



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO OESTE DO PARÁ  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO  
TECNOLÓGICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SOCIEDADE, AMBIENTE E  
QUALIDADE DE VIDA  
MESTRADO ACADÊMICO**

**SAMÁRIA LETÍCIA CARVALHO SILVA ROCHA**

**FRAGILIDADE À PERDA DE SOLO PELO PROCESSO EROSIVO DAS CHUVAS  
NAS ÁREAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PARÁ**

**SANTARÉM, PARÁ  
2022**

**SAMÁRIA LETÍCIA CARVALHO SILVA ROCHA**

**FRAGILIDADE À PERDA DE SOLO PELO PROCESSO EROSIVO DAS CHUVAS  
NAS ÁREAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *stricto sensu* em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida da Universidade Federal do Oeste do Pará como requisito para obtenção do título de Mestra em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida.

**Linha de pesquisa 1:** Políticas Públicas, Diversidade e Desenvolvimento Amazônico

**Orientador:** Prof. Dr. Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho

**Coorientadora:** Pesq. Dra. Lucieta Guerreiro Martorano

**SANTARÉM, PARÁ  
2022**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/UFOPA**

---

- R672f Rocha, Samária Leticia Carvalho Silva  
Fragilidade à perda de solo pelo processo erosivo das chuvas nas áreas rurais do município de Ruopólis, Pará. / Samária Leticia Carvalho Silva Rocha. – Santarém, 2022.  
91 p. : il.  
Inclui bibliografias.
- Orientador: Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho.  
Coorientadora: Lucieta Guerreiro Martorano.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Oeste do Pará, Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Inovação Tecnológica, Programa de Pós-Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida.
1. Zona rural. 2. Uso do solo. 3. Erosividade. I. Descovi Filho, Leônidas Luiz Volcato, *orient.* II. Martorano, Lucieta Guerreiro, *coorient.* III. Título.

CDD: 23 ed. 551.302098115

**SAMÁRIA LETÍCIA CARVALHO SILVA ROCHA**

**FRAGILIDADE À PERDA DE SOLO PELO PROCESSO EROSIVO DAS  
CHUVAS NAS ÁREAS RURAIS DO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PARÁ**

Dissertação apresentada ao Programa De Pós-Graduação em Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida da Universidade Federal do Oeste do Pará como requisito para obtenção do título de Mestra. Área de concentração: Interdisciplinar. Linha de pesquisa 1: Políticas Públicas, Diversidade e Desenvolvimento Amazônico.

Conceito: **Aprovada**

Data da aprovação: 08/04/2022

**Banca Examinadora**



Orientador e presidente

**Prof. Dr. Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho**

Instituto de Engenharia e Geociências –IEG- PPGSAQ/Universidade Federal do Oeste do Pará



Coorientadora

**Pesq. Dra. Lucieta Guerreiro Martorano**

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Oriental



Examinador interno

**Prof. Dr. Thiago Almeida Vieira**

Instituto de Biodiversidade e Florestas-IBEF-PPGSAQ/ Universidade Federal do Oeste do Pará



Examinador externo

**Prof. Dr. Luís Eduardo de Souza Robaina**

Centro de Ciências Naturais e Exatas, Departamento de Geociências - Universidade Federal de Santa Maria – UFSM



Examinador externo

**Prof. Dr. François Laurent**

Universidade Le Mans, França

## AGRADECIMENTOS

À DEUS pela vida, por cuidar de mim e me dar forças para lutar com persistência e superar todas as adversidades do caminhar e por cuidar da minha família. Em todos os momentos a mão do Senhor me sustentou.

Aos meus pais por tudo que têm me dado, vocês são a minha base de vida e uma benção de Deus.

Ao meu esposo pelo apoio incondicional em toda essa jornada.

À minhas irmãs pelo carinho e ao meu sobrinho que me trouxe muita alegria e momentos de paz, chamando titia “Tícia”.

À minha tia Maria pelo carinho de sempre, que mesmo de longe ligava pra saber como eu estava, com um cuidado especial.

Ao meu orientador Leônidas pelas contribuições na pesquisa, apoio acadêmico, e que também me ensinou a ter autorresponsabilidade, correr atrás do que precisava e acreditar no meu trabalho.

A minha coorientadora Lucieta Martorano, que me ensinou a base da pesquisa na graduação e incentivou em todos os momentos, com ensino, pesquisa, apoio emocional e muito aprendizado nos últimos cinco anos.

Aos meus professores do ensino fundamental, médio e de graduação.

Aos meus colegas Noeverton e Irene pelas contribuições.

Aos canais do YouTube que me ajudaram a tirar tantas dúvidas, entre eles, o Geoaplicada, ClickGeo, RBCadi geotecnologias, Descomplica Qgis, entre outros.

À Estelina e Joice da secretaria do PPGSAQ pelo apoio recebido durante todo esse período de pandemia.

À todas as pessoas que direta ou indiretamente fizeram parte dessa trajetória.

À Capes pela concessão de bolsa de pesquisa.

À Universidade Federal do Oeste do Pará.

## RESUMO

A erosão causada pela água da chuva é vista como a maior ameaça de degradação dos solos tropicais, com impactos na produção de alimentos e recursos hídricos. O objetivo geral neste trabalho foi identificar zonas que possuem classes diferenciadas de fragilidade dos solos aos processos erosivos das chuvas na área rural do município de Rurópolis, Pará. Esta pesquisa foi dividida em dois capítulos. O primeiro, apresentou um breve levantamento ambiental da área de estudo, utilizando informações obtidas a partir do uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e pesquisa de campo. O período de maior oferta pluvial ocorre entre os meses de dezembro a maio com médias mensais superiores a 200 mm, sendo março o mês mais chuvoso. O Argissolo Vermelho-Amarelo é a classe mais expressiva, correspondendo o total de 80,73% do território. Cerca de 75% da área municipal é coberta por florestas e em 25% predomina o uso agropecuário. O segundo, objetivou estimar o potencial erosivo das chuvas e mapear áreas com diferentes classes de fragilidade à perda de solo pela erosão hídrica, por meio do uso de três metodologias distintas: (1) o fator R da Equação Universal de Perdas de Solo, (2) a análise empírica da fragilidade em ambientes naturais e antropizados; e (3) a base de dados elaborada pela Embrapa Solos, com recorte espacial a área de estudo. O município foi classificado nas classes alta e muito alta erosividade. Sobre a fragilidade potencial, sobressaíram as classes de fraca (46%) e média fragilidade (35%). Ao analisar a fragilidade emergente que considera a cobertura e uso do solo, notou-se o domínio das classes muito fraca e fraca. Ao analisar a fragilidade, com o recorte espacial de dados obtidos da Embrapa Solos, os resultados evidenciaram que a classe de média e alta fragilidade (potencial) foram as mais expressivas em extensão territorial, contabilizando-se para cada classe cerca de 38,81% e 32%, respectivamente. Constatou-se que a classe de fragilidade (emergente) com maior extensão territorial foi a média com 3.493,65 km<sup>2</sup>, cobrindo aproximadamente 50% da área de estudo. Em campo, observou-se o desenvolvimento de erosão em sulcos e deposição de sedimentos em áreas de pastagens com solo exposto, indicando sinais de assoreamento de igarapés. A pesquisa está em consonância aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, visando subsidiar conhecimento para minimização de impactos erosivos aos solos do município de Rurópolis.

**Palavras-chave:** Zona rural. Uso do solo. Erosividade. Fragilidade. Geoprocessamento.

## ABSTRACT

Among the major degradation by soil erosion, rainwater is the biggest one for tropical soils, impacting food production and water resources. The goal of this study was to identify the different fragility of soil for erosive processes, by rainwater, in rural Ruropolis town, Pará. This dissertation has two chapters. The first one is a brief environmental survey of the study area based in Geographic Information Systems (GIS) and field research. The greatest rainfall period is between December to May with monthly averages above 200 mm, with March being the wettest month. The Red-Yellow Argisol (in Brazilian classification) is the most expressive soil type, corresponding to 80.73% of the territory. About 75% of the municipal area is covered by forests and 25% is used in agriculture. The second chapters present estimation of the rainfall erosive potential and the map areas with different classes of fragility for soil loss by rainfall, through the use of three distinct methodologies: (1) the R factor of the Universal Equation of Soil Losses, (2) the empirical analysis of fragility in natural and anthropized environments; and (3) the database elaborated by Embrapa Soils, with spatial clipping of study area. The municipality was classified in high and very high erosivity classes. Regarding potential fragility, the weak (46%) and medium fragility (35%) classes stood out. When analyzing the emerging fragility that considers the land use and land cover, it was noticed the dominance of the very weak and weak classes. When analyzing fragility, with the spatial clipping of data obtained from Embrapa Soils, the results showed that the middle and high potential fragility class were the most expressive in territorial extension, accounting for about 38.81% and 32%, respectively, for each class. It was found that the largest territorial extension classified as emerging fragility was the average with 3.493,65 km<sup>2</sup>, covering approximately 50% of the study area. In the field, it was observed the development of erosion in furrows and deposition of sediments in areas of pastures with exposed soil, indicating signs of silting of streams. The research is in line with the Sustainable Development Goals, aiming to subsidize knowledge to minimize erosive impacts on soils of Ruropolis town.

**Keywords:** Countryside, Land use, Erosivity, Fragility, Geoprocessing.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	9
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	10
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	10
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	10
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	11
<b>3.1 Aspectos históricos da erosão</b> .....	11
<b>3.2 Fatores de degradação do solo e o potencial erosivo das chuvas</b> .....	13
<b>3.3 Conceitos associados à perda de solo pela erosão</b> .....	14
<b>3.4 Uso de SIG para análise de fragilidade à perda de solo</b> .....	15
<b>3.5 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) aliados aos problemas da erosão</b> .....	16
<b>3.6 Políticas públicas com ênfase no uso e conservação do solo no Brasil</b> .....	17
<b>3.7 Histórico de ocupação do município de Rurópolis</b> .....	19
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	22
<b>CAPÍTULO 1: GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PARÁ</b> .....	23
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	24
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	25
<b>2.1 Área de estudo</b> .....	25
<b>2.2 Aspectos ambientais da área de estudo</b> .....	26
2.2.1 Precipitação .....	26
2.2.2 Declividade .....	27
2.2.3 Pedologia.....	28
2.2.4 Cobertura e uso do solo.....	28
<b>2.3 Sistema de Informação Geográfica na análise ambiental</b> .....	29
<b>2.4 Pesquisa de campo</b> .....	31
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	43
<b>CAPÍTULO 2: EROSIVIDADE DAS CHUVAS E A FRAGILIDADE AMBIENTAL À PERDAS DE SOLO EM ÁREAS RURAIS NO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PARÁ</b> .....	49
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	50
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	52
<b>2.1 Estimativa da perda de solo pela Erosividade chuvas</b> .....	52
<b>2.2 Fragilidade potencial e emergente</b> .....	55
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	58

<b>3.1 Erosividade das chuvas</b> .....	58
<b>3.2 Fragilidade individual da declividade, pedologia e da cobertura e uso do solo</b> .....	61
<b>3.3 Fragilidade potencial e emergente</b> .....	62
<b>3.4 Comparação entre as duas metodologias de análise</b> .....	70
<b>4 CONCLUSÃO</b> .....	71
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	80
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	81

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

A erosão é um problema mundial e atua como a principal causa da degradação dos solos em áreas destinadas ao uso agropecuário (BRAMORSKI; CRESTANA, 2020). A perda da camada superficial do solo que armazena os nutrientes, ameaça a garantia da produção de alimentos e provoca alterações nos serviços ecossistêmicos fornecidos pelos solos (PANAGOS et al., 2018; TUNDISI, 2008).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO, 2019) cerca de 33% dos solos no mundo estão em processo de degradação pela erosão com grandes perdas anuais de terras férteis em vários locais do planeta. Os impactos da erosão são bastante visíveis nas dimensões ambiental, econômica e social (ROSA et al., 2016). Conforme Xiong et al. (2019) a degradação do solo na agricultura pela erosão hídrica ainda permanece elevada em todo o planeta.

Segundo Borreli et al. (2016) e Saath e Fachinello (2018) a agricultura no Brasil deve expandir ainda mais nos próximos anos, para atender a demanda mundial de alimentos. As decisões tomadas na forma de uso da terra, trará grande influência sobre os impactos da erosão, condições de qualidade da água, floresta nativa, produtividade agrícola e economia.

A erosão é um processo físico de degradação do solo causado pelo impacto da gota da chuva que desagrega as suas partículas e transporta sedimentos para rios e lagos, acarretando a poluição dos corpos hídricos, perdas financeiras e produtivas em propriedades rurais, desvalorização de terras, entre outros impactos (AGUIAR et al., 2014; BRASIL, 2007; PES; GIACOMINI, 2017; TRINDADE et al., 2016).

O aumento da erosão hídrica está associado primeiramente à retirada da vegetação nativa, seguido por práticas inadequadas de manejo que expõe áreas com baixa cobertura vegetal à ação das chuvas e conseqüentemente, desencadeia o início do processo erosivo (BAGATINI et al., 2011; GALDINO et al., 2015; LIMBERGER; SILVA, 2016; TERASSI et al., 2017).

Nas áreas rurais, a erosão representa um grande desafio para ser controlada e impacta diretamente na redução das terras cultiváveis, afeta a qualidade das pastagens devido ao carreamento de partículas do solo, causando a perda de matéria orgânica e nutrientes que interfere na produtividade agropecuária (GALOSKI et al., 2019; LIMA et al., 2016; PORTELA et al., 2010; ROSA et al., 2016).

De acordo com Panagos et al. (2018) as áreas mais erosivas do mundo concentram-se na faixa tropical do planeta. A região Norte é a região mais chuvosa no Brasil com média anual

superior a 2000 milímetros e apresenta os maiores índices de erosividade (capacidade da chuva em causar erosão) observados do país (FRANCA; MENDONÇA, 2016; TRINDADE et al., 2016).

Santos e al. (2018) revelaram em suas pesquisas que os valores da erosividade estão acima 15 mil MJ mm ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> para várias localidades da Amazônia, o que representa maiores riscos de ocorrência de erosão, principalmente em áreas ocupadas por atividades agropecuárias sem adoção de práticas de conservação.

O município de Rurópolis, criado no contexto da colonização da Amazônia tem o uso do solo predominantemente pela pecuária extensiva principalmente ao longo da rodovia Transamazônica (SANTOS et al., 2017). Nessas áreas antropizadas, o potencial erosivo torna-se mais elevado, aumentando a fragilidade à erosão hídrica (BARBOSA et al., 2013; MARTORANO et al., 2017).

Com enfoque para a realidade amazônica, a presente pesquisa foi desenvolvida no eixo norteador que trata sobre as políticas públicas, diversidade e desenvolvimento amazônico, destinada a realizar estudos socioambientais, econômicos e de planejamento, visando o desenvolvimento sustentável da Amazônia em consonância com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU).

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Identificar zonas que possuem classes diferenciadas de fragilidade dos solos aos processos erosivos das chuvas na zona rural do município de Rurópolis, Pará.

### **2.2 Objetivos específicos**

- Realizar o diagnóstico ambiental da área de estudo;
- Estimar o potencial erosivo das chuvas;
- Mapear e analisar áreas com diferentes classes de fragilidade à perda de solo por erosão hídrica.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 Aspectos históricos da erosão

No contexto brasileiro observa-se o número reduzido de estudos que relatam o processo histórico das pesquisas sobre a temática erosão. Segundo Barreto et al. (2008) a pesquisa no Brasil sobre erosão tem sua origem e foi influenciada pelos Estados Unidos da América (EUA), com foco para a degradação do solo pelas práticas agrícolas intensas que causaram erosão acelerada nas lavouras produtivas.

Para contabilizar os efeitos da erosão o Centro Nacional de Dados de Escoamento e Perda de Solo dos Estados Unidos, estabelecido em 1954, desenvolveu a Equação Universal de Perda do Solo USLE (WISCHMEIER E SMITH, 1978 p.2). O fator R que determina a erosividade das chuvas é a principal variável utilizada em diferentes estudos para avaliar os riscos das perdas de solo pela erosão, através da precipitação pluvial, fornecendo subsídio para as pesquisas e experimentos nas ciências ambientais (WISCHMEIER; SMITH, 1978).

No Brasil, o setor agrícola passou por diferentes processos de transformação. Na década de 50 iniciou a modernização do campo, que evoluiu nos próximos anos, sobretudo a partir da década de 70 (TEIXEIRA, 2005). Essa modernização, contribuiu para o aumento da produção e crescimento econômico do setor, mas por outro lado, causou impactos ambientais e econômicos relacionados à erosão acelerada do solo nas lavouras mecanizadas (BALSAN, 2006).

Segundo Barreto (2007) a pesquisa sobre erosão no Brasil ainda é recente, com dados de estudos publicados pela revista *Bragantia* a partir de 1942, evidenciando a importância dos estudos realizados pelos pesquisadores do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). Outro marco importante foi a realização do primeiro Congresso Brasileiro de Ciência do Solo em 1947, organizado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, bem como a criação da Revista Brasileira de Ciência do Solo onde a temática erosão passou a integrar as pesquisas (TELLES, 2012).

A intensificação da agricultura no Brasil e o aumento de áreas mecanizadas deixou o solo exposto as intensas chuvas que carreavam o solo, adubos e sementes (SANTOS et al., 2010). As fortes enxurradas desencadearam grandes prejuízos nas lavouras, alertando o setor produtivo a buscar novas alternativas para reduzir as perdas econômicas causada pela erosão acelerada do solo (TELLES, 2012).

O plantio direto foi a solução encontrada para resolver o problema da erosão, por meio do método de controle de perda de solo chamado de *no-tillage*, em português, denominado de

plantio direto, técnica que introduz a semente no solo sob os restos vegetais (cobertura morta) em áreas cultivadas (MOTTER; ALMEIDA, 2015). A técnica logo foi implementada e disseminada para todo o estado do Paraná e tornou-se um dos pioneiros a adotar o uso em larga escala, se estendendo para outros estados brasileiros (CASÃO JÚNIOR et al., 2012; MARTORANO et al., 2009; SILVA et al., 2009).

Nesse contexto, as ações de manejo conservacionista e controle da erosão foram realizadas com maior ênfase no Sul e Sudeste do país, que possuem histórico de erosão acelerada do solo (BERTOL et al., 2006). Os estados do Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e São Paulo realizaram importantes estudos e experimentos sobre erosão, erosividade, manejo e conservação do solo, perdas de solo e água, uso de simuladores de chuva em lavouras agrícolas (AMORIM et al., 2010; COGO et al., 2003; BERTOL et al., 2006; ELTZ et al., 2011; LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992; PORTELA et al., 2010; VEZZANI; MIELNICZUK et al., 2011; VOLK et al., 2004).

Destaca-se também que as instituições de pesquisas como o Instituto agrônomo de Campinas (IAC), Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IAPAR) e de ensino, como a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) fortaleceram os estudos sobre erosão do solo, ficando majoritariamente essas duas regiões geográficas as mais representativas no país em termos de pesquisas científicas e experimentos de campo (BARRETO et al., 2008).

No Centro-Oeste, estudos em três microbacias hidrográficas do Alto Taquari no Pantanal mato-grossense, monitoraram variáveis físicas do processo erosivo com coleta de dados de intensidade pluviométrica, sedimentos em suspensão e vazão para realizar medidas mitigadoras da área de estudo (MARTORANO et al., 2002). O assoreamento do leito do Rio Taquari causado pela grande quantidade de sedimentos transportados como consequência da erosão, é apontado como um dos mais graves problemas de ordem ambiental e socioeconômica do Pantanal (GALDINO et al., 2006).

Nas regiões Nordeste e Norte, observa-se a minoria das pesquisas sobre erosão hídrica do solo (BARRETO et al., 2008). No caso do Nordeste, a precipitação anual é bem inferior quando comparado com outras regiões do Brasil, apresentando baixos valores de erosividade, conforme apontam Trindade et al. (2016). Por outro lado, a região Norte é que mais chove durante o ano, e considerada com maior potencial erosivo das chuvas intensas que ocorrem nesta área.

### 3.2 Fatores de degradação do solo e o potencial erosivo das chuvas

A degradação do solo pode ocorrer por diversos fatores como físicos, químicos e biológicos que resulta em desequilíbrio e afeta a prestação de serviços essenciais à manutenção da vida no planeta. Entre as principais causas estão as queimadas, salinização do solo, desertificação, exploração mineral, compactação, poluição química e erosão (SILVA et al., 2015).

De acordo com Oliveira et al. (2018) a erosão é um dos principais fatores que tem contribuído com degradação do solo, não apenas pelas perdas físicas e quantitativas, mas também pela perda do horizonte fértil do solo, transporte de nutrientes no escoamento superficial causado pela água das chuvas.

Contudo, ressalta-se que a erosão nas áreas agrícolas é resultado da perda da vegetação que é responsável pela proteção do solo, bem como a ausência de adoção de técnicas de conservação em manejo e sistemas de cultivos integrados, capazes de manter a superfície do solo protegida de intempéries das chuvas erosivas. Entre os fatores relacionados ao clima, a precipitação é a maior responsável pela ocorrência dos processos erosivos, sendo as características mais importantes no desencadeamento do processo erosivo: volume, intensidade e distribuição das chuvas (MARTORANO et al., 2011; VIOLA et al., 2014). A intensidade, determinada pela relação entre o volume de chuva e duração é a variável que apresenta maior influência no processo erosivo (TERASSI et al., 2017).

A estimativa dos valores de intensidade de chuva de uma área representa a quantidade de energia disponível potencial, passível de se transformar em energia cinética, responsável pela erosividade. Quanto maior a intensidade da chuva, maior será a erosividade que é a capacidade das chuvas em causar a erosão (BACK; POLETO, 2017; CREPANI et al., 2004; WALTRICK et al., 2015).

O impacto direto da gota da chuva no solo desagrega as partículas e causa o desgaste da camada superficial mais fértil, ocasionando a erosão laminar que é a remoção de uma fina camada/lâmina do solo e consiste na primeira fase do processo erosivo (CHAVES et al., 2012).

A palavra erosão tem origem do latim *erodere* que significa corroer, desgastar. (OLIVEIRA et al., 2018). A erosão hídrica tem relação direta com precipitação pluvial, pois quando a chuva cai e o solo está coberto, grande parte da água infiltra, caso contrário, essa água escorre no solo em direção as áreas mais baixas até chegar nos rios e oceanos. O escoamento superficial gera a energia cinética responsável por causar a erosão e destruir o solo em consequência da alteração na cobertura vegetal e exposição ao sol e chuva (BACK; POLETO,

2017; CREPANI et al., 2001; CREPANI et al., 2004; TERASSI et al., 2017; VIOLA et al., 2014; WALTRICK et al., 2015).

O escoamento superficial acontece de forma difusa, laminar ou linear (RUBIRA et al., 2016). No escoamento difuso, as águas pluviais escorrem de maneira dispersa, enquanto o escoamento laminar forma uma camada sobre a superfície do solo exposto e o linear desenvolve-se quando a água se concentra formando caminhos preferenciais (sulcos) no terreno (CARVALHO et al., 2012).

O avanço da erosão causa aberturas de canais visíveis no solo e aumenta o tamanho das feições erosivas no terreno com largura e profundidade variadas, conhecidas como sulcos e ravinas (ANDRADE et al., 2005). A evolução da erosão em sulcos dá origem às ravinas que são feições com tamanhos maiores, causada pela concentração das águas (CHAVES et al., 2012).

O processo de formação de voçoroca é o estágio mais avançado da erosão que pode ter origem de processos naturais ou antrópicos (FRANCISCO, 2011). As causas mais comuns do voçorocamento são provenientes do desenvolvimento de ravinas e sulcos que evoluem para dimensões maiores e alcançam grandes fendas erosivas (MACHADO et al., 2006). As voçorocas e ravinas se diferenciam pelas dimensões. As ravinas possuem tamanho inferior a 50 centímetros e as voçorocas tem dimensões superiores a 50 centímetros de acordo com Oliveira et al. (2018).

### **3.3 Conceitos associados à perda de solo pela erosão**

A paisagem pode ser compreendida como um conjunto de elementos naturais e humanos indissociáveis entre si. Trata-se de um espaço dinâmico que segundo Tricart (1977) quando está em equilíbrio é considerada estável e quando sofre intervenção do homem em seus componentes pode ter desequilíbrio e se tornar instável, ou seja, mais suscetível a sofrer mudança (VALLE et al., 2016).

A erodibilidade dos solos está relacionada à capacidade do solo resistir à erosão causada pela água da chuva a partir de características próprias de cada tipo de solo (textura, porosidade, estrutura, composição), que determina a resistência de ser mais ou menos erodível (SANTIAGO et al., 2016). Assim, a baixa erodibilidade indica que tem menos possibilidade à erosão ou quando é alta, maior a chance de sofrer com a erosão (EDUARDO et al., 2013).

A erosividade está diretamente associada à precipitação pluvial que é a capacidade da chuva em causar erosão e é baseada no cálculo dos valores mensais e anuais do volume de

chuva precipitada em uma determinada localidade, sendo de extrema importância para avaliar a fragilidade de uma determinada região (MELLO et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2012).

De acordo com Ross (1994) a fragilidade do ambiente está associada as suas condições de estabilidade e instabilidade que permite compreender o equilíbrio de uma unidade territorial em relação as condições naturais e com a intervenção humana (ROSS, 2012). Desse modo, o estudo da fragilidade ambiental permite avaliar uma área quando deseja-se realizar o planejamento territorial, no qual considera-se a fragilidade potencial que representa as características naturais e a fragilidade emergente que leva em conta, juntamente com os fatores naturais, a interferência das atividades humanas e o impacto no equilíbrio do meio, causado por essa intervenção (ARAÚJO et al., 2020).

### **3.4 Uso de SIG para análise de fragilidade à perda de solo**

Os avanços geotecnológicos permitiram a disponibilização gratuita de imagens de satélite que com apoio dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) auxiliam na avaliação de fatores influentes na fragilidade à erosão hídrica (FANTINEL; BENEDETTI, 2016). As análises de informações disponíveis em banco de dados contribuem para a prevenção de impactos causados pela erosão hídrica pluvial, bem como na definição de medidas mitigadoras para o controle de processos erosivos em meios rurais ou urbanos (SILVA et al., 2012).

A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento auxilia na compreensão da dinâmica espaço-temporal, objetivando compreender as mudanças de uso da terra e as implicações que podem causar aos ecossistemas e meio socioeconômico (SANTOS et al., 2016). Nesse sentido, o uso dessas tecnologias serve como subsídio para o manejo e planejamento do uso dos solos, bem como a conservação dos recursos hídricos em bacias hidrográficas nas áreas rurais (RIBEIRO et al., 2015).

Devido ao avanço dessas tecnologias as aplicações nas pesquisas têm se tornado cada vez mais frequentes. O geoprocessamento apresenta ferramentas de apoio no gerenciamento de informações servindo para subsidiar gestores ambientais nas tomadas de decisões quanto ao diagnóstico e avaliação de impacto ambiental, bem como em análise que envolve a degradação, modificação dos usos do solo e em planos de ações de ordenamento territorial (SILVA et al., 2012). Logo, auxiliam no planejamento de uma área, indicando as potencialidades e fragilidades de uso, a partir do tratamento, classificação e elaboração de mapas (PAVININ et al., 2017).

Os SIGs são sistemas utilizados para analisar, armazenar e manipular dados geográficos, que permite realizar análises complexas, uma vez que integram dados de diversas fontes, criam

bancos de dados georreferenciados e possibilitam a avaliação integrada de vários elementos. A organização dessas informações é fundamental para análise em uma determinada localidade (SILVA, 2013).

Esses sistemas permitem estratificar a informação geográfica em um conjunto de níveis chamados de camadas de informação (PIs) ou *layers*. Cada nível representa a mesma área, mas cada um corresponde a uma realidade geográfica da área (tema), como por exemplo dentro de um mesmo limite municipal tem-se vegetação, geologia, uso do solo, ou seja, vários componentes que fazem parte de uma mesma área de estudo (SENA, 2008).

### **3.5 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) aliados aos problemas da erosão**

A temática da erosão hídrica tem sido discutida em várias áreas do conhecimento, inclusive uma das metas dos ODS destacaram as consequências das perdas de solo causadas pela erosão que representa uma ameaça à segurança alimentar. Nesse contexto, a meta do ODS é buscar meios mais sustentáveis de produção agrícola, aliados ao desenvolvimento sustentável, visando reduzir as perdas de terras férteis agrícolas pela erosão (FAO, 2019, FUSHIMI; NUNES, 2019, IPEA, 2019).

Os 17 ODS foram criados em 2015 com base nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM), elaborados pela Organização das Nações Unidas (ONU) em 2000. É um plano de ação liderado pela ONU, assinado por 193 países membros das Nações Unidas, visando cumprir uma lista de metas para promover o Desenvolvimento Sustentável em todo o planeta. As ações devem ser desenvolvidas em cada país, para alcançar os objetivos propostos até o ano de 2030 (MOREIRA et al., 2019).

Nesse conjunto, o ODS dois (2) tem como temática a Fome Zero e Agricultura Sustentável para acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável. Este possui como uma de suas metas a garantia de sistemas de produção de alimentos sustentáveis com a implementação de práticas agrícolas mais adaptativas às condições de clima e que mantém a conservação dos ecossistemas (ONU, IPEA, 2019).

De acordo com dados do IPEA (2019) para apontar indicadores no Brasil foram e estão sendo avaliados dados produzidos por instituições públicas. Um exemplo é o uso de informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) sobre o percentual de áreas agrícolas com práticas sustentáveis a partir de análise do Censo Agropecuário que indica o uso dos Sistemas Agroflorestais (SAFs) e à prática de agricultura orgânica que envolve o consórcio de cultivos agrícolas e não utilização de pesticidas.

O objetivo 15 tem como tema a vida terrestre, focado para o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, combate à degradação e perdas das terras, da desertificação e gestão sustentável da floresta, visando reduzir a degradação do solo. Para atender esse objetivo o país visa ampliar o manejo ambiental e recuperação de áreas degradadas, bem como manter a conservação de vegetação nativa (IPEA, 2019).

### **3.6 Políticas públicas com ênfase no uso e conservação do solo no Brasil**

De acordo com Gianezini et al. (2017), as políticas públicas estão associadas às decisões do governo, destinadas a resolução de um determinado problema da sociedade. Contudo, ressalta-se que nessa problemática ocorrem interferências e interesses divergentes entre vários atores sociais, públicos e privados. Segundo Lopes e Amaral (2008), o conceito de política pública pode ser definido como um conjunto de ações destinadas a alcançar a solução de um problema da sociedade.

As políticas públicas têm importante papel em atender as necessidades socioambientais e econômicas do país visando a conservação e o equilíbrio ambiental (SANTOS, et al., 2016). No Brasil, as políticas ambientais em seu contexto, trazem prerrogativas que preveem a preservação e conservação ambiental, nas quais estão inseridos os solos. As primeiras regulamentações ambientais no país surgiram a partir de 1930, quando foi criado o Código das Águas e o Código Florestal no ano de 1934 (MARIGA; RUSCHEINSKY, 2017).

Em 1981 foi sancionada a Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei nº 9.638/1981, a qual expressava, em seu artigo segundo, sobre a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental, tendo como um de seus princípios fundamentais a racionalização do uso do solo e da água, onde o solo é considerado como recurso ambiental nos termos da lei (BRASIL, 1981). Mais tarde, é promulgada a Constituição Federal em 1988, contendo aspectos sobre o meio ambiente, designando seu artigo 225 para comunicar sobre a necessidade da proteção ao meio ambiente, equilíbrio ecológico e manejo dos ecossistemas (BRASIL, 1988).

Em 1991 foi sancionada a Lei nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991, que dispõe sobre a política agrícola no Brasil. Destinada ao meio ambiente rural, essa política aponta a erosão dos solos como um problema para a agricultura, evidenciando a responsabilidade do poder público e proprietários rurais sobre a necessidade de combater os processos erosivos (BRASIL, 1991).

Ainda quanto aos aspectos da legislação brasileira, a Política Nacional de Recursos Hídricos, sancionada pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, também estabelece diretrizes gerais de ação e articulação da gestão de recursos hídricos com o uso do solo (BRASIL, 1997).

A Política Nacional de Educação Ambiental, por meio da Lei 9.795, de 27 de abril de 1999 visa democratizar as informações ambientais a coletividade com incentivo às ações de sensibilização destinadas a orientar a sociedade sobre a conservação do ambiente (BRASIL, 1999).

A Lei de Crimes Ambientais (Lei nº 9.605), aprovada em 1998 trata da legislação ambiental que dispõe sobre infrações penais e administrativas as atividades ou ações lesivas ao meio ambiente, inclusive as que resultam em erosão do solo (BRASIL, 1998). Em 2000, a Lei nº 9.985 instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), cujo objetivos, determinam a promoção de práticas de conservação da natureza e proteção de paisagens naturais (BRASIL, 2000).

Segundo o SNUC a **preservação** é o “conjunto de métodos, procedimentos e políticas que visem a proteção a longo prazo das espécies, habitats e ecossistemas, além da manutenção dos processos ecológicos, prevenindo a simplificação dos sistemas naturais”. Já a **conservação** da natureza é definida como o manejo do uso humano da natureza, compreendendo a preservação e a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural, de forma a satisfazer as necessidades humanas presentes e manter potencial para subsidiar as gerações futuras (BRASIL, 2000). Nesse sentido, Martorano et al. (2021) reforçam que a preservação visa manter áreas na íntegra, ou seja, sem nenhuma interferência humana. Por outro lado, a conservação diz respeito ao uso racional dos recursos naturais, ou seja, conservar é usar bem e preservar é manter intacto como topos de morros, nascentes e santuários ecológicos.

O Decreto nº 4.297, de 10 de julho de 2002, regulamentou o Zoneamento ambiental, instrumento de planejamento da Política Nacional de Meio Ambiente, que foi denominado de Zoneamento Ecológico Econômico do Brasil (ZEE), dispendo sobre o estabelecimento de medidas destinadas a organização do território nacional, assegurar a qualidade ambiental do solo e outros recursos como a água e biodiversidade (BRASIL, 2002).

O objetivo do ZEE é organizar de forma integrada, projetos, planos e programas que utilizam recursos extraídos da natureza, os quais devem considerar as fragilidades dos ecossistemas para definir as atividades de acordo com as condições indicativas de uso do território (BRASIL, 2002).

O Código Florestal, Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção de vegetação nativa, define que para imóveis situados na Amazônia legal, a cobertura por vegetação nativa deve atingir o percentual mínimo de 80% em área de florestas. Para os demais tipos, é necessário a manutenção do percentual mínimo de 35% em área de cerrado, 20% em campos gerais e 20% em outras regiões do país (BRASIL, 2012a). As Áreas de Preservação

Permanente (APPs) destinadas a conter a erosão, mitigar riscos de enchentes e deslizamentos, bem como o uso produtivo da terra, conservação do solo, água e vegetação, também estão incluídas nos termos da referida legislação (BRASIL, 2012a).

No texto do Código Florestal estão inseridos os programas de incentivos à conservação do meio ambiente por meio do pagamento de serviços ambientais a atividades que “propiciem melhorias das condições dos ecossistemas, tal como a conservação e melhoramento do solo” (BRASIL, 2002, art. 41, alínea “g”).

Em 13 de janeiro de 2021 foi aprovada Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) que tem como um de seus objetivos estimular a conservação dos ecossistemas, dos recursos hídricos e do solo (BRASIL, 2021).

De acordo com Wunder (2005) o PSA é definido como uma “transação voluntária”, no qual um comprador se dispõe a pagar para que um provedor ou protetor garanta a prestação de determinado serviço ambiental. As estimativas para o PSA ainda estão sendo discutidas com diferentes abordagens para estimar custos de adotar essa ferramenta de gestão e conservação dos recursos naturais, bem como das perdas pela ausência de aplicação (WUNDER et al., 2009).

O projeto produtor de água é um exemplo de PSA, realizado por produtores rurais em bacias hidrográficas para provisão de água de qualidade a partir de iniciativas que visam a conservação do solo para diminuir processos erosivos, melhorar a qualidade e vazão de água. O município de Extrema, Minas Gerais é pioneiro no país na execução e aplicação prática desse programa (PEREIRA; SOBRINHO, 2014).

Por outro lado, observa-se que na gestão dos recursos ambientais no país, predominam as legislações de cunho punitivo, com o princípio do poluidor-pagador, instituído desde a Política Nacional de Meio Ambiente e perpassam os demais marcos da regulação de uso dos recursos naturais (PEREIRA; SOBRINHO, 2014).

### **3.7 Histórico de ocupação do município de Rurópolis**

Os Projetos Integrados de Colonização (PICs) tornaram-se políticas do Estado para a colonização da Amazônia no final da década de 1960, os quais visavam avançar no desenvolvimento econômico no período militar. Nessa época a chamada “Operação Amazônia” foi uma das ações destinadas para acelerar os projetos de ocupação na região (RABELLO; FERREIRA, 2005).

O Programa de Integração Nacional (PIN) instituído em 1970, teve como objetivo o desenvolvimento regional, por meio de projetos de colonização. Para preencher o vazio demográfico amazônico sob o slogan “Integrar para não Entregar” e de trazer “homens sem-

terra para terra sem homens”, o PIN implementou vários projetos na região, visando facilitar a migração, interligando o Norte as demais áreas produtivas do Brasil (CORREA, 2014; PEREIRA, 2015).

Diante dessas iniciativas de ocupação o Urbanismo Rural foi a teoria utilizada na colonização ao longo da rodovia Transamazônica. Esse planejamento Urbano-Rural pretendia oferecer aos colonos meios básicos para subsistência no campo como escola, igreja, comércio, serviços de saúde, dentre outros subsídios (PINHO et al., 2019).

Segundo Pinho et al. (2019) “era necessário combinar a cidade e o campo para encorajar a ocupação da Amazônia” (PINHO et al., 2019, p. 351). Portanto, ressalta-se que apesar dos estudos envolvidos no projeto, na prática não foi consolidado e não obteve o resultado esperado, pois não correspondia a realidade do contexto aplicado (BRAGA, 2019).

Conforme Ribeiro e Leopoldo (2003), o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) foi responsável pela execução dos projetos de colonização, que organizava os assentamentos e a distribuição de terras para os colonos ao longo das rodovias e vicinais.

Os núcleos urbanos-rurais para receber quem chegava na Amazônia eram formados por três níveis: Agrovilas (vilas agrícolas), Agrópolis (centros de mercado) e Rurópolis (centros administrativos). O primeiro nível seria a instalação de um espaço de 100 hectares contendo entre 48 e 64 lotes urbanos com serviços de uma escola, uma igreja, um posto médico e um armazém para os produtos agrícolas dos assentados no local. O segundo, constituía-se em um conjunto de agrovilas, com acréscimo de serviços bancários, instalação de correios e escola de segundo grau visando atender as áreas mais próximas (PEREIRA, 1997).

O terceiro nível, que era as Rurópolis, seriam formadas por um conjunto maior, composto de Agrovilas e Agrópolis com a construção de um centro microrregional, constituída de serviços diversificados e maior infraestrutura. Também funcionariam como um centro administrativo, residencial e com serviços públicos como educação e saúde, visando atender os colonos das regiões ao entorno (ARAUJO; SAMPAIO, 2007).

Nesse contexto, foi fundado o município de Rurópolis, a primeira cidade construída na rodovia Transamazônica e a única Rurópolis implantada pelo Programa de Integração Nacional situada (PIN) no cruzamento das rodovias Transamazônica (BR-230) e Santarém Cuiabá (BR - 163) (ARAUJO; SAMPAIO, 2007; MULLER, 2015).

Denominada de Presidente Médici, foi fundada no dia 12 de fevereiro de 1974 pelo presidente da república Emílio Garrastazu Médici (VENTURIERI et al., 2010). Essa cidade foi planejada para ser o centro principal na estruturação dos núcleos rurais (Agrovilas e Agrópolis), visando atender as demandas existentes pelo projeto de ocupação (BRITO; GUERRA, 2015).

Com a paralisação do projeto de colonização do governo federal e a extinção dos Projetos Integrados de Colonização (PICs) após 1980, Rurópolis Presidente Médici ficou sob administração de Aveiro já que seu território pertencia a este município.

Em 24 de abril de 1988 foi realizado um plebiscito e com o resultado positivo, em 10 de maio em 1988, ocorreu a emancipação, instituída pela Lei Estadual nº 5.446 de 1988 que consolidou como município sob o nome de Rurópolis. Logo depois, sua área territorial desmembrou-se de Aveiro, passando a ter sede própria (TAVARES, 2008).

No ano de 1980 a região da transamazônica apresentava apenas quatro municípios situados em áreas com rio (Altamira, Aveiro, Itaituba, Santarém) que já existiam na região. Com a emancipação, Rurópolis passou a compor essa lista e atualmente está inserido entre os 14 municípios que compõem a mesorregião do sudoeste paraense dentro do estado do Pará. O mesmo apresenta limites com os municípios de Aveiro, Belterra, Placas, Altamira e Itaituba.

Por fazer parte do processo migratório no contexto da colonização amazônica, a população de Rurópolis foi formada por migrantes do nordeste, sul e demais regiões do país. Vale lembrar que a chegada dessas pessoas na Amazônia foi marcada por grandes desafios desde o deslocamento via terrestre que durava cerca de uma semana até o local que ficavam com mulheres e crianças até conseguirem o lote para construir suas casas (ARAÚJO; SAMPAIO, 2007). Muitos trabalhadores começaram a construir casas enquanto aguardavam um lote rural e assim formou-se uma “vila com várias casas cobertas de palha que ficou conhecida como “vila da palha” que logo em seguida foi destruída para a inauguração da cidade.

A motivação para a chegada de migrantes além dos incentivos do governo, deu-se também por vários problemas ocorridos em outras regiões, como o estado do Paraná que em meados de 1975, passava por dificuldades em relação as geadas nas lavouras, com prejuízo no cultivo de café, principal atividade econômica de muitas famílias. Outro motivo constatado foi a substituição dos cafezais por agricultura mecanizada e o cultivo de grãos na região Sul que reduziu a mão de obra e desencadeou o desemprego de muitos trabalhadores que viviam na zona rural. Por outro lado, a seca na região Nordeste e a necessidade de mão de obra forçou os nordestinos sair no sentido da Amazônia em busca de terras para trabalhar (MONDARDO, 2011; VALVERDE, 1979).

A falta de apoio do governo federal refletiu nas péssimas condições das rodovias e vicinais que são os meios de escoamento da produção agrícola na região. Muitos agricultores colhiam seus produtos e pereciam. Infelizmente essa situação ainda ocorre até hoje no município, e algumas vicinais ainda possuem acesso dificultado tanto para as pessoas como

para o transporte de produtos até a cidade, principalmente no período chuvoso (ARAÚJO; SAMPAIO, 2007).

No município, as formas de uso e ocupação do solo tem sido desenvolvida de forma tradicional, com a agricultura de subsistência e pecuária extensiva com mão de obra familiar e sem utilização de recursos técnicos para o uso e conservação do solo. Nos últimos 20 anos, no setor agrícola houve a implantação da mecanização de poucos hectares de terra em relevo plano próximo à área urbana para o cultivo de milho e soja. Na pecuária destaca-se a criação de bovinos em grandes áreas de pastagem (IBGE, 2017; ARAUJO; SAMPAIO, 2007).

Rurópolis se destaca pelas belezas naturais, como igarapés, cachoeiras e cavernas de potencial turístico ainda pouco utilizado, inclusive cavernas com a presença de registros rupestres, onde já se contabilizaram mais de 50 cavidades (TRAVASSOS et al., 2013). O município é uma exceção na região amazônica, devido abrigar essas cavernas que possuem pinturas e gravuras inéditas e de patrimônio arqueológico (TRAVASSOS et al., 2012).

#### **4 MATERIAL E MÉTODOS**

A pesquisa foi dividida em dois capítulos. No primeiro, fez-se o diagnóstico ambiental da área de estudo por meio do uso de SIG com levantamento de dados sobre a precipitação, hidrografia, relevo, pedologia, cobertura e uso do solo. Também foi realizada pesquisa de campo para registro fotográfico de vários pontos e obtenção de coordenadas geográficas com uso de GPS, onde verificou-se as ocorrências dos processos erosivos e a realidade na área de estudo.

No segundo, realizou-se a análise da fragilidade à perda de solo pela erosão utilizando três metodologias distintas. Na primeira foi aplicado o fator R da equação universal de perdas de solo, proposta por Wischmeier e Smith (1978), pela equação EI30 que estima a erosividade mensal e anual para classificar o potencial erosivo das chuvas. A segunda, mapeou-se a fragilidade potencial e emergente, com base na metodologia proposta por Ross (1994) e a terceira, utilizando dados públicos gerados por pesquisadores da Embrapa Solos (2020), com recorte territorial para a área estudada. Assim sendo, esta pesquisa foi apresentada em forma de capítulos.

## **CAPÍTULO 1: GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NO DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PARÁ**

### **RESUMO**

As geotecnologias têm subsidiado análises espaciais para estudos ambientais, possibilitando melhor planejamento do uso dos recursos naturais. Assim, o objetivo neste trabalho foi realizar o diagnóstico ambiental da área rural do município de Rurópolis, Pará. As informações foram apresentadas em forma de mapas e descrição de cada classe temática sobre a precipitação, hidrografia, declividade, pedologia, cobertura e uso do solo. O período de maior oferta pluvial ocorre entre os meses de dezembro a maio com médias mensais superiores a 200 mm, sendo março o mês mais chuvoso. O Argissolo Vermelho-Amarelo é a classe mais expressiva na área de estudo, correspondendo o total de 80,73% do território. Verificou-se que o município possui mais de 70% de sua área territorial coberta por floresta nativa, com predomínio do relevo ondulado em mais de 45% da extensão municipal. O uso agropecuário do solo está presente em aproximadamente 25% da área municipal. A partir da coleta, organização e análise das informações geradas nesta pesquisa foi possível fornecer bases para melhor compreensão da área de estudo e subsídio ao planejamento, gestão ambiental e territorial do município.

**Palavras-chaves:** SIG. Uso do solo. Planejamento ambiental. Rurópolis.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a ONU (2012), a população mundial em 2024 vai ultrapassar os 8 bilhões de pessoas e pode superar mais de 9,5 bilhões até 2050, exigindo maior oferta de alimentos e demanda por produtos agropecuários. Dessa forma, para garantir a oferta de alimentos e conservação ambiental, estudar as condições físicas do ambiente, torna-se imprescindível para a produção mais sustentável (LOSSARDO; LORANDI, 2010).

As atividades humanas podem resultar em impactos ambientais, econômicos e sociais quando não há um entendimento das fragilidades do ambiente. A compreensão do meio como um todo constitui a base para o entendimento de diversos fatores que influenciam na melhor racionalização no uso dos recursos (LEITE et al., 2021; MARTORANO et al., 2016; RIBEIRO; CAVASSAN, 2013; SANTOS et al., 2017).

O Programa de Integração Nacional (PIN), instituído em 1970 foi um programa do desenvolvimento regional instituído pelo governo federal para exploração econômica da Amazônia, por meio de projetos de infraestruturas como a construção de rodovias, colonização e reforma agrária (CORREA, 2014; LEAL, 2019; PEREIRA, 2015).

O PIN que previa a construção de Agrovilas, Agrópolis e Rurópolis, situadas em distâncias regulares para servir de apoio aos colonos assentados ao longo da rodovia Transamazônica, que se instalavam nas vicinais adentrando a floresta a cada cinco quilômetros (BRITO; GUERRA, 2015; MULLER, 2015). Nesse contexto, foi fundada a primeira Rurópolis, chamada de Presidente Médici, inaugurada em fevereiro de 1974. Rurópolis passou a ter sede municipal a partir de 1988 quando foi emancipada, desmembrando-se de Aveiro, do qual era distrito. Assim, foi a única cidade construída durante a vigência do PIN situada no trecho Altamira-Itaituba.

O crescimento das atividades agropecuárias e as mudanças na cobertura da terra, deram-se a partir das atividades agrícolas desenvolvidas em lotes rurais, visto a chegada de imigrantes das demais regiões do Brasil, incentivados pelo governo federal em busca de terras para trabalhar na agricultura (CLAUDINO et al., 2019).

As geotecnologias têm subsidiado análises espaciais para estudos ambientais, contribuindo no entendimento dos componentes que formam o quadro ambiental do município estudado (MACHADO et al., 2017). O Sistema de Informação Geográfica (SIG) possibilita o melhor planejamento do território, auxiliando no entendimento da dinâmica ambiental, utilização racional do solo e redução de problemas erosivos para subsidiar o setor agrícola e os gestores públicos nas tomadas de decisão e, planejamento ambiental do município de Rurópolis

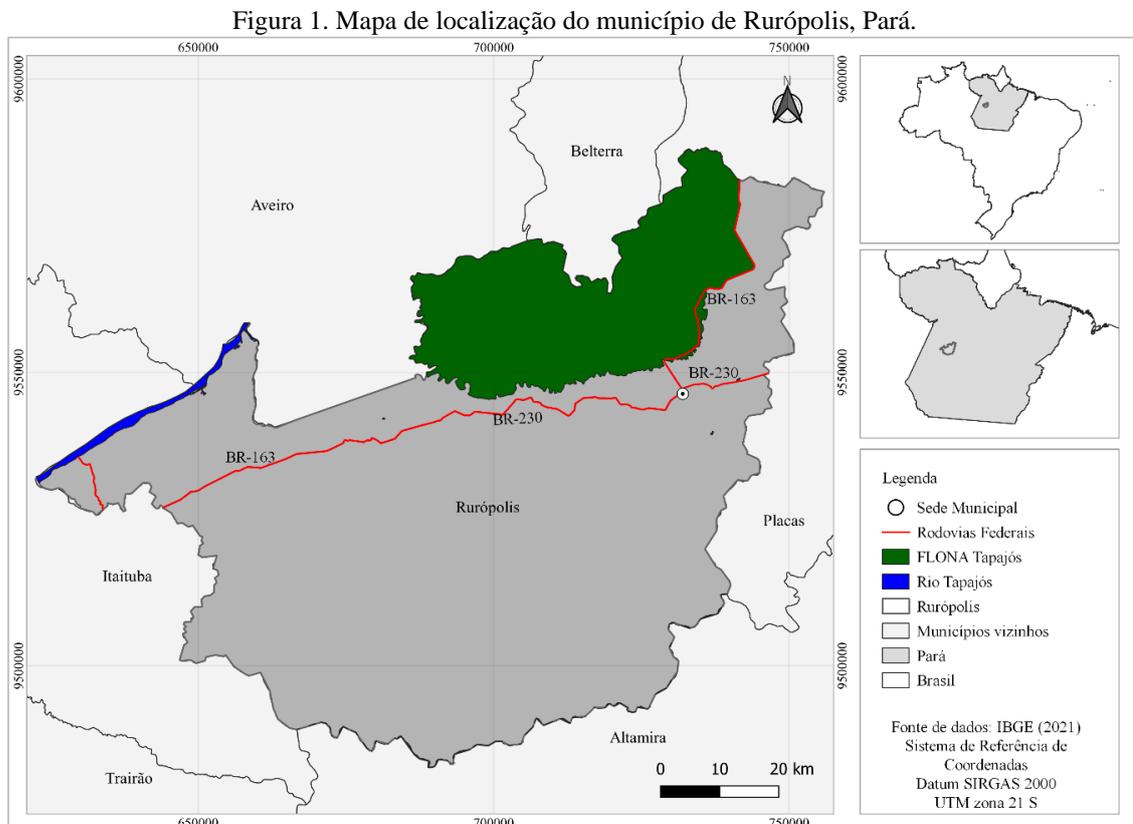
(BARBOSA; FONSECA, 2017; SOARES et al., 2020).

O desenvolvimento desta pesquisa justifica-se pela necessidade de informações ambientais espaciais para maior conhecimento da área de estudo (GOMES et al., 2012). A aplicação do SIG, como ferramenta de análise espacial forneceu melhor compreensão da realidade local. Diante disso, o objetivo neste trabalho foi realizar um breve levantamento ambiental sobre as áreas rurais do município de Rurópolis, Pará.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Área de estudo

De acordo com dados disponíveis no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), o município encontra-se entre a latitude 04° 05' 44" Sul e a longitude 54° 54' 37" Oeste com área territorial de 7.020,79 km<sup>2</sup> (Figura 1). Fica situado a 1.170 km de Belém, capital do estado, no entroncamento da Rodovia Transamazônica (BR – 230) com a Rodovia Cuiabá-Santarém (BR – 163) (IBGE, 2018; 2020).



Fonte: IBGE (2021). Elaboração: autora.

Destaca-se que cerca de 17% da área territorial do município de Rurópolis pertence a Floresta Nacional do Tapajós, Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável que abrange os municípios de Belterra, Rurópolis, Aveiro e Placas (SANTOS et al., 2018).

Esta pesquisa baseou-se no levantamento de aspectos ambientais, com informações disponibilizadas pelo IBGE, ANA, CEMADEN, TOPODATA, MAPBIOMAS. Foram obtidos dados da precipitação pluvial (1983-2021), classes de relevo (declividade), classes de solos (pedologia) e uso e cobertura do solo (1985-2021). As informações foram obtidas a partir de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e levantamento de campo. A área de estudo foi a zona rural do município de Rurópolis no estado do Pará. Nesta pesquisa, considerou-se como recorte temporal, o período entre 1974 e 2021.

## 2.2 Aspectos ambientais da área de estudo

### 2.2.1 Precipitação

Em relação as condições climáticas, o município possui clima do tipo Am<sub>3</sub>, caracterizado por uma faixa em que existem meses menos chuvosos inferiores a 60 milímetros (mm) e precipitação pluvial média anual superior a 2.000 mm, considerado um clima intermediário entre Af e Aw (MARTORANO et al., 1993).

A estação das chuvas coincide com os meses de dezembro a junho e a menos chuvosa, de julho a novembro (SANTOS et al., 2018). A temperatura do ar tem valores médios anuais acima de 25°C, com máximas superiores a 31°C. Quanto à umidade relativa, apresenta valores acima de 80% (IBGE, 2018).

Quadro 1. Classificação da tipologia climática do estado do Pará.

Tipologia climática	Subtipos	Precipitação pluvial anual	Descrição
Af	Af1	>3000	Precipitação do mês menos chuvoso é igual ou superior a 60 mm
	Af2	2500-3000	
	Af3	2000-2500	
Am	Am1	>3000	Estação seca moderada com precipitação mensal inferior a 60 mm
	Am2	2500-3000	
	Am3	2000-2500	
	Am4	1500-2000	
Aw	Aw3	2000-2500	Inverno bem definido com precipitação mensal inferior a 60 mm
	Aw4	1500-2000	
	Aw5	1000-1500	

Fonte: Martorano et al. (1993). Elaboração: Autora.

Dados foram levantados da precipitação pluvial do município de Rurópolis, disponíveis na base HIDROWEB da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) no período de 1983 a maio de 2021 (ANA, 2022). Devido a falha de dados entre junho e dezembro de

2021, utilizou-se informações do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e assim foi possível obter uma série temporal de 39 anos (CEMADEN, 2022).

Para a coleta de dados da pluviosidade, utilizou-se a estação meteorológica - Rurópolis Presidente Médici (código 455004), situada nas coordenadas de latitude 04°05'22" Sul e longitude 054°54'10"Oeste, que iniciou o funcionamento em 01/04/1982 e apresentou dados contínuos até maio de 2021. Essa estação é operada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), identificada como pertencente ao município Aveiro, pois na época da instalação, Rurópolis ainda era distrito de Aveiro. Na área de estudo e ao entorno, essa foi a única estação que apresentou dados de longo período com série mais homogênea, visto a baixa cobertura de rede de monitoramento meteorológico na região amazônica.

### 2.2.2 Declividade

A declividade é uma variável básica de planejamento territorial, considerada um fator determinante na escolha do uso por aptidão do solo. Dessa forma, determina locais onde podem ou não serem utilizados para áreas produtivas agropecuárias. Além disso, serve também na identificação de ambientes restritos quanto ao uso conforme estabelece o Código Florestal (BRASIL, 2012; IBGE, 2009).

O mapa de declividade é considerado fator importante para o conhecimento da inclinação do relevo existente em uma região e para a análise de processos relativos à dinâmica de uso e ocupação do solo (PEREIRA; THOMAZ, 2013; ZIANI et al., 2017).

Quadro 2. Classes de relevo e descrição de cada classe de declividade.

<b>Classes de relevo</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Características</b>
Plano	0 a 3%	Superfície de topografia esbatida ou horizontal, onde os desnivelamentos são muito pequenos.
Suave ondulado	3 a 8%	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros (elevações de altitudes relativas até 50 m e de 50 m a 100 m, respectivamente), apresentando declives suaves.
Ondulado	8 a 20%	Superfície de topografia pouco movimentada, constituída por conjunto de colinas e/ou outeiros, apresentando declives moderados.
Forte ondulado	20 a 45%	Superfície de topografia movimentada, formada por outeiros e/ou morros (elevações de altitudes relativas de 50 m a 100 m e de 100 m a 200 m, respectivamente) e raramente colinas, com declives fortes
Montanhoso	45 a 75%	Superfície de topografia vigorosa, com predomínio de formas acidentadas, constituídas por morros, montanhas, maciços montanhosos, apresentando desnivelamentos relativamente grandes e declives fortes e muito fortes.

Fonte: Adaptado de Santos et al. (2018).

### 2.2.3 Pedologia

De acordo com Santos et al. (2018), responsáveis pela 5ª edição do SiBCS, os Latossolos e Argissolos são as classes de solo com maior expressão no país e, juntos, compõem aproximadamente 56% do território nacional. O solo é definido como um corpo natural constituído por parte sólidas, líquidas e gasosas, e são formados a partir de materiais orgânicos e minerais (SANTOS et al., 2018).

A formação dos solos é influenciada por vários fatores, entre eles destaca-se o clima, topografia, pois devido ao relevo, a precipitação pluvial escoar no terreno e promove modificações na morfologia do solo, enquanto a topografia influencia na remoção e movimentação de material do solo (erosão) para outras áreas (FUSHIMI, 2012). No Quadro 3, apresenta-se as classes de solo existentes no município de Rurópolis, Pará.

Quadro 3. Simbologia, conceito e definição para as classes de solo na área de estudo.

Simbologia	Classes de solo	Conceito/definição
PVAd	Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	Compreendem solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciadas a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta. São de forte a moderadamente ácidos. Solos com processo de formação de argila.
LAd	Latossolo Amarelo Distrófico	Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B latossólico. São muito intemperizados e evoluídos como resultado de energéticas transformações no material constitutivo.
GXve	Gleissolo Háptico Ta Eutrófico	Compreendem solos minerais, hidromórficos que apresentam horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície ou a profundidade maior que 50 cm e menor ou igual a 150 cm. Solos saturados por água e mal ou muito mal drenados em condições naturais.
CXbd	Cambissolo Háptico Tb Distrófico	Compreendem solos constituídos por material mineral, com horizonte B incipiente. Solos em transformação.
RYbd	Neossolo Flúvico Tb Distrófico	Compreendem solos constituídos por material mineral ou por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos.

Fonte: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS et al., 2018). Elaboração: Autora.

### 2.2.4 Cobertura e uso do solo

O mapeamento da cobertura e uso do solo é uma etapa essencial em estudos socioambientais, padrões de mudanças ambientais e para fins de planejamento mais sustentável dos recursos naturais (MENDONÇA-SANTOS et al., 2003). Logo, é válido esclarecer a diferença entre os conceitos relativos ao uso e cobertura da terra, que por sua vez nem sempre são definidos de forma clara.

A **cobertura** está diretamente relacionada com os tipos de cobertura natural ou artificial (vegetação, água, rocha), enquanto o **uso** está associado com a função socioeconômica (agricultura, habitação, proteção ambiental), conduzidas pelos homens (IBGE, 2013). Conhecer os usos da terra é fundamental para o planejamento ambiental de determinado território, pois qualquer atividade humana envolve a utilização do solo.

O projeto de mapeamento anual da cobertura e uso do solo do Brasil (MapBiomias) teve início em 2015, com objetivo de produzir dados de uso e cobertura do solo das últimas décadas, contribuindo para a disseminação de dados no Brasil (PROJETO MAPBIOMAS, 2021; BRITO SILVA, 2019). Esse mapeamento permitiu obter dados desde 1985 até 2021, onde foi lançado a coleção mais recente de mapas anuais. No Quadro 4, descreve-se as classes identificadas na área estudada.

Quadro 4. Descrição das classes cobertura e uso do solo na área de estudo.

Classes de uso e cobertura	Características
<b>1. Floresta</b>	
1.1.1 Formação florestal	Floresta Ombrófila Densa, Floresta Estacional Sempre-Verde, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Savana Arborizada, Áreas que sofreram ação do fogo ou exploração madeireira, Floresta resultante de processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial de vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer árvores remanescentes de vegetação primária. Floresta Ombrófila Aberta Aluvial estabelecida ao longo dos cursos de água.
<b>2. Formação Natural não Florestal</b>	
2.2 Formação campestre	São paisagens naturais formadas, principalmente, por vegetação herbácea (ervas), gramíneas e arbustos de pequeno porte.
<b>3. Agropecuária</b>	
3.1 Pastagem	Áreas de pastagens, naturais ou plantadas, vinculadas a atividade agropecuária.
3.2.1.1 Soja	Leguminosa em forma de grão cultivada em área mecanizada.
3.2.1.3 Outras Lavouras Temporárias	São as de curta ou média duração, uma vez que seu ciclo reprodutivo é inferior a um ano, e, depois de colhidas, precisam de um novo plantio.
<b>5. Corpos D'água</b>	
5.1 Corpos d'água	Rios, lagos, represas, reservatórios e outros corpos d'água.

Fonte: MAPBIOMAS (2021). Elaboração: Autora.

### 2.3 Sistema de Informação Geográfica na análise ambiental

Foram utilizadas informações obtidas da base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Plataforma de mapas e dados do MapBiomias Brasil; Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA). Utilizou-se também arquivos do IBGE contendo a sede municipal, rodovias federais, trechos rodoviários, massa d'água e rede de drenagem natural. A partir das

informações coletadas dos respectivos dados disponíveis, foram produzidos os mapas, utilizando o recorte do limite municipal da área de estudo.

Quadro 5. Síntese das informações de cada mapa elaborado.

<b>Camadas/temas</b>	<b>Fonte</b>	<b>Escala</b>	<b>Formato</b>
Limite municipal da área de estudo	IBGE	1:250.000	Shapefile
Hidrografia	IBGE	1:250.000	Shapefile
Declividade e hipsometria	TOPODATA/INPE	1:250.000	GeoTiff
Pedologia	IBGE	1:250.000	Shapefile
Cobertura e uso do solo	MAPBIOMAS	1:250.000	GeoTiff

Fontes: IBGE, INPE e MAPBIOMAS (2021). Elaboração: Autora.

O limite municipal é o primeiro dado a ser definido para dar início às atividades de coleta e tratamento de dados. O IBGE, disponibiliza regularmente, com atualizações periódicas, a Malha Territorial Municipal, compatível com a escala operacional de 1:250.000. Estes dados estão disponíveis para todo o território nacional ou por Unidade da Federação, de forma individualizada.

Utilizou-se para todas as camadas do projeto o Sistema de Referência de Coordenadas (SRC) EPSG 31981 SIRGAS 2000 UTM zona 21 Sul, sistema oficial da cartografia brasileira. O acesso é realizado através do endereço (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>). Para elaboração do mapa hidrografia foi utilizado informações do limite municipal e de rede de drenagem disponibilizados pelo IBGE e dados sobre os cursos hídricos denominados de igarapés neste estudo, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA).

Para o mapa de declividade as informações foram extraídas do projeto TOPODATA/INPE com dimensão de pixels de 30mx30m (formato GeoTiff) disponível no endereço (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>). Obteve-se quatro cenas de imagens, que juntas, cobrem toda a região de estudo (03S57\_ZN; 03S555\_ZN; 04S57\_ZN; 04S555\_ZN). Em seguida foi feito o mosaico das imagens, recorte e análise. Por meio da extensão GRASS do Qgis, menu processar e acesso a caixa de ferramentas utilizou-se a opção r.reclass para atribuição das classes de declividade.

A variável (declividade) foi dividida em cinco classes de acordo com os intervalos das classes de relevo estabelecidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), elaborado por Santos et al. (2018). Foram empregadas as seguintes classes de relevo: (1) (relevo plano com declividades variáveis de 0% a 3%); (2) (suave ondulado de 3% a 8% de

declividade); (3) (relevo ondulado de 8% a 20% de declividade); (4) (relevo forte ondulado de 20 a 45% de declividade); e (5) (montanhoso de 45% a 75% de declividade) (Tabela 1).

Tabela 1. Classes de relevo e suas respectivas declividades.

<b>Classes de relevo</b>	<b>Declividade (%)</b>
Plano	0-3
Suave ondulado	3-8
Ondulado	8-20
Forte ondulado	20-45
Montanhoso	45-75

Fonte: Santos et al. (2018). Elaboração: Autora.

Os dados foram obtidos no Portal de Mapas do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia Estatística) para a elaboração do mapa de pedologia. Realizou-se o download dos arquivos vetoriais em formato Shapefile no endereço (<https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>).

Foram utilizadas as duas folhas na escala 1:250.000 cobrindo toda a área de estudo (SA-21 – SANTARÉM e SB-21 – TAPAJÓS). A classificação de cada tipo de solo foi feita de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (SANTOS et al., 2018). Ressalta-se que a Base de dados em meio digital, disponibilizadas de acordo com o recorte geográfico do Mapeamento Topográfico Sistemático Terrestre do Brasil na escala 1:1.000.000, com consistência geométrica, estruturada e padronizada para uso em Sistemas de Informação Geográfica sobre o tema de pedologia em escala de trabalho 1:250.000 (IBGE, 2021).

Para o mapa de cobertura e uso do solo foi obtido dados da coleção 6.0 disponibilizada em escala 1:250.000 na plataforma do Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil (MapBiomias) disponível em ([https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR)). Os dados estão disponíveis em formato GeoTiff correspondentes as imagens de satélite Landsat com resolução espacial de 30 metros. Para a área de estudo foram definidas as classes baseadas nas categorias do projeto MapBiomias.

## 2.4 Pesquisa de campo

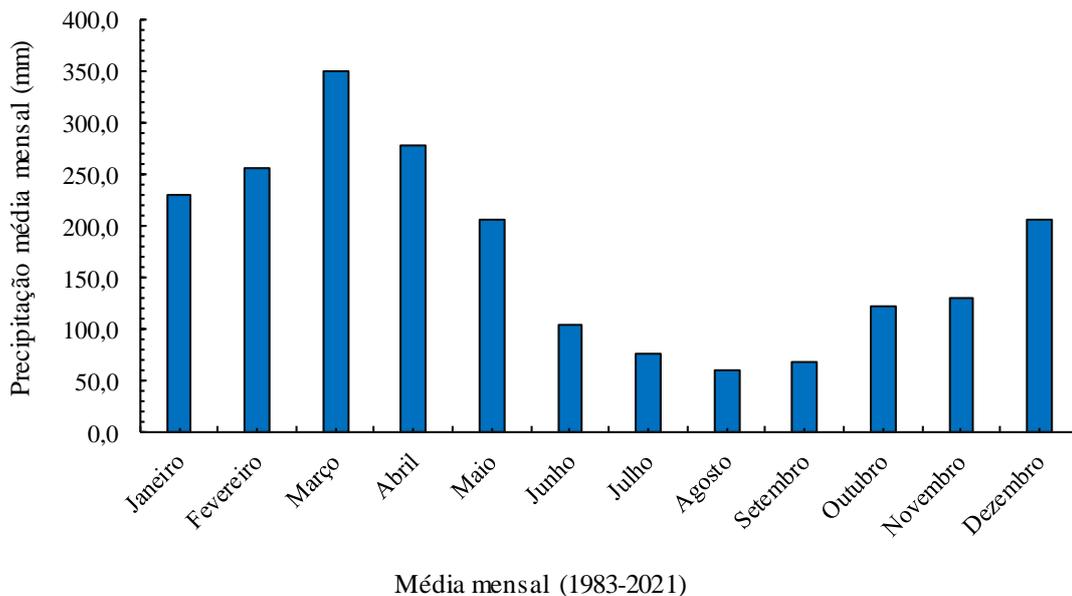
Realizou-se o trabalho de campo no período de 13 a 16 de julho de 2021, apoiado em técnicas de sistemas de informações geográficas com uso de aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Global). Utilizou-se caderno de campo para anotações e fez-se registros fotográficos para reforçar as informações observadas como relevo, corpos hídricos e usos do solo.

Para esta pesquisa foram coletadas coordenadas distribuídas em vários locais, considerando os sentidos sul, norte, leste e oeste do município de Rurópolis, Pará com a descrição da realidade de campo da área em estudo. Ao todo foram coletados 23 pontos desde a porção sul até a porção norte do município, seguindo as principais rodovias e estradas vicinais.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A precipitação média anual do município está acima de 2.000 milímetros. O período de maior oferta pluvial ocorre entre os meses de dezembro a maio com médias mensais superiores a 200 mm, sendo março o mês mais chuvoso, onde as médias ficam em torno de 350 mm. Já os menores registros de chuva acontecem entre junho e novembro com valores abaixo de 150 mm, sendo agosto o mês menos chuvoso, onde as cotas pluviais são inferiores a 60 mm.

Figura 2. Precipitação média mensal no município de Rurópolis, Pará.

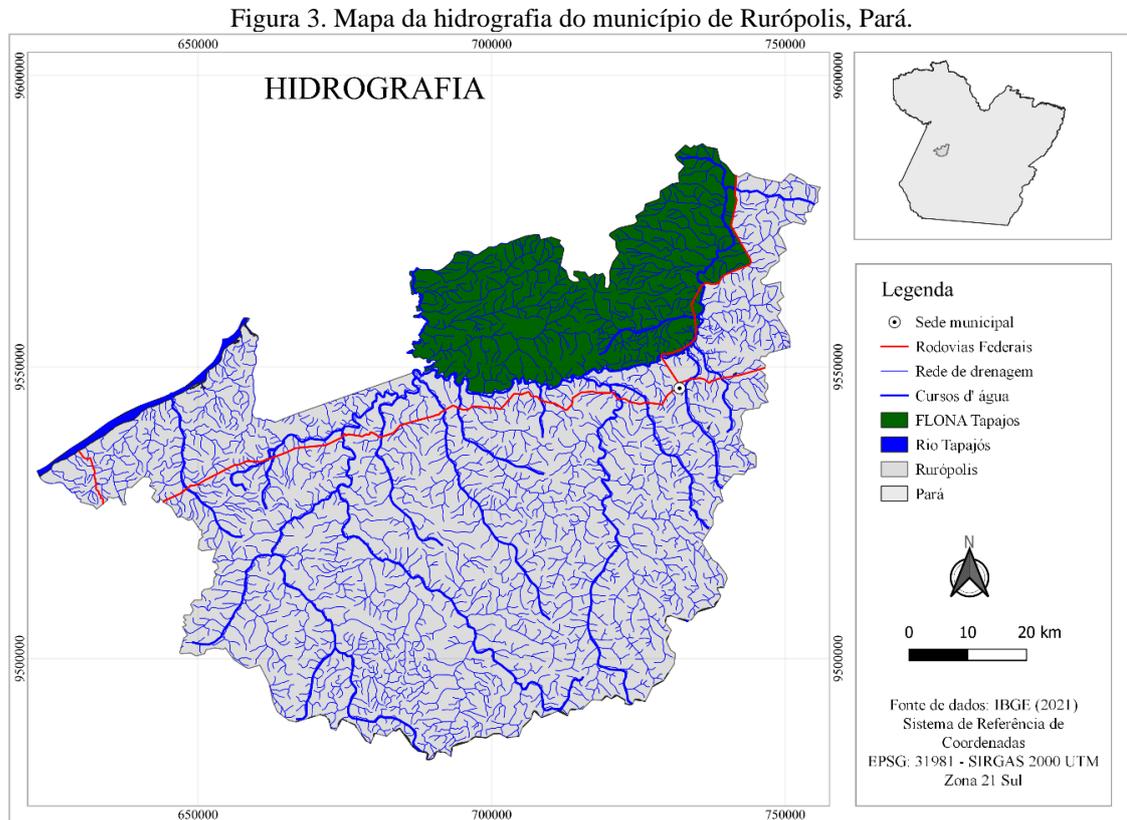


Fonte: HIDROWEB - ANA (2022) E CEMADEN (2022). Elaboração: Autora.

O município de Rurópolis fica inserido na região hidrográfica do Tapajós. Dentro do limite municipal da área de estudo, destaca-se o rio Cupari (braço leste e oeste) com seus subafluentes como os igarapés Santa Cruz, Ipixuna e Tinga. Ressalta-se também que o município é banhado pelo rio Tapajós na porção oeste-noroeste que é um dos principais rios da bacia Amazônica (IBGE, 2018) (Figura 3).

A rede de drenagem é do tipo dendrítica (que se assemelham a galhos de uma planta). Conforme pesquisas realizadas por Santos et al. (2017) os igarapés que compõem essa região

são na maior parte, de regime permanente, ou seja, continua escoando durante o período seco, enquanto na época mais chuvosa a vazão conseqüentemente é mais elevada devido ao maior volume de chuva.



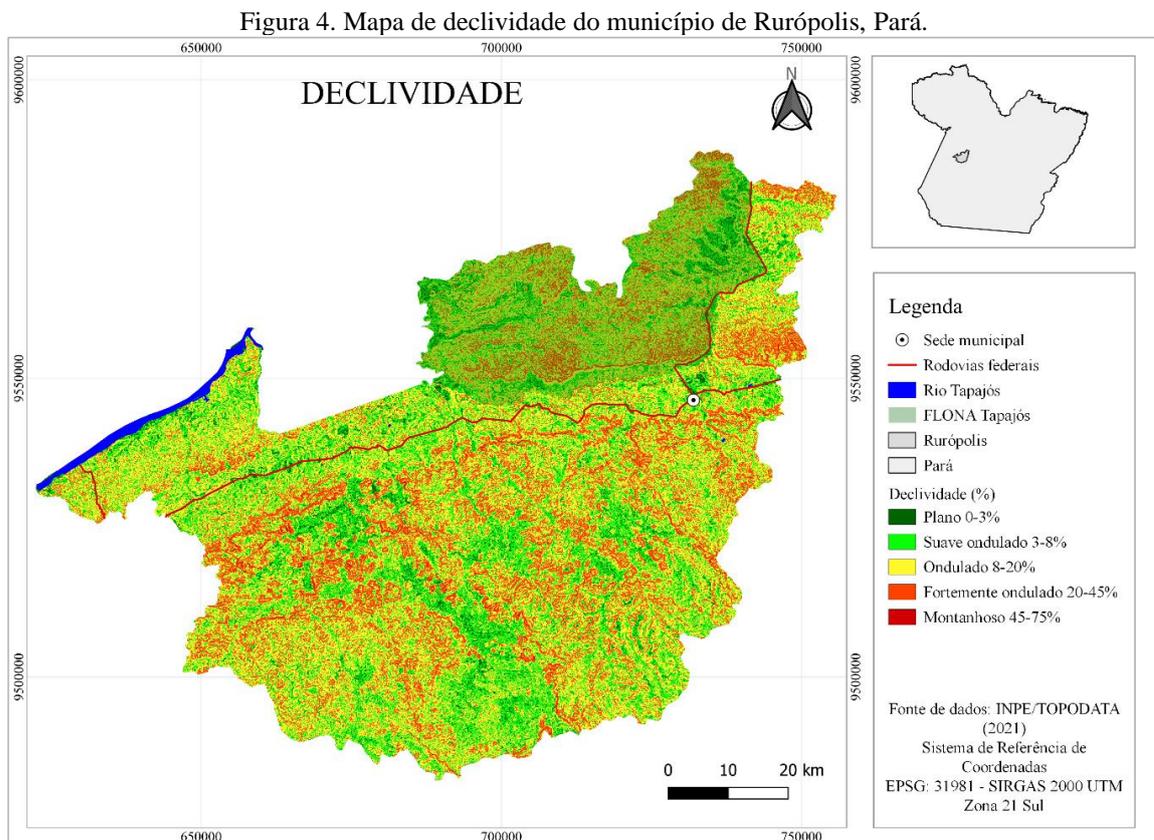
Fonte: ANA e IBGE (2021). Elaboração: Autora.

Para caracterização das formas de relevo existentes, foram utilizados dados de declividade. Na área de estudo, verificou-se que a classe de relevo predominante é o ondulado com declividades entre 8 e 20% e ocupa uma área de 3.225,17 km<sup>2</sup> (45,93%). O relevo suave ondulado, com declividade entre 3 e 8%, abrange 1.970,36 km<sup>2</sup> (28,06%). O relevo forte ondulado tem uma extensão de 1.308,85 km<sup>2</sup> (18,64%) com declividade entre 20 e 45%. Identificou-se o total de 33,82 km<sup>2</sup> (0,48%) com área classificada como relevo montanhoso (declividade maior que 45%). Por outro lado, as regiões mais planas do município abrangem o total de 484,40 km<sup>2</sup> (6,90%) com declividade nula e no máximo até 3%, onde o cultivo de grão está inserido (Figura 4).

Bertolini e Valadão (2009) reforçam que o conhecimento do relevo é fundamental para o homem, na ocupação do espaço e compreensão da paisagem como um todo, visto sua inter-relação com outros aspectos como solo, clima e vegetação (OLIVEIRA et al., 2018).

A declividade está relacionada à inclinação do relevo e tem relação direta com a velocidade de transformação das massas de água de energia potencial em cinética, responsável pelo escoamento superficial e transporte de sedimentos (CREPANI et al., 2001).

Devido à ação da gravidade, a maior a inclinação do terreno favorece a velocidade do escoamento superficial, podendo influenciar na maior quantidade de sedimentos carregados para dentro dos cursos hídricos. Conforme Fantine et al. (2016) a análise da declividade indica as potencialidades de uso do solo e fornece bases para o aproveitamento mais racional desse recurso.



Fonte: TOPODATA (2021). Elaboração: Autora.

Quanto a pedologia (classes de solos), nota-se a predominância do Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico em 5.634,88 km<sup>2</sup> (quilômetros quadrados), correspondendo o total de 80,73% do território, sendo o mais representativo entre as classes identificadas (Tabela 3).

Sobre o Latossolo Amarelo Distrófico há 1.295,54 km<sup>2</sup> (18,5%), com porções distribuídas em várias regiões da área de estudo. Outros tipos de solos identificados com menores extensões foram o Gleissolo Háptico Eutrófico com 33 km<sup>2</sup>, Cambissolo Háptico Distrófico (12,17 km<sup>2</sup>) e Neossolo Flúvico Distrófico, em uma pequena borda nos limites com Aveiro (3,74 km<sup>2</sup>).

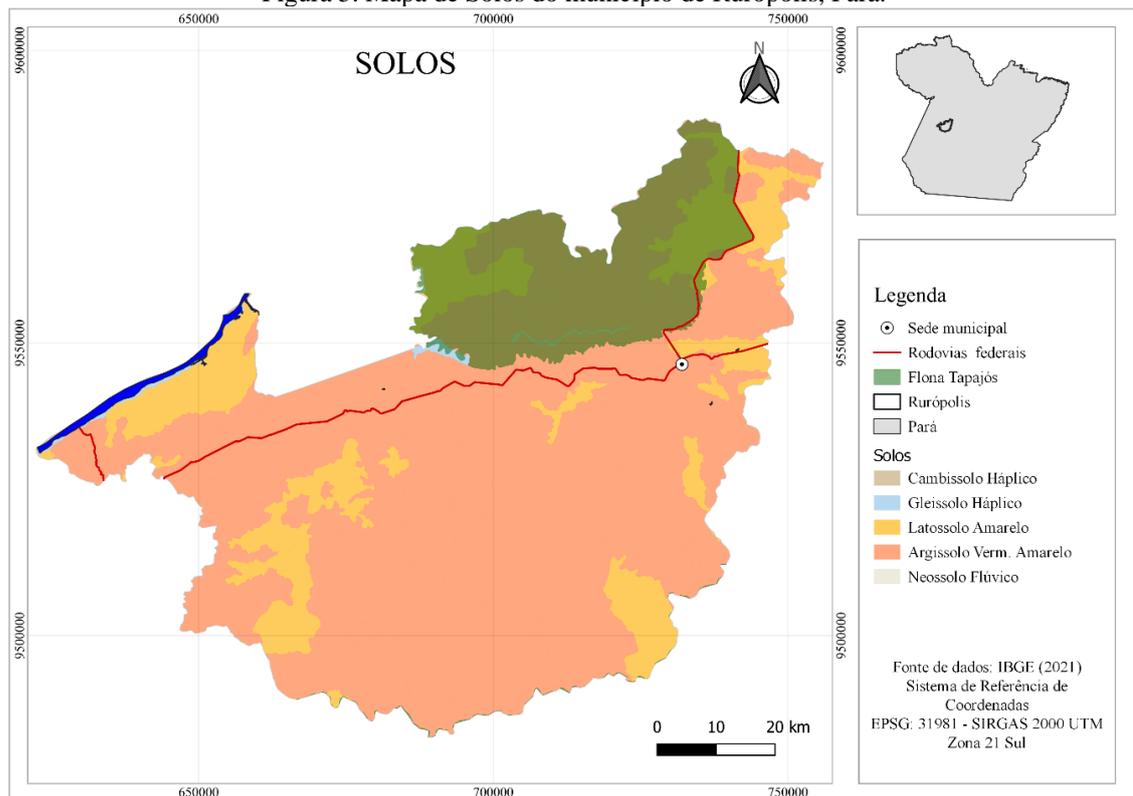
Tabela 3. Distribuição das classes pedológicas e suas respectivas áreas no município de Rurópolis.

Classes	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico	5.634,88	80,73
Latossolo Amarelo Distrófico	1.295,54	18,56
Gleissolo Háptico Ta Eutrófico	33,26	0,47
Cambissolo Háptico Tb Distrófico	12,17	0,17
Neossolo Flúvico Tb Distrófico	3,74	0,05

Fonte: IBGE (2021). Elaboração: Autora.

A distribuição espacial dos tipos de solos está representada na Figura 5. Conforme Santos et al. (2018) os Argissolos e Latossolos são profundos e bastante intemperizados, são mais ácidos e apresentam baixa fertilidade natural (GAMA et al., 2020). O conhecimento das classes de solo de uma determinada região possibilita definir estratégias para melhor conservação deste recurso natural (VALE JUNIOR et al., 2011).

Figura 5. Mapa de Solos do município de Rurópolis, Pará.



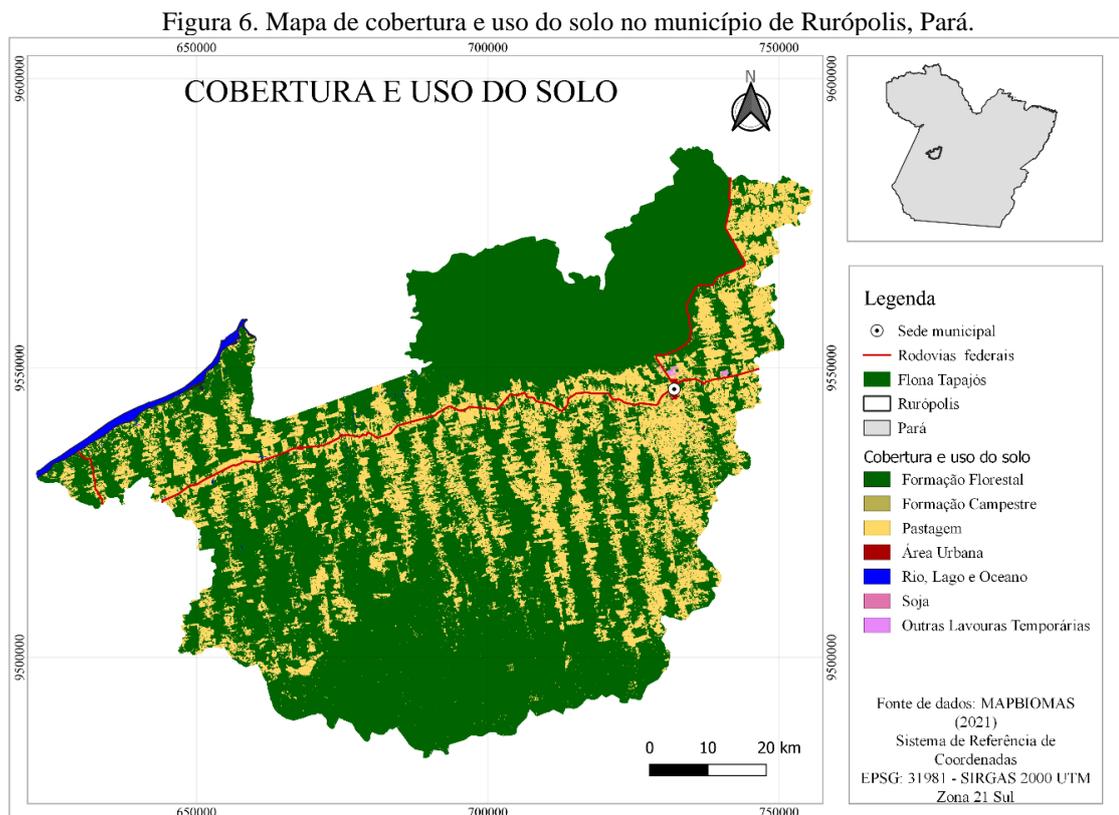
Fonte: IBGE (2021). Elaboração: Autora.

O mapa de uso e cobertura do solo permite visualizar diferentes coberturas existentes numa determinada região. Observou-se que mais de 70% do município de Rurópolis é composto de Formação florestal com uma área total de 5.183,52 km<sup>2</sup> (MAPBIOMAS, 2021) (Figura 6). Destaca-se que cerca de 17% da cobertura florestal municipal pertence a área da Floresta

Nacional do Tapajós, Unidade de Conservação (UC) de uso sustentável que abrange os municípios de Belterra, Rurópolis, Aveiro e Placas (SANTOS et al., 2018).

A partir da análise do mapa de uso e cobertura do solo e das informações obtidas em campo, observou-se os vários usos do solo na área de estudo, sendo o maior, destinado ao setor agropecuário para criação de bovinos.

Na Figura 6, é possível observar como ocorreu o processo histórico do desflorestamento conhecido como “espinha de peixe” que se consolidou ao longo das rodovias Transamazônica e Santarém – Cuiabá, evidenciando a linha de assentamento rural ao longo das viciniais que foram abertas durante o projeto de colonização dirigido pelo INCRA na região. Esse “modelo” dos assentamentos rurais adentrava a floresta a cada cinco quilômetros ao longo das rodovias, com lotes rurais de aproximadamente 100 hectares. Assim, a dinâmica de transformação da vegetação em pastagem, é bastante visível nas imagens de satélite e mapas de cobertura e uso do solo.



Fonte: MAPBIOMAS (2021). Elaboração: Autora.

A área de pastagem destinada ao uso pecuário tem uma extensão territorial de 1.770,52 km<sup>2</sup> (25,22%). As lavouras temporárias contabilizam 4,21 km<sup>2</sup> (0,06%). A extensão de corpos d’água abrangem o total de 44,55 km<sup>2</sup> (0,63%), que inclui uma porção do rio Tapajós dentro do

território municipal. Na Tabela 4, ilustra-se a distribuição das classes de uso e cobertura da terra e suas respectivas extensões territoriais.

Tabela 4. Distribuição das classes de cobertura e uso do solo.

Classes de usos e cobertura do solo	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Formação Florestal	5.183,52	73,83
Formação campestre	12,13	0,17
Pastagem	1.770,52	25,22
Soja	0,44	0,01
Outras lavouras temporárias	4,21	0,06
Corpos d'água	44,55	0,63

Fonte: MAPBIOMAS (2021). Elaboração: Autora.

Na verificação de campo, identificou-se na BR-163, próximo à área urbana, terras destinadas ao cultivo de grãos como soja e milho, nas coordenadas 04°04'19,2" de latitude Sul e 054°55'34,0" de longitude Oeste, ponto 23 (P23). Na data da pesquisa in loco, o uso era destinado ao plantio de milho. Notou-se que essa área está inserida na classe de Latossolo Amarelo e relevo plano, solo com pouca cobertura na superfície, pois mesmo sendo em área considerada plana, é essencial para evitar o impacto direto da chuva sobre o solo e perda de nutrientes. Essa mesma problemática foi verificada por Oliveira et al. (2013) no polo de grãos em Santarém e Belterra.

Com informações disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística por meio do Censo Agropecuário do ano de 2017, fez-se o levantamento da expansão agrícola de grãos no município de Rurópolis. Observou-se que a área colhida de milho possui o total de 352 hectares, com produção de 672 toneladas de grãos, estimada em R\$ 529,526 mil reais (IBGE, 2017). No estado do Pará, a maior área plantada foi detectada no sudeste do estado, município de Santana do Araguaia com 20.088 hectares.

Por outro lado, a soja ocupa 224 hectares, com produção quantificada em 756 toneladas e valor estimado em R\$ 832,860 mil reais. Ressalta-se que no estado, o maior produtor é o município de Paragominas, nordeste do estado, com 104.227 hectares de cultivo (IBGE, 2017).

O cultivo de grãos identificados no município de Rurópolis, BR-163, integra o polo de grãos do Oeste do Pará. Como essa atividade necessita do uso de máquinas em todas as etapas de cultivo e de agroquímicos, o manejo conservacionista é fundamental para assegurar a conservação do solo e da água, sendo necessária a manutenção contínua da cobertura do solo e a preservação das nascentes com vegetação nativa, para reduzir a possibilidade de erosão dos solos (SANTOS et al., 2018).

Cerca de 25% da área do município é utilizada para a criação de gado e de acordo com os dados do censo agropecuário, o total do rebanho bovino existente até o ano de 2017 era de aproximadamente 123.220 cabeças. Observou-se locais de pastagem com erosão em sulcos, causada pela ação da água da chuva e intensificada pela passagem de animais (DIAS-FILHO, 2017).

Quanto ao levantamento de campo, observou-se a predominância de áreas de pastagens. No sentido sudeste do município, foi realizado registros fotográficos na vicinal Manoel Sabino, onde o relevo é fortemente ondulado e com presença de bovinos ( $04^{\circ}07'17,7''$  Sul e  $054^{\circ}52'50,4''$  Oeste). Registrou-se também a parte mais alta do terreno, com destaque para a declividade, umas das porções mais elevadas do município ( $04^{\circ}07'15,2''$  Sul e  $54^{\circ}52'56,1''$  Oeste) (Figura 7-A) (P1 e P2). Logo em seguida, escolheu-se uma área mais baixa (altitude menor que 100 metros) com a presença de nascente de água dentro de pequeno açcaizal nativo na área de pastagem, com represamento de água (açude) para a dessedentação de animais ( $04^{\circ}06'58,4''$  Sul e  $054^{\circ}52'53,2''$  Oeste) (P3) (Figura 7-B). Nessa área, observou-se processos erosivos com presença de pequenos sulcos no sentido declive do terreno.

Figura 7. Registros de campo na área rural de Rurópolis, Pará.



Legenda: A) área de pastagem; B) nascente de água na vicinal Manoel Sabino; C) área de pastagem com solo exposto; D) corpo hídrico com presença de assoreamento no Travessão dos Baianos; E) Corpo hídrico com sinais de assoreamento travessão cachoeira; F) Trecho do igarapé Leitoso; G) Área de pastagem na Transamazônica; H) igarapé Peruda, BR-230; I) pastagem com manchas de solo exposto na Vicinal do Monteiro Lobato; J) Afloramento rochosos em pastagem; K) igarapé Tinga na BR 163 na margem direita com águas mais claras; L) margem esquerda com maior presença de sedimentos na água. Imagens: Autora, julho 2021.

Verificou-se outras áreas do município destinadas a pecuária, caracterizado por relevo ondulado e fortemente ondulado. No travessão dos Baianos, local onde obteve-se as

coordenadas 04°07'46,1" Sul e 054°54'48,8" Oeste a vegetação da pastagem apresentava desgaste e presença de solo exposto, concentradas na parte mais alta do terreno (P4) (Figura 7-C). No período chuvoso o escoamento superficial tende a formar erosão em sulcos no sentido declive. Em contrapartida, Leal et al. (2019) apontam que áreas mais baixas sofrem com o assoreamento pela deposição de solo carregado dos sulcos formados nas partes mais elevadas.

No igarapé situado nas coordenadas 04°08'07,8" Sul e 054°54'50,4" Oeste, presenciou-se sinais de assoreamento, sendo possível observar visualmente a presença de um banco de sedimentos no seu leito (P5) (Figura 7-D). Na Amazônia, os igarapés são definidos como corpos d'água de pequeno porte e são influenciados de certa forma, pelo regime de chuvas durante o ano (GOCH, 2007).

No período mais chuvoso, recebe um maior volume de água, e acaba se tornando meio de deposição de sedimentos advindos de áreas antropizadas ao entorno. Morais (2015) verificou que a maior descarga de sedimentos em corpos de água, coincide com os maiores picos de vazão durante os meses mais pluviosos.

Ainda na porção sul do município foi identificado o cultivo de mandioca e plantio de eucalipto dentro da área de pastagem (04°08'51,7" Sul e 054°54'37,5" Oeste) (P6). De acordo com estudos da Embrapa, o Norte contribui com apenas 6,2% das áreas plantadas no eucalipto no Brasil, enquanto a região que mais se destaca é o Sudeste com 53% das áreas plantadas (SANTAROSA et al., 2014). A mandioca é cultivada nas áreas rurais, sendo comum identificar o cultivo dessa cultura nessa região (EMBRAPA, 2017).

No travessão da Cachoeira foram obtidos mais dados em relação ao uso do solo, sendo o primeiro nas coordenadas 04°07'12,3" Sul e 054°53'51,1" Oeste, na margem de um igarapé que apresentava assoreamento (P7) (Figura 7-E). A origem desse sedimento pode ser advinda da margem da estrada, onde ocorre um volume considerável de escoamento superficial no período chuvoso.

A segunda verificação foi feita nas coordenadas 04°08'02,8" Sul e 054°53'39,7" Oeste, onde passa o igarapé Leitoso que corta várias áreas de uso agrícola e pecuário do município, deixando-o mais frágil ao processo erosivo em locais onde já perdeu a vegetação ciliar (P8) (Figura 7-F). O terceiro local observado foi uma pequena lavoura cacauete situada nas coordenadas 04°09'13,9" Sul e 054°52'56,9" Oeste (P9). Nesta área possui bastante chácaras onde verifica-se o uso para o cultivo de cacau, mandioca, banana, entre outras lavouras.

Na Rodovia Transamazônica (BR-230), sentido Leste do município, nas coordenadas 04°05'33,7" Sul e 054°51'48,1" Oeste, observou-se aspectos gerais do relevo que varia entre suave ondulado a fortemente ondulado (P10) (Figura 7-G). Nesta área está situada a "ladeira

do mosquito” (04°05'21,8" Sul e 054°51'37,7" Oeste), devido as condições precárias da rodovia, falta de pavimentação e curva acentuada na subida, causa acidentes e transtornos no tráfego de veículos, intensificando o problema no período chuvoso, que as vezes se torna inviável (P11).

O igarapé Peruda corta a rodovia nas coordenadas (04°05'04,5" Sul e 054°50'21,9" Oeste) e está situado em Latossolo Amarelo com uso destinado à criação de gado e lavoura agrícola mecanizada (P12) (Figura 7-H). Reforça-se que manter a vegetação ao entorno desses igarapés é essencial para controlar o processo de erosão do solo e o assoreamento dos mesmos.

A próxima etapa de campo foi realizada na Rodovia Transamazônica, Oeste do município, sentido Itaituba, Pará. O primeiro ponto foi tomado na entrada da vicinal Monteiro Lobato, com as coordenadas 04°07'22,8" Sul e 054°59'15,0" Oeste (P13). Logo adiante foi obtido novo registro fotográfico da pastagem com afloramento de rochas (04°07'56,4" Sul e 054°59'21,5" Oeste) (P14) (Figura 7-J). Neste local, constatou-se no topo do morro que a vegetação da pastagem estava com baixa densidade, ocorrência de algumas espécies invasoras e apresentava marcas de solo exposto (04°08'18,9" Sul e 054°59'23,6" Oeste) (P15) (Figura 7-I). Na rodovia foi obtido um ponto na ponte do rio Tambor (04°07'26,9"S e 054°57'32,6"Oeste) (P16) que já possui a vegetação reconstituída após a construção da ponte de concreto.

No entorno da Floresta Nacional do Tapajós 04°03'00,0" Sul e 054°56'16,9" Oeste, observa-se a passagem do igarapé Tinga numa área com relevo plano (P22) (Figura 7-K). No lado direito (jusante) da ponte, percebe-se as águas mais claras, enquanto no lado esquerdo (montante) foi observado maior presença de sedimentos no corpo hídrico advindo de uma atividade antrópica sem manejo adequado (Figura 7-L).

Batalha et al. (2014) alertam sobre as alterações nos corpos hídricos decorrentes do mau uso do solo no entorno da Floresta Nacional do Tapajós. Esse aporte de sedimentos constitui um fator bastante prejudicial para a biodiversidade aquática e aos usos múltiplos da água.

Os pontos 17, 18, 19, 20 e 21, foram coletados numa área com presença de voçoroca. O ponto 17 fica localizado nas coordenadas 04°07'32,7" Sul e 054°56'40,0" Oeste, onde deu-se o início da erosão. No ponto 18 (04°07'32,7" Sul e 054°56'40,8" Oeste), na margem da estrada (BR-230 Transamazônica), já foi possível observar a formação de caminhos no solo, resultado da maior concentração da água (Figura 8).

O ponto 19 (04°07'32,2" Sul e 054°56'41,9" Oeste) onde fica a cabeceira da voçoroca apresenta sulco mais profundo e aumenta a largura e profundidade. O ponto 20 (04°07'31,9" Sul e 054°56'42,2" Oeste) demonstra a etapa de evolução da erosão, onde é possível observar a dimensão da feição erosiva em estado avançado com o solo bastante fissurado e desmoronamento dos taludes (P20). O ponto 21 (04°07'32,2" Sul e 054°56'32,2" Oeste), indica

o assoreamento do igarapé, resultado do transporte de sedimentos da voçoroca para o corpo hídrico. Na data da coleta, a área da voçoroca já estava em sua maior parte coberta de capim.

Figura 8. Registros de campo em uma área de voçoroca em Rurópolis, Pará.



Legenda: Ponto 17) Início da formação da voçoroca próximo à rodovia; Ponto 18) Passagem do escoamento na margem da rodovia; Ponto 19) Formação do sulco pelo escoamento superficial até o início da voçoroca. Ponto 20) Área da voçoroca; Ponto 21) Deposição de sedimentos e assoreamento do igarapé. Imagens: Autora, julho 2021.

Quando essa região foi verificada na imagem de satélite no ano de 2019, observou-se que na parte mais alta do terreno (P17) a vegetação foi removida formando um ponto crítico para desencadear o escoamento superficial e o transporte de partículas de solo (Figura 9). Nota-se na imagem, os cinco pontos que marcaram todas as etapas do processo erosivo desde a erosão laminar até a deposição de sedimentos no igarapé (Ponto 21).

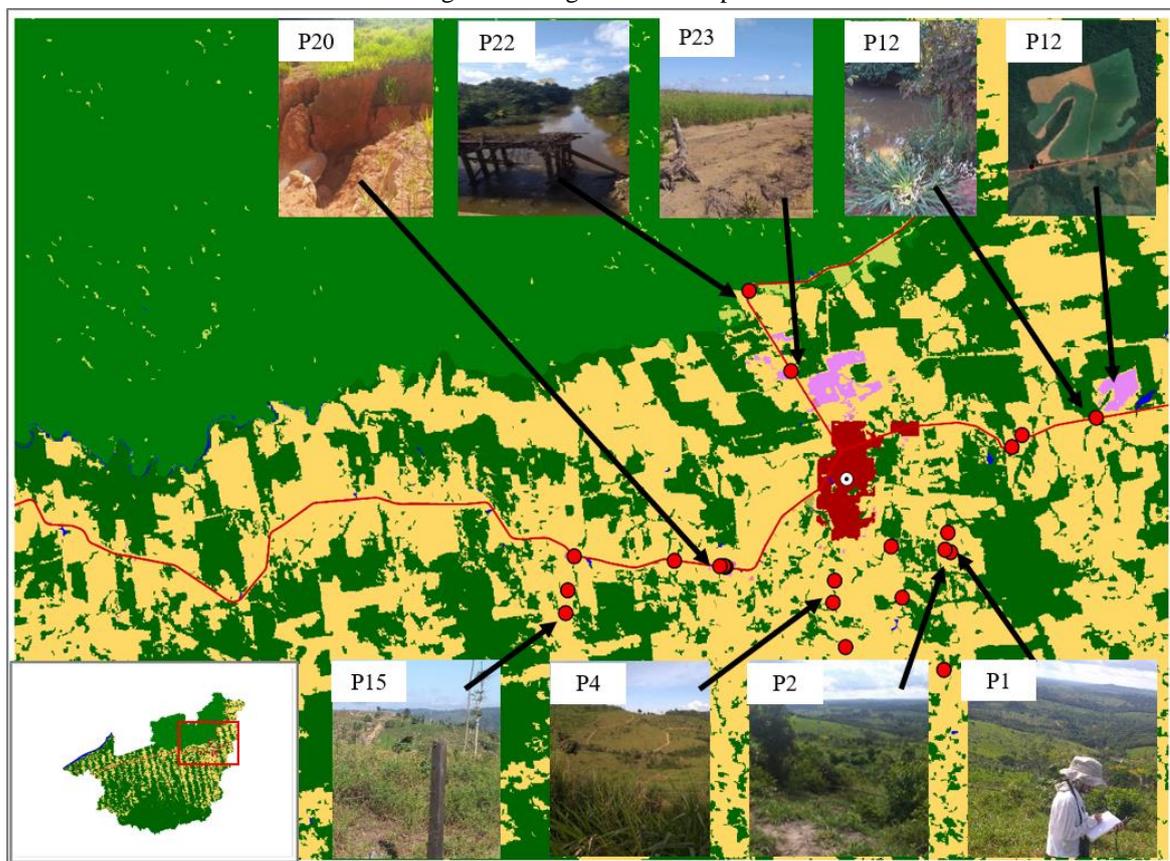
Figura 9. Imagem de satélite da área onde surgiu a voçoroca.



Fonte: Google Earth (2019). Data: 15/07/2019 Elaboração: Autora.

De acordo com Correa et al. (2012) a energia cinética da gota da chuva promove impacto na superfície do solo sem cobertura, ocasionando o desprendimento de partículas e, conseqüentemente desencadeando o transporte e deposição de sedimentos às áreas mais baixas do terreno, comprometendo assim, a integridade dos corpos hídricos. A voçoroca é o estágio avançado, do processo erosivo capaz de causar prejuízos ambientais como assoreamento de mananciais e perdas financeiras, pois pode impedir o desenvolvimento de atividades como a agropecuária (RUBIRA et al., 2016). Na Figura 10, ilustrou-se os locais de registros das coordenadas geográficas em campo.

Figura 10. Registros de campo.



Fonte: Cobertura e uso do solo do MAPBIOMAS (2021). Imagens: Autora, julho 2021.

A cobertura vegetal constitui um dos mais importantes fatores controladores dos processos erosivos, pois atenua a energia cinética da chuva sobre a superfície do solo. A remoção da vegetação e movimentação do solo sem medidas de controle para contenção da erosão provoca grande danos ao ambiente e a sociedade (PIRES; CARMO JUNIOR, 2018).

Conforme Stefanoski et al. (2013) a erosão em pastagem merece atenção, pois a degradação física e perda de nutrientes, reduz a produtividade da pastagem, interfere no ganho de peso dos bovinos e, conseqüentemente, em perdas financeiras ao agricultor.

## 4 CONCLUSÃO

Pode se verificar que a retirada da floresta segue a estrada e avança através de vias secundárias transversais (vicinais). Nessas áreas, ocorrem pastagens com uso de pecuária, os solos são bem desenvolvidos do tipo Argissolos e o relevo é predominantemente ondulado.

O município de Rurópolis possui predominantemente 70% de sua área coberta por floresta nativa. O uso predominante do solo é a pastagem destinada a criação de bovinos.

Com auxílio do SIG foi possível levantar informações da área de estudo que revelou aspectos da realidade local do município que não seria viável sem o uso dessa ferramenta. Assim, essa análise propiciou a compreensão espacial para futuros planejamentos ambientais quanto a conservação do solo, recursos hídricos e produção sustentável.

## REFERÊNCIAS

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Drenagem**. Disponível em: [https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/search?facet.q=type%2Fdataset&resultType=details&sortBy=relevance&fast=index&\\_content\\_type=json&from=1&to=20](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/search?facet.q=type%2Fdataset&resultType=details&sortBy=relevance&fast=index&_content_type=json&from=1&to=20). Acesso em: 12/10/2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Séries históricas de estações**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em 01 março de 2022.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Inventário de estações pluviométricas**. 2 ed. Brasília: ANA; SGH, 2009. Disponível em: [https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download\(file:///D:/Downloads/InventariodasEstacoesPluviometricas.pdf\)](https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download(file:///D:/Downloads/InventariodasEstacoesPluviometricas.pdf)). Acesso em 01 março de 2022.

BARBOSA, G. D.; FONSECA, M. H. Sistemas de Informação Geográfica (SIG) como ferramenta de apoio para a gestão de projetos ambientais. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade** (2017): 4(7): 127-135. ISSN 2359-1412 <https://dx.doi.org/10.21438/rbgas.040713>

BATALHA, S. S. A.; MARTORANO, L. G.; BIASE, A. G.; MORALES, G. P.; PONTES, A. N.; SANTOS, L. S. Condições físico-químicas e biológicas em águas superficiais do Rio Tapajós e a conservação de Floresta Nacional na Amazônia, Brasil. **Rev. Ambient. Água**, 9 (4), Dez. 2014. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1304>.

BERTOLINI, W. Z.; VALADÃO, R. C. A abordagem do relevo pela geografia: uma análise a partir dos livros didáticos. **Terræ Didática**, 5(1):27-41, 2009.

BRASIL. **LEI Nº 12.651, DE 25 DE MAIO DE 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e

7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm) 35/35. Acesso em: 07 de abril de 2020.

BRITO, M. N. S.; GUERRA, G. A. D. Possreiro ou assentado? Reflexos do processo de interdição de assentamentos no território da transamazônica e Xingu. **Revista IDEAS**, v.9, n.1, p.189-226, 2015.

BRITO, B. N.; SILVA, E. B. Análise multitemporal de uso e cobertura da terra na Reserva da Biosfera do Cerrado. **Ateliê Geográfico**, Goiânia-GO, v. 13, n. 2, ago./2019, p. 73 – 91.

CEMADEN. CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Estação pluviométrica de Rurópolis**. Mapa Interativo da rede observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden. Código estação: 150619501. Nome da estação: LEITOSO. Dados de junho a dezembro de 2021. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>. Acesso em 01 março de 2022.

CLAUDINO, W. V.; SANCHES, J. B. DA S.; SILVA, E. P.; CAIONI, C.; SILVA, A. C. S. DA. (2019). Dinâmica de uso e cobertura da terra em Rurópolis, Pará. **Revista De Ciências Agroambientais**, 17(1), 22–30. <https://doi.org/10.5327/rcaa.v17i1.3023>.

CORREA, E. A. **Os dilemas e as proposições da educação ambiental na Transamazônica (BR-230): do atendimento às normas para o licenciamento ao encontro das expectativas das comunidades da rodovia**. Universidade Federal do Pará Instituto de Ciências da Educação Programa de Pós-Graduação em Educação. Mestrado em Educação Com Ênfase em Políticas Públicas, 2014, 132 p. Disponível em: <http://ppged.proesp.ufpa.br/arquivos2/File/Edisa2014.pdf>. Acesso em: 29 de abril de 2021.

CORREA, I. M. C.; BERTOL, I.; RAMOS, J. C.; TAKIZAWA, M. M. Rugosidade da Superfície de um Cambissolo Húmico Relacionada com o Preparo e Compactação do Solo Sob Chuva Natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, p.567-576, 2012.

DIAS-FILHO, M. B. **Degradação de pastagens: o que é e como evitar**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. PDF (19 p.). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1070416/1/TC1117CartilhaPastagemV04.pdf>. Acesso em 09 de janeiro de 2022.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Atividade agropecuária no Estado do Pará** (Costa, M. R. T. R. et al.). Belém, PA. Embrapa Amazônia Oriental, 2017.174 p. (ISSN 1983-0513; 432). Disponível em: <https://www.embrapa.br/amazonia-oriental/publicacoes>. Acesso em: 14 de janeiro de 2022.

FANTINE, R. A.; BERNARDI, E. C.; NASSINHACK, V. S.; BENEDETI, A. C. P. Caracterização ambiental por meio do mapeamento temático utilizando Sistemas de Informação Geográfica no Alto Camaquã – RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria v.38 n.3, 2016, Set.- Dez. p. 1372 – 1381. **Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas** – UFSM. ISSN impressa: 0100-8307 ISSN on-line: 2179-460X.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos**. Roma, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i6874pt/I6874PT.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2020.

FIGUEIREDO, L. E.; CARVALHO, E. M.; MORAES, E. M. V.; FARIAS, F. R. Uso e ocupação da terra, aspectos físicos e econômicos do município de Aquidauana-MS. **Revista Pantaneira**, V. 19, UFMS, Aquidauana-MS, 2021.

GAMA, J.R.N.F.; VALETE, M.A.; OLIVEIRA JÚNIOR. R.C.O.; CRAVO, M.S.; CARVALHO, E.J.M.; RODRIGUES, T.E. - **Solos do Estado do Pará**. In: Brasil, E.C.; Cravo, M.S. & Viégas, I.J.M. (Eds.) - Recomendações de adubação e calagem para o Estado Pará. (2ª. Ed). Belém, Pará: Embrapa Amazônia Oriental, p. 25–46, 2020.

GOCH, I. G. F. **Efeitos do Assoreamento sobre as comunidades de peixes de igarapés da bacia do rio Urucu, Coari, Amazonas, Brasil**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Tese doutorado. Manaus, 2007. Disponível em: [https://bdtd.inpa.gov.br/bitstream/tede/919/1/Tese\\_%20Ynglea.pdf](https://bdtd.inpa.gov.br/bitstream/tede/919/1/Tese_%20Ynglea.pdf). Acesso em: 03 de setembro de 2021.

GOMES, R. L.; MORAES, M. E. B.; MOREAU, A. M. S.; MOREAU, M. S.; FRANCO, G. B.; MARQUES, E. A. G. Aspectos físico-ambientais e de uso e ocupação do solo da bacia hidrográfica do rio Almada-BA. **Bol. geogr.**, Maringá, v. 30, n. 2, p. 45-57, 2012.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo agrícola do município de Rurópolis**. [https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo\\_agro/resultadosagro/agricultura.html?loalidade=15&tema=76614](https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/templates/censo_agro/resultadosagro/agricultura.html?loalidade=15&tema=76614). Acesso em 03 de dezembro de 2021.

IBGE MAPAS. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa municipal**. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa220943>. Acesso em: 03 de julho de 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. Ed. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81615.pdf>. Acesso em: 30 de junho de 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2016 – 2018**. Ministério da Economia. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2020. 26 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101684.pdf>. Acesso em 12 ago. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Número de bovinos município de Rurópolis**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/6907>. Acesso em: 04 abr. 2021.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA ESTATÍSTICA. **Mapa de pedologia do município de Rurópolis, PA**. Folhas (SA-21 – SANTARÉM e SB-21 – TAPAJÓS).

Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em 29 maio de 2021.

LEAL, J. L.S. **A Amazônia brasileira e o seu caráter transnacional: o aproveitamento do seu patrimônio estratégico para garantia do desenvolvimento**. Tese de doutorado. Universidade do Vale do Itajaí – UNIVALI, Itajaí-SC, abril de 2019. Disponível em: <https://www.univali.br/Lists/TrabalhosDoutorado/Attachments/259/TESE%20-%20JORGE%20LUIZ%20DOS%20SANTOS%20LEAL.pdf>. Acesso em: 13 de janeiro de 2021.

LEAL, M. S.; DIAS, H. C. T.; MINGOTI, R.; MARCOS PAULO FERREIRA, M. P. TONELLO, K. C. Definition of priority areas for soil and water conservation in the Itanguá watershed, Capão Bonito, SP state, Brazil. Artigos, **Ciênc. Florest.** 29 (2), Apr-Jun, 2019, <https://doi.org/10.5902/1980509826749>.

LEITE, E. F.; CARVALHO, E. M.; MORAES, E. M. V.; FARIAS, F. R. Uso e ocupação da terra, aspectos físicos e econômicos do município de Aquidauana-MS. **Revista Pantaneira**, V. 19, UFMS, Aquidauana-MS, 2021.

LOSSARDO, L. F.; LORANDI, R. Caracterização das potencialidades e fragilidades ambientais do meio físico de parte do município de Santa Rita do Passa Quatro (SP). São Paulo, UNESP, Geociências, v. 29, n. 3, p. 389-399, 2010.

MACHADO, L. N.; LOSS, A.; ZILLIBACIC, I. L.; DORTZBACH, D.; LALANE, H. C. Vulnerabilidade à perda de solo na microbacia Lajeado Pessegueiro, Brasil. **Scientia Agropecuaria**, vol.8 no.2 Trujillo abr./jun. 2017 <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.08>.

MAPBIOMAS. **Coleção [6.0] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em: 28 de novembro de 2021.

MAPBIOMAS. **Coleção [6.0] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Download direto da Coleção 6 com mapas de Cobertura e Uso do Solo de todo o Brasil em formato GeoTiff (um mapa para cada ano). Disponível em: [https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil\\_coverage\\_2020.tif](https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil_coverage_2020.tif). Acesso em: 28 de novembro de 2021.

MARTORANO, L. G.; MARCO ANTONIO SIVIERO, M. A.; TOURNE, D. M.; VIEIRA, S. B.; FITZJARRALD, D. R.; VETTORAZZI, C. A.; BRIENZA JÚNIOR, S.; YEARED, J. A. G.; MEYERING, E.; LEILA SHEILA SILVA LISBOA, L. S. S. Agriculture and forest: A sustainable strategy in the Brazilian Amazon. **Australian Journal of Crop Science**, 10(8):1136-1143 (2016) ISSN:1835-2707 DOI: To be issued soon.

MARTORANO, L. G.; MONTEIRO, D. C. A.; BRIENZA JR., S.; LISBOA, L. S.; DO ESPÍRITO SANTO, J. M.; ALMEIDA, R. F. Top-bioclimatic conditions associated with the natural occurrence of two Amazonian tree species for sustainable reforestation in the State of Para, Brazil. In: ECOSUD 2011, 2011, Alicante. [org.crossref.xschema.1.Title@472a1609](http://org.crossref.xschema.1.Title@472a1609), 2011. v. 144. p. 111.

MARTORANO, L. G.; NECHET, D.; PEREIRA, L. C. Tipologia climática do Estado do Pará: adaptação do método de Köppen. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 23, p.45-46, 1993.

MENDONÇA- SANTOS, M. L. [et al.]. **Mapeamento do uso atual e cobertura vegetal dos solos do Estado do Rio de Janeiro**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 44 p. n. 22, 2003. ISSN 1678-0892. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/338325>. Acesso em: 25 agosto de 2021.

MORAIS R. C. S. Estimativa de produção de transporte de sedimentos na bacia hidrográfica do Rio Parnaíba, Nordeste do Brasil. **Revista Equador**, 4(4), 81-97, 2015.

MULLER, F. H. L. (Re)contando a história da colonização da transamazônica entre as cidades de Itaituba e Altamira-PA. **Revista Acadêmica da Faculdade do Tapajós**, n. 3, p. 83-101, 2015. In: Sociedade Educacional do Vale do Rio Tapajós – Faculdade do Tapajós. Revista Acadêmica da Faculdade do Tapajós – Boyrá, Biblioteca – Itaituba, PA: Gráfica Castilho, jul/dez 2015. 163 p.; il. ISSN 2357-8815.

OLIVEIRA, C. M.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O. Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v.43, n.1, p.23-32, 2013.

PEREIRA, A. R. A colonização na Transamazônica durante o governo de Emílio Garrastazu Médici. **Revista Reflexão e Ação**, Santa Cruz do Sul, v.23, n.2, p.54-77, jul./out. 2015. <http://online.unisc.br/seer/index.php/reflex/index>. Doi: 10.17058/rea.v23i2.6369.

PEREIRA, A. A.; THOMAZ, E. L. Hipsometria e Declividade da Bacia Hidrográfica do Arroio Palmeirinha, município de Reserva – PR, utilizando o Software Spring. **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.22.04.59/doc/p0071.pdf>. Acesso em: 13 de agosto de 2021.

PIRES, R. R.; CARMO JUNIOR, G. N. R. Processos erosivos em rodovias: uma revisão sistemática sobre os métodos de previsão e monitoramento. **E&S - Engineering and Science**, 7: 4, 2018. ISSN: 2358-5390 DOI: 10.18607/ES201876853.

RIBEIRO, J. A. G.; CAVASSAN, O. Os conceitos de ambiente, meio ambiente e natureza no contexto da temática ambiental: definindo significados. GÓNDOLA, **Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, ISSN: 2346-4712. Volumen 8, número 2, julio-diciembre del 2013 p. 61-76

RUBIRA, F. G.; MELO, G. V.; OLIVEIRA, F. K. S. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. **Revista de Geografia** (Recife), V. 33, No. 1, 2016.

SANTAROSA, E.; PENTEADO JUNIOR, J. F.; GOULART, I. C. G. (ed.) **Transferência de tecnologia florestal: cultivo de eucalipto em propriedades rurais: diversificação da produção e renda**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. ISBN: 978-85-7035-400-6. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/121607/1/Apostila-Serie-TT-Eucalipto.pdf>. Acesso em: 30 de agosto de 2021.

SANTOS, H. G. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed., rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p. ISBN 978-85-7035-800-4. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/199517/1/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 02 de agosto de 2021.

SANTOS, L. S.; BARBOSA, A. M. S.; MARTORANO, L. G.; MORAES, J. R. S. C.; APARECIDO, L. E. O. Distribuição da precipitação e da erosividade mensal e anual na Flona Tapajós e seu entorno. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.7, p.124-133, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0012>.

SANTOS, L. S.; MARTORANO, L. G.; GUTIERREZ, C. B. B.; PONTES, A. N.; SILVA, O. M.; DIONE GUTIERREZ, M. G. Aspecto Fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno – Oeste do Pará, Brasil. **Revista Espacios**, Vol. 38 (Nº 02), 2017.

SOARES, I. G.; DOS SANTOS, L. C. A.; SZLAFSZTEIN, C. F. Aspectos fisiográficos da bacia hidrográfica do Rio Preto – MA: uma ferramenta para a gestão ambiental. **Ciência Geográfica** - Bauru - XXIV - Vol. XXIV- (3): Janeiro/Dezembro – 2020.

STEFANOSKI, D. C.; SANTOS, G. G.; MARCHÃO, R. L.; PETTER, F. A.; PACHECO, L. P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.12, p.1301–1309, 2013.

TOPODATA/INPE. **Mapa de declividade**. Disponível em: (<http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata>). Acesso em 20 maio de 2021.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; PEDRO PAULO RAMOS RIBEIRO DO NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L.S. Solos da Amazônia: etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agro@mbiente**, On-line, v. 5, n. 2, p.158-165, maio-agosto, 2011.

ZIANI, P.; FOLETO, E. M.; WOLLMANN, C. A. Análise e caracterização geográfica da Bacia Hidrográfica do Alto Jacuí/RS. **Ciência e Natura**, vol. 39, pp. 58-74, 2017.

## **CAPITULO 2: EROSIVIDADE DAS CHUVAS E A FRAGILIDADE AMBIENTAL À PERDAS DE SOLO EM ÁREAS RURAIS NO MUNICÍPIO DE RURÓPOLIS, PARÁ**

### **RESUMO**

Na Amazônia, a deterioração do solo causado pelo processo erosivo, enfraquece as áreas destinadas a pastagem, causando a queda da produtividade agropecuária, prejuízos ambientais e socioeconômicos. Nesse sentido, o objetivo neste estudo foi estimar o potencial erosivo das chuvas e identificar áreas com diferentes classes de fragilidade à perda de solo por erosão hídrica. Dados foram levantados a partir de informações de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e pesquisa de campo. Foram avaliados o fator R da Equação Universal de Perdas de Solo para estimar a erosividade; a análise empírica da fragilidade à perda de solo pela erosão em ambientes naturais (fragilidade potencial) e antropizados (fragilidade emergente). A terceira análise da fragilidade à perda de solo pela erosão hídrica, foi realizada com base em dados existentes, elaborados pela Embrapa solos, com recorte espacial para o município de Rurópolis, Pará. Os resultados evidenciaram altos valores de erosividade anuais e mensais, principalmente no período mais chuvoso. As classes de fraca e média fragilidade potencial predominaram na área de estudo, cobrindo cerca de 80% do total. Entretanto, a classe fraca prevaleceu na análise da fragilidade emergente, estimada em 46%. Por outro lado, ao utilizar o recorte da fragilidade obtida pela Embrapa para o município de Rurópolis, constatou-se locais com média e alta fragilidade potencial, que pode ser explicado em decorrência da erosividade das chuvas que foi utilizada nesta análise. No mapa de fragilidade emergente, constatou-se que a classe à perda de solo pela erosão hídrica mais expressiva em extensão territorial foi a de média fragilidade, cobrindo cerca de 50% da área de estudo. As análises realizadas nesta pesquisa, podem ser utilizadas para orientar políticas públicas e sensibilizar atores sociais sobre os riscos de perda de solo pela erosão e conseqüentemente, as perdas financeiras no setor produtivo, quando não se adota práticas de conservação do solo e da água.

**Palavras-chaves:** Agropecuária. Erosividade. Fragilidade. Geoprocessamento.

## 1 INTRODUÇÃO

A erosão causada pela água da chuva é vista como a maior ameaça de degradação dos solos tropicais, com impactos na produção de alimentos, no setor produtivo e nos recursos hídricos (BARROS et al., 2018; PINTO et al., 2020). Dessa forma, é considerada um grave problema ambiental, uma vez que coloca em risco a disponibilidade de terras férteis agricultáveis em várias localidades do planeta (FAO, 2019). Dessa maneira, ocasiona a queda da produtividade agrícola, aumenta os custos da produção e, conseqüentemente, afeta a segurança alimentar e nutricional de várias populações no planeta (POLIDORO et al., 2020; SAATH; FACHINELLO, 2018).

No Brasil, pesquisas apresentadas por Dechen et al. (2015) estimaram as perdas de solo associadas ao processo de erosão em lavouras anuais em mais de 616,5 toneladas de terra ao ano. As perdas também expressam impactos negativos nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, prejuízos em nutrientes, adubos e sementes que são carregados nos sedimentos, potencializando ainda mais os custos econômicos da erosão na agricultura (ANDRADE et al., 2011).

No meio rural, as transformações decorrentes da cobertura e uso do solo ocorre de forma dinâmica e constitui um dos principais fatores de degradação ambiental (SIMÕES et al., 2020). Por um lado, as atividades agropecuárias possibilitaram suprir grande parte da oferta de alimentos no país (ANDRADE et al., 2013). Entretanto, essa atividade necessita ocorrer de maneira sustentável, gerando benefícios econômicos e garantindo a conservação, produção agrícola e melhores condições de vida para os trabalhadores do campo (SAMBUICHI et al., 2012; ZAMBERLAN et al., 2014).

O setor pecuário, em 2017 ocupou cerca de 179 milhões de hectares de pastagem do território brasileiro. De acordo com Polidoro et al. (2020) na agricultura também se destacaram as perdas de insumos como terra, água e matéria orgânica no solo erodido representando prejuízo potencial em termos econômicos que superam mais de 15 bilhões de dólares americanos, sendo que 47% desse custo poderiam ocorrer em áreas de pastagem degradadas.

Na Amazônia, a deterioração do solo causado pelo processo erosivo, enfraquece as áreas destinadas a pastagem, causando a queda da produtividade e prejuízos ao agricultor (DIAS-FILHO, 2014). Essas áreas antropizadas em locais com maior declividade são apontadas como as mais frágeis à degradação e merecem estudos para análise de sua fragilidade, visando identificar áreas mais sensíveis à perda de solo pela erosão (MARTORANO et al., 2017).

O município de Rurópolis localizado no sudoeste do estado foi primeira cidade construída na transamazônica pelo Programa de Integração Nacional (PINHO et al., 2019). O incentivo do governo no processo de ocupação das terras na Amazônia gerou a expansão das atividades agropecuárias nos assentamentos rurais ao longo das rodovias e estradas vicinais.

Rurópolis era o nome dado a um determinado conjunto de Agrópolis (que constituíam um conjunto de Agrovilas) construídas nas margens da rodovia Transamazônica. A partir da fundação (1974) e emancipação (1988) o desenvolvimento municipal foi baseado no uso do solo para a agropecuária. As áreas desflorestadas para agricultura de subsistência ao longo do tempo, foram convertidas para pastagem extensiva e se consolidou como principal atividade econômica na zona rural. Durante esse período, essa atividade foi realizada de forma tradicional.

Portanto, o manejo tradicional ao longo do tempo deixa o solo empobrecido, enfraquece as pastagens e aumenta cada vez mais o risco de degradação pela ação erosiva das chuvas. Nessas áreas antropizadas, fatores como clima (precipitação), declividade do terreno, tipo de cobertura do solo são relevantes para indicar áreas mais ou menos sensíveis aos processos erosivos intensos (MARTORANO et al., 2017).

Assim, Ross (1994) desenvolveu uma metodologia de análise do ambiente em suas condições naturais e com intervenção antrópica. Esse método constitui uma forma de identificar o grau de fragilidade de uma região, no qual a fragilidade potencial determina a maior ou menor estabilidade do ambiente, considerando fatores como solos e declividade (MARTINS et al., 2018; MASSA; ROSS, 2012; SPORL; ROSS, 2004). Por outro lado, a fragilidade emergente representa o equilíbrio ou instabilidade do meio em decorrência das mudanças de cobertura e uso do solo (PERIÇATO; SOUZA, 2019).

O conhecimento da fragilidade potencial e emergente de um ambiente passa pelo levantamento dos solos, declividade, cobertura vegetal, precipitação, entre outros. Esses elementos precisam ser avaliados de forma integrada, visando o planejamento ambiental (MASSA; ROSS, 2012; VALLE et al., 2016). A declividade do terreno é um dos fatores que determina o potencial natural à erosão, enquanto a cobertura do solo oferece maior ou menor grau de proteção (ARAÚJO et al., 2020; PIRES et al., 2015). Assim, a avaliação das fragilidades potencial e emergente direciona o planejamento ambiental em função do seu nível de fragilidade, determinando ações que devem ou não ser realizadas no espaço (FRANÇA et al., 2017).

A ausência da espacialização das áreas mais sensíveis à erosão hídrica, dificulta a tomada de decisão quanto ao uso do solo. Para minimizar os impactos resultantes da intervenção

antrópica, a documentação do espaço geográfico por meio de mapas deve contemplar uma análise sistemática das questões vinculadas à potencialidade do meio físico como forma de promover uma maior sustentabilidade ambiental e socioeconômica (BASTOS et al., 2015; FIGUEIREDO et al., 2010; MELO et al., 2018). Dessa maneira, o objetivo neste trabalho, foi estimar o potencial erosivo das chuvas e mapear áreas com diferentes classes de fragilidade e vulnerabilidade à perda de solo por erosão hídrica na zona rural do município de Rurópolis, Pará.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Estimativa da perda de solo pela Erosividade chuvas**

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE) é um modelo matemático que pode ser usada para estimar as perdas de solo pela erosão. Nas equações (USLE) o potencial erosivo da chuva é explicado pelo fator de erosividade (R), que combina os efeitos da duração e intensidade de cada evento chuvoso (WISCHMEIER; SMITH, 1978). A determinação desse fator é independente dos demais, necessitando somente de levantamento de dados pluviométricos.

Devido à escassez de estações com registro pluviográficos, diversos autores têm feito uso de equações ajustadas entre o índice de erosividade e o coeficiente de chuva, o qual é calculado com informações de pluviosidade mensal e anual de uma localidade (ALMEIDA, A., et al., 2017; CASSOL et al., 2008; LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992; MELLO et al., 2012; PEÑALVA; BAZZANO, et al., 2010).

Essas equações ajustadas podem ser utilizadas para estimar a erosividade das chuvas de outras regiões, com semelhança de clima e distribuição da precipitação pluvial. Assim, a determinação erosividade da chuva permite determinar os meses do ano com maiores riscos de perdas de solo, conhecimento que tem importante papel para reduzir os impactos das chuvas que é o principal agente causador da erosão no meio rural (ALBUQUERQUE et al., 2021; OLIVEIRA JUNIOR, 1996; SANTOS, G., et al., 2010; SILVA NETO; ALEIXO, 2020).

Considerando a importância da variável erosividade no processo erosivo, dados foram levantados da precipitação pluvial do município de Rurópolis, disponíveis na base da HIDROWEB da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) no período de 1983 a 2021 (ANA, 2022). Devido a falha de dados entre junho e dezembro de 2021, utilizou-se informações do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) e assim foi possível obter uma série temporal de 39 anos (CEMADEN, 2022).

Para a coleta de dados da pluviosidade, utilizou-se a estação meteorológica - Rurópolis Presidente Médici (código 455004), situada nas coordenadas de latitude 04°05'22" Sul e longitude 054°54'10" Oeste, que iniciou o funcionamento em 01/04/1982 e apresentou dados contínuos até maio de 2021. Essa estação é operada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), identificada como pertencente ao município Aveiro, pois na época da instalação, Rurópolis ainda era distrito de Aveiro. Na área de estudo e ao entorno, essa foi a única estação que apresentou dados de longo período com série mais homogênea, visto a escassez de cobertura de rede de monitoramento meteorológico na região amazônica.

Para a estimativa da erosividade anual e mensal das chuvas foram considerados os valores de precipitação mensal e anual da série histórica de 1983 a 2021. Para avaliar o efeito da erosividade em regiões onde registros pluviográficos são escassos, utiliza-se em alternativa metodologias com base em dados de série histórica mensal e anual que podem ser obtidos por meio de estações meteorológicas convencionais.

Dessa forma, é possível identificar se essas regiões possuem baixo ou alto potencial à perda de solo pela erosão, bem como épocas do ano com maior volume de chuva e riscos de desencadear processos erosivos mais elevados, com base na classificação da erosividade (MARTORANO et al., 2016).

A erosividade é um índice numérico ( $EI_{30}$ ) (produto entre a energia cinética total da chuva e sua intensidade máxima) que expressa o potencial da água da chuva em causar a erosão (desagregação do solo), considerando a energia cinética da chuva (ALMEIDA, C., et al., 2012; ALMEIDA, W., et al., 2016; LOMBARDI NETO; MOLDENHAUER, 1992; WISCHMEIER; SMITH, 1978).

Primeiro calculou-se o coeficiente de chuva ( $R_c$ ) pela equação (1), posteriormente, a erosividade das chuvas, utilizando a equação (2). A estimativa do potencial erosivo das chuvas para a área de estudo pelo índice de erosividade ( $EI_{30}$ ) foi calculada pela equação desenvolvida por Wischmeier e Smith (1978) e adaptada de Oliveira Junior (1996) que estimou a erosividade no município de Conceição do Araguaia, Pará.

$$R_c = \frac{(p_{\text{mensal}})^2}{(P_{\text{anual}})} \quad (1)$$

$$EI_{30} = 321,5 + 36,2 * R_c \quad (2)$$

Informa-se que na equação 1 o  $R_c$  refere-se ao coeficiente de chuva (mm) que é calculado considerando a precipitação mensal (mm), elevada ao quadrado ( $p^2$ ) dividida pela

precipitação total anual (mm) (P). Os coeficientes de chuva foram calculados mês a mês para toda a série histórica. Na equação 2,  $EI_{30}$  é o índice de erosividade das chuvas, calculada para cada ano por meio da soma da erosividade mensal, onde:

$E$  = refere-se a energia cinética da chuva medida em Megajoule de milímetros por hectare ( $MJ\ mm^{-1}\ ha^{-1}$ );

$I_{30}$  = é a intensidade da chuva em milímetros por hora ( $mm\ h^{-1}$ );

Para categorizar os valores de erosividade, utilizou-se a classificação proposta por Santos (2008), conforme Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do Índice de Erosividade ( $EI_{30}$ ) Anual e mensal.

Classes da erosividade	Erosividade ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$ )	Erosividade ( $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ mês^{-1}$ )
Muito baixa	$R \leq 2500$	$R \leq 250$
Baixa	$2.500 < R < 5.000$	$250 < R < 500$
Média	$5.000 < R < 7.000$	$500 < R < 700$
Alta	$7.000 < R < 10.000$	$700 < R < 1000$
Muito Alta	$R > 10.000$	$R > 1000$

Fonte: Santos (2008). Elaboração: Autora.

Para obter os valores de erosividade mensais e anuais primeiro calcula-se o  $R_c$  de cada mês pela equação (1), em seguida, utilizando a equação (2) determina a erosividade mensal com base no  $R_c$  calculado, e por último, obtém-se o índice de erosão anual ( $EI_{30}$ ) pela soma da erosividade de todos os meses. A seguir, apresenta-se um exemplo de como determinar a erosividade mensal e anual (ano 2021):

$$R_c = (p_{\text{mensal}})^2 / (P_{\text{anual}})$$

$$(271,3)^2 / (3580,4) \rightarrow R_c = \sim 20,6$$

$$EI_{30} = 321,5 + (36,2) * R_c$$

$$EI_{30} = 321,5 + (36,2) * 20,6$$

$$EI_{30} = \sim 1065,7 \text{ (erosividade mensal de janeiro de 2021)}$$

Para obter a erosividade anual, basta calcular os demais meses do ano e a soma corresponderá ao índice de erosividade anual.

Tabela 2. Resultado da erosividade mensal e anual para o ano de 2021.

Meses	Ano de 2021												Total
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	
<b>Prec. (mm)</b>	<b>271,3</b>	291,9	248,7	359,7	163,4	127,8	165,6	91,6	255,2	364,2	454	787	<b>3.580,4</b>
<b>Rc</b>	<b>20,6</b>	23,8	17,3	36,1	7,5	4,6	7,7	2,3	18,2	37,0	57,6	173,0	-
<b>EI30</b>	<b>1065,7</b>	1183,0	946,9	1629,7	591,4	486,6	598,8	406,3	980,0	1662,6	2405,5	6583,7	<b>18.540,1</b>

Fonte: HIDROWEB – ANA (2022) e CEMADEN (2022). Elaboração: Autora.

Os dados mensais e anuais da série de 39 anos, correspondente ao período de 1983 a 2021, foram analisados, obtendo-se os valores anuais e médias mensais de precipitação, utilizando planilhas eletrônicas para organização e tabulação das informações coletadas.

## **2.2 Fragilidade potencial e emergente**

Foram levantados dados cartográficos das seguintes temáticas: declividade do terreno, tipos de solos e cobertura e uso do solo. A declividade foi obtida do TOPODATA/INPE, os tipos de solos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE e a cobertura e uso do solo do projeto MapBiomias Brasil coleção 6.0 (TOPODATA; IBGE; MAPBIOMAS, 2021).

O Modelo Digital de Elevação (MDE) do TOPODATA (baseado nas imagens SRTM da NASA), foi adquirido do arquivo “altitude” em formato GeoTiff (extensão.tif), com resolução espacial de 30 metros, na escala 1:250.000 e desta imagem geoprocessada gerou-se as classes de declividade (TOPODATA, 2021).

Para elaboração do mapa das classes de solos foram obtidas informações por meio de dados disponibilizados em formato digital do tipo Shapefile escala 1:250.000 por meio do recorte das cartas (SA-21 – SANTARÉM e SB-21 – TAPAJÓS), disponibilizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), principal provedor de informações geográficas e estatísticas do Brasil (IBGE, 2021). Ressalta-se que a Base de dados em meio digital, disponibilizadas de acordo com o recorte geográfico do Mapeamento Topográfico Sistemático Terrestre do Brasil na escala 1:1.000.000, com consistência geométrica, estruturada e padronizada para uso em Sistemas de Informação Geográfica sobre o tema de pedologia.

Para elaboração do mapa de cobertura e uso do solo, foram utilizadas informações do projeto MapBiomias de mapeamento anual de uso e cobertura do solo do Brasil, por meio de imagens dos satélites da série Landsat com dados que compreende o período entre 1985 e 2021, em formato GeoTiff, escala 1:250.000 (MAPBIOMAS, 2021).

Foram analisadas três temáticas das cinco propostas por Ross (1994) com adaptações baseadas em estudos de Massa e Ross (2012), Santos e Oliveira (2013), Valle et al. (2016). Após a elaboração dos mapas de fragilidades individuais dos três temas (declividade, tipos de solos e cobertura e uso do solo), foram gerados os mapas de fragilidade ambiental potencial e emergente.

O Mapa de fragilidade potencial resultou no cruzamento do mapa de declividade e dos tipos dos solos, que indica fragilidade natural do ambiente e sua suscetibilidade em desenvolver processos erosivos mais intensos mesmo sem atividades de uso do solo.

O mapa de fragilidade emergente é resultante do cruzamento do mapa de fragilidade potencial, acrescentando o mapa de cobertura e uso do solo, o qual indica a fragilidade/vulnerabilidade desse ambiente em desenvolver processos erosivos mais intensos, considerando a influência antrópica no meio (ROSS, 1994; SANTOS; OLIVEIRA, 2013).

Utilizou-se a ferramenta r.reclass e reclassificação por tabela no programa QGIS Desktop 3.16.16 com algoritmo GRASS 7.8.5 para reclassificar os mapas individuais. Em seguida, com auxílio da calculadora raster, somou-se os dois mapas (declividade e tipos de solo) e extraiu-se a média da soma dos valores atribuídos aos dois mapas temáticos gerando o mapa de fragilidade potencial. O resultado do mapa de fragilidade potencial foi cruzado com o mapa de cobertura e uso do solo, gerando o mapa de fragilidade emergente, aplicando a técnica de análise espacial de álgebra de mapa, pelo procedimento de sobreposição ponderada.

A fragilidade do mapa de declividade foi calculada segundo intervalos já conceituados na literatura referente a estudos de capacidade de uso e aptidão agrícola. Os níveis de fragilidades são representados em cinco (05) classes de intensidade, de muito fraca a muito forte (ROSS, 1994; SPÖRL; ROSS, 2004).

A fragilidade dos tipos de solos foi classificada de muito fraca a muito forte, que segundo Ross (1994) são categorizadas, levando em consideração uma série de fatores de cada tipo de solo, como as características de textura, estrutura, plasticidade, grau de coesão das partículas, profundidade/espessura dos tipos de solo que influenciam na quantidade de chuva que se infiltram ou que escoam no terreno (Tabela 3). Como o mapa de solos estava em formato Shapefile, os pesos foram atribuídos na tabela de atributos, em seguida transformado em formato GeoTiff e feito a reclassificação.

Tabela 3. Classes de Fragilidade para pedologia e declividade.

<b>Pesos atribuídos</b>	<b>Fragilidade</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Classes de solo (pedologia)</b>
1	Muito fraca	0-6 %	Latossolo Amarelo
2	Fraca	6- 12%	-
3	Média	12-20 %	Argissolo Vermelho-Amarelo
4	Forte	20 a 30%	Cambissolo Háplico
5	Muito Forte	Acima de 30%	Gleissolo Háplico, Neossolo

Fonte: Adaptado de Ross (1994) e Souza et al. (2011). Elaboração: Autora.

Para a fragilidade das classes de cobertura e uso foi utilizado a reclassificação por tabela, levando em consideração os códigos da legenda da coleção 6.0 do MapBiomass (2021). Os códigos 3 e 12 estão inseridos na categoria 1 de floresta e formação natural não florestal, os quais foram atribuídos peso 1 (grau de fragilidade muito fraca).

As classes de pastagem e agricultura, representadas pelos códigos 15, 39 e 41, respectivamente, foram agrupadas e denominada apenas de agropecuária e atribuído o peso 3 (média fragilidade), visto que as áreas agrícolas somam menos de 1% da área municipal, tendo assim a pastagem como maior peso ([https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/downloads/Colecction%206/Cod\\_Class\\_legenda\\_Col6\\_MapBiombras\\_BR.pdf](https://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/downloads/Colecction%206/Cod_Class_legenda_Col6_MapBiombras_BR.pdf)) (Tabela 4).

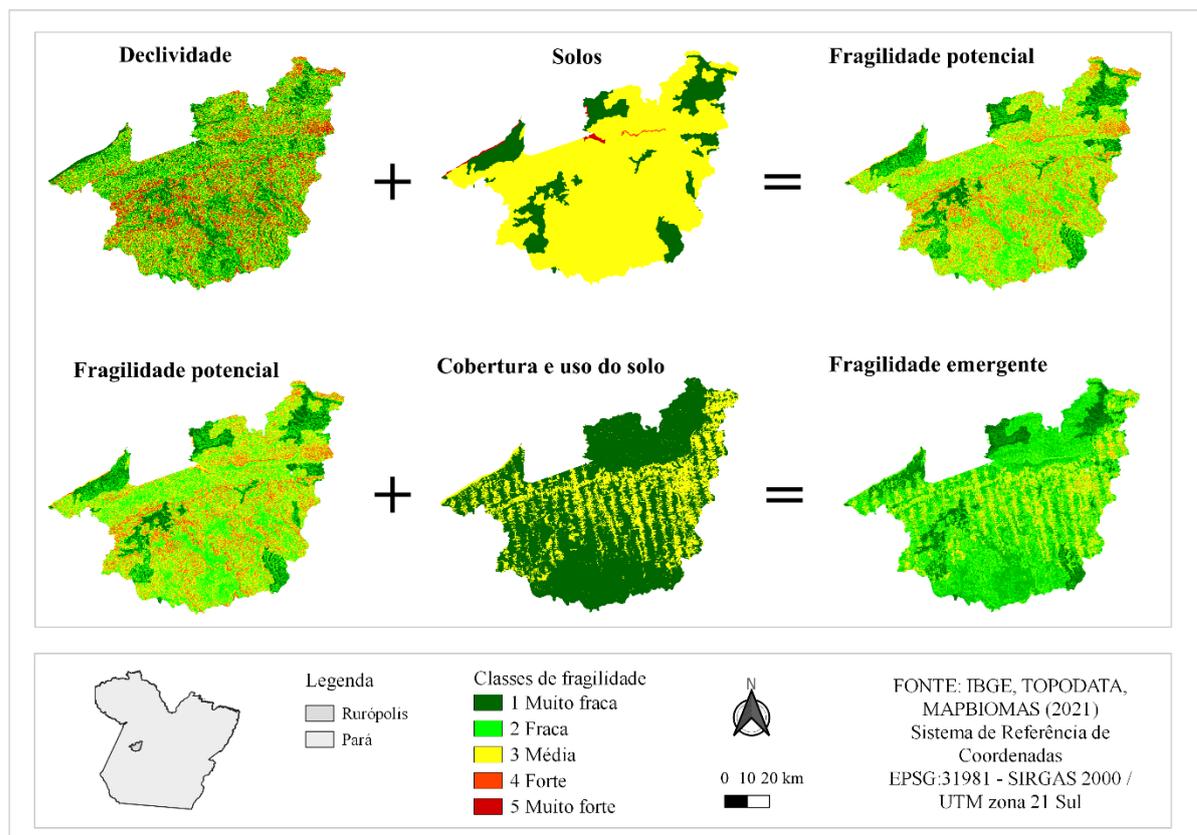
Tabela 4. Classes de fragilidade para cobertura e uso do solo.

Pesos atribuídos	Fragilidade	Cobertura e uso do solo
1	Muito fraca	Florestas
3	Média	Pastagens (agropecuária)

Fonte: Adaptado de Ross (1994). Elaboração: Autora.

Na Figura 1 apresenta-se os mapas individuais de cada tema: declividade, classes de solos e cobertura e uso do solo.

Figura 1. Esquema metodológico para mapeamento das fragilidades potencial e emergente.



Fontes: IBGE; TOPODATA; MAPBIOMAS (2021). Elaboração: Autora.

A terceira análise da fragilidade à perda de solo pela erosão hídrica, foi realizada com base em dados existentes, elaborados pela Embrapa Solos (2020), com recorte espacial para o município de Rurópolis, Pará. Dados foram obtidos na Infraestrutura de Dados Espaciais da

Embrapa por meio da plataforma Geoinfo (GEOINFO, 2021). Os arquivos foram obtidos em formato TIF com resolução espacial de 30 metros, escala geográfica de 1:250.000, disponíveis nos seguintes endereços (<http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2916>) e (<http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2918>) (GEOINFO, 2021).

O procedimento metodológico para o processamento dos mapas elaborados pela Embrapa está descrito no estudo de Simões et al. (2020). Apesar do estudo ter abrangência em todo território brasileiro, os dados levantados, permitem o recorte territorial para análise da fragilidade em estados, municípios e até bacias hidrográficas, possibilitando dessa maneira, o uso dessas informações para analisar e subsidiar o planejamento ambiental na área de estudo, conforme afirmam Simões et al. (2020). Os níveis de fragilidade são representados em cinco (05) classes nominais de intensidade – Muito Baixa; Baixa; Média; Alta; Muito Alta, conforme ilustrado na Tabela 5.

Tabela 5. Classes de fragilidade dos solos à erosão hídrica.

<b>Classes</b>	<b>Suscetibilidade e vulnerabilidade</b>
1	Muito Baixa
2	Baixa
3	Média
4	Alta
5	Muito alta

Fonte: Embrapa Solos (2020). Elaboração: Autora.

Os registros realizados em campo com uso de aparelho GPS (Garmin eTrex) permitiram verificar a realidade “in loco” de diferentes locais para comparar com as análises espaciais realizadas. Assim, foi possível visitar áreas com diferentes graus de fragilidade à erosão hídrica.

### **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

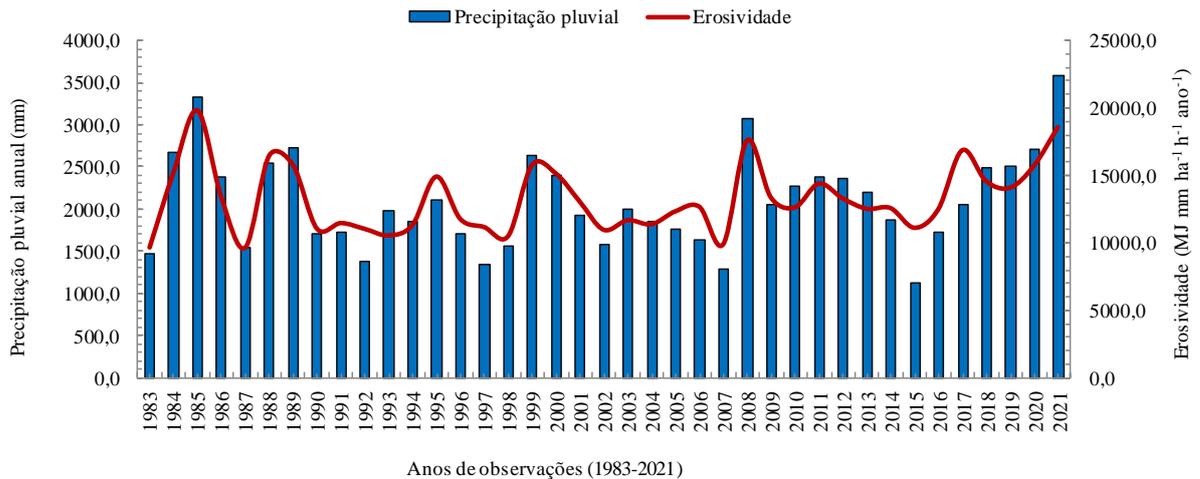
#### **3.1 Erosividade das chuvas**

Ao analisar a série histórica temporal, verificou-se que os anos mais pluviosos do município de Rurópolis foram 1985, 2021 e 2008 com destaque para 2021, que atingiu o valor de 3.580 mm, considerado o mais pluvioso dos últimos 39 anos. Em contrapartida, os anos de 2015, 2007 e 1997 foram os menos expressivos em termos de oferta pluvial anual, sendo 2015 o menos chuvoso do período observado (Figura 2).

Os índices anuais mínimo, médio e máximo de erosividade no município de Rurópolis foram de 9.620, 13.215 e 19.781 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, respectivamente. Na série temporal do

período analisado os anos de 1985 e 2021 tiveram os maiores índices de erosividade do período estudado (19.781 e 18.540 MJmm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Por outro lado, 1987 obteve a menor estimativa de erosividade na série histórica avaliada (9.620 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>). Dessa forma, com base na classificação de Santos (2008), o município de Rurópolis enquadra-se na categoria de alta e muito alta erosividade das chuvas.

Figura 2. Precipitação pluvial e erosividade anual no município de Rurópolis, Pará.



Fonte de dados: HIDROWEB – ANA (2022) e CEMADEN (2022). Elaboração: Autora.

Em 1985 constatou-se que 40% do total das chuvas concentraram-se nos meses de janeiro e dezembro. Observou-se também que em 2021 quase 50% das chuvas acumuladas no ano ocorreram entre outubro e dezembro. Da mesma forma, aconteceu em 2015, ano menos chuvoso da série temporal, onde verificou-se que 76% da pluviosidade anual precipitaram entre fevereiro e maio, gerando maior erosividade devido a distribuição irregular durante os meses do ano.

Segundo Viola et al. (2014) a distribuição das chuvas é um fator que influencia no valor da erosividade, pois a concentração de chuvas em alguns meses do ano pode elevar o potencial erosivo, em comparação com anos onde a distribuição das chuvas mensais são mais homogêneas (BACK; POLETO, 2017).

Barbosa et al. (2013) ao analisar a erosividade em três municípios no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, observaram valores máximos de 14.328,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em Santarém, 14.620,2 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em Belterra e 15.251,3 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> em Rurópolis, Pará, utilizando a equação de Bertoni e Lombardi Neto (1999).

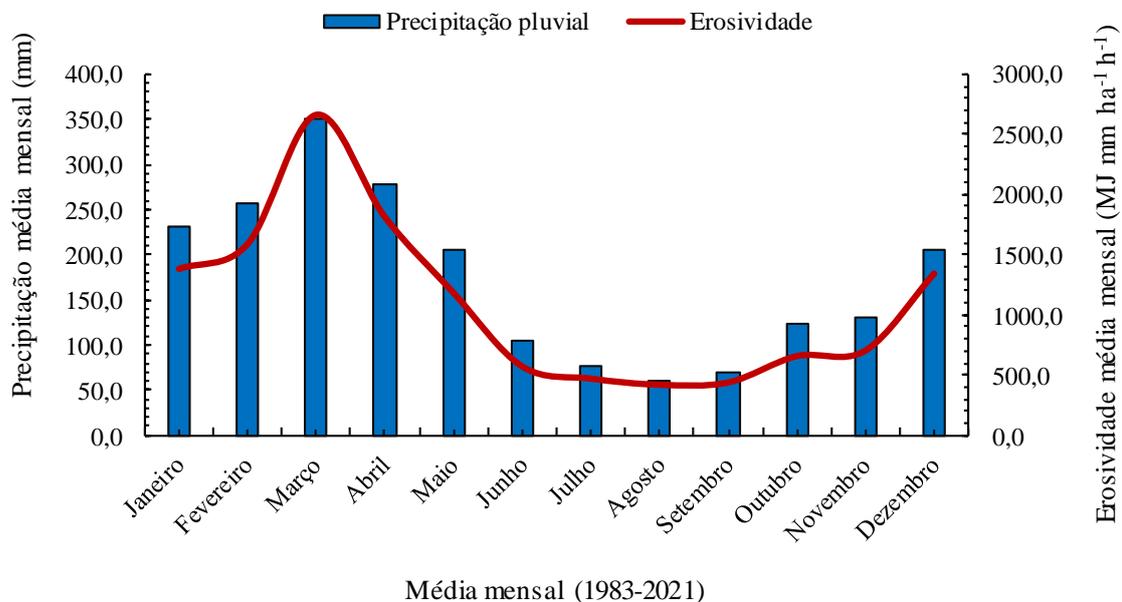
Santos et al. (2018) utilizando a mesma metodologia desta pesquisa ao investigar a erosividade e precipitação pluvial no entorno da Flona Tapajós observaram que os municípios

de Santarém e Belterra possuem oscilações semelhantes em relação a erosividade anual calculada para o município de Rurópolis, com destaque para o ano 2008 em que a erosividade de Rurópolis e Belterra foram na ordem de  $17.567 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e  $17.761 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , respectivamente.

Rocha et al. (2019) encontraram para o município de Belterra erosividade anual mínima de  $8.899 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  e máxima de  $18.636 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  estimada pela metodologia adotada nesta pesquisa. Por outro lado, Albuquerque et al. (2021) ao avaliar a erosividade das chuvas no município de Castanhal, nordeste do estado do Pará estimaram valores médios de  $22.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ , utilizando a equação de Oliveira Junior et al. (1994) para condições climáticas do entorno de Belém.

Em relação a distribuição da precipitação pluvial média mensal e os índices de erosividade na série histórica, constatou-se que o período mais chuvoso do ano está entre os meses de dezembro a maio, com destaque para março, mês com maior média de chuva, sendo também o mais erosivo. Os meses de junho a novembro apresentam as menores ofertas pluviais, com volumes mínimos de 60 mm mensais, sendo, dessa forma, enquadrados nas classes de baixa e média erosividade (Figura 3).

Figura 3. Precipitação e erosividade média mensal para o município de Rurópolis.



Fonte de dados: Hidroweb – ANA (2022) e CEMADEN (2022). Elaboração: Autora.

Com base nessas informações de erosividade, verifica-se que a região apresenta alto risco natural à perda de solo pela erosão, principalmente no período mais chuvoso. As

análises evidenciaram que o período mais crítico em relação ao potencial erosivo das chuvas é entre dezembro e maio, concentrando 73% das chuvas anuais.

As classes de erosividade estimadas na área de estudo são semelhantes as observadas em toda a Amazônia que apresenta sério risco de processos erosivos em decorrência do volume pluvial observados na região, sendo a área classificada com os maiores valores de erosividade do país (ELTZ et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2015; TRINDADE et al., 2016).

Esses resultados demonstram a necessidade de cuidados com as atividades agropecuárias e manutenção da cobertura do solo, boas condições das pastagens, visto que a cobertura vegetal pode contribuir nas respostas do desenvolvimento dos processos erosivos, e assim mitigar os impactos das chuvas no solo (Oliveira et al., 2011). Dessa maneira, Florentim et al. (2021) reconheceram que as estimativas das classes de erosividade, permitem identificar épocas do ano em que o risco de erosão pode aumentar.

A região norte é a menos assistida quanto ao monitoramento da precipitação pluvial e apresenta baixa densidade de estações em relação a sua extensão territorial. Essa falta de cobertura meteorológica, dificulta estudos relacionados à erosão dos solos na Amazônia, considerada a área com maior erosividade do país (OLIVEIRA et al., 2012).

Além disso, a baixa quantidade de pesquisas nessa temática na Amazônia, dificulta o planejamento das atividades de uso do solo, visto que o conhecimento da erosividade dessas áreas serviria de base para reduzir impactos negativos das chuvas relacionados aos usos do solo (BARRETO, 2007; MELO et al., 2015; SILVA NETO; ALEIXO, 2020; TRINDADE et al., 2016).

### **3.2 Fragilidade individual da declividade, pedologia e da cobertura e uso do solo**

Com base no cálculo da fragilidade para a declividade, observou-se que na área de estudo há predominância da fragilidade fraca e média e, ambas correspondem a 57% do total do município de Rurópolis. Para as classes forte e muito forte contabilizaram-se 1.338,39 km<sup>2</sup>, cerca de 19%, distribuídas aleatoriamente na região estudada.

Quanto a fragilidade relacionada aos solos da região, o Argissolo Vermelho-Amarelo é o maior em porção territorial (80%) e apresenta média fragilidade, enquanto a classe de fragilidade muito baixa é composta por Latossolo Amarelo. A seguir, apresenta-se a distribuição das áreas de cada classe de fragilidade para as temáticas individuais de declividade, solos (Tabela 6) e cobertura e solo do solo (Tabela 7).

Tabela 6. Distribuição das classes de fragilidade para as temáticas estudadas.

<b>Fragilidade</b>	<b>Declividade (%)</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual (%)</b>	<b>Pedologia</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual (%)</b>
Muito fraca	0-6	1.642,31	23,46	LAd	1.295,85	18,56
Fraca	6-12	<b>2.205,79</b>	<b>31,51</b>	-	-	-
Média	12-20	<b>1.813,00</b>	<b>25,90</b>	PVAd	<b>5.635,97</b>	<b>80,73</b>
Forte	20-30	958,46	13,69	CXbd	12,17	0,17
Muito forte	>30	379,93	5,43	GXve, RYbd	37,01	0,53

Legenda para pedologia: LAd -Latosolo Amarelo Distrófico; PVAd - Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico; CXbd - Cambissolo Háplico Tb Distrófico; RYbd - Neossolo Flúvico Tb Distrófico; GXve - Gleissolo Háplico Ta Eutrófico. Elaboração: Autora.

Para o tema cobertura e uso do solo, a agropecuária foi classificada com média fragilidade e representa cerca de 26% do total da extensão municipal, com uso do solo predominante para pastagem destinada a criação de bovinos. Araújo et al. (2020) destaca que apesar da cobertura gramínea oferecer proteção ao solo, o manejo inadequado e o processo de degradação da vegetação, associados ao aumento da declividade tende a favorecer o escoamento superficial e elevar a ocorrência de processos erosivos.

Quando o mapa de uso e cobertura foi reclassificado, a maior porção do território foi na classe de cobertura florestal com extensão de 5.196,55 km<sup>2</sup>, correspondendo a 74% da área de estudo. Estimou-se que 17%, cerca de 1.257 km<sup>2</sup> da cobertura florestal do município pertence à Floresta Nacional do Tapajós, Unidade de Conservação (UC) da categoria de uso sustentável, conforme estabelece o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, Lei n° 9.985, de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000).

Tabela 7. Distribuição das classes de fragilidade para cobertura e uso do solo.

<b>Classes</b>	<b>Fragilidade</b>	<b>Cobertura e uso do solo</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Percentual (%)</b>
1	Muito fraca	Florestas	5.196,55	74,00
3	Média	Agropecuária	1.826,19	26,00

Elaboração: Autora.

### 3.3 Fragilidade potencial e emergente

Na Tabela 8, observa-se a quantificação das áreas referentes à cada classe de fragilidade potencial e emergente, distribuídas em todo o território do município de Rurópolis.

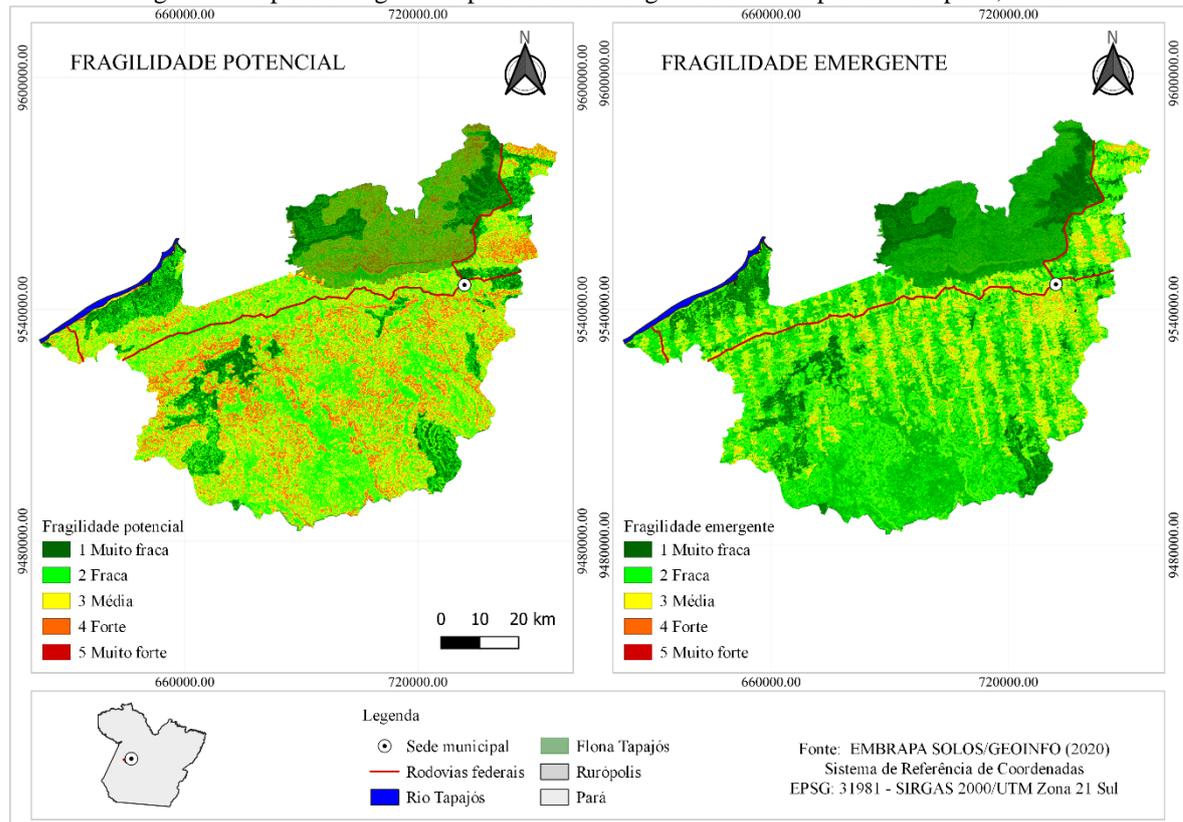
Tabela 8. Distribuição territorial da fragilidade potencial e emergente.

Classes de fragilidade	Fragilidade potencial		Fragilidade emergente	
	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Muito fraca	890,75	12,82	3.043,28	43,79
Fraca	<b>3.255,05</b>	<b>46,84</b>	<b>3.227,53</b>	46,45
Média	<b>2.435,41</b>	<b>35,05</b>	678,24	9,76
Forte	367,64	5,29	0,08	0,00
Muito forte	0,18	0,00	0,00	0,00

Elaboração: Autora.

Na Figura 4, apresenta-se a distribuição espacial das classes de fragilidades potencial e emergente, ilustrando as zonas de fragilidades existentes no município, de acordo a classificação de Ross (1994).

Figura 4. Mapas de fragilidade potencial e emergente do município de Rurópolis, Pará.



Fonte: TOPODATA, IBGE, MAPBIOMA, (2021). Elaboração: Autora.

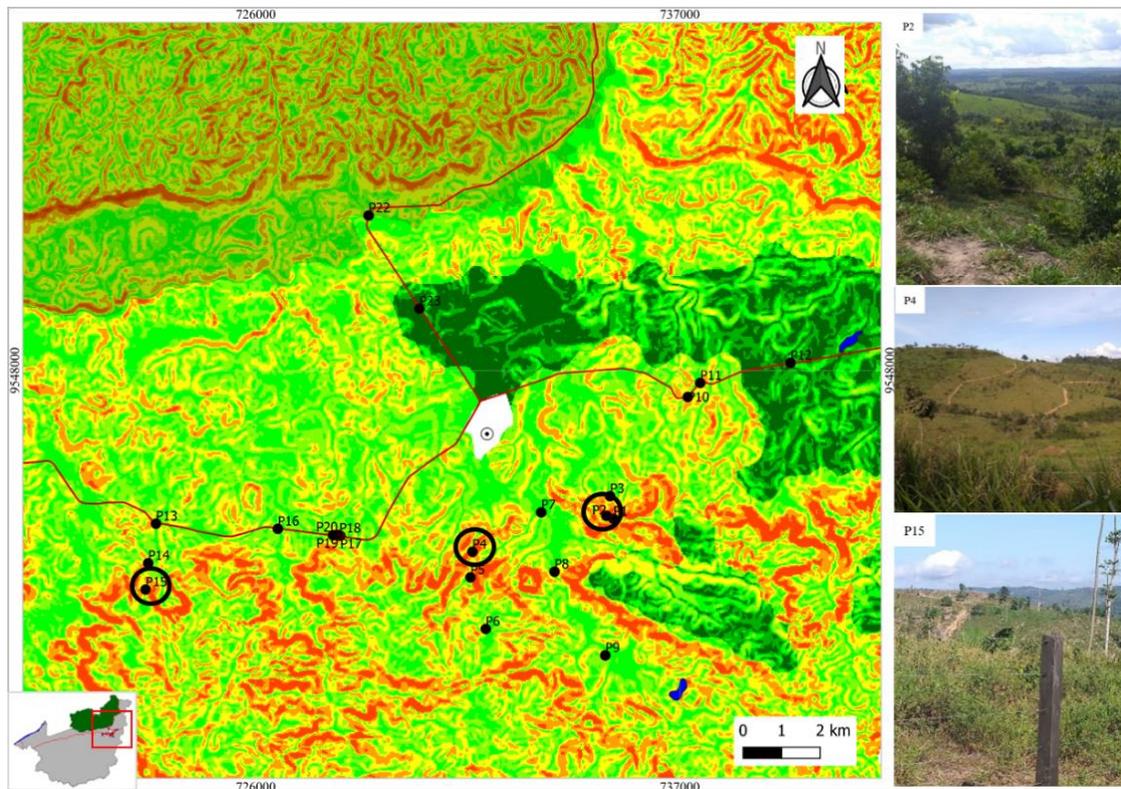
Para a **fragilidade potencial**, observou-se o total de 2.435,41 km<sup>2</sup> (35,05%) com média fragilidade aos processos erosivos. A maior representatividade foi da classe de fraca fragilidade (46%), distribuída em sua maioria áreas com relevo plano e suave ondulado. Já a classe muito fraca predominou em regiões com a presença de Latossolo Amarelo, corroborando desse modo,

com estudos de Pericato e Souza (2019) os quais também associaram a classe de fraca fragilidade em locais com ocorrência de Latossolos e localidades com baixa declividade.

Embora a classe de forte fragilidade potencial corresponda a aproximadamente 367,64 km<sup>2</sup> da área total, é caracterizada pela influência da declividade, sendo altamente suscetível à perda de solo pelo processo erosivo.

Os registros fotográficos de campo, permitiram identificar algumas localidades mais frágeis à perda de solo, inseridas em regiões com relevo fortemente ondulado e Argissolo Vermelho Amarelo (Figura 5). Os pontos 2, 4 e 15 são locais com uso agropecuário e declividade superior a 20%, sendo considerado com maior potencial à erosão hídrica.

Figura 5. Registros de campo em locais com média e alta fragilidade potencial.



Fonte: TOPODATA, IBGE, MAPBIOMA, (2021). Elaboração: Autora.

Esses locais classificados com média e forte fragilidade ocorreram onde a declividade é mais elevada e predomina os Argissolos, que de acordo com Medeiros et al. (2018) são considerados mais suscetíveis aos processos erosivos em condições de clima tropical onde a ação de eventos pluviais intensos favorece a desagregação das partículas de solo pelo impacto da gota da chuva.

As perdas de solo em locais com maior declividade do terreno são aceleradas pela velocidade do escoamento superficial que favorece o transporte de sedimentos do solo,

tornando esta variável, um fator determinante do grau de fragilidade potencial, como destaca Martins et al. (2018).

Assim, Valle et al. (2016) observaram em seus estudos a relação entre a declividade e os tipos de solos são fatores cruciais para determinar o grau de fragilidade potencial de uma região. Ressalta-se ainda que o volume de chuva associados aos altos valores de erosividade verificados na área de estudo, elevam o potencial erosivo das áreas com maiores declividades (SOUZA et al., 2020). No entanto, observou-se que as áreas com potencial de ocorrência de erosão encontram-se dispersas em todo município, principalmente onde o relevo é mais acentuado.

Ao analisar a **fragilidade emergente**, foi possível constatar que as classes muito fraca e fraca ocuparam 90% da área de estudo. Percebeu-se que a minoria do município possui média fragilidade (9,76%). O mapa de fragilidade emergente apresentou menos de 1% da classe forte e nenhum local foi verificado valores para a classe muito forte. Ressalta-se que o mapa de fragilidade emergente revela a influência da cobertura e uso do solo nos processos erosivos.

No município, notou-se que devido a cobertura do solo ser composta por floresta em mais de 70% da área estudada, o potencial de fragilidade emergente foi reduzido, indicando que a cobertura vegetal oferece proteção natural ao potencial erosivo, permitindo maior infiltração da água no solo e redução do escoamento superficial, conforme observado por Santos e Marchioro (2020).

As áreas de pastagens com maior densidade de vegetação também apresentaram baixa fragilidade aos processos erosivos. Entretanto, na classe de uso agropecuário, apesar da média fragilidade representar menor proporção (678,24 km<sup>2</sup>), Trindade e Rodrigues (2016) destacam que essa classe merece atenção para mitigar os efeitos negativos da erosão e reduzir os riscos de evolução para a classe de forte fragilidade.

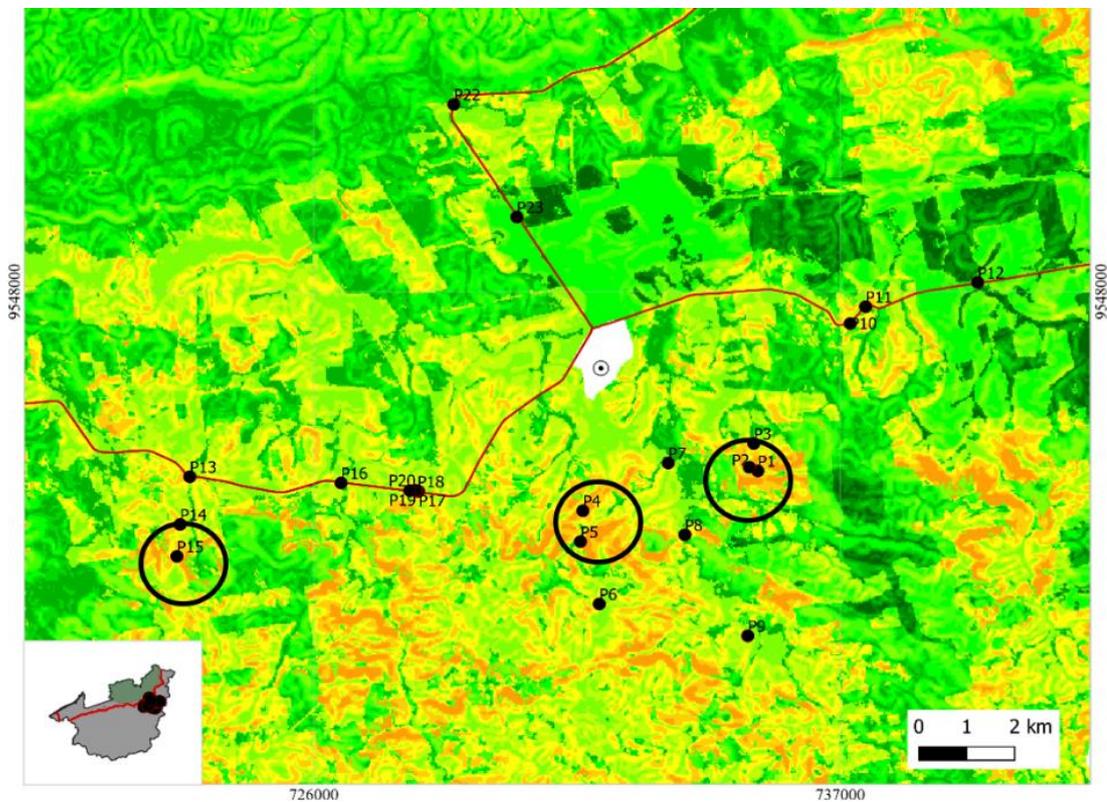
De acordo com Lima et al. (2020), as pastagens com baixa cobertura e com áreas de solo descoberto pode acelerar os efeitos da erosão, pois reduz a infiltração e aumenta a energia cinética do escoamento superficial durante eventos pluviais extremos. Desse modo, salienta-se o escoamento superficial como a fase do ciclo hidrológico mais relevante para provocar danos ambientais, pois é onde ocorre o transporte da água da chuva na superfície terrestre, dando início as etapas do processo erosivo pelo deslocamento de solo, culminando no depósito de sedimentos nos corpos hídricos.

Com base em dados de campo, observou-se que em áreas de pastagens com indícios de degradação do solo, a fragilidade emergente é mais elevada, pois a pastagem apresenta baixa cobertura do solo e maior fragilidade aos processos erosivos das chuvas (Figura 6).

Observa-se na Figura 6, os pontos (P2, P4, P5 e P15) no mapa de fragilidade emergente, apresentaram média fragilidade mesmo após a sobreposição do mapa de cobertura e uso, em decorrência da baixa densidade da cobertura vegetal nessas localidades. Portanto, se não forem tomadas medidas de conservação, o risco de aumento da fragilidade é iminente.

De acordo com Cunha et al. (2021) a pastagem degradada é caracterizada pela perda de sua produtividade em relação a capacidade de recuperação natural. O manejo das pastagens é fundamental para manter a cobertura do solo e evitar as perdas pela erosão, pois a redução de nutrientes do solo, o uso excessivo na estação seca reduz a biomassa vegetal e acelera ainda mais sua deterioração.

Figura 6. Registros de campo em locais com média fragilidade emergente.



Fonte: TOPODATA, IBGE, MAPBIOMA, (2021). Elaboração: Autora.

Pesquisas de Martorano et al. (2021) sobre a pecuária extensiva na Amazônia, apontam que Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPFs) é uma das estratégias para melhorar a qualidade do pasto, do solo e reduzir a supressão de florestas nativas e emissões de gases de efeito estufa para a atmosfera. Em pastagens deterioradas e com baixa produtividade Olival et al. (2021) reforçam o uso desse sistema produtivo, apontando benefícios econômicos e ecossistêmicos como a ciclagem de nutrientes e melhorias da produtividade.

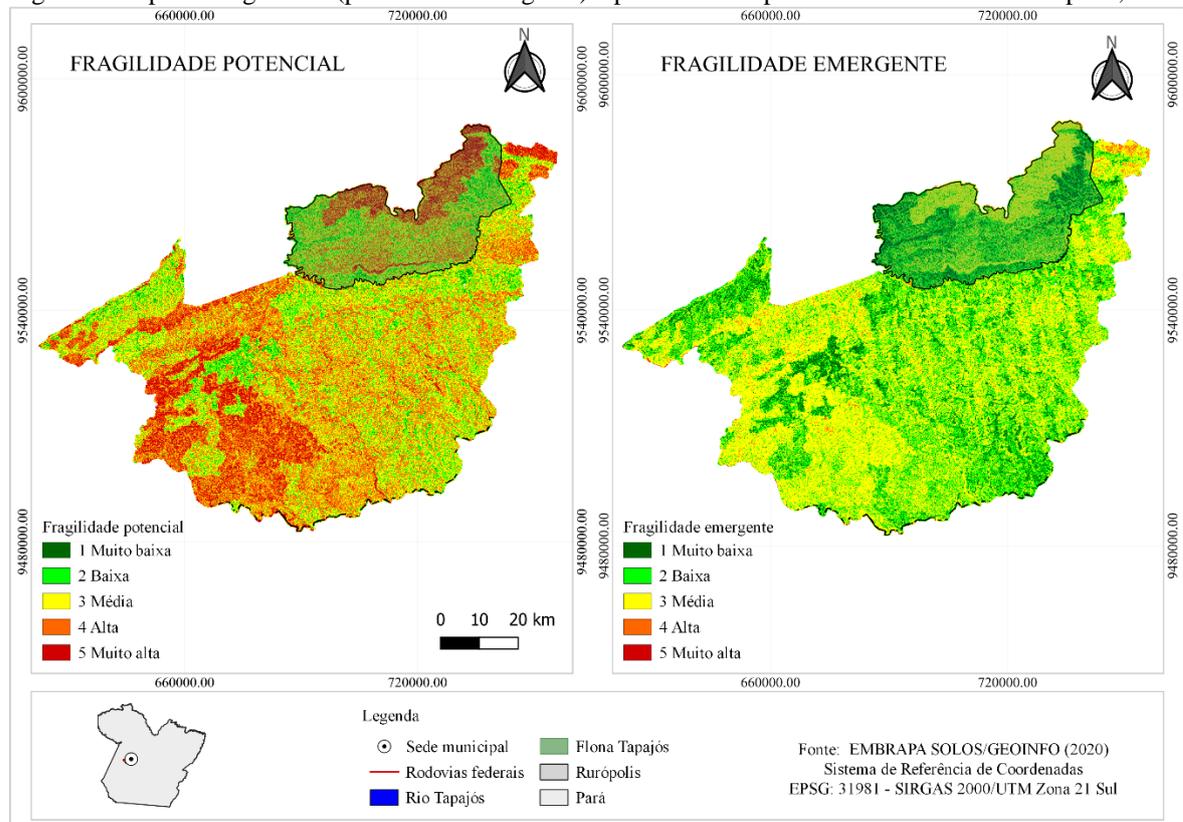
A partir do recorte espacial para a área de estudo de mapas elaborados por pesquisadores da Embrapa (2020), foi possível identificar as regiões do município de Rurópolis que estão mais sensíveis aos processos erosivos.

Os resultados evidenciaram que a classe de média fragilidade (potencial) a perda de solo foi a mais expressiva em extensão territorial, cobrindo cerca de 2.692 km<sup>2</sup> (38,81%). Em seguida, a classe de alta predominou em 2.264 km<sup>2</sup> (32%). Ao quantificar cada classe para o município estudado, observou-se a predominância da média e alta fragilidade (potencial), respectivamente.

A classe baixa representou cerca de 15% da área estudada e a classe muito alta compreendeu 10% do total do município. Esses locais são bastantes sensíveis à perda de solo pela erosão, pois estão associados com declividades acentuadas e sofrem influência da erosividade das chuvas, com possibilidade de maiores taxas de perdas de solo em condições de clima tropical (MIGUEL et al., 2021).

Na Figura 7, é possível visualizar espacialmente a distribuição das cinco classes de fragilidade do solo à erosão hídrica, conforme a classificação realizada pela Embrapa (2020).

Figura 7. Mapa de fragilidade (potencial e emergente) à perda de solo pela erosão hídrica em Rurópolis, Pará.



Fonte: EMBRAPA SOLOS/GEOINFO (2020). Elaboração: Autora

Constatou-se que a classe de fragilidade (emergente) mais expressiva em extensão territorial foi a média com 3.493,65 km<sup>2</sup>, cobrindo aproximadamente 50% da área de estudo. Já as classes muito baixa e baixa, ocuparam cerca de 48% do município. No entanto, as categorias alta e muito alta, quando somadas, não ultrapassaram 67 km<sup>2</sup> (Tabela 9). Apesar de representar uma pequena porção da área total, esses locais devem ser prioritários para medidas mitigadoras dos processos erosivos e proteção ambiental (RIBEIRO et al., 2016).

Tabela 9. Classes de fragilidade (potencial e emergente) à erosão hídrica no município de Rurópolis, Pará.

Classes	Fragilidade potencial (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)	Fragilidade emergente (km <sup>2</sup> )	Percentual (%)
Muito baixa	186,716	2,69	971,37	14,03
Baixa	1.085,71	15,65	<b>2.390,91</b>	<b>34,53</b>
Média	<b>2.692,24</b>	<b>38,81</b>	<b>3.493,65</b>	<b>50,46</b>
Alta	<b>2.264,66</b>	<b>32,65</b>	66,56	0,96
Muito alta	707,67	10,20	0,83	0,01

Elaboração: Autora.

De acordo com Simões et al. (2020), esse mapa indica o potencial de degradação do solo por erosão hídrica em relação à remoção da vegetação e uso antrópico não sustentável, que afeta o solo e a água. Em estudos ambientais, a análise da fragilidade serve para apontar as condições que exercem pressão no meio ambiente, de forma a subsidiar o melhor planejamento ambiental do uso do solo.

Verificou-se em campo que os locais de pastagem com moderada a alta fragilidade à erosão hídrica estão associados ao solo com baixa cobertura vegetal que reduz a proteção contra a ação das chuvas. As alertas de cuidados para essas regiões de cultivo convencional de grãos e, de pastagens em vias de degradação estão relacionadas aos altos índices de erosividade da Amazônia brasileira (PANAGOS et al., 2018). Conforme ressalta Martorano et al. (2017) os eventos pluviosos intensos desencadeiam diferentes processos erosivos, em virtude da elevada erosividade da região, que é a maior do país.

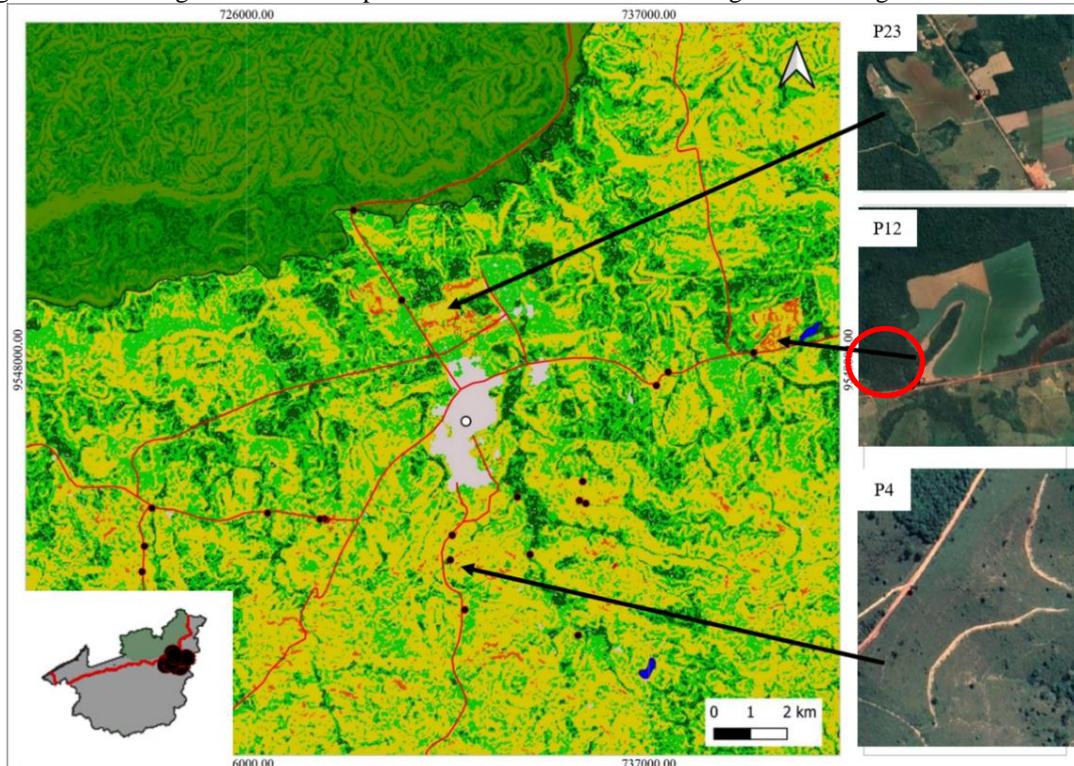
Verificou-se ainda que as áreas com grau moderado de fragilidade correspondem a metade do território, enquanto a extensão de terras destinadas as pastagens chegam em torno 25% do uso do solo, indicando que as zonas de fragilidade estão inseridas em áreas em que a cobertura vegetal é maior, mas que possui elevada declividade. De acordo com Bacani et al. (2015) nas áreas destinadas a agropecuária, a fragilidade está associada à degradação dos pastos, onde predomina a ocorrência de processos erosivos, em especial a erosão laminar e sulcos, em locais com a presença de solo exposto.

Como na análise da Embrapa (2020) considerou-se todas as classes de cobertura e uso do solo na quantificação da fragilidade emergente, verificou-se que três pontos visitados em campo (P4, P12, P23) estão em regiões de alta fragilidade à erosão hídrica (Figura 8). Para evidenciar essas áreas visitadas em campo, foram obtidas imagens de satélite disponíveis gratuitamente no Google Earth, referente ao ano de 2021.

No ponto P12, o igarapé Peruda fica próximo da área mecanizada com agricultura anual. Contudo, ainda é notável uma faixa de vegetação ciliar com aproximadamente 70 metros que contribui para reduzir os impactos do carreamento de sedimentos para o corpo hídrico. De acordo com Código Florestal, para essa faixa marginal, deve-se manter a Área de Preservação Permanente, com no mínimo 50 metros de largura, para corpos d'água entre 10 e 50 metros de largura.

Na Figura 8 é possível perceber a delimitação da área destinada ao plantio de soja e milho (P23 e P12). No ponto 4, a pastagem está com baixa cobertura vegetal, sendo notável os caminhos no solo desenvolvidos pela passagem de animais e processo de degradação da pastagem.

Figura 8. Locais registrados em campo com classes de média e alta fragilidade emergente à erosão hídrica.



Fonte das imagens: Google Earth (19/07/2021). Elaboração: autora

No ambiente agrícola, a erosão ocorre pela exposição do solo à ação das chuvas, resultado de pouca assistência técnica nas áreas rurais e de práticas de manejo e cobertura do

solo. Segundo Oliveira et al. (2013), no oeste do Pará as práticas tradicionais no preparo do solo ainda são as mais utilizadas pelos agricultores, o que pode comprometer a conservação melhorias das áreas cultivadas e pastagens na região.

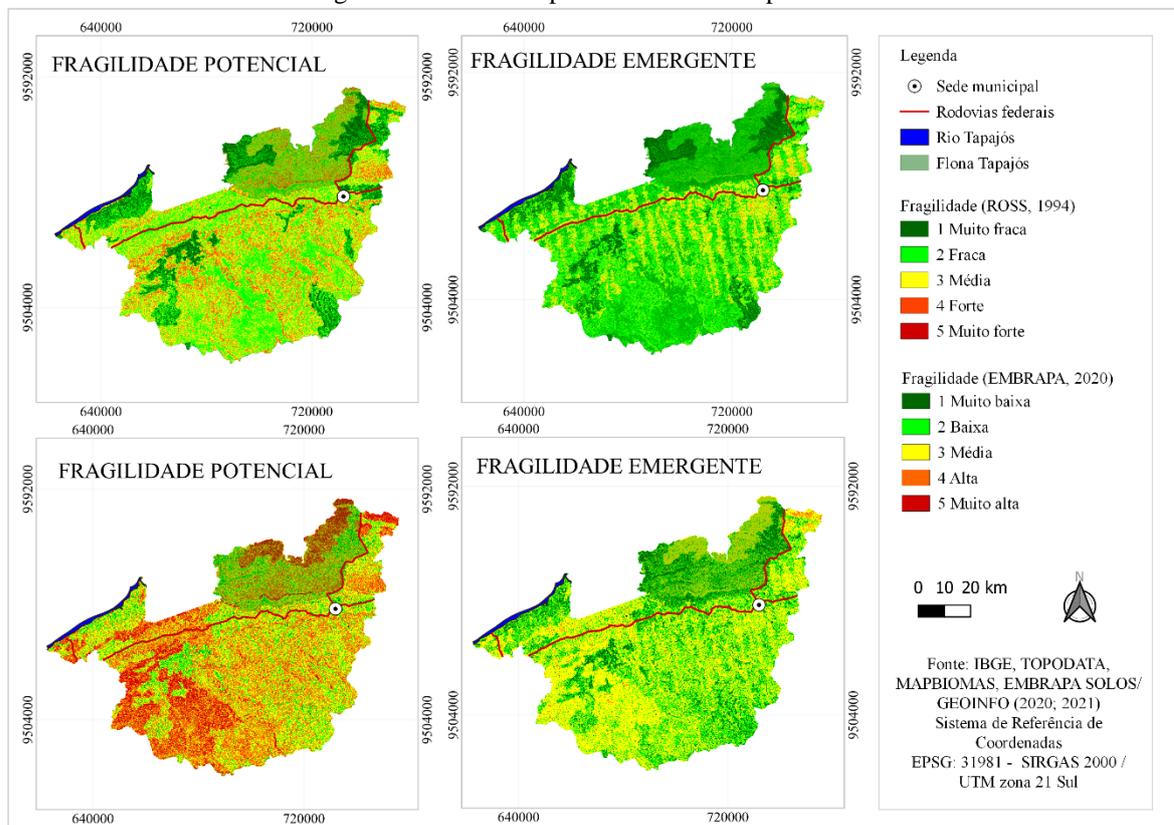
### 3.4 Comparação entre as duas metodologias de análise

Os mapas de fragilidade potencial nas duas metodologias apresentaram condições semelhantes quanto a classe de média fragilidade à perda de solo pela erosão, com 35% e 38%, respectivamente (Figura 9).

Para a classe alta, o de fragilidade potencial com a metodologia da Embrapa (2020) foi mais representativo, apresentando alta divergência em comparação aos valores obtidos na fragilidade potencial calculada com a metodologia de Ross (1994).

Essa diferença está associada a atribuição de pesos e do método de análise utilizado pela Embrapa que foram adaptados a partir da elaboração de diferentes modelos espaciais com base em conhecimento especialista dos pesquisadores envolvidos. Apesar de ser um trabalho recente é de suma importância para análise comparativa entre as análises (SPORL; ROSS, 2004).

Figura 9. Análise comparativa entre os mapas finais.



Fonte: IBGE, TOPODATA, MAPBIOMAS (2021) e EMBRAPA SOLOS/GEOINFORMAÇÃO (2020). Elaboração: Autora.

Reforça-se que essa discrepância entre as classes de fragilidade potencial ao comparar as duas metodologias tem relação com a erosividade das chuvas, onde no geoprocessamento da análise de fragilidade potencial não é atribuída essa variável. Contudo, ao calcular a erosividade mensal e anual, foi constatado altos valores para o município estudado, corroborando dessa forma, com o aumento das áreas classificadas com alta fragilidade (potencial) em que foi utilizado o mapa de erosividade na sobreposição da análise feita pela Embrapa.

A elevada capacidade das chuvas em danificar o solo já tem sido confirmada para várias localidades na Amazônia em estudos realizados por Barbosa e Fearnside (2000) para o estado de Roraima, Martorano et al. (2017) para áreas antrópicas na Amazônia Legal, Silva Neto e Aleixo (2020) no estado do Amazonas e Lense et al. (2021) em Rondônia. Assim, essa variável quando analisada espacialmente, reforça como as chuvas com alto poder erosivo tem influência no aumento das zonas de fragilidade do solo.

Em contrapartida, o mapa de fragilidade emergente de Ross (1994) e da Embrapa (2020) que consideraram a cobertura vegetal como mitigadora dos processos erosivos, bem como seu grau de proteção ao solo em função do uso agropecuário, obtiveram valores aproximados para a classe fraca/baixa que correspondem ao mesmo grau de fragilidade, sendo que na avaliação com base na metodologia de Ross (1994) foi quantificado aproximadamente 46% da classe fraca e, na análise com base em dados da Embrapa (2020), o total foi de 34% da classe de baixa fragilidade.

Para a classe média, o mapa de fragilidade emergente de Ross (1994) somou cerca de 9%, enquanto no mapa obtido da Embrapa (2020) o total foi de 50% do município, considerado com média fragilidade. Essa diferença está relacionada à inserção de dados de pastagens degradadas junto ao mapa de cobertura e uso do solo na análise feita pela Embrapa e também as classes de solo, no qual foi considerado as áreas agrícolas, formação campestre. Por outro lado, na análise da fragilidade emergente de Ross (1994) foi considerado apenas o mapa de cobertura e uso do solo do MapBiomass, com as duas classes predominantes no município estudado, floresta e agropecuária.

#### **4 CONCLUSÃO**

As fragilidades potencial e emergente à perda de solo foram mais elevadas em áreas declivosas.

Ao analisar a fragilidade emergente, observou-se que a cobertura vegetal do solo foi crucial na mitigação dos efeitos erosivos em terras destinadas ao uso agropecuário, reduzindo as perdas de solo nas áreas de pastagens.

Ressalta-se que é fundamental reconhecer áreas mais sensíveis ao processo erosivo, para mitigar futuros passivos ambientais causados pelo uso do solo, considerando que a Amazônia tem a maior porção de suas terras com alta erosividade.

As análises realizadas neste estudo podem ser utilizadas para orientar políticas públicas e sensibilizar atores sociais sobre os riscos de perda de solo pela erosão e, conseqüentemente, as perdas financeiras no setor produtivo quando não se adota práticas de conservação do solo e da água nessas áreas agrícolas.

O processo erosivo das chuvas aponta ameaças ao meio ambiente e à sociedade, principalmente em anos de extremos climáticos.

## REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, J.; GALVÃO, J. R.; MORAES, M. H.; SANTANA, M. A. C.; OLIVEIRA, L. A.; LIMA, M. C. A Erosividade das Chuvas: o Manejo Agrícola Sustentável das Terras do Município de Castanhal/PA. **Biodiversidade Brasileira**, 11(4): 12-20, 2021 DOI: 10.37002/biobrasil.v11i4.1788.

ALMEIDA, W. S.; CARVALHO, D. F.; PANACHUKI, E.; VALIM, W. C.; RODRIGUES, S. A.; VARELLA, C. A. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. Solos e ambiente, **Pesq. agropec. bras.** 51 (9) • Set 2016 • <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900010>

ALMEIDA, A. Q.; SOUZA, R. M. S.; LOUREIRO, D. C.; PEREIRA, D. R.; CRUZ, A. S.; VIEIRA, J. S.. Modelagem da dependência espacial do índice de erosividade das chuvas no semiárido brasileiro. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.52, n.6, p.371-379, 2017. DOI:<http://doi.org/10.1590/S0100-204X2017000600001>

ALMEIDA, CRISTIANA O. S.; AMORIM, RICARDO S. S.; ELTZ, FLÁVIO L. F.; COUTO, EDUARDO G.; JORDANI, SARA A. Erosividade da chuva em municípios do Mato Grosso: distribuição sazonal e correlações com dados pluviométricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 142-152, 2012.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Inventário de estações pluviométricas**. 2 ed. Brasília: ANA; SGH, 2009. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/download> (file:///D:/Downloads/InventariodasEstacoesPluviometricas.pdf). Acesso em: 12 de outubro de 2021.

ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Séries históricas de estações**. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 12 de outubro de 2021.

ANDRADE, N. S. F., MARTINS, M. V., FO., TORRES, J. L. R., PEREIRA, G. T., & MARQUES, J. JR. Impacto técnico e econômico das perdas de solo e nutrientes por erosão no cultivo da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, 31, 539-550, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000300014>.

ANDRADE, R. G. ; LEIVAS, J. F.; GARÇON, E. A. M.; SILVA, G. B. S.; GOMES, D.; VICENTE, L. E.; BOLFE, E. L; VICTORIA, D. C. Indicativo de degradação de pastagens a partir de dados Spot Vegetation. **Anais. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/957752/1/RicardoSBSR.pdf>. Acesso em: 30 dezembro de 2021.

ARAÚJO, K. V.; ANDRADE, A. M.; DOBBSS, L. B. Análise da fragilidade potencial e emergente do município de Canaã dos Carajás, sudeste do Estado do Pará. **Geografia Ensino & Pesquisa**, 24, e28, 2020. <https://doi.org/10.5902/2236499444092>

BACANI, V. M.; SAKAMOTO, A. Y.; LUCHIARI, A. HÉRVE QUÉNOL, H. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, mai./ago. 2015. DOI: 10.4215/RM2015.1402. 0008

BACK, A. J.; POLETO, C. Avaliação temporal do potencial erosivo das chuvas de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, n.13, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.49018>

BARBOSA, A. M. S.; LUCIETA G. MARTORANO, L. G.; DOUGLAS C. COSTA, D. C.; LISBOA, L. L.; NACIF, A. M. P.; PIMENTEL, M. S. Estimativa do potencial erosivo das chuvas em municípios no entorno a Flona Tapajós, Amazônia, 2013. **Anais de Artigos (Volume I) do II Simpósio de Estudos e Pesquisas em Ciências Ambientais na Amazônia**. Belém (PA), 19 a 21 de novembro de 2013. ISSN 2316-7637. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96291/1/Martorano.pdf>. Acesso em: 23 de agosto de 2021.

BARBOSA, R. I.; FEARNSIDE, P. M. Erosão do solo na Amazônia: estudo de caso na região do Apiaú, Roraima, Brasil. **Acta Amazônica**, 30, (4): 601-613. 2000. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/aa/a/tZmqMwyHQWxdkFJB3m74HRB/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 10 de março de 2022.

BARRETO, A. G. O. P. **História e geografia da pesquisa brasileira em erosão do solo**. (Dissertação mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2007, 120 p.

BARROS, E.N.S.; VIOLA, M.R.; RODRIGUES, J.A.M.; MELLO, C.R.; AVANZI, J. C.; GIONGO, M. Modelagem da erosão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Lontra e Manoel Alves Pequeno, Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 13, p. 1-9, 2018. <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i1a5509>

BASTOS, A. S.; GOMES, V. M. F. B. Vulnerabilidade natural à erosão no sudoeste da Amazônia associada aos seus modos de ocupação – o caso do entorno da terra indígena URU EU WAU WAU. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, São Paulo, v.16, n.2, (Abr-Jun) p.271-282, 2015.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. São Paulo: Ícone, 1999

BRASIL. **Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000**. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm). Acesso em: 31 de dezembro de 2021.

CASSOL, E. A.; ELTZ, F. L. F.; MARTINS, D.; LEMOS, M.; LIMA, V. S.; BUENO, A. C. Erosividade, padrões hidrológicos, período de retorno e probabilidade de ocorrência das chuvas em São Borja, RS. Manejo e conservação do solo e da água, **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, 32 (3), Jun 2008. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832008000300032>.

CEMADEN. **Estação pluviométrica de Rurópolis**. Mapa Interativo da rede observacional para Monitoramento de Risco de Desastres Naturais do Cemaden. Código estação: 150619501. Nome da estação: LEITOSO. Dados de junho a dezembro de 2021. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/mapainterativo/#>. Acesso em 01 março de 2022.

CUNHA, R. A. R.; WANDER, A. E.; FERREIRA, M. E.; BETTIOL, G. M. Definição de áreas prioritárias para recuperação de pastagens degradadas e seu impacto econômico no Vale do Araguaia, estado Goiás. **Agroecossistemas**, v. 12, n. 2, p. 34 – 50, 2020, ISSN online 2318-0188.

DECHEN, S. C. F.; TELLES, T. S.; GUIMARÃES, M. F.; DE MARIA, I. C. Perdas e custos associados à erosão hídrica em função de taxas de cobertura do solo. **Bragantia**, Campinas, v. 74, n. 2, p.224-233, 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1678-4499.0363>.

DIAS-FILHO, M. B. Diagnóstico das pastagens no Brasil. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, 2014. 36 p. ISSN 1983-0513; 402.

EMBRAPA SOLOS. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Mapa de vulnerabilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil - 2019** (Primeira aproximação). Embrapa solos, 2020. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2924>. Acesso em 02 de fevereiro de 2022.

EMBRAPA SOLOS. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA **Pesquisadores geram mapas de suscetibilidade e vulnerabilidade dos solos brasileiros à erosão hídrica**. EMBRAPA SOLOS, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/58207136/pesquisadores-geram-mapas-de-suscetibilidade-e-vulnerabilidade-dos-solos-brasileiros-a-erosao-hidrica>. Acesso em 30 de dezembro de 2021.

EMBRAPA SOLOS. **Mapa de suscetibilidade dos solos à erosão hídrica do Brasil**. 2020. Disponível em: <http://geoinfo.cnps.embrapa.br/documents/2916>. Acesso em 29 outubro de 2021.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos**. Roma, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i6874pt/I6874PT.pdf>. Acesso em: 17 abril 2020.

FLORENTIM, E. T. S.; CORREA, H. C. R.; MONTEIRO, F. N.; FALÇÃO, K. S.; PANACHUKI, E. Espacialização da erosividade mensal e anual da chuva na bacia hidrográfica do Córrego Fundo, Aquidauana-MS. **Research, Society and Development**, v. 10, n.1, e3110111173, 2021 (CC BY 4.0). ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i1.11173>

FRANÇA, L. C. J.; PIUZANA, D.; ROSS, J. L. S. **Fragilidade Ambiental Potencial e Emergente em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro (Gilbués, Piauí)**. Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015 Vol. 38 (Nº 31), Año 2017.

GOOGLE EARTH. **Imagens de satélite**. 2019.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Portal de mapas do IBGE**. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em 10 de maio de 2021.

LENSE, G. H. E.; PARREIRAS, T. C. SPALEVIC, V.; AVANZI, J. C.; MINCATO, R. L. Soil losses in the State of Rondônia, Brazil. **Soil Science, Cienc. Rural** 51 (5), 2021. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20200460>

LIMA, C. A.; MONTENEGRO, A. A. A.; LIMA, J. L. M. P.; ALMEIDA, T. A. B.; SANTOS, J. C. N. Uso de coberturas alternativas do solo para o controle das perdas de solo em regiões semiáridas. Artigo Técnico. **Eng. Sanit. Ambient.** 25 (3), May-Jun 2020. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020193900>

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: Sua distribuição e relação com a perda de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v.2, n.51, p.189-196, 1992.

MARTINS, R. N.; COLARES, A. P. F.; ALMEIDA, S. L. H.; ZANELLA, M. A.; CÉSAR NERY, V. M. Fragilidade potencial e emergente na bacia do rio Peruaçu, região norte de Minas Gerais. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 99-118, abr/jun. 2018.

MARTORANO, L. G.; MORAES, J. R. S. C.; SILVA, L. K. X.; FERNANDES, P. C. C.; AMARAL JÚNIOR, J. M.; LISBOA, L. S. S.; NEVES, K. A. L.; PACHECO, A.; BELDINI, T. P.; APARECIDO, L. E. O.; SILVA, W. C.; GODINHO, V. P. C. Agricultural and livestock production in the Amazon: a reflection on the necessity of adoption of integrated production strategies in the western region of the state of Pará. **AJCS**, 15 (08):1102-1109, 2021. ISSN:1835-2707.doi: 10.21475/ajcs.21.15.08.p2908

MARTORANO, L. G.; NECHET, D.; PEREIRA, L. C. Tipologia climática do Estado do Pará: adaptação do método de Köppen. **Boletim de Geografia Teórica**, v. 23, p.45-46, 1993.

MARTORANO, L. G.; SIVIERO, M. A.; TOURNE, D. C. M.; VIEIRA, S. B.; ITZJARRALD, D. R.; VETTORAZZI, C. A.; BRIENZA JÚNIOR, S.; YEARED, J. A. G.; MEYERING, E.; LISBOA, L. S. S. Agriculture and forest: a sustainable strategy in the Brazilian Amazon. **Australian Journal of Crop Science**, v. 10, n. 8, p. 1136-1143, 2016.

MARTORANO, L. G.; SOARES, W. B.; MORAES, J. R. S. C.; NASCIMENTO, W.; OLIVEIRA, E.; VILLA, A. P. M. Climatology of Air Temperature in Belterra: Thermal Regulation Ecosystem Services Provided by the Tapajós National Forest in the Amazon. **Rev. bras. meteorol.** 36 (2), Apr-Jun, 2021. <https://doi.org/10.1590/0102-77863620015>

MARTORANO, M. G.; LISBOA, L. S. S.; VILLA, P. M.; MORAES, J. R. S. C. **Fragilidade das terras pelo processo erosivo das chuvas em áreas antrópicas e declivosas na Amazônia Legal.** Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1080857>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia**, 24, 57-79, 2012. <https://doi.org/10.7154/RDG.2012.0024.0004>

MEDEIROS, F.B.; MARCATTO, F. S.; SILVEIRA, H.; NOBREGA, M. T. Avaliação da estabilidade de agregados e a vulnerabilidade à erosão ao longo de uma vertente no município de Araruna, região noroeste do Paraná-Brasil. **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.28, n.55, p.845-862, 2018.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; CURI, N.; SILVA, A. M. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no estado do Espírito Santo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.36, p.1878-1891, 2012.

MELO, D. C.D.; XAVIER, A.C.; BIANCHI, T.; OLIVEIRA, P.T.S.; SCANLON, B.R.; LUCAS, M.C.; WENDLAND, E. Performance evaluation of rainfall estimates by TRMM Multi- satellite Precipitation Analysis 3B42V6 and V7 over Brazil. **Journal of Geophysical Research**, v.120, p.9426-9436, 2015. DOI: 10.1002/2015jd023797

MELO, F. P. et al. Estruturação de modelo de risco de degradação ambiental aplicado ao Município de Pacatuba-SE. **Caderno de Geografia**, v.28, n.54, 2018. ISSN 2318-2962.

MIGUEL, P.; DALMOLIN, R. S. D.; MOURA-BUENO, J. M.; SOARES, M. F.; CUNHA, H. N.; ALBERT, R. P.; STUMPF, L.; LEIDEMER, J. D. Mapeamento da erodibilidade e erosão potencial do solo em uma bacia hidrográfica de encosta. Artigo Técnico. **Eng. Sanit. Ambient.** 26 (1), Jan-Feb 2021. <https://doi.org/10.1590/S1413-415220190235>

OLIVAL, A. A.; SOUZA, S. E. X. F.; MORAES, J. P. G.; CAMPANA, M. Effect of Amazonian tree species on soil and pasture quality in silvopastoral systems. Agronomy and Forestry, **Acta Amaz.** 51 (4), Oct-Dec 2021. <https://doi.org/10.1590/1809-4392202004692>

OLIVEIRA J.R.; CHAVES, R.; MELO, A. A erosividade das chuvas em Belém/PA. Univ. Fed. Rural Amazônia. **Boletim**, 22: 35-52, 1994.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de. **Índice de erosividade das chuvas na região de Conceição do Araguaia, Pará.** Belém: EMBRAPA-CPATU, 1996. 20p.

OLIVEIRA, C. M.; SANTANA, A. C.; HOMMA, A. K. O. Os custos de produção e a rentabilidade da soja nos municípios de Santarém e Belterra, Estado do Pará. **Acta Amazônica**, v.43, n.1, p.23-32, 2013.

OLIVEIRA, J. P. B.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. F.; ZANETTI, S. S. Espacialização da erosividade das chuvas no Brasil a partir de séries sintéticas de precipitação. **Agrária, Recife**, v.10, n.4, p.558-563, 2015. DOI:10.5039/agraria.v10i4a4998.

OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E. NEARING, M.A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. **Catena**, 100:139-147, 2012.

OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. **Water Resources Management**, v.25, n.3, p.1021-1036, 2011.

PANAGOS, P.; STANDARDI, G.; BORRELLI, P.; LUGATO, E.; MONTANARELLA, L.; BOSELLO, F. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. **Land Degradation and Development**, v.29, n.3, p.471-484, 2018.

PEÑALVA BAZZANO, M. G.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. Erosividade e características hidrológicas das chuvas de Rio Grande (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 235-244, 2010.

PEREIRA, A. R. A colonização na Transamazônica durante o governo de Emílio Garrastazu Médici. **Revista Reflexão e Ação**, Santa Cruz do Sul, v.23, n.2, p.54-77, jul./out. 2015. <http://online.unisc.br/seer/index.php/reflex/index>. Doi: 10.17058/rea.v23i2.6369.

PERIÇATO, A.J.; SOUZA, M.L. O Estudo da Fragilidade Potencial e Emergente na Bacia Hidrográfica do Rio das Antas, Noroeste do Paraná. **Caderno de Geografia**, v.29 n.59, p. 1064-1082, 2019.

PINTO, P. G. S.; SERVIDONI, L. E.; LENSE, H. E.; MOREIRA, R. S.; MINCATO, R. L. Estimativa das perdas de solo por erosão hídrica utilizando o Método de Erosão Potencial. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo [www.revistas.usp.br/rdg](http://www.revistas.usp.br/rdg)-ISSN 2236-2878, Volume 39, 2020. DOI: 10.11606/rdg.v39i0.160233.

PIRES, L.C.; SILVA, L.F.; MENDONÇA, B.G.; BACANI, V.M. Análise da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-MS. **Caderno de Geografia**, v.25, n.43, p.52-65, 2015.

POLIDORO, J. C., DE FREITAS, P. L., HERNANI, L. C., DOS ANJOS, L. H. C., RODRIGUES, R. D. A. R., CESÁRIO, F. V., RIBEIRO, J. L. The impact of plans, policies, practices and technologies based on the principles of conservation agriculture in the control of soil erosion in Brazil. **Authorea Preprints**, 2020.

RADAM BRASIL. **Folha SB.21 Tapajós; geologia, geomorfologia, solos, vegetação e uso potencial da terra**. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto RADAM, Rio de Janeiro, 1975. <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv24024.pdf>

RIBEIRO, A. S.; MINCATO, R. L.; CURI, N.; KAWAKUBO, F. S. Vulnerabilidade ambiental à erosão hídrica em uma sub-bacia hidrográfica pelo processo analítico hierárquico. **Revista Brasileira de Geografia Física**, V. 09 N. 01 (2016) 016-031.

RIBEIRO, E. G.; FERREIRA, B. M.; N., MACIEL. M.; PEREIRA, B. W.; SOARES, J. A. Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Igarapé do Una por meio de geotecnologias. **Revista Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 11, n. 21, p. 2960-2974, jun., 2015

ROCHA, S. L. C. S.; MARTORANO, L. G.; PELEJA, J. R. P.; MORAES, J. R. S. C.; SANTOS, I. A. Potencial erosivo e anomalias pluviiais como estratégia conservacionista das terras cultivadas em Belterra no Pará. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.10, n.1, p.211-222, 2019. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2019.001.0017>

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. São Paulo, DG-FFLCH-USP. n.º 8, p. 63-73, 1994.

RUBIRA, F. G.; MELO, G. V.; OLIVEIRA, F. K. S. Proposta de padronização dos conceitos de erosão em ambientes úmidos de encosta. **Revista de Geografia** (Recife), v. 33, No. 1, 2016.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; SILVA, A. P. M.; LUEDEMANN, G. A **sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: impactos, políticas públicas e desafios**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília. Rio de Janeiro, Ipea, 2012. ISSN 1415-4765. Disponível em: [http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD\\_1782.pdf](http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD_1782.pdf). Acesso em: 30 dezembro de 2021.

SANTOS, C. N. **El Niño, La Niña e a erosividade das chuvas no Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Pós-graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, 2008. Disponível em: [http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/4925/1/Tese\\_Cristiano\\_Santos.pdf](http://guaiaca.ufpel.edu.br:8080/bitstream/prefix/4925/1/Tese_Cristiano_Santos.pdf). Acesso em: 23 novembro 2020.

SANTOS, G. G.; GRIEBELER, N. P.; OLIVEIRA, L. F. C. Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.2, p.115-123, Campina Grande, 2010.

SANTOS, J. G.; OLIVEIRA, L. A fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão São Bento da Ressaca, município de Frutal – MG. OBSERVATORIUM: **Revista Eletrônica de Geografia**, v.5, n.15, p. 02-23, dez. 2013.

SANTOS, J. R. U.; MARCHIORO, E. Análise empírica da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Duas Bocas, Espírito Santo, Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, 39, 72-87, 2020. <https://doi.org/10.11606/rdg.v39i0.160946>

SANTOS, L. S.; BARBOSA, A. M. S.; MARTORANO, L. G.; MORAES, J. R. S. C.; APARECIDO, L. E. O. Distribuição da precipitação e da erosividade mensal e anual na Flona Tapajós e seu entorno. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.7, p.124-133, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0012>

SILVA-NETO, J. C. A.; ALEIXO, N. C. R. erosividade da chuva na região do Médio Solimões, Amazonas, Brasil. **Caminhos de Geografia**, 21, (77), p. 01–17, 2020. <https://doi.org/10.14393/RCG217747117>

SIMÕES, M.; FERRAZ, R. P. D.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; BACA, J. M.; FREITAS, P. L.; LIMA, E. P.; KUCHLER, P. C.; ALMEIDA, M. B. F. **Mapeamento da vulnerabilidade à erosão hídrica dos solos brasileiros em função da dinâmica de uso e cobertura da terra**. Subsídio às políticas de conservação de solo e água conduzidas pelo MAPA. Disponível em: [http://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/3a%20educacao%20premio%20mapbiomas/PREMIO\\_MAPBIOMAS\\_VulnerabilidadeErosao\\_FINAL\\_-\\_Margareth\\_Simoes.pdf](http://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/3a%20educacao%20premio%20mapbiomas/PREMIO_MAPBIOMAS_VulnerabilidadeErosao_FINAL_-_Margareth_Simoes.pdf). Acesso em: 18 setembro de 2021.

QGIS. **SOFTWARE QGIS**. Disponível em: <http://qgisbrasil.org/>. Acesso em 22 de abril de 2020.

SOUZA, D. S. L.; DELLARGINE, F. L.; MIRA, I. R. C.; SILVA, G. T. G.; SILVA, M. L. Análise e Mapeamento da fragilidade ambiental no município de Inconfidentes – MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.05 2269-2292, 2020.

SOUZA, J.; MARTINS, P.; DRUCIANKI, V. Uso e cobertura do solo no Cerrado: panorama do período de 1985 a 2018. *Élisée* - **Revista De Geografia da UEG**, 9(2), e92, 2020. Recuperado de <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/10857>

SOUZA, M. M.; COSTA, L. H.; CARVALHO, D. A. S. Utilização de ferramentas de geoprocessamento para mapear as fragilidades ambientais na área de influência direta da UHE de Belo Monte, no estado do Pará. **Espaço Plural**, Ano XII. Nº 25. 2º Semestre 2011. ISSN 1518-4196

SPÖRL, C. & ROSS, J.L.S. Análise comparativa da fragilidade ambiental com aplicação de três modelos. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, n. 15, p. 39-49, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE, 1977. 91p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>. Acesso em: 18 setembro 2021.

TRINDADE, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.12, p.1918-1928, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001200002>.

TRINDADE, S. P.; RODRIGUES, R. A. Uso do solo na microbacia do ribeirão samambaia e sua relação com a suscetibilidade à erosão laminar. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.10, n.1 (viii.2016). ISSN 1678-7226

VALLE, I. C.; FRANCELINO, M. R.; PINHEIRO, H. S. K. Mapeamento da Fragilidade Ambiental na Bacia do Rio Aldeia Velha, RJ. **Floresta e Ambiente**, 23(2): 295-308, 2016.

VIOLA, M. R.; AVANZI, J. C.; MELLO, C. R. D.; LIMA, S. D. O.; ALVES, M. V. G. Distribuição e potencial erosivo das chuvas no Estado do Tocantins. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 49, p. 125-135, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2014000200007>

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978. (Agriculture handbook, 537).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises evidenciaram que o período mais crítico em relação ao potencial erosivo das chuvas é entre dezembro e maio, concentrando 73% das chuvas anuais.

As principais ameaças ao processo erosivo das chuvas estão relacionadas ao relevo, potencial erosivo das chuvas e zonas de baixa cobertura vegetal que apresentam maior fragilidade à perda de solo pela erosão hídrica na área de estudo.

Estudos sobre o potencial erosivo e degradação de pastagens ainda são poucos na Amazônia, bem como existe a carência de rede meteorológica para subsidiar pesquisas relacionadas às perdas de solo pela erosão, visto as condições climáticas e de relevo onde as atividades de uso do solo são desenvolvidas.

Observou-se que a erosão ainda é pouco discutida na Amazônia, quando se trata de desenvolvimento regional e gestão territorial. Ressalta-se, que a falta de informações a respeito dessa temática dificulta o planejamento em áreas destinadas ao uso agropecuário e pode refletir em impactos socioeconômicos na região.

As informações geradas por meio de SIG nesta pesquisa possibilitarão compreender o processo da fragilidade à erosão e, dessa forma, auxiliará nas ações de planejamento de uso e conservação do solo. A partir desse conhecimento é possível tomar decisões quanto ao melhor planejamento territorial, com adoção de medidas de conservação do solo e água.

Esta pesquisa representa uma iniciativa para o levantamento de informações da área de estudo, com objetivo de subsidiar a compreensão espacial e futuros planejamentos ambientais para conservação do solo e dos recursos hídricos bem como a proteção de áreas ambientais mais sensíveis à degradação.

A pesquisa está em consonância aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, visando subsidiar conhecimento para minimização de impactos erosivos aos solos do município de Rurópolis, inserido na borda onde ocorre os principais avanços das atividades antrópicas sobre o Bioma Amazônico.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, C. P. O.; PELEJA, J. R. P.; SOUSA, K. N. S. Qualidade da água em microbacias hidrográficas com agricultura nos municípios de Santarém e Belterra, Pará. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 38, n.6, p. 983-992, 2014.
- AMORIM, R. S. S.; SILVA, D. D.; PRUSKI, F. F.; MATOS, A. T. et al. Avaliação dos modelos de predição da erosão hídrica USLE, RUSLE e WEPP para diferentes condições edafoclimáticas do Brasil. **Engenharia Agrícola**, 30 (6): 1046-1059, 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-69162010000600006>
- ANA. AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Hidrografia**. Disponível em: [https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/search?facet.q=type%2Fdataset&resultType=details&sortBy=relevance&fast=index&\\_content\\_type=json&from=1&to=20](https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/search?facet.q=type%2Fdataset&resultType=details&sortBy=relevance&fast=index&_content_type=json&from=1&to=20). Acesso em: 12 de outubro de 2021
- ANDRADE, A. G.; CHAVES, T. A. Manejo contra a erosão. **Agro DBO**, v. 36, p. 42-46, 2012.
- ANDRADE, N. S. F., MARTINS, M. V., FO., TORRES, J. L. R., PEREIRA, G. T., & MARQUES, J. JR. Impacto técnico e econômico das perdas de solo e nutrientes por erosão no cultivo da cana-de-açúcar. **Engenharia Agrícola**, 31, 539-550, 2011. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-69162011000300014>.
- ANDRADE, A. G.; PORTOCARRERO, H.; CAPECHE, C. L. **Práticas Mecânicas e Vegetativas para Controle de Voçorocas**. ISSN 1517-5685 Rio de Janeiro, RJ, Dezembro, 2005.
- ARAÚJO, G. S.; SAMPAIO, M. F. **Construção socioespacial de Rurópolis**. Secretaria Municipal de educação de Rurópolis. 2007. Material impresso.
- BACK, A. J.; POLETO, C. Avaliação temporal do potencial erosivo das chuvas de Florianópolis-SC. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.21, n.13, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.49018>
- BAGATINI, T.; COGO, N. P.; GILLES, L.; PORTELA, J. C.; PORTZ, G.; QUEIROZ, E. T. Perdas de solo e água por erosão hídrica após mudança no tipo de uso da terra, em dois métodos de preparo do solo e dois tipos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 35: p. 999-1011, 2011.
- BALSAN, R. Impactos decorrentes da modernização da agricultura brasileira. decurrent impacts of the agriculture modernization in Brazil. **Revista Campo-Território**, 1 (2), 2006. Recuperado de <https://seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/1178>
- BARBOSA, A. M. S.; LUCIETA G. MARTORANO, L. G.; DOUGLAS C. COSTA, D. C.; LISBOA, L. L.; NACIF, A. M. P.; PIMENTEL, M. S. **Estimativa do potencial erosivo das chuvas em municípios no entorno a Flona Tapajós, Amazônia**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96291/1/Martorano.pdf>. Acesso em: 23 de agosto de 2021.

BARRETO, A. G. O. P. **História e geografia da pesquisa brasileira em erosão do solo.** (Dissertação mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2007, 120 p.

BARRETTO, A. G. O. P.; BARROS, M. G. E.; SPAROVEK, G. Bibliometria, história e geografia da pesquisa brasileira em erosão acelerada do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 32, 2443-2460, 2008.

BERTOL, I.; MELLO, E. L.; COGO, N. P.; VÁSQUEZ, E. Q.; GONZALÉZ, A. P. Parâmetros relacionados com a erosão hídrica sob taxa constante da enxurrada, em diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.715-722, 2006.

BRAGA, M. M. M. Construtores do “BRASIL GRANDE”: trabalhadores da transamazônica. **Revista Ars Historica**, ISSN 2178-244X, nº19, jul./dez, p. 33-54. 2019. Disponível em: <file:///D:/Downloads/Dialnet-ConstrutoresDoBrasilGrande-7603345.pdf>. Acesso em: 20 novembro de 2020.

BRAMORSKI, J.; CRESTANA, S. Erosão hídrica em um Latossolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo e chuva simulada. **Rev. Sítio Novo**, Palmas v. 4 n. 2 p. 73-80 abr./jun. 2020. e-ISSN: 2594-7036.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988.** Disponível em: [www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Constituicao/Constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Constituicao/Constituicao.htm). Acesso em: 17 de setembro de 2019.

BRASIL. **DECRETO nº 4.297, de 10 de julho de 2002.** Regulamenta o art. 9º, inciso II, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, estabelecendo critérios para o Zoneamento Ecológico-Econômico do Brasil - ZEE, e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/2002/D4297.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/2002/D4297.htm). Acesso em: 13 de abril de 2020.

BRASIL. **LEI nº 12.727 de 17 de outubro de 2012.** Altera a Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012, que dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nº s 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; e revoga as Leis nº s 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, o item 22 do inciso II do art. 167 da Lei nº 6.015, de 31 de dezembro de 1973, e o § 2º do art. 4º da Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília, 17 de outubro de 2012 191º da independência e 124º da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm). Acesso em: 13 de abril de 2020.

BRASIL. **LEI nº 12.651, de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm) 35/35. Acesso em 07 de abril de 2020.

BRASIL. **LEI nº 14.119, de 13 de janeiro de 2021.** Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais; e altera as Leis n 8.212, de 24 de julho de 1991, 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973, para adequá-las à nova política.

Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/lei-n-14.119-de-13-de-janeiro-de-2021-298899394>. Acesso em: 05 fev. 2021.

BRASIL. **LEI nº 8.171, de 17 de janeiro de 1991**. Dispõe sobre a Política Agrícola. Brasília, 17 de janeiro de 1991; 170º da Independência e 103º da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L8171.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L8171.htm). Acesso em: 13 de abril de 2020.

BRASIL. **LEI nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, 8 de janeiro de 1997; 176º da Independência e 109º da República. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm). Acesso em: 31 mar 2020.

BRASIL. **Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999**. Política Nacional de Educação Ambiental. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9795.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9795.htm). Acesso em 08 jan. 2020.

BRASIL. **Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Política Nacional do Meio Ambiente. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L6938.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L6938.htm). Acesso em: 15 set. 2019.

BORRELLI, P.; PAUSTIAN, K.; PANAGOS, P.; et al. Effect of Good Agricultural and Environmental Conditions on erosion and soil organic carbon balance: A national case study. **Land Use Policy**, v. 50, p. 408-421, 2016.

BRITO, M. N. S.; GUERRA, G. A. D. Possheiro ou assentado? Reflexos do processo de interdição de assentamentos no território da transamazônica e Xingu. **Revista IDEAS**, v.9, n.1, p.189-226, 2015.

CHAVES, T. A. et al. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio rural**. Niterói: Programa Rio Rural, 2012. 19 p.; ISSN 1983-5671.

CHAVES, T. A.; ANDRADE, A. G.; LIMA, J. A. S.; PORTOCARRERO, HUGO. **Recuperação de áreas degradadas por erosão no meio Rural**. Manual de apoio técnico, v. 34, p. 1-19, 2012.

COELHO, M. R.; BACA, J. F. M.; LUMBRERAS, J. F.; FERRAZ, R. P. D.; SIMÕES, M.; FREITAS, P. L.; LIMA, E. P.; DART, R. O.; AMARAL, A. J. **Mapa de Erodibilidade dos Solos à Erosão Hídrica do Brasil**. Embrapa Solos, 2020. Disponível em: [file:///C:/Users/not/Downloads/Nota\\_Tecnica\\_Mapa\\_Erodibilidade\\_30\\_11\\_2020\\_FINAL%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/not/Downloads/Nota_Tecnica_Mapa_Erodibilidade_30_11_2020_FINAL%20(2).pdf). Acesso em 7 fev. 2021.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 27, 743-753, 2003.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ, P. F.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. 1. ed. São José dos Campos/SP: INPE, 2001. 124 p.

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; PALMEIRA, A. F. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo.** INPE, São José dos Campos, 2004.

EDUARDO, E. N.; CARVALHO, D. F.; MACHADO, R. L.; SOARES, P. F. C.; ALMEIDA, W. S. Práticas conservacionistas em argissolo vermelho-amarelo, sob condições de chuva natural. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, vol. 37 no. 3 Viçosa May/June, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000300026>

ELTZ, F.L.F.; CASSOL, E.A.; PASCOTINI, P.B.; AMORIM, R.S.S. Potencial erosivo e características das chuvas de São Gabriel, RS, de 1963 a 1993. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, p.647-654, 2013. DOI: 10.1590/S1415-43662013000600011.» <https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600011>

ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A.; PASCOTINI, P. B. Potencial erosivo e características das chuvas de Encruzilhada do Sul, RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.4, p.331-337, 2011.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira.** – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 212 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/9543845/Vis%C3%A3o+2030+-+o+futuro+da+agricultura+brasileira/2a9a0f27-0ead-991a-8cbf-af8e89d62829?version=1.1>. Acesso em: 17 nov. 2020.

FANTINEL, R. A.; BENEDETTI, A. C. P. Avaliação dos fatores influentes na vulnerabilidade à erosão do solo por meio de decisão multicritério e de técnicas de geoprocessamento no município de Piratini-RS. **Ciência e Natura**, Santa Maria v.38 n.1, Jan.- Abr. p. 156 – 163, 2016. DOI:10.5902/2179-460X19783

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Diretrizes Voluntárias para a Gestão Sustentável dos Solos.** Roma, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i6874pt/I6874PT.pdf>. Acesso em: 17 abril 2020.

FILIZOLA, H. F.; ALMEIDA FILHO, G. S.; Canil, K.; SOUZA, M. D.; GOMES, M. A. F. **Controle dos Processos Erosivos Lineares (ravinas e voçorocas) em Áreas de Solos Arenosos.** Embrapa, 22, Jaguariúna, SP, Dezembro, 2011. ISSN 1516-4683.

FRANCA, R. R.; MENDONÇA, F. A. A pluviosidade na Amazônia meridional: variabilidade e teleconexões extra-regionais. **Confins [Online]**, 29, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4000/confins.11580>

FRANCISCO, A; B. A erosão de solos no extremo oeste paulista e seus impactos no campo e na cidade. **Rev. GEOMAE**, Campo Mourão, PR, v. 2, n. 2, p. 57–68, 2011. ISSN 2178-3306.

FUSHIMI, M.; NUNES, J. O. R. Uso da terra e cobertura vegetal na dinâmica erosiva linear das áreas rurais do município de Presidente Prudente, estado de São Paulo. **Ambientes**, V. 1, N. 1, 2019, pp. 128-145. ISSN: 2674-6816.

GALDINO, S. **Distribuição espacial da erosividade da chuva no Estado de Goiás e no Distrito Federal.** Campinas. Embrapa Monitoramento por Satélite, 2015, 19 p.

GALDINO, S. **Estimativa da perda de terra sob pastagens cultivadas em solos arenosos da bacia hidrográfica do alto Taquari, MS-MT.** (Tese doutorado). Universidade Estadual de Campinas, 2012.

GALOSKI, C. E. MARTÍNEZ, A. E. J.; SCHULTZ, G. B.; FROEHNER, B. S. S. Uso de n-alcanos para rastrear erosão e principais fontes de sedimentos em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil. **Ciência do Meio Ambiente Total**, Volume 682, p. 447-456, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.05.209>

GIANEZINI, K.; BARRETO, L. M.; GIANEZINI, M.; LAUXEN, S. L.; BARBOSA, G. D.; VIEIRA, R. S. Políticas públicas: definições, processos e constructos no século XXII. **Revista de políticas públicas**, V. 21, n. 2, p. 1065-1084, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.18764/2178-2865>.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Projeto Levantamento e Classificação do Uso da Terra. Uso da Terra no Estado do Pará.** Relatório Técnico. Rio de Janeiro, 2013. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15833-uso-da-terra.html?=&t=downloads>. Acesso em: 24 abr. 2020.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Monitoramento da cobertura e uso da terra do Brasil 2016 – 2018.** Ministério da Economia. Diretoria de Geociências. Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 2020. 26 p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101684.pdf>. Acesso em 12 ago. 2020

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **População estimada:** IBGE. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/ruropolis/panorama>. Acesso em 10 de maio de 2019.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2019. **ODS 15 Vida terrestre.** Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/ods/ods15.html#coll\\_15\\_1](https://www.ipea.gov.br/ods/ods15.html#coll_15_1). Acesso em 14 nov. 2020.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Cadernos ODS.** Valadares, A.; Alves, F. ODS 2-Fome Zero e Agricultura Sustentável. 2019, 42 p. Disponível em: [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190625\\_cadernos\\_ODS\\_objetivo\\_2.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/livros/livros/190625_cadernos_ODS_objetivo_2.pdf). Acesso em 14 nov. 2020.

LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; MADEIRA, N. R.; SILVA, J. GUEDES, I. M. R.; SILVA, L. R. B.; SOARES, D. C. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 4, p. 378-387, abr. 2016.

LIMBERGER, L.; SILVA, M. E. S. Precipitação na bacia amazônica e sua associação à variabilidade da temperatura da superfície dos oceanos Pacífico e Atlântico: uma revisão. **Geosp–Espaço e Tempo (Online)**, v. 20, n. 3, p. 657-675, 2016.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W. C. Erosividade da chuva: Sua distribuição e

relação com a perda de solo em Campinas (SP). **Bragantia**, v.2, n.51, p.189-196, 1992.

LOPES, B.; AMARAL; J. N. **Políticas Públicas: conceitos e práticas**– Belo Horizonte, Sebrae/MG, 2008. Disponível em:<http://www.mp.ce.gov.br/nespeciais/promulher/manuais/MANUAL%20DE%20POLITICAS%20P%C3%9ABLICAS.pdf>. Acesso em: 20 julho 2020.

LOPES, C. V. A.; ALBUQUERQUE, G. S. C. Agrotóxicos e seus impactos na saúde humana e ambiental: uma revisão sistemática. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 42, N. 117, P. 518-534, ABR-JUN, 2018.

MACHADO, R. L. et al. Recuperação de voçorocas em áreas rurais. Seropédica: Embrapa **Agrobiologia**, 2006. 63 p. ISSN 1676-6721.

MAPBIOMAS – **Coleção [6.0] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 4. Download direto da Coleção 6 com mapas de Cobertura e Uso do Solo de todo o Brasil em formato GeoTiff (um mapa para cada ano). Disponível em: [https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil\\_coverage\\_2020.tif](https://storage.googleapis.com/mapbiomas-public/brasil/collection-6/lclu/coverage/brasil_coverage_2020.tif). Acesso em: 28 de novembro de 2021.

MARIGA, J. T.; RUSCHEINSKY, A. R. Políticas públicas decorrentes da mudança no Código Florestal. **Interações**, Campo Grande, MS, v. 18, n. 3, p. 83-96, jul./set. 2017. DOI: [h5p://dx.doi.org/10.20435/inter.v18i3.1441](https://dx.doi.org/10.20435/inter.v18i3.1441)

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores da condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, p. 397-405, 2009.

MARTORANO, L. G.; GALDINO, S.; D'AGOSTINI, L. R.; PONCE, S. A. HERNANI, L. C.; CUPERTINO, J. L.; COSTA, C. A.; VIEIRA, L. M.; ROSSO, J.; COSTA, A. R. C.; RAMALHO FILHO, A.; COUTINHO, H. L. C.. Índice de desempenho ambiental na Bacia do Alto Taquari/MS: Aspectos metodológicos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002, 30 p.

MARTORANO, L. G.; LISBOA, L. S.; VILLA, P. M.; MORAES, J. R. S. C. Fragilidade das terras pelo processo erosivo das chuvas em áreas antrópicas e declivosas na Amazônia Legal. In: Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 36, **[Anais...]** 2017, Belém, PA:SBCS.Disponível em:<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/167619/1/2115-31052017-2224541.pdf>. Acesso em: 05 de maio de 2019.

MARTORANO, L. G.; MONTEIRO, D. C. A.; BRIENZA JÚNIOR, S.; LISBOA, L. S.; ESPÍRITO-SANTO, J. M.; ALMEIDA, R. F. Top-bioclimate conditions associated to natural occurrence of two Amazonian native tree species for sustainable reforestation in the State of Pará, Brazil. In: VILLACAMPA, Y.; BREBBIA, C.A.(Ed.). Ecosystems and sustainable development. Ashurst Lodge: **Witpress, Alicante**, 2011. v. 8, p. 111-122. (WIT transactions on ecology and the environment, v. 144).

MELLO, C. R.; VIOLA, A. M. R.; BESKOW, A. S.; NORTON, B. L. D. Modelos multivariados para erosividade anual da chuva no Brasil. **Geoderma**, Volumes 202–203, páginas 88-102, 2013.

MOREIRA, R. M.; KASTRUP, E.; RIBEIRO, J. M.; CARVALHO, A. I.; BRAGA, A. P. O Brasil rumo a 2030? Percepções de especialistas brasileiros(as) em saúde sobre o potencial de o País cumprir os ODS Brazil heading to 2030. **Saúde debate**, 43 (spe7), 2019. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019S702>.

MOTTER, P.; ALMEIDA, H. G. **A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira**. Foz do Iguaçu: Parque Itaipu, 2015. Disponível em: [https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/LIVRO\\_PLANTIO\\_DIRETO\\_WEB.pdf](https://febrapdp.org.br/download/publicacoes/LIVRO_PLANTIO_DIRETO_WEB.pdf). Acesso em: 15 nov. 2020.

MULLER, F. H. L. (Re)contando a história da colonização da transamazônica entre as cidades de Itaituba e Altamira-PA. **Revista Acadêmica da Faculdade do Tapajós**, n. 3, p. 83-101, 2015. In: Sociedade Educacional do Vale do Rio Tapajós – Faculdade do Tapajós. Revista Acadêmica da Faculdade do Tapajós – Boyrá, Biblioteca – Itaituba, PA: Gráfica Castilho, jul/dez 2015. 163 p.; il. ISSN 2357-8815.

OLIVEIRA, F. F.; SANTOS, R. E. S.; ARAUJO, R. C. Processos erosivos: dinâmica, agentes causadores e fatores condicionantes. **Rev. Bras. de Iniciação Científica (RBIC)**, Itapetininga, v. 5, n.3, p. 60-83, abr./jun., 2018.

OLIVEIRA, P. T. S.; ALVES SOBRINHO T.; RODRIGUES, D. B. B.; PANACHUKI, E. Erosion risk mapping applied to environmental zoning. **Water Resources Management**, v.25, n.3, p.1021-1036, 2011.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Conheça os novos 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/conheca-os-novos-17-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel-da-onu/>. Acesso em: 04 de set. 2019.

PANAGOS, P.; STANDARDI, G.; BORRELLI, P.; LUGATO, E.; MONTANARELLA, L.; BOSELLO, F. Cost of agricultural productivity loss due to soil erosion in the European Union: From direct cost evaluation approaches to the use of macroeconomic models. **Land Degradation and Development**, p. 1–14, 2018. DOI: 10.1002/ldr.2879.

PAVININ, E. V.; CHUERUBIM, M. G.; LÁZARO, B. O. Geoprocessamento aplicado ao estudo de vulnerabilidade do solo da bacia hidrográfica do córrego Guaribas em Uberlândia-MG. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Vol. 13 - nº 2, 2017. D.O.I. 10.5216/reec.V13i2.42460

PEREIRA, C. S. S.; SOBRINHO, T. A. Programas de controle da erosão hídrica no âmbito rural: um breve panorama brasileiro. **Ambiência Guarapuava (PR)**, v.10 n.3 p. 851-867 Set/Dez. 2014 ISSN 1808–0251 DOI:10.5935/ambiencia.2014.03.15rb

PEREIRA, J. M. **O processo de ocupação e de desenvolvimento da Amazônia**. A implementação de políticas públicas e seus efeitos sobre o meio ambiente. Brasília a. 34 n. 134 abr./jun. 1997. <https://core.ac.uk/download/pdf/33529131.pdf>

PES, L. Z.; GIACOMINI, D. A. **Conservação do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Politécnico; Rede e-Tec Brasil, 2017. 69 p. ISBN: 978-85-9450-024-3

PINHO, G. F.; MONTEIRO, E. Z.; PINA, S. A. M. A UTOPIA URBANA AMAZÔNICA. EIXO TEMÁTICO: HISTÓRIA E TEORIA DA ARQUITETURA, DA CIDADE E DO URBANISMO. In: Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (4.: 2018: Salvador, Ba). Programação do Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, 13 a 19 de outubro. – Salvador: **FAUFBA**, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/328450551\\_A\\_Utopia\\_Urbana\\_Amazonica](https://www.researchgate.net/publication/328450551_A_Utopia_Urbana_Amazonica). Acesso em: 20 abril de 2020.

PORTELA, J. C.; COGO, N. P.; BAGATINI, T.; CHAGAS, J. P.; PORTZ, G. Restauração da estrutura do solo por sequências culturais implantadas em semeadura direta, e sua relação com a erosão hídrica em distintas condições físicas de superfície. **R. Bras. Ci. Solo**, 34: 1353-1364, 2010.

PORTOCARRERO, H.; ANDRADE, A. G.; CAMPOS, T. M. P.; FERNANDES, N. F. **Aspectos hidrológicos e mecânicos da vegetação na estabilidade de taludes e encostas naturais**. Série Documentos/Embrapa Solos, v. 88, p. 1-34, 2006.

POLIDORO, J. C., DE FREITAS, P. L., HERNANI, L. C., DOS ANJOS, L. H. C., RODRIGUES, R. D. A. R., CESÁRIO, F. V., RIBEIRO, J. L. The impact of plans, policies, practices and technologies based on the principles of conservation agriculture in the control of soil erosion in Brazil. **Authorea Preprints**. (2020).

QUINTSLR, S.; BOHRER, C. B. A.; IRVING, M. A. **Políticas públicas para a Amazônia: práticas e representações em disputa**. Ano XIII Nº 23, Salvador, BA, Julho de 2011.

RABELLO, A. C.; FERREIRA, L. F. **(Re)colonizando o sudoeste da Amazônia - Corumbiara/RO, 1975-2005**. Universidade Federal de Rondônia. ANPUH – XXIII SIMPÓSIO NACIONAL DE HISTÓRIA – Londrina, 2005. <http://www.snh2011.anpuh.org/resources/anais/anpuhnaional/S.23/ANPUH.S23.1117.pdf>

ROSA, A. G.; SOUSA, A. M. L.; COSTA, J. A.; SOUZA, E. B. Erosividade da chuva em Rondon do Pará, PA, Brasil de 1999 a 2015 e projetada para 2035. **Revista Ambiente & Água**, v. 11 n. 4 Taubaté, doi: 10.4136/1980-993X. 2016.

ROSS, J. L. S. Landforms and environmental planning: Potentialities and Fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, 38-51, 2012.

RIBEIRO, U. F.; LEOPOLDO, P. F. Colonização ao Longo da Transamazônica: Trecho Km 930 – 1035. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Periodicidade semestral – ano ii – edição número 3 – junho de 2003.

SAATH, K. C. O.; FACHINELLO, A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, vol.56 no.2 Brasília Apr./June 2018. <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; MOREIRA, J. A. A.; KONDO, M. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido.

**Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, jul-set, 2016. DOI: 10.5935/1806-6690.20160052

SANTANA, N. M. P.; CASTRO, S. S. C.; STONE, L. F.; SILVA, S. C. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. **Soc. nat. (Online)**, vol.19 no. 2, Uberlândia Dec. 2007. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132007000200007>

SANTIAGO, C. M. C.; SALES, M. C. L.; SILVA, E. V.; PAULA, J. E. A. Erodibilidade do solo e a relação com as formas de uso e ocupação na bacia hidrográfica do Rio São Nicolau – Piauí. **Ambiente & Educação**, ISSN-1413-8638 E-ISSN - 2238-5533 v. 21, n.2,p. 154-175, 2016.

SANTOS, C.; SOUZA, J.; SOUZA, A. SANTOS. O papel das políticas públicas na conservação dos recursos naturais. **Rev. Geogr. Acadêmica**, v.10, n.2, 2016.

SANTOS, J. C. N. et al. Fatores controladores de processos erosivos no semiárido brasileiro. **Rev. Caatinga [online]**. 2018, vol.31, n.3, pp.695-703.ISSN 0100-316X. <https://doi.org/10.1590/1983-21252018v31n319rc>.

SANTOS, L. S.; BARBOSA, A. M. S.; MARTORANO, L. G.; MORAES, J. R. S. C.; APARECIDO, L. E. O. Distribuição da precipitação e da erosividade mensal e anual na Flona Tapajós e seu entorno. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.7, p.124-133, 2018. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.007.0012>

SANTOS, L. S.; MARTORANO, L. G.; GUTIERREZ, C. B. B.; PONTES, A. N.; SILVA, O. M.; DIONE GUTIERREZ, M. G. Aspecto Fisiográficos da Floresta Nacional do Tapajós e seu Entorno – Oeste do Pará, Brasil. **Revista Espacios**, Vol. 38 (Nº 02), 2017.

SENA, J. N. **O uso de sistema de informação geográfica na avaliação de diferentes alternativas de geração de cartas de suscetibilidade à erosão**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Ilha Solteira, [s.n.], 2008, 83 f. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98103/sena\\_jn\\_me\\_ilha.pdf?sequence=1](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/98103/sena_jn_me_ilha.pdf?sequence=1). Acesso em: 31 maio de 2021.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; FERREIRA, E. A.; SILVA, A. A.; ASPIAZÚ, I.; AGNES. E. L. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, 56 (4): p. 496-506, 2009.

SILVA, A. C. C.; MARIANI, L.; GONZÁLEZ, R. H. A. **Conceitos básicos de geoprocessamento e Cartografia**. Gestão territorial para recursos hídricos com software livre de código aberto. Agência Nacional de Águas, 2012. Disponível em: Acesso em: 13 ago 2019.

SILVA, D. D. E.; FELIZMINO, F. T. A.; OLIVEIRA, M. G. Avaliação da degradação ambiental a partir da prática da cultura do feijão no município de Tavares-PB. **HOLOS**, Ano 31, Vol. 8, 2015. DOI: 10.15628/holos.2015.2063

SPÖRL, C.; ROSS, J. L. S. Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicação de três modelos. **GEOUSP, Espaço e Tempo**, 15: 39-49, 2004.

TAVARES, M. G. C. A formação territorial do espaço paraense: dos fortes à criação de municípios. **Revista ACTA Geográfica**, ANO II, nº3, jan./jun. de 2008. p.59-83. DOI: 10.5654/actageo2008.0103.0005

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Seção Três Lagoas - (ISSN 1808-2653), v. 1, n. 2, p. 21-42, 1 set. 2005.

TELLES, T. S. **A erosão do solo no Brasil: história da pesquisa e custos das perdas de nutrientes**. (tese doutorado). Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2012, 125 p. Disponível em: file:///D:/Downloads/Telles\_Tiago\_S\_Dr\_2012.pdf. Acesso em 16 nov. 2020.

TELLES, T. S. O solo sob ameaça: conexões necessárias ao manejo e conservação do solo e água. **Anais da XX Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água** [livro eletrônico]. Curitiba, SBCS/NEPAR; Londrina: IAPAR, 2016. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1057468/1/p750751.pdf>

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H.; OLIVEIRA JUNIOR, J. F. Variabilidade pluviométrica e a erosividade das chuvas na unidade hidrográfica Pirapó, Paranapanema III E IV - Paraná. **Revista RA'E GA**, Curitiba, v.39, p. 76 -91, 2017. DOI: 10.5380/raega

TRAVASSOS, L. E. P.; DURÃO, B.; MOTTA, A. R. S. Representações rupestres em cavernas areníticas de Rurópolis, Pará: uma primeira aproximação. **OLAM – Ciência & Tecnologia**, Ano XII, n. 1-2, janeiro/dezembro, P. 5, 2012. ISSN 1982-7784, Rio Claro, SP, Brasil <http://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/olam/index>

TRAVASSOS, L. E. P.; DURÃO, B.; MOTTA, A. R. S. Caverna das Mãos, Rurópolis, Pará: Importante exemplo brasileiro de arte rupestre em zona afótica. **RA'E GA** 28, p.226-241, 2013.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: SUPREN/IBGE, 1977. 91p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/ecodinamica.pdf>. Acesso em: 23 novembro de 2021.

TRINDADE, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.12, p.1918-1928, 2016. DOI: <http://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001200002>

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Estud. av.** vol. 22, no. 63 São Paulo, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>

VALVERDE, O. org. **A organização do espaço da faixa da Transamazônica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/431104415/A-Organizacao-Do-Espaco-Na-Faixa-Da-Transamazonica>. Acesso em: 13 de maio 2020.

VENTURIERI, A.; MONTEIRO, M. A.; MENEZES, C. R. C. **Zoneamento ecológico-econômico da Zona Oeste do Estado do Pará**. – Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2010. 386p. ISBN 978-85-87690-89-0. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/880836>

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Agregação e estoque de carbono em argissolo submetido a diferentes práticas de manejo agrícola. **R. Bras. Ci. Solo**, 35: 213-223, 2011.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P. Erosão hídrica, em três momentos da cultura do milho, influenciada por métodos de preparo do solo e semeadura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 8, p. 565-574, 2014.

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P.; STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:763-774, 2004.

WALTRICK, P. C.; MACHADO, M. A. M.; DIECKOW, J.; OLIVEIRA., D. Estimativa da erosividade de chuvas no estado do Paraná pelo método da pluviometria: atualização com dados de 1986 A 2008. **R. Bras. Ci. Solo**, 39:256-267, 2015.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**. Washington, DC: USDA, 1978. (Agriculture handbook, 537).

WUNDER, S. (COORD.); BÖRNER, J.; TITO, M. R.; PEREIRA, L. **Pagamentos por serviços ambientais: perspectivas para a Amazônia Legal**, 2ª ed., rev. Brasília: MMA, 2009. 144 p.

WUNDER, S. **Payments for environmental services: some nuts and bolts**. CIFOR Occasional Paper, n. 42, 2005. 24 p. Disponível em: [https://www.cifor.org/publications/pdf\\_files/OccPapers/OP-42.pdf](https://www.cifor.org/publications/pdf_files/OccPapers/OP-42.pdf). Acesso em: 17 nov. 2020.

XIONG, M.; SUN, R.; CHEN, L. Effects of soil conservation techniques on water erosion control: A global analysis Citation. **DataScience of The Total Environment**, ISSN: 0048-9697, v. 645, p. 753-760, 2018. DOI10.1016/j.scitotenv.2018.07.124.

ZAMBERLAN, J. F.; ZAMBERLAN, C. O.; SCHUCH JUNIOR, V. F.; GOMES, C. M.; KNEIPP, J. M. Produção e manejo agrícola: impactos e desafios para sustentabilidade ambiental. Artigo Técnico. **Eng. Sanit. Ambient.**, 19 (spe), 2014. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000680>