



Estimativa da Erosividade das Chuvas na Zona Rural do Município de Rurópolis, Pará

Estimate of Rain Erosivity from the Rural Zone of the Municipality of Rurópolis, Pará

Samária Letícia Carvalho Silva Rocha ¹

Lucieta Guerreiro Martorano ²

Leônidas Luiz Volcato Descovi Filho ³

François Laurent ⁴

Irene Cibelle Gonçalves Sampaio ⁵

¹ Bacharela em Engenharia Sanitária e Ambiental e em Ciências e Tecnologia das Águas pela Universidade Federal do Oeste do Pará. Pós-graduada em Consultoria e Licenciamento Ambiental. Servidora pública efetiva na prefeitura municipal de Terra Santa, Pará. E-mail, samariaambiental@gmail.com, Orcid <https://orcid.org/0000-0002-9886-8291>

² Doutora em Fitotecnia/Agrometeorologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS/2007). E-mail martorano.lucietta@gmail.com, Orcid <https://orcid.org/0000-0003-3893-3781>

³ Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Professor Adjunto, Universidade Federal do Oeste do Pará - UFOPA. Atua nos cursos de geologia e interdisciplinar em Ciências da Terra/IEG/Ufopa, e credenciado no Programa de Pós-graduação Interdisciplinar Sociedade, Ambiente e Qualidade de Vida/PPGSAQ/CFI/UFOPA. E-mail leonidas.descovi@ufopa.edu.br, Orcid <https://orcid.org/0000-0001-9245-308X>

⁴ Doutor em Hidrologia et Hidrogeologia quantitativas - Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris (1996) e HDR, Habilitation à Diriger des Recherches (2012). Atualmente é Professor em geografia (Professeur des Universités), na Le Mans Université (ex-université du Maine), França, e diretor do laboratório ESO Le Mans. E-mail: Francois.Laurent@univ-lemans.fr

⁵ Doutora em Ciências pelo Programa Sociedade Natureza e Desenvolvimento da UFOPA.



Resumo: Na Amazônia, a deterioração do solo causada pelo processo erosivo, torna vulneráveis as áreas cobertas por pastagem. O objetivo neste trabalho foi estimar a erosividade das chuvas no município de Rurópolis, Pará. A partir da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, foram obtidos os dados pluviométricos da área de estudo. Para estimar a erosividade foi analisado o fator R da Equação Universal de Perdas de Solo e efetuados cálculos da erosividade anual e mensal, referente ao período de 1983 a 2021, totalizando 39 anos. Os resultados evidenciaram que a erosividade anual e mensal está classificada com alta e muito alta, evidenciando o período chuvoso como a época mais crítica. O ano mais chuvoso da série histórica foi 2021, com total anual de 3.580 milímetros (mm). Em seguida, 1985 e 2008 também apresentaram alto volume de chuva com valores de 3.333 e 3.081 mm, respectivamente. Por outro lado, o ano de 2015 foi o menos chuvoso e apresentou o total de 1.128 mm de chuva. Os anos com maiores valores de erosividade foram 1985 e 2021 (19.781,8 e 18.540,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente). Em relação à erosividade mensal, constatou-se que março foi o mês com maior média (2.668,3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), enquanto agosto, apresentou o menor potencial erosivo (414,8 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹). Dessa forma, estudos 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, servem para orientar as políticas públicas com foco para a agropecuária, sensibilizando atores sociais sobre a necessidade de melhor planejamento do uso do solo.

Palavras-chave: Erosividade; Agropecuária; Conservação do solo; Amazônia; Rurópolis.

Abstract: In the Amazon, soil deterioration, caused by erosive processes, makes the pasture vulnerable. The goal of this study was to estimate the potential erosive of rainfall in the municipality of Rurópolis, Pará State. Rainfall information were collected by National Agency for Water and Basic Sanitation, by the National Center for Monitoring and by Alerts for Natural Disasters



(CEMADEN) data base. For erosivity estimation, the annual and the monthly erosivity was estimated and the R factor of the Universal Soil Loss Equation was calculated, from 1983 to 2021, totaling 39 years. The results showed high values of annual and monthly erosivity and has been classified as high or so very high, evidencing the most critical time in the rainy season. The rainiest year in the historical series was 2021, with an annual total rain of 3,580 millimeters (mm). Then, 1985 and 2008 also presented high rainfall with values of 3,333 and 3,081 mm, respectively. On the other hand, 2015 was the least rainy year and presented a total of 1,128 mm of rain. The years with the highest erosivity values were 1985 and 2021 (19.781,8 and 18.540,1 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹). Regarding the monthly erosivity, it was found that March was the month with the highest erosivity (2.668,3 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹), while August had the lowest one (414,8 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹). In this way, studies about risks of soil loss through erosion and, consequently, the financial losses, in the productive sector, when soil and water conservation practices are not adopted, serve to guide public policies aimed at agriculture and to help and raise awareness social actors on the needs for soil and water conservation.

Keywords: Erosivity; Pasture; Soil Conservation; Amazon; Ruropolis.

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 naturais, em especial o solo e água (BARROS et al., 2018; PINTO et al., 2020; TRINDADE et al., 2016).

A erosão hídrica é considerada um grave problema mundial, uma vez que coloca em risco a disponibilidade de terras férteis agricultáveis em várias regiões do planeta (FAO, 2019). Esse desgaste no solo, ocasiona a queda da produtividade agrícola, aumenta os custos da produção e, conseqüentemente,



afeta a segurança alimentar e nutricional de populações em determinadas localidades (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 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, R., et al., 2011).

No meio rural, as transformações decorrentes da cobertura e uso do solo ocorrem de forma dinâmica e constituem um dos principais fatores de degradação do solo (SIMÕES et al., 2020). As atividades agropecuárias possibilitaram suprir grande parte da oferta de alimentos (ANDRADE, N., et al., 2013). No entanto, necessitam ser desenvolvidas de maneira sustentável, assegurando a conservação ambiental com os benefícios socioeconômicos (SAMBUICHI et al., 2012; ZAMBERLAN et al., 2014).

A Região Norte é a que apresenta os maiores índices de erosividade (capacidade da chuva em remover o solo causando erosão) estimados no país (TRINDADE et al., 2016). A deterioração do solo causada pelo processo erosivo na Amazônia, torna vulneráveis as áreas cobertas por pastagem, causando a queda da produtividade e prejuízos aos agricultores (DIAS-FILHO, 2014). As áreas antropizadas - em locais com maior declividade - são destacadas como as mais vulneráveis à degradação (MARTORANO et al., 2017).

O município de Rurópolis foi fundado em 1974 durante o Programa de Integração Nacional (PIN) e está inserido na rota de colonização da Transamazônica (BR-230) (PINHO et al., 2018). A origem de Rurópolis está



associada ao nome dado ao polo de desenvolvimento urbano, planejado para subsidiar os assentamentos de colonos na zona rural (REGO, 2017).

A partir da emancipação (1988), o desenvolvimento econômico de seu território rural foi com base no uso do solo para a agropecuária (CLAUDINO et al., 2019). Com o incentivo do governo no processo de ocupação das terras na Amazônia, houve expansão da agropecuária nos assentamentos rurais na margem da rodovia e estradas vicinais. Assim, as áreas com uso alternativo do solo para agricultura de subsistência foram convertidas para pastagem extensiva consolidando-se como a principal atividade econômica na zona rural de Rurópolis.

O histórico do município demonstra uma vocação para o setor agropecuário, fazendo-se necessário pensar na conservação do solo para continuidade das áreas produtivas. Nesse sentido, a estimativa do potencial erosivo das chuvas é uma ferramenta essencial para que essa atividade possa ser desenvolvida de maneira mais sustentável. Assim, o objetivo neste trabalho, foi estimar a erosividade das chuvas no município de Rurópolis, Pará.

Material e Métodos

Área de estudo

De acordo com o 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 km² (Figura 1). Fica situado no sudoeste do Pará a 1.170 quilômetros de Belém capital do estado, no



cruzamento da Rodovia Transamazônica (BR- 230) com a Cuiabá-Santarém (BR-163) (IBGE, 2020).

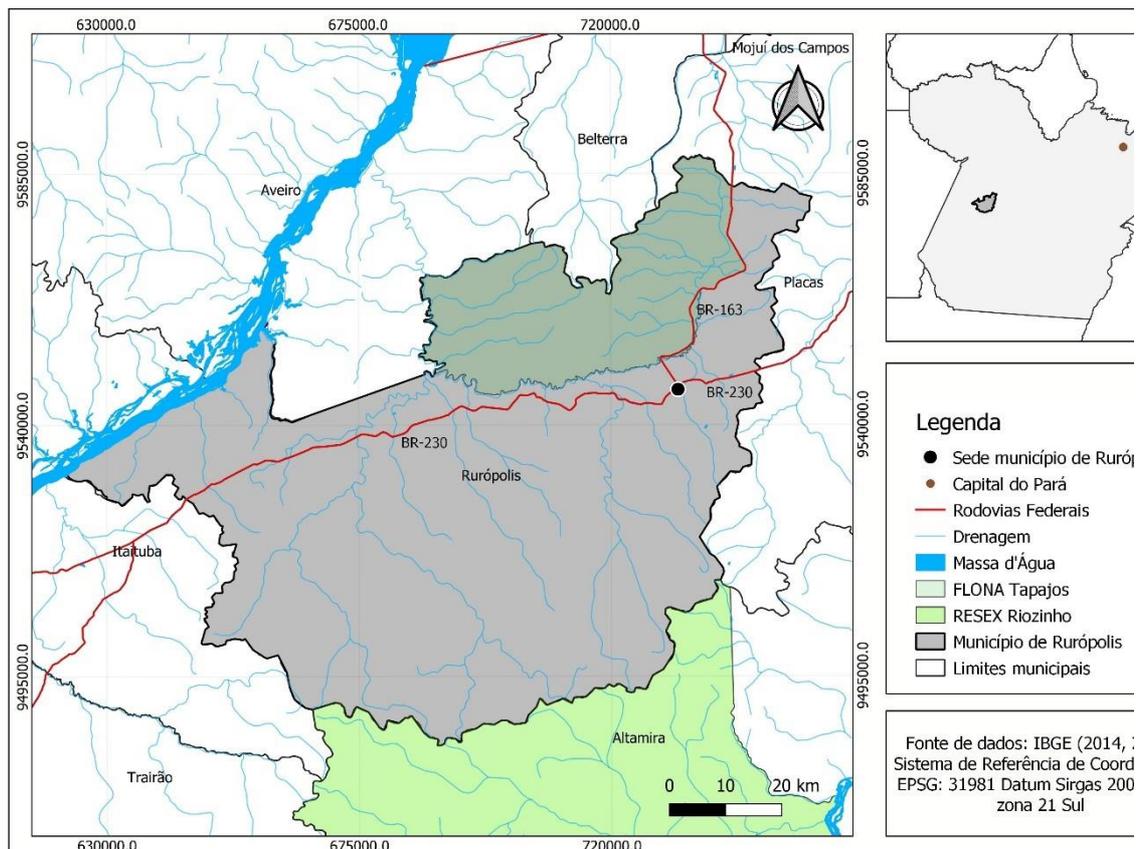


Figura 1. Mapa de localização do município de Rurópolis, Pará. BR-230 (Transamazônica), BR-163 (Santarém-Cuiabá). Fonte: (IBGE, 2014; 2021). Elaboração: autores.

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

2.1 Estimativa da perda de solo pela Erosividade das 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 é um índice numérico que expressa a capacidade da chuva em causar erosão em solo desprotegido (WISCHMEIER; SMITH, 1978). Para tanto, a erosividade é considerada como uma interação entre energia cinética e o escoamento superficial em função da intensidade e duração dos eventos pluviais. Para aplicação dessa equação, o período de dados de volume de chuva deve ser superior a 20 anos (CASSOL et al., 2008).

Considerando a importância da variável erosividade para o estudo da erosão no setor agropecuário, a erosividade foi calculada para diferentes regiões do país (ALMEIDA, A., et al., 2017; BAZZANO; ELTZ; CASSOL, 2010; CASSOL et al., 2008; MELLO et al., 2012; NETO LOMBARDI; MOLDENHAUER, 1992).

Por meio da estimativa da erosividade é possível estimar os meses do ano com maiores riscos de perdas de solo. Conhecimento esse, que tem importante papel na redução dos impactos das chuvas, que é a principal causa da erosão em áreas agrícolas (ALBUQUERQUE et al., 2021; OLIVEIRA JUNIOR, 1996; SANTOS, G.; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2010; SILVA-NETO; ALEIXO, 2020)

Foram obtidos dados da precipitação pluvial do município de Rurópolis, disponíveis na Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), plataforma Hidroweb, no período de 1983 a maio de 2021 (ANA, 2021) e do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2021), de junho a dezembro de 2021, somando uma série temporal de 39 anos.

Para a coleta de dados da pluviosidade utilizou-se a estação meteorológica - denominada 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 de 1983 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 (ANA, 2009). Devido à baixa cobertura de rede de monitoramento meteorológico na região amazônica, na área de estudo e ao entorno, essa foi a única estação que apresentou dados de longo período e com série mais homogênea.

Para a estimativa da erosividade das chuvas foram considerados os valores de precipitação mensal e anual da série histórica de 1983 a 2021. Devido as características dos equipamentos da estação meteorológica utilizada, não é possível obter dados de chuva com registro do tempo de cada evento individual. Portanto, utilizou-se o volume mensal e anual para calcular a erosividade (equações 1 e 2). Com isso, 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 (Tabela 1) (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 causada pelas chuvas, utilizando a equação (2). A estimativa da 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.

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

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

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_{mensal}^2) dividida pela precipitação total anual (mm) (P_{anual}). Os coeficientes de chuva foram calculados mês a mês para toda a série histórica. Na equação 2, EI_{30} é o índice de erosividade causado pelas chuvas, calculado mês a mês e somado para cada ano.

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

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, C., (2008), conforme Tabela 1.

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

Classes da erosividade	Erosividade ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ano-1)	Erosividade ($MJ \text{ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ 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, C., 2008). Elaboração: Autores.

A seguir, apresenta-se exemplo didático de como calcular a erosividade mensal e anual, utilizando como modelo o ano 2021. Para obter os valores de erosividade mensais e anuais primeiro calcula-se o Rc de cada mês pela equação (1).

Em seguida, utilizando a equação (2) determina-se a erosividade mensal com base no resultado do Rc, e por último, obtém-se o índice de erosão anual (EI_{30}) pela soma da erosividade calculada mês a mês.

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

$$Rc = (271,3)^2 / (3580,4)$$

$$Rc = \sim \mathbf{20,6}$$

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

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

$EI_{30} = \sim \mathbf{1065,7}$ (erosividade mensal de janeiro de 2021). Calculando-se cada mês, tem-se a erosividade anual de 2021 no total de 18.540 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ (Tabela 2).

Tabela 2. Exemplo de como foi calculado a erosividade mensal e anual para o ano de 2021.

Ano de 2021													
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Prec. (mm)	271,3	291,9	248,7	359,7	163,4	127,8	165,6	91,6	255,2	364,2	454	787	3.580
Rc	20,6	23,8	17,3	36,1	7,5	4,6	7,7	2,3	18,2	37,0	57,6	173,0	-
EI_{30}	1065,7	1183,0	946,9	1629,7	591,4	486,6	598,8	406,3	980,0	1662,6	2405,5	6583,7	18.540

Fonte: (ANA, 2021) e (CEMADEN, 2021). Elaboração: Autores.

Resultados e Discussões

Erosividade das chuvas



Ao analisar a série histórica temporal verificou-se que os anos mais pluviosos do município de Rurópolis foram em ordem decrescente: 2021, 1985 e 2008 (3.580,4 3.333,1 e 3.081 milímetros, respectivamente). Em contrapartida, os anos de 2015, 1997 e 2007 foram os menos expressivos em termos de oferta pluvial anual (1.128,5, 1.293,1 e 1.351,6 respectivamente) (Figura 2).

Os índices anuais mínimo, médio e máximo de erosividade foram de 9.620 (em 1987), 13.215 (em 1985) e 19.781 (em 1985) MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente. Na série temporal do período analisado os anos de 1985 e 2021 tiveram os maiores índices de erosividade (19.781 e 18.540 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente). Com base na classificação de Santos C. (2008), o município de Rurópolis enquadra-se na categoria de alta e muito alta erosividade causada pelas chuvas.

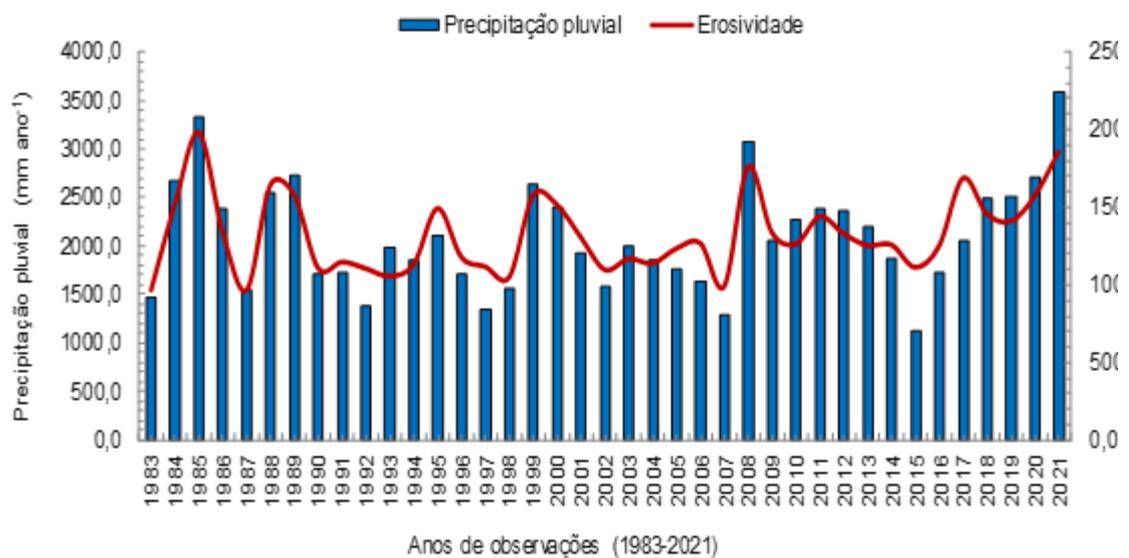


Figura 2. Precipitação pluvial e erosividade anual no município de Rurópolis, Pará. Fonte de dados: (ANA, 2021) e (CEMADEN, 2021). Elaboração: Autores.

Em 1985 constatou-se que 40% do total das chuvas concentraram-se majoritariamente em dois meses do ano, sendo eles, janeiro e dezembro. Observou-se também que em 2021 quase 50% das chuvas acumuladas ocorreram entre outubro e dezembro.

Em 2015 - ano menos chuvoso da série temporal - verificou-se que 76% da pluviosidade anual precipitou entre os meses de fevereiro a maio, gerando maior erosividade devido a distribuição irregular da chuva no decorrer do ano. A concentração das chuvas em determinados meses do ano é a causa da elevação do potencial erosivo, que tornam esses períodos críticos ao processo erosivo e perdas de solo (BACK; POLETO, 2017; VIOLA et al., 2014).

Barbosa et al. (2013), utilizando a equação de Bertoni e Lombardi Neto (1999) para analisar a erosividade em três municípios no entorno da Floresta Nacional do Tapajós (Santarém, Belterra e Rurópolis), observaram as maiores oscilações no potencial erosivo das chuvas em Rurópolis.

Santos L. et al. (2018), utilizando a mesma metodologia de Oliveira Junior (1996), ao investigar a erosividade e precipitação pluvial no entorno da Flona Tapajós (1986 a 2017), observaram que para o ano de 2008 os municípios de Santarém, Belterra e Rurópolis obtiveram semelhanças em relação a erosividade máxima anual, onde os valores das três localidades foram superiores a $17.000 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$.

Rocha et al. (2019), encontraram para o município de Belterra erosividade anual máxima de $17.761,6 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, para o ano de 2008, estimada pela metodologia de Oliveira Junior (1996) na série temporal de



1972 a 2017.

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, Chaves e Melo (1994).

Em relação a distribuição da precipitação pluvial média mensal e os índices de erosividade na série histórica de Rurópolis, constatou-se que o período mais chuvoso do ano, e de elevada erosividade, é de dezembro a maio, com destaque para março, mês com maior média de volume pluvial da série temporal (350,9 mm) e erosividade ($2.668,3 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$). Os meses de junho a novembro apresentam as menores médias de ofertas pluviais. Os valores mínimos de precipitação tiveram volume mensal médio de 60 mm e erosividade média de 414,8 para o mês de agosto, sendo, assim, enquadrados nas classes de baixa e média erosividade (Figura 3).

A série das precipitações máximas mensais, do município de Rurópolis, apresentou valores entre 201,0 (agosto) e 796,8 mm (dezembro) e as mínimas mensais variaram entre 8,3 (agosto) e 110,6 mm (abril). O maior valor encontrado para a precipitação máxima mensal foi de 796 mm, ocorrido no mês de dezembro de 1985, enquanto o menor valor foi de 8,3, em agosto de 1991. Na série histórica, ao avaliar a distribuição sazonal da erosividade média mensal, percebeu-se que os números mais expressivos foram entre dezembro e maio com valores entre 1.181,7 (maio) e 2.668,3 (março) $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$. Na estação seca, a erosividade foi de 414,8 (agosto) e 700,6 (novembro) $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ mês}^{-1}$ (Figura 3).

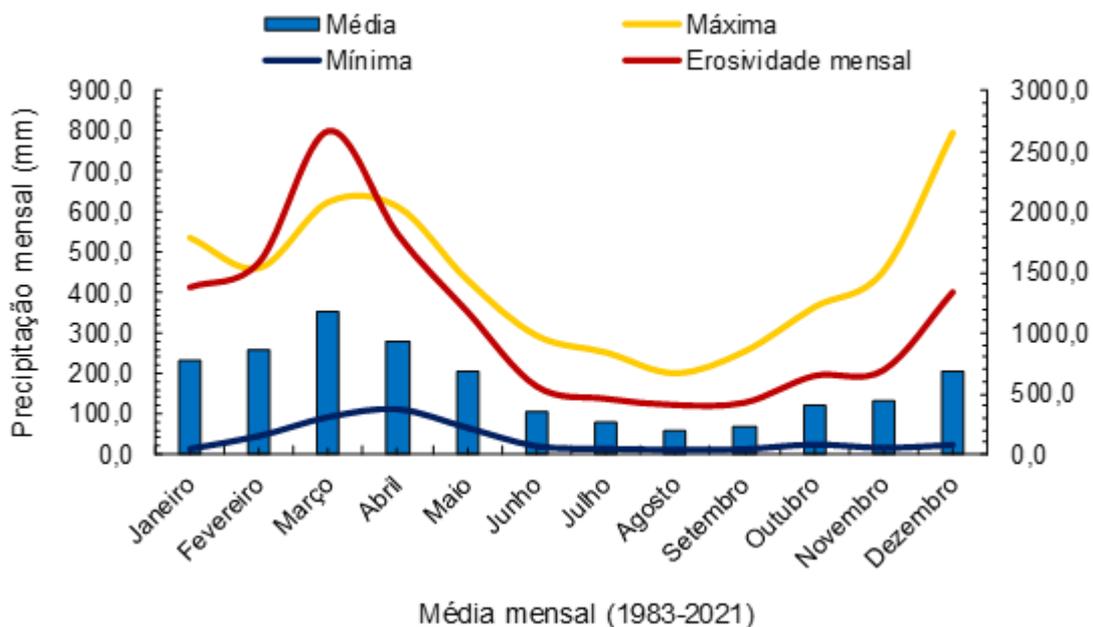


Figura 3. Precipitação média, máximas, mínimas e erosividade média mensal para o município de Rurópolis. Fonte de dados: (ANA, 2021; CEMADEN, 2021). Elaboração: Autores.

Ao observar a Figura 3, verificou-se um aumento gradativo da erosividade a partir de outubro e segue em ordem crescente até o mês de maio. De acordo com as classes de erosividade (Tabela 1), a região estudada apresenta alta erosividade com maior expressividade no período mais chuvoso. Entre dezembro e maio, verificou-se a maior concentração das chuvas anuais, com percentual de 73% do volume precipitado durante o ano, sendo o período mais propício à perda de solo pela erosão hídrica (COSTA et al., 2020).

Analisando os estudos de Silva-Neto e Aleixo (2020) na região do Médio Solimões, estado do Amazonas no período de 1992 a 2012, observou-se que o período chuvoso ocorre entre dezembro e maio e representa 63% das chuvas anuais da região. Por outro lado, no município de Castanhal, estado do Pará (1973 a 2011), foi verificado que o período mais chuvoso está entre janeiro e

junho, onde ocorre cerca de 73% do volume pluvial anual (ALBUQUERQUE et al., 2021).

As classes de erosividade estimadas na área de estudo são semelhantes as observadas em toda a Amazônia, que apresentam sérios riscos de processos erosivos em decorrência do volume pluvial observados na região, sendo o norte, a região brasileira com os valores mais expressivos de erosividade (ELTZ et al., 2013; OLIVEIRA, J., et al., 2015; TRINDADE et al., 2016).

Os resultados revelaram a necessidade de cuidados com a preparação do solo e manutenção da cobertura e boas condições das pastagens, visto que a cobertura vegetal pode contribuir nas respostas do desenvolvimento dos processos erosivos, e mitigar os impactos das chuvas no solo (OLIVEIRA, P., et al., 2011). A estimativa da erosividade permite maior planejamento agropecuário de práticas conservacionistas do solo com a identificação de épocas do ano em que é maior o risco de erosão (FLORENTIM et al., 2021).

Alem disso, 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 (PANAGOS et al., 2018). A determinação da erosividade indica a época do ano para implementação de práticas de conservação em áreas cultiváveis e orienta políticas públicas de planejamento e conservação do solo.

A erosividade é uma ferramenta importante para a prevenção de riscos de erosão em usos do solo sem o manejo conservacionista, pois a precipitação é a principal força que influencia diretamente no escoamento superficial e desagregação do solo, desencadeando o processo erosivo.



Assim, esta análise permite o planejamento correto no período de preparação, plantio agrícola e manutenção da pastagem, bem como reduz os prejuízos financeiros dos agricultores com recuperação de áreas degradadas pela erosão hídrica (OLIVEIRA, P.; WENDLAND; NEARING, et al., 2012).

Considerações Finais

Na série histórica analisada não existe um padrão cíclico na flutuação de precipitação dos anos mais chuvosos ou menos chuvosos. Portanto, não é possível fazer previsões sobre essas variações anuais.

No entanto, existe um padrão sazonal bem definido, onde o período de dezembro a maio é o com maior precipitação e potencial erosivo. Os meses de fevereiro, março e abril foram os meses que, mesmo em anos de baixa pluviosidade, apresentaram as maiores médias de precipitação e potencial erosivo. Nesse sentido, o manejo do solo deve ser realizado de forma que, impreterivelmente, o solo esteja coberto por vegetação ou serrapilheira durante esses meses.

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, às 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 representa ameaças ao meio ambiente e à sociedade, principalmente em anos de eventos climáticos extremos. Portanto, esta pesquisa fornece conhecimentos cruciais para mitigação de impactos erosivos aos solos do município de Rurópolis, inserido na borda da fronteira



agrícola onde ocorre os principais avanços das atividades antrópicas sobre o Bioma Amazônico.

Agradecimentos:

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa. Ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento Acadêmico da Universidade Federal do oeste do Pará- PROAC pelo auxílio financeiro recebido. Ao Programa Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão (PEEx) - UFOPA. À Embrapa Amazônia Oriental pelo apoio científico.

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: <https://doi.org/10.37002/biodiversidadebrasileira.v11i4.1788>.

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, C. 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000200003>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900010>.

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. DOI: <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.

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.

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. DOI: <https://doi.org/10.5039/agraria.v13i1a5509>.

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/l9985.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. DOI: <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.

CLAUDINO, W. V. et al. Dinâmica de uso e cobertura da terra em Rurópolis, Pará. Revista de Ciências Agro-Ambientais, v. 17, n. 1, p. 22-30, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5327/rcaa.v17i1.3023>.

COSTA, C. E. A. S.; SOUZA, M. M.; RAMOS, C. C.; PROGÊNIO, M. F.; ROSARIO, K. K. L.; ROCHA, G. S. Determinação do fator de erosividade da chuva para o distrito de Marudá (PA). Nature and Conservation, v.13, n.4, p.55-62, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-2881.2020.004.0007>.

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. DOI: <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. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/986147/1/DOC402.pdf>. Acesso em: 20 de julho de 2022.

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>

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 de 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>.

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 de abril de 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. Portal de mapas do IBGE. Disponível em: <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#homepage>. Acesso em 10 de maio de 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Logística dos Transportes, 2014. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/redes-geograficas/15793-logistica-dos-transportes.html?=&t=downloads>. Acesso em: 07 de agosto de 2023.

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.

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, 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, 2017. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1080857>. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; CURTI, 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0363>.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; CHAVES, R.; MELO, A. A erosividade das chuvas em Belém, PA. *Univ. Fed. Rural Amazônia. Boletim*, 22: 35-52, 1994. Disponível em: <http://repositorio.ufra.edu.br/jspui/bitstream/123456789/397/1/BOLETIM%20N%C2%BA%2022.pdf>. Acesso em: 05 de setembro de 2021.

OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de. Índice de erosividade das chuvas na região de Conceição do Araguaia, Pará. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1996. 20p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/374434/1/BoletimPesquisa165CPATU.pdf>. Acesso em: 05 de setembro de 2021.

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.; 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. DOI:10.1007/s11269-010-9739-0.

OLIVEIRA, P.T.S.; WENDLAND, E. NEARING, M.A. Rainfall erosivity in Brazil: A review. *Catena*, 100:139-147, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2012.08.006>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1002/ldr.2879>.

BAZZANO, M. G. P.; 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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000100024>.

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. Acesso em: 20 abril de 2020.

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-ISSN 2236-2878, Volume 39, 2020. DOI: 10.11606/rdg.v39i0.160233.

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. Disponível em: https://d197for5662m48.cloudfront.net/documents/publicationstatus/33998/preprint_pdf/e2e9d99ec69cb70e4f6001e76a7affab.pdf. Acesso em: 03 de setembro de 2021.

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

REGO, R. L. Unidade de vizinhança: um estudo de caso das transformações de uma ideia urbanística. urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana (Brazilian Journal of Urban Management), 2017 set./dez., 9(3), 401-413. DOI: <https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.003.AO01>.

ROCHA, S. L. C. S.; MARTORANO, L. G.; PELEJA, J. R. P.; MORAES, J. R. S. C.; SANTOS, I. A. Potencial erosivo e anomalias pluviométricas 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>.

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/1234-56781806-94790560201>.

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. 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. 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, 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. DOI: <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%20edicao%20premio%20mapbiomas/PREMIO_MAPBIOMAS_VulnerabilidadeErosao_FINAL - Margareth Simoes.pdf](http://mapbiomas-br-site.s3.amazonaws.com/3a%20edicao%20premio%20mapbiomas/PREMIO_MAPBIOMAS_VulnerabilidadeErosao_FINAL_-_Margareth_Simoes.pdf). Acesso em: 18 setembro 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>.

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. DOI: <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). Disponível em: <https://naldc.nal.usda.gov/catalog/CAT79706928>. Acesso em: 20 abr. 2020.

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. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019010000680>.