



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

MÁRCIA EVELLYN PORTILHO CRUZ

**IMPACTOS DA EROSÃO HÍDRICA NA CIDADE DE CAMETÁ (PA) E A
DEFINIÇÃO DO FATOR DE EROSIVIDADE DA CHUVA**
*IMPACTS OF WATER EROSION IN THE CITY OF CAMETÁ (PA) AND THE
DEFINITION OF THE RAIN EROSIVITY FACTOR*

TUCURUÍ-PA
2023

MÁRCIA EVELLYN PORTILHO CRUZ

**IMPACTOS DA EROSÃO HÍDRICA NA CIDADE DE CAMETÁ (PA) E A
DEFINIÇÃO DO FATOR DE EROSIVIDADE DA CHUVA**

***IMPACTS OF WATER EROSION IN THE CITY OF CAMETÁ (PA) AND THE
DEFINITION OF THE RAIN EROSIVITY FACTOR***

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Sanitária e Ambiental,
Faculdade de Engenharia Sanitária e
Ambiental, Campus Universitário de
Tucuruí, Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo
Aguiar de Souza Costa.

TUCURUÍ-PA
2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com
ISBDSistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a)
autor(a)

P852i PORTILHO CRUZ, MARCIA EVELLYN.
IMPACTOS DA EROSÃO HÍDRICA NA CIDADE DE
CAMETÁ (PA) E A DEFINIÇÃO DO FATOR DE
EROSIVIDADE DA CHUVA / MARCIA EVELLYN
PORTILHOCRUZ. — 2023.
23 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza
Costa Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -
Universidade
Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade
de Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2023.

1. EROSÃO. 2. USLE. 3. SEDIMENTOS. I. Título.

CDD 627.5

MÁRCIA EVELLYN PORTILHO CRUZ


**IMPACTOS DA EROÇÃO HÍDRICA NA CIDADE DE CAMETÁ (PA) E A
DEFINIÇÃO DO FATOR DE EROSIVIDADE DA CHUVA**
***IMPACTS OF WATER EROSION IN THE CITY OF CAMETÁ (PA) AND THE
DEFINITION OF THE RAIN EROSIVITY FACTOR***

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Data de Aprovação: **12/12/2023**

Conceito: **EXC**

BANCA EXAMINADORA



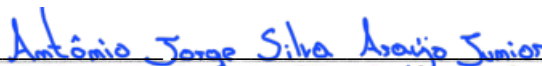
Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa
Orientador – FAESA/CAMTUC/UFPA

Documento assinado digitalmente



RODRIGO CANDIDO PASSOS DA SILVA
Data: 14/12/2023 09:11:14-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Dr. Rodrigo Cândido Passos da Silva
Examinador Interno – FAESA/CAMTUC/UFPA



Prof. Me. Antonio Jorge Silva Araújo Junior
Examinador Externo – IFPA Campus Conceição do Araguaia

Dedico este trabalho a minha mãe, meu irmão e em especial meu avô (*in memoriam*) que torceu tanto para ver esse momento, mas infelizmente não foi possível.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me permitir a realização desse sonho, me ajudando a enfrentar os desafios e superar as dificuldades encontradas ao longo da minha caminhada até aqui.

À minha família, minhas primas, em especial meu avô, Raimundo Nonato (*in memoriam*) obrigada por sempre lutar por mim, me defender e nunca medir esforços para me dar boas condições de vida e estudo, faltou tão pouco para que a gente pudesse realizar isso juntos. Essa realização é nossa pois você foi responsável por eu nunca desistir!

À minha mãe, que mesmo distante sempre se fez presente com palavras de carinho e incentivo. Agradeço por sua compreensão e paciência durante todos esses anos, seu amor e seu apoio sempre foi o que me ajudou nos dias mais difíceis. Ao meu irmão, que mesmo sendo a mais criança cuida e me protege como se fosse o mais velho, obrigada por sempre compartilhar comigo as alegrias das conquistas e as tristezas das dificuldades.

As amigas que eu construí em Tucuruí, obrigada por estarem presentes nos momentos de alegria e principalmente nos desafiadores, vocês exerceram um papel muito importante na minha vida, me ajudando com adaptação longe da minha família, em especial a Flávia que sempre cuidou de mim, obrigada por todo amor e carinho. A Rayane e Gabrielly, por todo companheirismo, amor, amizade e por sempre estarem de portas abertas para mim.

Agradeço a todos os colaboradores do Campus Tucuruí, que ajudaram na minha formação profissional e pessoal, as quais pude compartilhar conhecimentos e amizades. Em especial ao meu orientador Carlos Eduardo, pela construção deste trabalho, pelas correções, ensinamentos e pela paciência, a sua chegada em sala de aula foi o que me fez voltar a ter o brilho nos olhos pelo meu curso.

A minha dupla da faculdade, Alana, que me acolheu com tanto amor e carinho, obrigada por me mostrar que eu sou capaz, por me incentivar, me impulsionar a ser melhor, por me tirar os mais sinceros sorrisos e por todas as caronas com destino a UFPA, sem você eu não chegaria até aqui. Agradecimento especial à minha amiga Thacyana, com quem compartilho histórias há mais de cinco anos, obrigada por todo apoio, pela amizade e por me acolher na tua família, sou eternamente grata!

Agradeço a Atlético Predadores, por me permitir participar e contribuir para seu crescimento, por proporcionar diversas amigas das quais guardo com muito carinho, conhecimentos, experiências, e por ser uma “válvula de escape” em meio a turbilhão de coisas.

RESUMO

A erosão hídrica é um dos fatores que mais contribui para a degradação do solo, sua ocorrência sofre a influência de diversos fatores, como a chuva, que causam diversos impactos socioambientais. Assim, objetivou-se realizar um levantamento das feições erosivas, mais expostas, e determinar o fator de erosividade da chuva para o município de Cametá (PA). Foi realizado o levantamento no mês de novembro, considerado um mês seco com mais facilidade para a coleta das imagens. Realizou-se o cálculo do fator de erosividade da chuva, componente do modelo USLE (Universal Soil Loss Equation), utilizando a série história de 1994 a 2022. A erosividade média mensal das chuvas apresentou valores de 307,55 a 2.719,20 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹. A erosividade anual variou de 17.445,44 (em 1980) a 19.118,38 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (em 2022). O Fator de erosividade da chuva (R componente da USLE) foi de 16.781,97 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹. Resultados apresentados foram superiores aos encontrados em outros trabalhos, próximos a área de estudo e em outras regiões, sendo Cametá considerada uma área com alto potencial erosivo. Todas as informações obtidas no estudo podem ser utilizadas com segurança para localidades próximas e com características climáticas semelhantes, o que estende a possibilidade da utilização no planejamento tanto de atividades, tanto agrícola quanto urbana.

Palavras-chave: Erosão; USLE; Sedimentos.

ABSTRACT

Water erosion is one of the factors that most contributes to soil degradation, its occurrence is influenced by several factors, such as rain, which cause various socio-environmental impacts. Thus, the objective was to carry out a survey of the most exposed erosive features and determine the rain erosivity factor for the municipality of Cametá (PA). The survey was carried out in November, considered a dry month that makes it easier to collect images. The rainfall erosivity factor, a component of the USLE (Universal Soil Loss Equation) model, was calculated using the historical series from 1994 to 2022. The average monthly rainfall erosivity presented values from 307.55 to 2,719.20 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ month⁻¹. Annual erosivity ranged from 17,445.44 (in 1980) to 19,118.38 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ year⁻¹ (in 2022). The Rain Erosivity Factor (R component of USLE) was 16,781.97 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ year⁻¹. Results presented were superior to those found in other studies, close to the study area and in other regions, with Cametá being considered an area with high erosion potential. All information obtained in the study can be safely used in nearby locations with similar climatic characteristics, which extends the possibility of use in planning both agricultural and urban activities.

Keywords: Erosion; USLE; Sediments.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA.....	7
2.1 ÁREA DE ESTUDO	7
2.2 LEVANTAMENTO DAS FEIÇÕES	9
2.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS E EROSIVIDADE DA CHUVA	9
3 RESULTADOS E DISCUSSÕES	11
3.1 ANÁLISES DAS FEIÇÕES EROSIVAS REGISTRADAS	11
3.2 PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E EROSIVIDADE DA CHUVA	17
4 CONCLUSÕES.....	20
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	20
ANEXO I – Revista que o manuscrito será submetido (Qualis A3)	23

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a erosão hídrica (pluvial e fluvial) é um dos fatores que mais contribui para o desgaste na erosão do solo (Ferreira; Santana, 2017). Para Ávila e Carneiro (2018), fatores naturais e antrópicos influenciam na dinâmica, intensidade e magnitude da ocorrência de uma feição erosiva, trazendo riscos aos locais atingindo deixando-os sujeitos a perdas de vida, prejuízos ambientais e/ou danos materiais.

Para De Sá et al. (2020) a erosão hídrica é responsável por causar diversos impactos como a poluição e assoreamento dos mananciais, além de causar prejuízos na produção, ocasionado pelo desgaste do solo e danos à infraestrutura (Posthumus et al., 2015). Couto (2015) afirma que esses prejuízos tendem a ser mais salientados em decorrência dos altos índices de precipitação elevadas taxas de intemperismo químico, os quais tendem a acelerar os processos erosivos.

As feições erosivas acontecem a partir da combinação de diversos fatores, dentre eles a ação da água da chuva e dos rios (Bighetti et al., 2021). Considerando a chuva um dos principais agentes ativos no processo da erosão hídrica, é de extrema importância avaliar a resposta do solo às diferentes precipitações, tanto em termos do volume precipitado quanto pela duração e característica do evento (Carvalho et al., 2009). O aniquilamento do solo por erosão pode ser estimado com a utilização de modelos de predição, sendo a Equação Universal de Perdas de Solo um dos modelos mais utilizados no mundo (Wischmeier e Smith, 1978; De matos et al., 2013).

Por estar localizado na região amazônica e possuir elevados índices pluviométricos, Cametá, um município no estado do Pará, sofre com esse processo erosivo, que é responsável pela ação de desagregação das partículas do solo e pela ação do intemperismo, essa ação que provoca o desgaste do solo, sendo agravados também por sua posição às margens do Rio Tocantins. Além disso, o município apresenta ainda mais suscetibilidade a esses processos erosivos principalmente por dois fatores: estar na porção mais côncava do rio, que é parte mais profunda do corpo hídrico. Outro condicionante que favorece a erosão é a concentração de ilhas no trecho entre Mocajuba e Cametá, o que, hidraulicamente, transforma o canal num conduto que faz com que as águas adquiram maiores velocidades, causando desmoronamento dos barrancos (CPRM, 2013).

Sepêda Filho e Santos (2016) afirmam que a cidade, desde sua fundação é marcada por uma forte relação com o rio, que garantia a Cametá uma forte influência econômica do espaço regional imediato, devido sua localização estratégica. Desde sua fundação, a cidade sofre com a ação do processo erosivo, que já danificou várias vezes a orla da cidade. Casas e ruas foram

perdidas, patrimônios públicos e privados são ameaçados constantemente (Pantoja, 2018). Em vista disso, a partir de 2015 Cametá foi incluída no mapeamento dos municípios com risco, pois apresenta muitas famílias com perigo de serem atingidas pela erosão (CPRM, 2013).

Esse assunto também é pauta de discussões internacionais presentes na Agenda 2030, que reúne 17 Objetivos para Desenvolvimento Sustentável (ODS). Nessa perspectiva destacam-se os ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis), que possui várias metas dentre elas o fortalecimento, esforços para proteger e salvaguardar o patrimônio cultural e natural do mundo, e ODS 15 (Vida Terrestre), que traça diversas metas, dentre elas, combater a desertificação, restaurar a terra e o solo degradado, incluindo terrenos afetados pela desertificação, secas e inundações, e lutar para alcançar um mundo neutro em termos de degradação do solo até 2030 (Agenda 2030, 2015).

Para além de acordos internacionais, diversos instrumentos legais nacionais retificam a importância desde estudo. Nesse sentido a Constituição Federal de 1998 no art 30 comete aos municípios “promover, no que couber, adequado ordenamento territorial, mediante planejamento e controle do uso, do parcelamento e da ocupação do solo urbano” e “promover a proteção do patrimônio histórico-cultural local, observada a legislação e a ação fiscalizadora federal e estadual”. Desta forma, há ainda, outro instrumento para sua utilização que é o Plano Diretor (artigo 182, parágrafos 1º e 2º da C. F.), que consiste em lei municipal de diretrizes de ocupação da cidade, onde deve constar segundo suas características físicas e vocações, as regras básicas que determinem o que é permitido e o que não é em cada parte de seu território (Brasil, 1998).

Para Falcão et al. (2018), as medidas preventivas sobre os danos causados por erosão hídrica consistem na adoção de um planejamento prévio em qualquer atividade ligada ao uso do solo. São escassos os trabalhos que abordam a erosividade na região, diante disto, o objetivo deste estudo foi realizar levantamento de feições erosivas, mais expostas, e determinar fator de erosividade da chuva para a área.

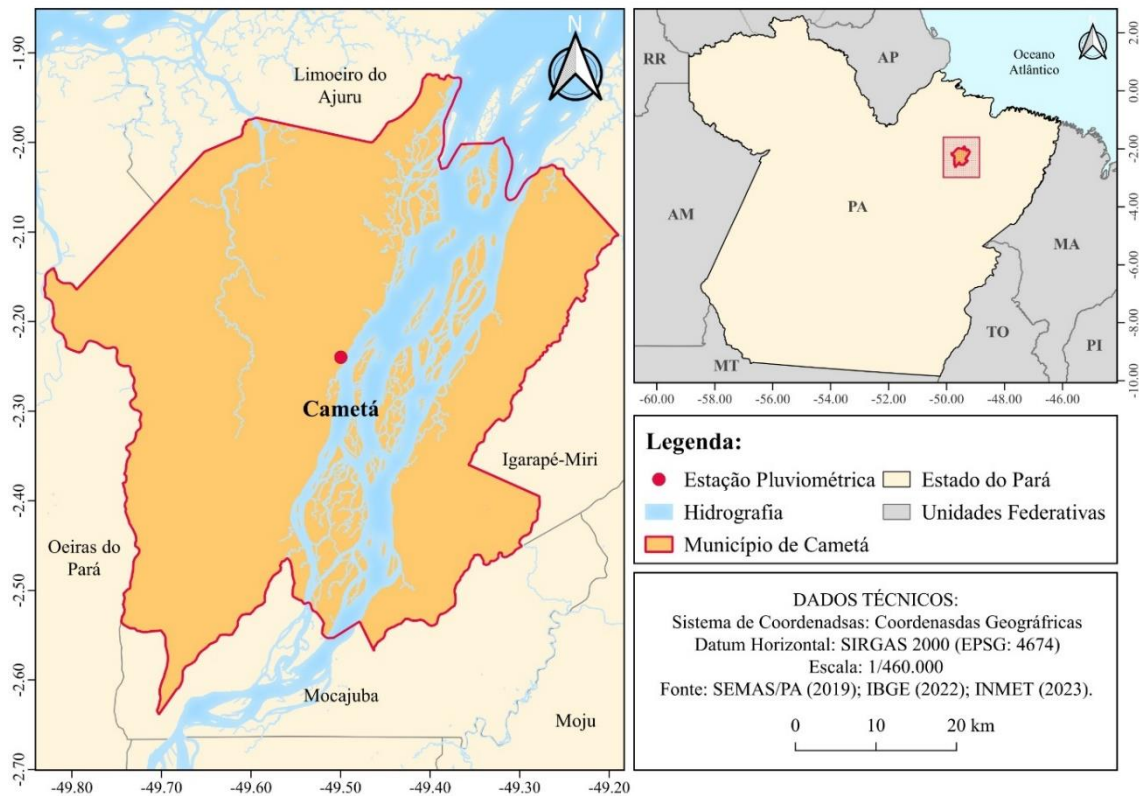
As informações obtidas podem ser utilizadas para localidades próximas e com características climáticas semelhantes (Eltz et al., 2013), o que estende a possibilidade da utilização dos resultados no planejamento tanto da atividade agrícola, quanto urbana, tendo em vista que essa região como um todo sofre com a erosão hídrica, tendo influência na economia rural ou em suas diversas estruturas do meio urbano.

2 METODOLOGIA

2.1 ÁREA DE ESTUDO

Cametá é município brasileiro do estado do Pará e localiza-se a margem esquerda do rio Tocantins. Limita-se ao norte com o município de Limoeiro do Ajuru, ao sul com Mocajuba, ao leste com Igarapé Mirim e ao oeste com Oeiras do Pará (Figura 1). Fica a uma distância aproximada de 150 km em linha reta da capital paraense. Pertence a mesorregião do Nordeste Paraense e a microrregião de Cametá e possui uma área de 3.081,367 km² (SEBRAE, 2022).

Figura 1 – Mapa de Localização do Município de Cametá



Fonte: Autora, 2023.

De acordo com a classificação de Köppen-Geiger, a região possui um clima do tipo Am, tropical úmido, onde apresenta um índice pluviométrico intenso e distribuído de forma irregular durante todo o ano com duas estações mais ou menos definidas, sendo o período mais chuvoso de janeiro a maio, correspondendo a cerca de 70% da precipitação anual, e a menos chuvosa que vai de junho a dezembro, com média total anual de 2.484mm (INMET, 2017).

O solo que predomina na região do Nordeste Paraense é do tipo Latossolo Amarelo com textura média, ácido e com baixa fertilidade natural, além desse existe também a presença do Latossolo amarelo cascalheno com textura média, Latossolo vermelho, Latossolo vermelho amarelo distrófico, solos concrecionários lateríticos; areias quartzosas; Pdzólico vermelho amarelo, vermelho com textura argilosa hidromórfico, Plintossolo, Gley pouco húmico, solos

aluviais e hidromórficos indiscriminados (Cordeiro; Arbage; Schwartz, 2017). O relatório da CPRM (2013) complementa que na área estudada encontram-se sedimentos com textura areno-argilosa depositados entre 1,8 milhões e 10 mil anos atrás (Pleistoceno), que atualmente estão muito intemperizados e inconsolidados.

2.2 LEVANTAMENTO DAS FEIÇÕES

Inicialmente foi realizado uma pesquisa bibliográfica com objetivo de obter informações que pudessem contribuir com os resultados obtidos durante as análises. Realizou-se o levantamento em dois dias consecutivos, sendo os dias 9 e 10 do mês de novembro de 2023, escolhido por ser um período mais seco e com facilidade para realização das identificações das feições. Ressalta-se que foram selecionadas localizações na cidade onde o efeito da erosão hídrica estava mais em evidência (simultaneamente pluvial quanto fluvial).

2.3 DADOS PLUVIOMÉTRICOS E EROSIVIDADE DA CHUVA

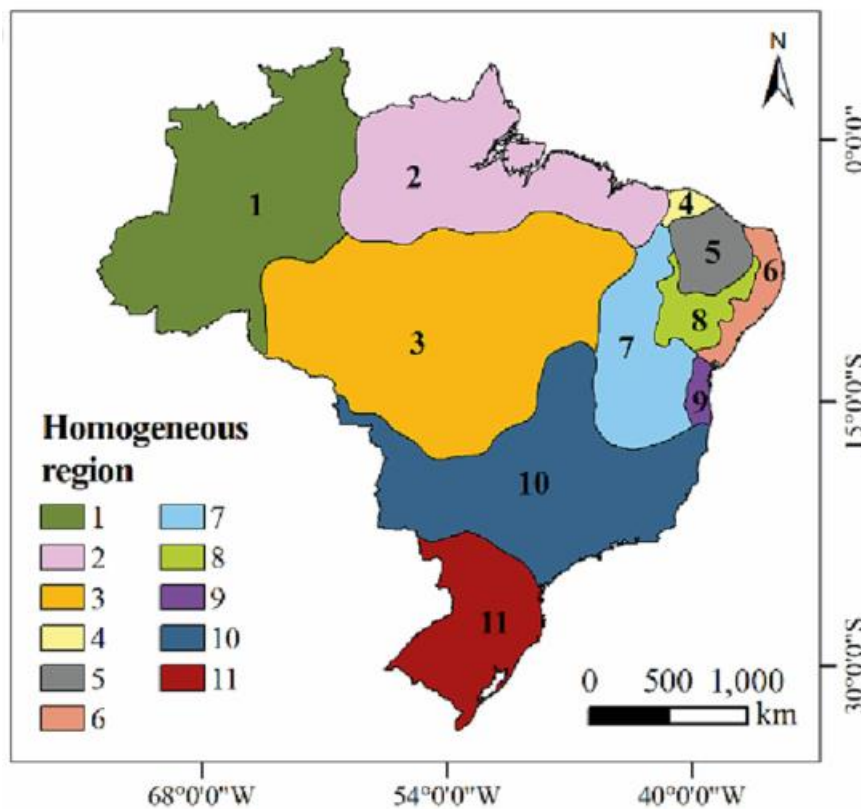
Para realização do estudo, foram selecionados dados de uma única estação pluviométrica do Município de Cametá, código 82263 (Figura 1). Os dados foram obtidos do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, foram realizadas análises a partir da série histórica de 42 anos, de 1980 a 2022. Após a aquisição, os dados foram organizados em totais mensais e tratados em planilha eletrônica. Posteriormente realizou-se a estatística descritiva dos mesmos. Buscando quantificar a erosão hídrica, pluvial e fluvial, no que se diz respeito a erosão fluvial, não foi possível obter informações suficientes para a investigação precisa, haja vista que não existia base de dados fluviométricos na área, um fator essencial para realização dessa análise.

Wischmeier e Smith em 1965 criaram a Equação Universal de Perdas de Solo (ou USLE - Universal Soil Loss Equation), que tem por objetivo prever a erosão que ocorrerá em determinada área, servindo como método para auxiliar na tomada de decisão sobre o uso e o manejo do solo e, conseqüentemente, relacionar as práticas conservacionistas de maior eficiência (Otim et al., 2019). Segundo este modelo, a determinação do potencial erosivo consiste no produto dos fatores: erosividade (R), erodibilidade (K), topografia (LS), cobertura vegetal (C) e práticas de conservação agrícolas (P). Lee e Heo (2011) afirmam que o fator R tem sido o mais usado como o principal parâmetro na avaliação da erosão hídrica do solo, produção de sedimentos e monitoramento da qualidade da água. A motivação para o uso deste

fator deve-se ao fato de que, dentre todas as outras variáveis, ele é o mais suscetível a mudanças climáticas e ambientais.

Originalmente o fator é indicado a partir do Ei_{30} , que era determinado a partir do produto entre a energia cinética da chuva e a intensidade máxima ocorrida em 30 minutos, porém exigia grande quantidade de dados específicos, o que era um obstáculo (Rosa; Sousa, 2018). A partir de então, outros trabalhos facilitaram o cálculo desta variável. A metodologia utilizada neste trabalho foi a proposta por Teixeira et al. (2023), que propôs que o Brasil fosse dividido em 11 regiões homogêneas em termos de erosividade (Figura 2), sendo que cada região possuiria uma equação específica de acordo com as suas condições regionais. Cametá está na região 2 da divisão do trabalho citado, que possui como método de cálculo de erosividade a Equação 1.

Figura 2 – Regiões Homogêneas de erosividade da chuva



Fonte: Teixeira et al., 2023.

$$Ei_{30} = 4,1374x(Pr)^{1,0755} \quad (1)$$

Sendo o Ei_{30} o índice de erosividade e Pr a precipitação pluviométrica mensal.

A partir desta equação, foram calculados índices mensais erosividade para de 1980 a 2022 e a partir da soma dos índices mensais, foram gerados índices anuais para os 42 anos de dados, obtendo-se o Fator R. Vale ressaltar que este fator é a média dos índices de erosividade anuais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 ANÁLISES DAS FEIÇÕES EROSIVAS REGISTRADAS

Na Tabela 1, observa-se as feições nomeadas, suas localizações geográficas e os respectivos bairros onde foi realizado o levantamento fotográfico.

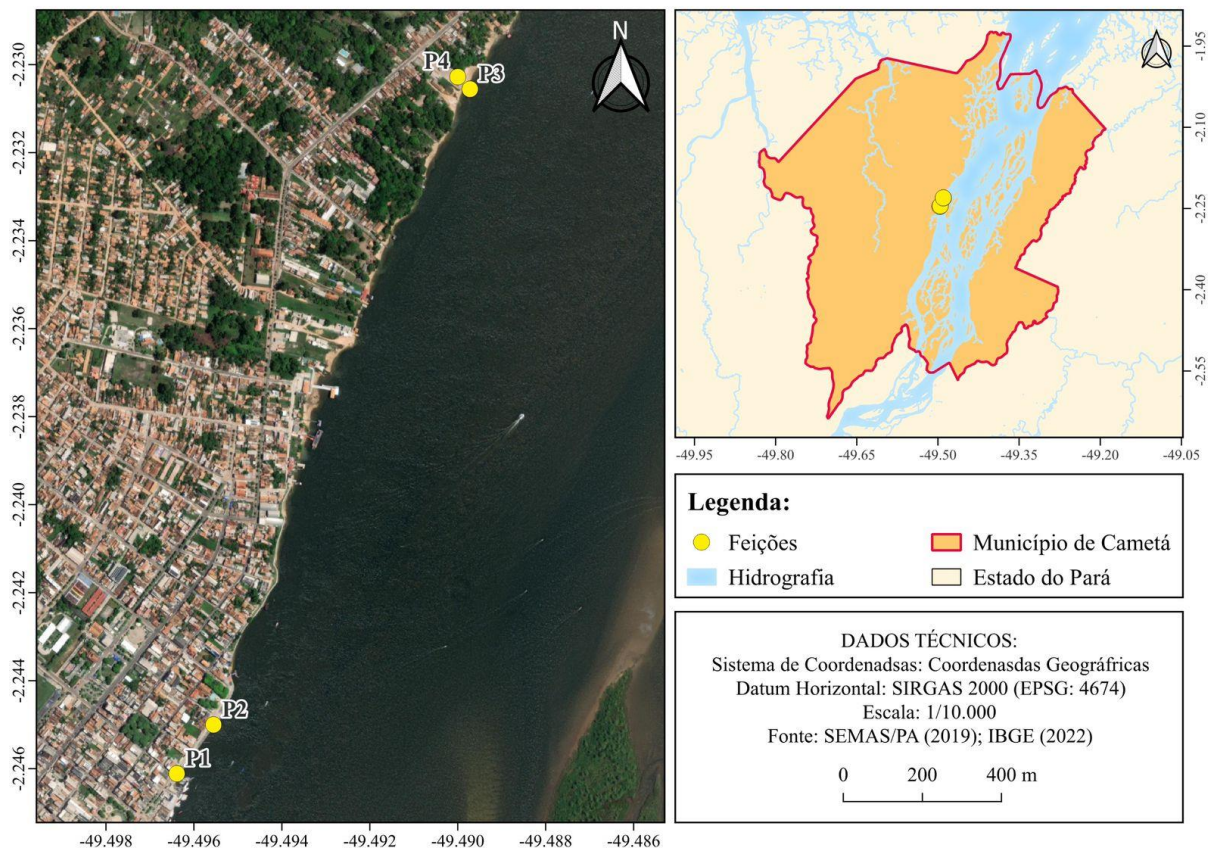
Tabela 1 – Tabela de feições erosivas registradas no mês de novembro de 2023.

Nº da Feição	Localização geográfica	Bairro
Ponto 1	2°14'46"S 49°29'47"W	São João Batista
Ponto 2	2°14'42"S 49°29'44"W	São João Batista
Ponto 3	2°13'50"S 49°29'23"W	Aldeia
Ponto 4	2°13'49"S 49°29'24"W	Aldeia

Fonte: Autora, 2022.

A Figura 3 aponta onde estão localizadas as feições registradas no levantamento para a pesquisa. Todas estão localizadas as margens do Rio Tocantins. A Feição 1 (P1) está situada no bairro São João Batista próximo ao Porto das embarcações, onde também está localizado Cais e de acordo com a CPRM - Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (2013) é um setor de risco muito alto para desmoronamento. A Feição 2 (P2) também localizada no mesmo bairro, essa em especial já passou por episódios de desabamento onde já foram realizadas algumas intervenções, a Feição 3 (P3) e 4 (P4) estão localizadas no bairro da Aldeia mais especificamente no Porto da Balsa, onde também já sofreu medidas tentativa de conter as erosões.

Figura 3 - Mapeamento das feições erosivas



Fonte: Autora, 2023.

A Figura 4 representa a Ponto 1, onde nota-se que o muro já possui diversas rachaduras, observa-se também que o solo aparenta está em situação de risco, vale ressaltar que nesse ponto funciona o porto de embarcações, ou seja, é um ponto onde pessoas frequentam diariamente. Pantoja (2018) afirma que essas áreas estão bastante impactadas pelo processo de uso e ocupação que ocorre nesses locais, vale ressaltar que os principais fatores estão relacionados a erosão fluvial e pluvial, as são às modificações feitas sem um planejamento e estudo adequado, para a implementação das casas deixam o solo sofrer a uma degradação cada vez maior com muito comprometimento dessas áreas. É possível observar os pilares antigos e o antigo cais de pedra que foram construídos na intenção de conter o processo erosivo.

Figura 4 – Feições erosivas do Ponto 1 presentes no mês do levantamento



Fonte: Autora, 2023.

A Figura 5A, está localizada no Ponto 2, possui algumas rupturas no calçamento onde ocorreu o processo erosivo há alguns anos, causado por chuvas intensas. Na Figura 5B observa-se o mesmo local quando sofreu com o processo erosivo registrado pelo relatório da CPRM em 2013.

Figura 5 – A) Feição 2 atual; B) Cratera no mesmo ponto causada por chuvas intensas, provocando erosão em 2013



Fonte: Autora, 2023; CPRM, 2013.

Para CPRM essa é uma área de alto risco de desmoronamento, está localizada no bairro Benedito como apresentado na figura 3, o local onde várias obras de engenharia já foram realizadas, como pilares, cais de pedra e gabiões, onde é possível observar na Figura 6, com intuito de conter o processo erosivo causado na causada na orla da cidade, no entanto, as medidas que foram adotadas não estão sendo suficientes para conter esta ação natural. Esse processo já ocasionou desmoronamento em partes da orla, próximo ao Ponto 2, como mostra na Figura 7.

Figura 6 – Pilares e cais de pedra



Fonte: Autora, 2023.

Figura 7 – A) Trapiche destruído por conta da erosão; B) Trapiche reconstruído



Fonte: CPRM, 2013; Autora, 2023.

A Figura 8 representada no Ponto 3, no bairro São Benedito onde se localiza o Porto da Balsa, é outro ponto que permite a entrada na cidade. Observa-se que o processo erosivo está presente neste ponto, por mais que tenha ocorrido uma intervenção há pouco tempo, nota-se que os agregados estão se quebrando e sendo depositada no corpo hídrico correndo risco de problemas ambientais tais como assoreamento, que é a disposição dos solos no corpo d'água, implicando também em impactos na paisagem, também conhecido como “terras caídas”. Carvalho (2006) afirma que terras caídas é usualmente conhecida pelos ribeirinhos da região amazônica, para caracterizar o processo de erosão fluvial lateral como escorregamento, como apresentado na Figura 8, deslizamento, desmoronamento e desabamento do solo.

Figura 8 – Feição 3 Porto da Balsa



Fonte: Autora, 2023.

Já a Figura 9, representada pelo Ponto 4, nela observa-se que o talude já está com grande parte do solo comprometida, e isso é presente em toda a áreas nas margens do Rio Tocantins. Nota-se, o processo do solo sendo carregado para o corpo hídrico, isso pode ser acelerado pela ação antrópica em decorrência de desmatamentos, em específico das matas ciliares. A mata ciliar pode ser compreendida como sistemas florestais estabelecidos naturalmente em faixas às margens dos rios e riachos, no entorno de lagos, represas e nascentes, exercendo função de instrumento redutor do assoreamento e da degradação do meio

ambiente e como meio natural de processamento e transformação da diversidade ambiental (Castro et al., 2013).

Figura 9 – Feição 4 com talude comprometido



Fonte: Autora, 2023.

O relatório da CPRM (2013) reforça que o bairro da Aldeia tem alto risco ao processo erosivo, onde já atingiu algumas ruas causando a interdição de algumas residências em torno do bairro. Em Cametá essa erosão, mais profunda, movimenta o material do leito, desagrega a base dos taludes, ocasionando deslizamentos de volumes substanciais de material, o que resulta em taludes excessivamente íngremes (Furtado Filho et al., 2012).

Na Figura 10A é possível confirmar a suscetibilidade que o município tem para ocorrência de processos erosivos. Com objetivo de controlar as erosões as margens do rio Tocantins, algumas medidas de contenção foram tomadas ao longo dos anos, em 2018, deu-se início as obras de reconstrução do Cais, tais como: a construção de sucessivos muros de arrimo de concreto na orla da cidade (Figura 10B).

Figura 10 – A) Antes do muro de Arrimo; B) Depois do Muro de Arrimo no Cais para conter as erosões



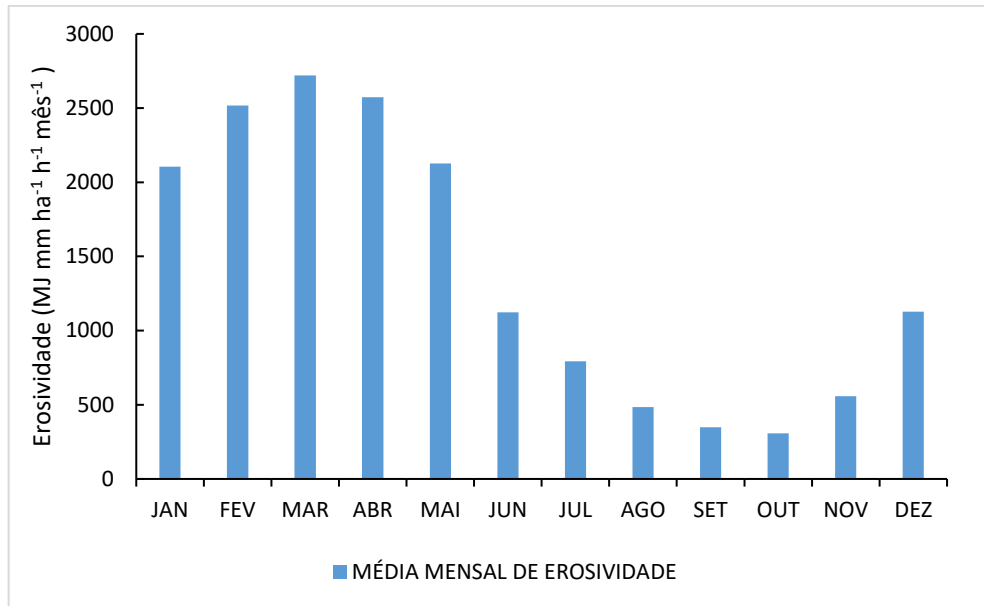
Fonte: Prefeitura Municipal de Cameté, 2019; Autora, 2023;

Segundo Quevedo (2010) também já ocorreu o afundamento de cinco navios próximo à margem, na tentativa de redirecionar o canal a partir desta barreira para um nível mais distante das áreas ocupadas. Contudo, mesmo com as diversas medidas para amenizar essas ações, elas continuam acontecendo e ameaçando destruir partes dos patrimônios históricos da cidade. Ainda analisando a Figura 10A, nota-se a erosão extremamente visível, causando danos ambientais ao corpo hídrico, ocasionando riscos aos moradores no entorno e aos patrimônios históricos. O muro de arrimo está vigente há quatro anos, e até então não apresentou nenhuma falha ou ruptura aparente. Outro ponto importante a relatar, é sobre um dos navios que foram afundados para ajudar a conter os processos erosivos, observa-se o quanto o acúmulo de sedimentos foi transportado até o navio, onde segundo Quevedo (2010) esse mesmo local já teve 20m de profundidade.

3.2 PRECIPITAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS E EROSIVIDADE DA CHUVA

Analisando a média mensal da erosividade apresentada na Figura 11, para toda série histórica, observa-se que de janeiro a maio foram os meses que apresentaram maiores índice de erosividade, variando de 2.105,79 a 2.719,20 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹. Dentre essa variação houve picos com maiores índices, como o mês de março que registrou o valor de 2.719,20 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹ e o mês de outubro obteve o menor valor, sendo ele 307,55 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ mês⁻¹.

Figura 11 – Erosividade mensal série histórica de 1980-2022

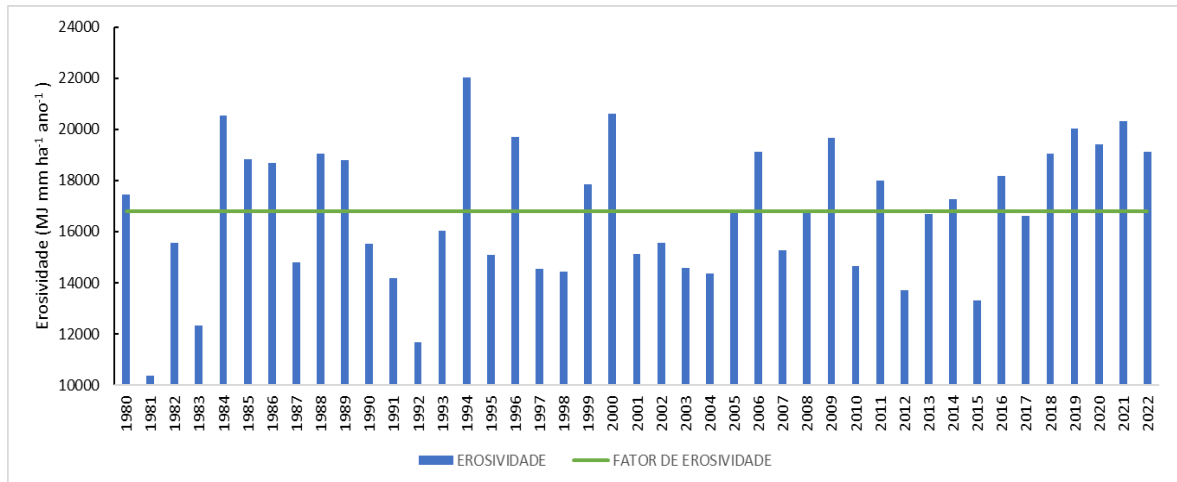


Fonte: Autora, 2023

É importante destacar que em todo período chuvoso a erosividade esteve acima de $2.105,79 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, reforçando a influência da intensidade da precipitação em caracterizar o potencial erosivo (Rosa et al., 2016). Onde é possível reafirmar analisando a Figura 11, onde nota-se os meses de janeiro a maio, conhecidos como inverno amazônico, período de maior precipitação na região, registram maiores valores de erosividade das chuvas, especialmente março e abril. Enquanto que, os meses de julho a novembro que apresentam período de estiagem, registram os menores valores de erosividade das chuvas.

O fator de erosividade da chuva (R) determinado para Cametá, com base nos dados de precipitação observados na série histórica de 1980 a 2022, foi de $16.781,97 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ (Figura 12). É possível identificar na série histórica que o índice máximo anual ocorreu no ano de 1994 com valor de $22.020,37 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$, e menor valor registrado foi de $10.367,15 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ no ano de 1981.

Figura 12 – Erosividade série histórica anual de 1980-2022



Fonte: Autora, 2023

O estudo realizado por Rosa et al. (2016) apresenta índices de erosividade mais próximos da área de estudo, Rondon do Pará, analisado 16 anos de série histórica, que registrou $16.390 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, e classificou como área com alto índice de erosividade. Trindade et. al. (2016) afirma que na região Norte são encontrados os maiores valores de erosividade anual em todo território brasileiro.

Pinheiro (2023) apresenta a erosividade da chuva na Bacia do Rio Peixe Boi, na qual utilizou estações pluviométricas dos municípios de Salinópolis que apresentou índices de $15.596,49 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, Primavera com $13.189,49 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, Capanema $11.350,90 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, Nova Timboteua $10.278,41 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ e o município de Ourém com erosividade de $10.092,37 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, provando assim, que a região Norte apresenta fortes índices de erosividade.

Quando comparado com o fator erosividade (R) distrito de Marudá (PA), analisados por Costa et al. (2020), observa-se uma discrepância significativa de acordo com os demais valores analisados no Estado do Pará, na qual o distrito registra um índice de $1.831,92 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, os autores fundamentam essa divergência devido à alta oscilação climática que a região sofre devido a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e fenômenos climáticos interagindo.

No ano de 1994, período que Cametá obteve o maior índice de erosividade, Costa e Blanco (2018) também observaram um aumento no mesmo ano, para Belém, os mesmos justificam essa ocorrência devido ao acontecimento do fenômeno atmosférico dipolo negativo. Quando comparado a Região do Sul do Brasil, novamente foram superiores, em Florianópolis por Trindade et al. (2016) com média anual de $7.522 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Contudo, vale ressaltar que nos anos que apresentaram feições erosivas históricas como apresentado na Figura 5 e 7, foram nos anos em que o município apresentou elevados índices

de erosividade, pode-se afirmar que esses processos erosivos sofreram bastante influência da precipitação.

4 CONCLUSÕES

A partir dos levantamentos das feições erosivas para a pesquisa foi possível observar que as mesmas sofrem influência da erosão hídrica, causando riscos socioambientais, fato que se dá por conta de diversos agentes, sendo um deles a ocorrência das chuvas erosivas. Isso foi possível observar nos resultados percorridos, nos quais os períodos mais chuvosos obtiveram maiores índices de erosividade, apresentando maior vulnerabilidade para perda de solo.

O fator de erosividade da chuva (R) para o município de Cametá foi de 16.781,97 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, consideravelmente alto quando comparado com outros locais próximos a área de estudo e até mesmo de outras regiões. Nos meses de janeiro a maio, apresentaram as maiores médias mensais de erosividade, indicando períodos de maior perda anual de solo por erosão, quando que os meses de julho a novembro foram os meses com menor índice.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

AGENDA 2030. **A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. 2015

ÁVILA, Adriana Sousa Nascimento; CARNEIRO, Vandervilson Alves. Evolução espacial de feições erosivas em área urbana: estudo de caso da voçoroca do córrego boa vista em anápolis/go. **Revista Sapiência: Sociedade, Saberes e Práticas Educacionais (UEG)**, v. 2, n. 7, p. 142-173, jul. 2018.

BIGHETTI, Paula Sumie Watanabe et al. Análise dos fatores de influência dos processos erosivos, a partir do estudo da feição da Quinta da Bela Olinda, na cidade de Bauru/SP. In: **9º Congresso lusobrasileiro para o planejamento urbano, regional, integrado e sustentável (PLURIS 2020)**. Águas de Lindóia, SP. 2021.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**.

CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S.; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B.; GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. **R Bras Eng Agríc Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 3-9, 2009.

CARVALHO, José Alberto Lima de. **Terras Caídas e consequências sociais: Costa do Miracauera – Paraná Trindade, Município de Itacoatiara – AM, Brasil**. Manaus: Universidade Federal do Amazonas – UFAM. 2006.

CASTRO, Martha Nascimento; CASTRO, Rodrigo Martinez; DESOUZA, Caldeira. A importância da mata ciliar no contexto da conservação do solo. **Revista Uniaraguaia**, v.4, n.4, p.230-241, 2013

CORDEIRO, I.M.C.C; ARBAGE, M.J.C; SCHWARTZ.G. Nordeste do Pará: Configuração atual e aspectos identitários. In: CORDEIRO, I.M.C.C; RANGEL-VASCONCELOS, L. G. T; SCHWARTZ.G; OLIVEIRA, F. de A. Nordeste Paraense: Panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. **Belém: EDUFRA**, 2017. p 19-58

COSTA, Carlos Eduardo Aguiar de Souza; SOUZA, Matheus Melo de; RAMOS, Carolina Costa; PROGÊNIO, Mayke Feitosa; ROSÁRIO, Karla Karoline Leite do; ROCHA, Gabrielle Souto da. Determinação do fator de erosividade da chuva para o distrito de Marudá (PA). **Nature And Conservation**, v. 13, n. 4, p. 55-62, 15 jul. 2020.

COSTA, Carlos Eduardo Aguiar de Souza; BLANCO, Claudio José Cavalcante. Influência da variabilidade climática sobre a erosividade em Belém (PA). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 509-520, 2018.

COUTO, Bruno de Oliveira Costa. **Análise de erodibilidade em taludes com horizontes resistentes e suscetíveis aos processos erosivos**. 2015.

CPRM (Serviço Geológico do Brasil) (2013). Relatório de avaliação de risco à erosão fluvial na cidade de Cametá.

DE MATOS, Rigoberto Moreira et al. Erosividade da chuva no período de 1973 a 2013 no município de Barbalha-CE. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 3, p. 641-649, 2017.

DE SÁ, Leonardo Nogueira et al. A importância da cobertura vegetal no processo de erosão e degradação do solo no ensino da geografia. **INTERNATIONAL JOURNAL EDUCATION AND TEACHING (PDVL)** ISSN 2595-2498, v. 3, n. 3, p. 173-188, 2020.

ELTZ, Flávio LF et al. Erosive potential and rainfall characteristics of São Gabriel, RS, Brazil, from 1963 to 1993. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 647-654, 2013.

FALCÃO, Karina dos Santos; LEITE, Emerson Figueiredo. Avaliação do Potencial Natural à Erosão Hídrica na Bacia do Rio Nioaque. **Revista Georaguaia**, v. 8, n. 3, 2018.

FERREIRA, Ana Rosa; SANTANA, José Eriston Nonato. Análise da fragilidade ambiental a partir de processos erosivos na sub-bacia do córrego Peraputanga, reserva do Cabaçal-MT. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 4020-4031, 2017.

FURTADO FILHO, Manoel Domingos Castro et al. **Modelagem hidrodinâmica tipo águas rasas de um trecho do Rio Tocantins**. (2012).

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) (2017). Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa. Disponível em <http://www.inmet.gov.br/portal/>.

LEE, Joon-Hak; HEO, Jun-Haeng. Evaluation of estimation methods for rainfall erosivity based on annual precipitation in Korea. **Journal of Hydrology**, v. 409, n. 1-2, p. 30-48, 2011.

OTIM, Daniel et al. Design norms for soil and water conservation structures in the sugar industry of South Africa. **Water SA**, v. 45, n. 1, p. 29-40, 2019.

PANTOJA, Ivana Lainara da Veiga. **Avaliação de impactos ambientais: um estudo sobre os processos erosivos na orla da cidade de Cametá-Pará**. 2018. 52 f. TCC (Graduação) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Pará, Cametá, 2018.

PINHEIRO, Daniel Pereira et al. **Perdas de solo por erosão hídrica na bacia hidrográfica do Rio Peixe-Boi, nordeste paraense**. 2023.

POSTHUMUS, H.; DEEKS, L.K.; RICKSON, R.J.; QUINTON, J.N. Costs and benefits of erosion control measures in the UK. **Soil Use and Management**, London, v. 31, p. 16-33, 2015.

QUEVEDO, B. (2010): Poraquê a usina flutuante. Corrente Continua: **Revista da Eletrobrás Eletronorte**, julho-Agosto, v. 33, n 233, p. 4-9.

ROSA, Amanda Gama; SOUSA, Adriano Marlisom Leão de. Erosividade da Chuva: Distribuição e Correlação com a Precipitação em Óbidos-PA (Brasil). **Revista GeoAmazônia**, v. 6, n. 11, p. 256-272, 2018

ROSA, Amanda Gama et al. Erosividade da chuva em Rondon do Pará, PA, Brasil de 1999 a 2015 e projetada para 2035. **Revista Ambiente & Água**, v. 11, p. 1006-1021, 2016.

SEPÊDA FILHO, Miguel Gonçalves; SANTOS, Márcia Cristina. ESTUDO DAS DIRETRIZES DO PLANO DIRETOR MUNICIPAL DE CAMETÁ-PA: REFLEXÕES SOBRE A ÁREA CENTRAL DA CIDADE. **XVII Encontro Nacional de Geógrafos**, jul. 2016.

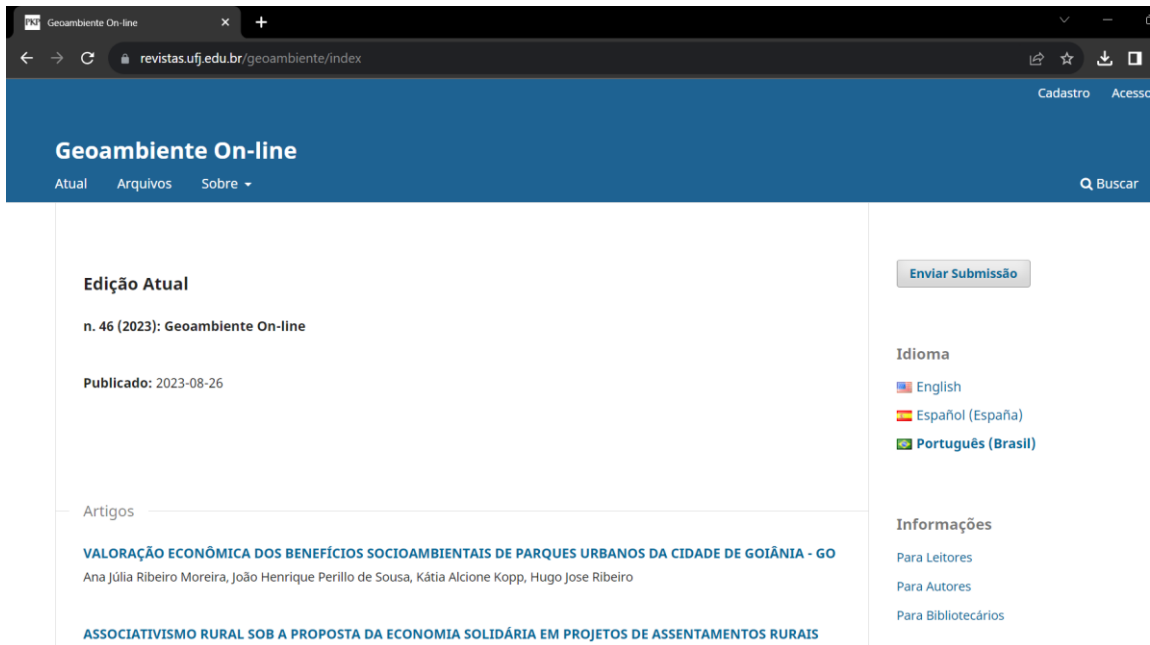
SEBRAE, Cametá em números 2022. **Cidade Empreendedora**.2022.

TEIXEIRA, David Bruno de Sousa et al. Assessment, regionalization, and modeling rainfall erosivity over Brazil: Findings from a large national database. **Science of The Total Environment**, v. 891, p. 164557, 2023.

TRINDADE, Ana Luíza Ferreira; OLIVEIRA, Paulo Tarso Sanches de; ANACHE, Jamil Alexandre Ayach; WENDLAND, Edson. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, p. 1918-1928, dez. 2016.

WISCHMEIER, W.H.; Smith, D.D. 1978. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning**, No. 537. USDA, Washington

ANEXO I – Revista que o manuscrito será submetido (Qualis A3)



Geoambiente On-line

Atual Arquivos Sobre

Buscar

Edição Atual

n. 46 (2023): Geoambiente On-line

Publicado: 2023-08-26

Enviar Submissão

Idioma

- English
- Español (España)
- Português (Brasil)

Informações

- Para Leitores
- Para Autores
- Para Bibliotecários

Artigos

VALORAÇÃO ECONÔMICA DOS BENEFÍCIOS SOCIOAMBIENTAIS DE PARQUES URBANOS DA CIDADE DE GOIÂNIA - GO
Ana Júlia Ribeiro Moreira, João Henrique Perillo de Sousa, Kátia Alcione Kopp, Hugo Jose Ribeiro

ASSOCIATIVISMO RURAL SOB A PROPOSTA DA ECONOMIA SOLIDÁRIA EM PROJETOS DE ASSENTAMENTOS RURAIS