região.

O fator LS, de forma tal como expressa na bacia do rio São Domingos, apresenta seus

maiores níveis nas áreas mais declivosas, entretanto, apresenta valores maiores devido à maior extensão em comprimento, das suas rampas.

Diferente da bacia do rio São Domingos, a bacia do rio Corrente não apresentou zonas com solo exposto, o que fez com que a classe que apresentasse maior valor de CP fosse a agricultura, seguida pela pastagem.

A multiplicação dos fatores encontrados, a partir dos componentes físicos, resulta nos mapas abaixo apresentados, indicando a quantidade potencial de perda por ano, expressa em  $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . A **Tabela 5** a seguir aponta a porcentagem de perda de solos ocupada por cada classe, em suas respectivas bacias.

**Tabela 5:** Porcentagens de área ocupada de acordo com as quantidades de perda de solo

| Área ocupada pelas classes de perda de solo |                            |                        |
|---|----------------------------|------------------------|
| Classes de perda de solo                    | Bacia rio São Domingos (%) | Bacia Rio Corrente (%) |
| 0 – 0,01                                    | 66,35                      | 62,63                  |
| 0,01 – 0,1                                  | 29,78                      | 33,7                   |
| 0,1 – 0,2                                   | 1,66                       | 1,64                   |
| 0,2 – 0,5                                   | 1,13                       | 1,2                    |
| 0,5 – 1                                     | 0,29                       | 0,66                   |
| 1 – 5                                       | 0,56                       | 0,14                   |
| >5  | 0,2                        | 0,03                   |

**Fonte:** Elaborado pelos autores (2019).

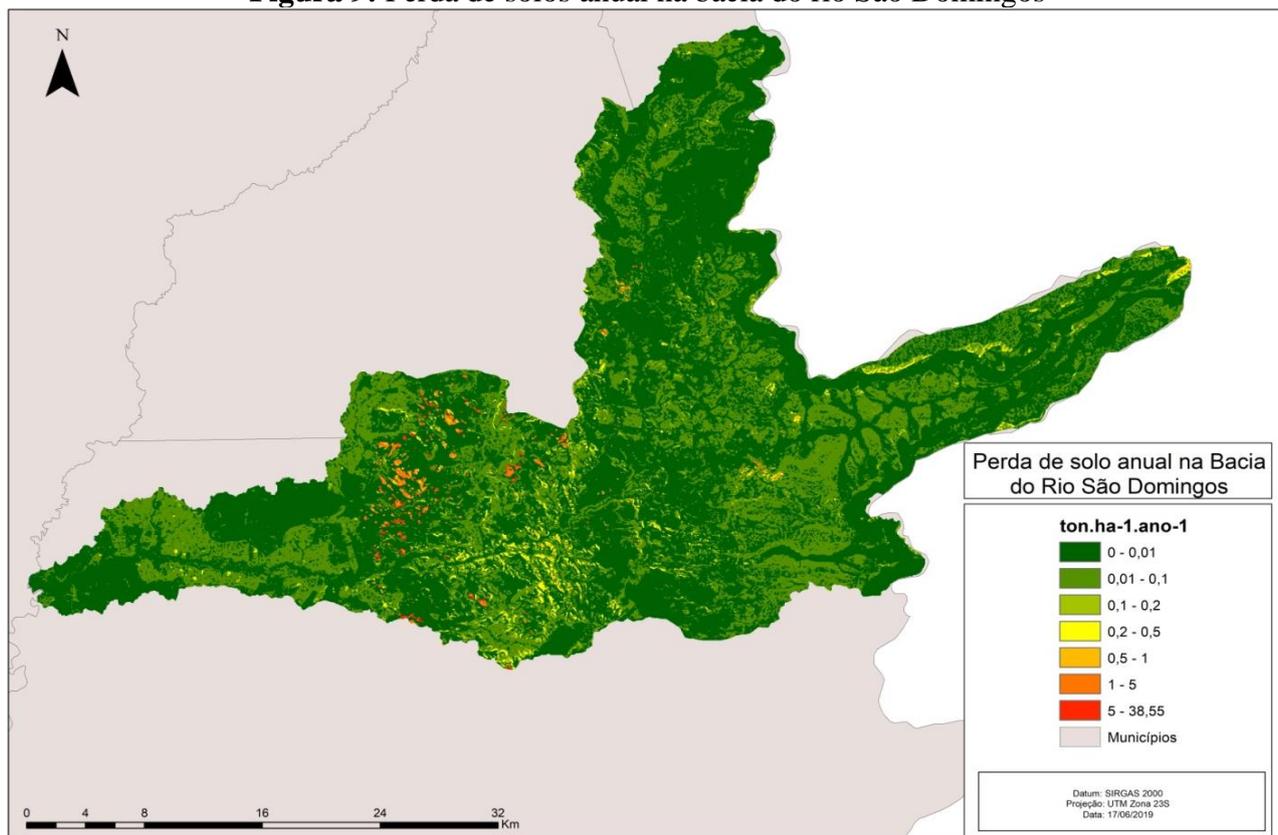
Analisando a **Tabela 5** juntamente com a **Figura 9**, síntese da espacialização da perda de solos, pode-se perceber na Bacia Hidrográfica do Rio São Domingos que a grande parcela e sua área total evidencia uma pequena propensão à quantidade de solos erodidos, variando entre 0 e 0,01  $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ . Ao todo, a bacia apresenta uma perda variável entre 0 a 38,55  $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , em que nota-se uma exibição de valores mais acentuados. Desta maneira, encontram-se faixas em que as características físicas são reconhecidas como mais susceptíveis à perda, quando em relação à outros atributos de suas respectivas classes.

Deste modo, a região centro-oeste da bacia, que concentra as manchas com a maior quantidade de valores, 0,5 a 38,55  $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$ , localiza-se em uma porção onde os solos predominantemente Neossolos e Cambissolo, são mais propensos à erosão. Desta maneira, a declividade apresenta-se como acidentada. As grandes extensões encontram-se entre relevos que foram classificados, conforme a Embrapa (1999), como ondulado a forte montanhoso. Possuem ainda usos e coberturas, que exibem áreas ocupadas, principalmente, por pastagem, agricultura e formação campestre, que são menos capazes de proteger o solo.

Como já esperado, no geral, a bacia hidrográfica do Rio Corrente apresenta uma quantidade menor de perda anual de solos, principalmente, quando é comparada à bacia do rio São Domingos. A presença de condicionantes físicos acaba gerando uma maior resistência à perda de material na região, fazendo com que a área manifeste uma quantidade menor de solos erodidos, perdendo-se, no máximo, 11,6  $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  em toda a bacia.

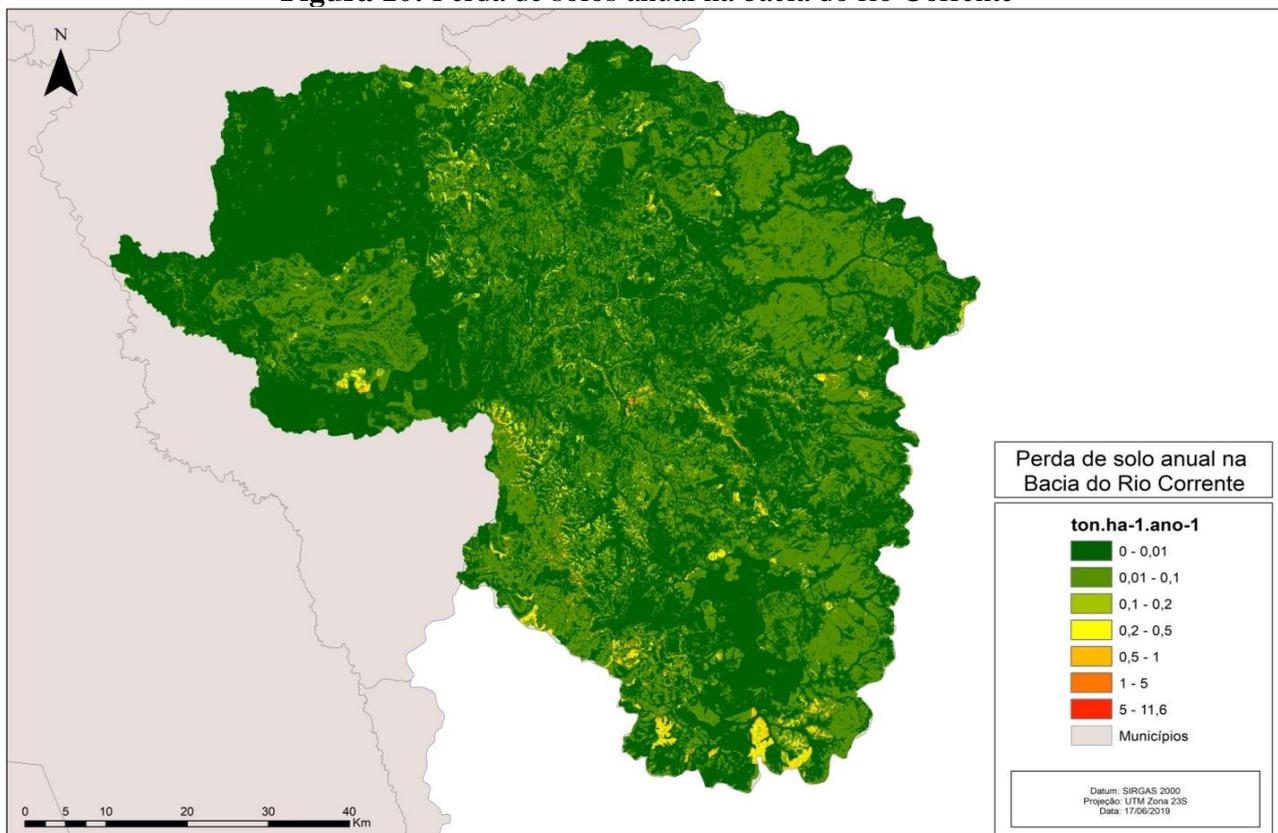
Como representado na **Figura 10** e na **Tabela 5**, a maior expressão em área da bacia perde apenas um máximo de 0,01  $\text{ton.ha}^{-1}.\text{ano}^{-1}$  de solo. De maneira aproximada 62% de seu total. As regiões que mais apresentam perda, dispõem-se em maiores concentrações na porção sul da bacia, que, apesar de constituída por relevos não declivosos, apresenta solos frágeis (Neossolos) e usos antropizados que pouco conseguem proteger o solo, como agricultura e pastagem.

**Figura 9:** Perda de solos anual na bacia do rio São Domingos



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

**Figura 10:** Perda de solos anual na bacia do rio Corrente



Fonte: Elaborado pelos autores (2019).

Outras pesquisas realizadas a partir da metodologia da USLE apresentam resultados semelhantes aos previstos no presente estudo, principalmente, ao que diz respeito à pequena quantidade de solos erodidos. Silva e Luchiari (2016) são estudiosos que analisam a bacia do Córrego Baguacú (SP), apontando que mais de 70% da região encontra-se sujeita à uma perda de solo anual, de 0 até 3 ton.ha. A baixa taxa de erosão laminar acontece também na bacia do arroio Marrecas – RS, em que mais de 78% da área apresenta perda de solos classificada como muito baixa (CEMIN *et al.*, 2013). Na bacia do Ribeirão Perobas, cerca de 72% da área perde entre 0 e 10 ton.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (DEMARCHI; PRIOLI; ZIMBACK, 2019), e na bacia do rio Urucaia, entre 0 a 15 ton.ha/ano são erodidos em aproximadamente 68% da bacia (MATA *et al.*, 2007).

Considera-se, assim, que o bom comportamento das bacias em relação à perda de solo por erosão laminar possa estar associado à extensão de áreas que são protegidas por UCs dentro de seus limites. Desta maneira, é possível se atenuar os impactos provocados por processos de antropização.

As críticas são levantadas por pesquisadores quanto à efetividade do modelo USLE. Thompson e Fidalgo (2013), por exemplo, apontam que em algumas regiões, as características físicas do meio podem indicar uma perda de solo mais acentuada, devido à intensidade das erosões lineares. As autoras afirmam ainda que a estipulação anual dos dados não permite a análise da variação sazonal e de eventos extremos. Além disso, é exposto que a atribuição de valores para os fatores pode apontar imprecisão, dependendo das áreas de estudo das fontes utilizadas, sobretudo contando-se com os valores uso e cobertura da terra (C) e práticas de manejo (P).

#### 4. CONCLUSÕES

A análise comparativa entre as duas áreas de estudo revelou que a bacia hidrográfica do Rio São Domingos possui um ambiente mais frágil e propenso à perda de solos, devido aos seus condicionantes.

A perda de solos torna-se, assim, um fator influente na determinação da fragilidade ambiental de dada região, já que a degradação proveniente da erosão provoca distúrbios no equilíbrio natural, ocasionando por consequência transtornos socioambientais. Com a qualidade do solo mais empobrecida, a renda econômica dos municípios que integram essas bacias também tende a cair, já que a produção é prejudicada devido à perda da parte superficial que concentra os maiores teores de nutrientes e matéria orgânica.

Em tentativa de se reverter a questão da perda de solos, ou ao menos buscar soluções para impedir seu avanço, o mapeamento das zonas de maior concentração de erosões laminares se torna importante para o planejamento ambiental administrativo dessas áreas. Dessa forma, o poder público deve atentar-se às regiões mais afetadas para que o problema não gere uma degradação passível de afetar os fatores naturais e sociais do Vão do Paraná.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao CNPq, financiador do projeto Geocologia das Paisagens do Vão do Paraná que possibilitou esta pesquisa.

#### REFERÊNCIAS

BERTONI, José; LOMBARDI NETO, Francisco (org.). **Conservação do Solo**. 5. ed. São Paulo: Ícone, 2005. 355p.

BRANCO, Pércio de Moraes. **Os solos**. 2014. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Os-Solos-2620.html>. Acesso em: 27 mar. 2021.

CARVALHO, Newton de Oliveira. **Hidrossedimentologia prática**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2008. 599p.

CARVALHO, Rodrigo Guimarães de. As bacias hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, Presidente Prudente, n. 36, p. 26-43, jan. 2014.

CARVALHO, Daniel Fonseca de; SILVA, Leonardo Duarte Batista da. **Hidrologia**. 2006. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap3-BH.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2019.

CEMIN, Gisele; PÉRICO, Eduardo; SCHNEIDER, Vânia Elisabete; FINOTTI, Alexandra Rodrigues. Determinação da perda de solos por erosão laminar na bacia hidrográfica do arroio Marrecas, RS, Brasil. **Revista Scientia Plena**, São Cristóvão, vol. 09, n. 01, p. 01-09, jan. 2013.

CHECCHIA, Tatiane. **Avaliação de perda de solo por erosão hídrica e estudo da energia na bacia do Rio Caeté, Alfredo Wagner - Santa Catarina**. 2005. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

CORRECHEL, Vladia. **Avaliação de índices de erodibilidade do solo através da técnica da análise da distribuição do “fallout” do <sup>137</sup>Cs**. 2003, 99 f. Tese (Doutorado) - Curso de Energia Nuclear na Agricultura, Centro de Energia Nuclear e Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

CORRÊA, Edvania Aparecida; MORAIS, Isabel Cristina; PINTO, Sérgio dos Anjos Ferreira. Estimativa da erodibilidade e tolerância de perdas de Solo na região do centro leste paulista. **Geociências**, São Paulo, v. 34, n. 4, p.848-860, 2015.

DEMARCHI, Julio Cesar; PIROLI, Edson Luís; ZIMBACK, Célia Regina Lopes. Estimativa de perda de solos por erosão na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Perobas (SP) nos anos 1962 e 2011. **Raega - O Espaço Geográfico em Análise**, [S.L.], v. 46, n. 1, p. 110, 21 mar. 2019. Universidade Federal do Paraná. <http://dx.doi.org/10.5380/raega.v46i1.56746>.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Análise morfométrica de bacia hidrográfica**: subsídio à gestão territorial, estudo de caso no alto e médio Mamanguape. Campinas, SP, 2012. 33 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/84896/1/0000010346-BPD-Analise-morfometrica.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Serviço de Produção de Informação, 1999. 412p.

FARIA, Karla Maria Silva; SILVA, Edson Vicente. Dinâmica das paisagens antropogênicas na microrregião do Vão do Paranã (GO). **Revista Geográfica Acadêmica**, Boa Vista, v. 14, n. 02, p. 141-152, 2020.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Stunts of the world’s soil resources**. 2012. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2019.

HOFFMANN NETO, Ernerto Guilherme. **Tecnologias para a produção de forragem em solos de cerrado do Brasil Central**. 1999. 67 f. TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Cidades**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 19 jun. 2019.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Banco de dados meteorológicos**. 2019. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 27 mar. 2019.

LOMBARDI NETO, Francisco; MOLDENHAUER, William Calvin. Erosividade da chuva: sua distribuição e relação com as perdas de solo em campinas (SP). **Bragantia**, v. 51, n. 02, p. 189-196, 1992.

MANNIGEL, Anny Rosi; CARVALHO, Morel de Passos e; MORETI, Dolorice; MEDEIROS, Luciano da Rosa. Fator erodibilidade e tolerância de perda dos solos no estado de São Paulo. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 1335, 30 abr. 2002. DOI: <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2374>.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento 2019**. São Paulo, SP – MapBiomas, 2020. Disponível em: <http://alerta.mapbiomas.org/relatorios>. Acesso em: 27 mar. 2021.

MATA, Clarisse Lacerda; CARVALHO JÚNIOR, Osmar Abílio de; CARVALHO, Ana Paula Ferreira de; GOMES, Roberto Arnaldo Trancoso; MARTINS, Éder de Souza; GUIMARÃES, Renato Fontes. Avaliação multitemporal da susceptibilidade erosiva na bacia do rio Urucuia (MG) por meio da equação universal de perda de solos. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 08, n. 02, p.57-71, 2007.

MITTERMEIER, Russell Alan; GIL, Patricio Robles; HOFFMANN, Michael; PILGRIM, John; BROOKS, Thomas; MITTERMEIER, Cristina Goettsch; LAMOREUX, John; FONSECA, Gustavo Alberto Bouchardet da. **Hotspots revisited: earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions**. CEMEX - Agrupación Sierra Madre: Cidade do Mexico, 2004, 392p.

MORAIS, Reurysson Chagas de Sousa; SALES, Marta Celina Linhares. Estimativa do potencial natural de erosão dos solos da bacia hidrográfica do Alto Gurguéia, Piauí - Brasil, com uso de Sistema de Informação Geográfica. **Caderno de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 84, 23 nov. 2017.

MORAIS, Roberto Prado de. **A planície aluvial do médio rio Araguaia: processos geomorfológicos e suas implicações ambientais**. 2006. 178 f. Tese (Doutorado em Ciências Agrárias) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2006.

MORE. **Mecanismo online para referências, versão 2.0**. Florianópolis: UFSC Rexlab, 2013. Disponível em: <http://www.more.ufsc.br/>. Acesso em: 22 fev. 2022.

MOREIRA, Giselle Lemos; ARAÚJO, Eduardo Alves; ANDRADE, Maria Sueliane Santos de; LIMA, Máida Cynthia Duca de; OLIVEIRA, Francielle Rodrigues de. Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Alegre, ES, Brasil. **Revista on-line Agropecuária Científica no Semiárido**, v.12, n.4, p. 403-409, outubro-dezembro, 2016.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS - ONU. **O manejo dos recursos hídricos em condições de incerteza e risco**. 2012. Disponível em: [https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/rio\\_20/wwdr4-fatos-e-dados.pdf](https://www.icmbio.gov.br/educacaoambiental/images/stories/biblioteca/rio_20/wwdr4-fatos-e-dados.pdf). Acesso em: 19 jun. 2019.

OLIVEIRA, Júlio Storion de. **Avaliação de modelos de elevação na estimativa de perda de solo em ambiente SIG**. 2012, 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

OLIVEIRA JÚNIOR, Raimundo Cosme de; MEDINA, Benjamin Fernandez. **Comparação entre a erodibilidade medida diretamente e a estimada pelo método nomográfico em latossolo amarelo textura muito argilosa**. 164. ed. Belém: Embrapa-Cpatu, 1996. 11 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/32758/1/CPATU-BP164.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2021.

PIRES, Mauro Oliveira. Programas agrícolas na ocupação do cerrado. **Revista Sociedade e Cultura**, Goiânia, v. 3, n. 01, p. 111-131, dez. 2000.

PONCIANO, Tássia Andrielle. **Dinâmica da estrutura da paisagem na microrregião do Vão do Paranã**. 2017, 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

PONCIANO, Tássia Andrielle; RODRIGUES, Hellbia Samara Moreira de Carvalho; FARIA, Karla Maria Silva de. Abordagem morfopedológica para avaliação histórica da estrutura da paisagem no Vão do Paranã (GO). **Ateliê Geográfico**, Goiânia, v. 13, n. 02, p. 111-127, 20 ago. 2019.

RODRIGUES, Jéssica Assaid Martins; MELO, Carlos Rogério de; VIOLA, Marcelo Ribeiro; RODRIGUES, Maykmiller Carvalho. Estimativa da vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio Cervo – MG. **Geociências**, São Paulo, v. 36, n. 03, p. 531-542. 2017.

SILVA, Laís Coelho do Nascimento; LUCHIARI, Ailton. Estimativa de perda de solos por erosão laminar na Bacia Hidrográfica do Córrego Baguaçu – SP. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 32, p. 15-28. 2016.

STEIN, Dirceu Pagotto; DONZELLI, Pedro Luiz; GIMENEZ, Antônio Fernando; PONÇANO, Waldir Lopes; LOMBARDI NETO, Francisco. Potencial de erosão laminar, natural e antrópico na Bacia do Peixe-Parapanema. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROÇÃO, 4., 1987, Marília. **Anais [...]**. Marília: 1987. p. 105-135.

THOMPSON, Dayse; FIDALGO, Elaine Cristina Cardoso. Estimativa da perda de solos por meio da Equação Universal de Perdas de Solos (USLE) com uso do INVEST para a bacia hidrográfica do rio Guapi-Macacu – RJ. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais [...]**. Bento Gonçalves: ABRH, 2013. 07 p.

YAZIGI, Regina Beatriz Simon. A Nova Realidade do Nordeste Goiano. In: Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento. **Conjuntura Econômica Goiana**. 03. Goiânia, 2004. p. 36-39.

WISCHMEIER, Walter Henry; SMITH, Dwight David. **Prediction rainfall erosion losses from cropland east of the Rocky Mountains: a guide for selection of practices for soil and water conservation**. 282. Washington D. C: Agricultural Handbook, 1965. 47 p.



---

#### Informações sobre a Licença

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.

#### License Information

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which allows for unrestricted use, distribution and reproduction in any medium, as long as the original work is properly cited.