

Artigo de Pesquisa

VARIABILIDADE TEMPORAL E ESPACIAL DA EROSIVIDADE DAS CHUVAS NO ESTADO DE GOIÁS SEGUNDO TRÊS MODELOS

Variabilidade temporal e espacial da Erosividade das chuvas no estado de Goiás segundo três modelos

Diogo Silva Pena¹, Nilson Clementino Ferreira², Alisson Neves Harmyans Moreira³

¹ Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Goiânia, Brasil. E-mail: diogospena@ufg.br

 <https://orcid.org/0009-0004-1407-1149>

² Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Goiânia, Brasil. E-mail: nclferreira@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0003-3419-6438>

³ Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia, Goiânia, Brasil. E-mail: alisson.harmyans@ufg.br

 <https://orcid.org/0000-0001-5835-1581>

Recebido em 11/09/2024 e aceito em 06/04/2025

RESUMO: A Equação Universal de Perda de Solos (USLE) é amplamente utilizada para estimar a erosão do solo, sendo a erosividade da chuva (R) um dos fatores fundamentais para sua aplicação. Este estudo avaliou três métodos distintos de estimativa do índice EI30 para o estado de Goiás, propostos por Morais et al. (1991), Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) e Silva et al. (1997), utilizando dados de precipitação do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS) no período de 1985 a 2017. A variabilidade anual da erosividade foi analisada por meio de regressões lineares e testes estatísticos. Os resultados indicaram que os valores médios de EI30 para os modelos de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), Silva et al. (1997) e Morais et al. (1991) foram 6.658,82, 6.947,32 e 13.017,70 MJ mm $ha^{-1} h^{-1} ano^{-1}$, respectivamente, com variação anual de 9,3%. O modelo de Silva et al. (1997) apresentou melhor desempenho ($R^2 = 0,9997$) e maior compatibilidade com os valores médios obtidos. Conclui-se que a erosividade variou de forma estatisticamente significativa, mas com baixa magnitude, e que a média dos três modelos representa adequadamente a variabilidade espacial e temporal da erosividade no estado de Goiás.

Palavras-chave: erosão, conservação do solo, frequência de precipitação.

ABSTRACT: The Universal Soil Loss Equation (USLE) is widely used to estimate soil erosion, with rainfall erosivity (R) being a key factor. This study evaluated three different methods for estimating the EI30 index in the state of Goiás, proposed by Morais et al. (1991), Lombardi Neto and Moldenhauer (1992), and Silva et al. (1997), using precipitation data from the Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS) from 1985 to 2017. The annual variability of erosivity was analyzed through linear regressions and statistical tests. Results showed that the average EI30 values for the models of Lombardi Neto and Moldenhauer (1992), Silva et al. (1997), and Morais et al. (1991) were 6,658.82, 6,947.32, and 13,017.70 MJ mm $ha^{-1} h^{-1} year^{-1}$, respectively, with an annual variation of 9.3%. The model by Silva et al. (1997) performed best ($R^2 = 0.9997$) and was more compatible with the observed mean values. It was concluded that erosivity varied significantly over time, though with

low magnitude, and that the average of the three models adequately represents the spatial and temporal variability of rainfall erosivity in Goiás.

Keywords: erosion, soil conservation, frequency of precipitation

INTRODUÇÃO

Estudos que visam conhecer o potencial erosivo das chuvas em uma determinada região são fundamentais tanto para o planejamento agrícola quanto ambiental, ao permitirem a gestão do uso do solo mais adequada. A erosividade destas chuvas tem relação direta com as taxas de erosão, o que possibilitam uma estimativa de perda de solos por meio da utilização de equações ajustadas que consigam modelar as dinâmicas do processo erosivo (TEIXEIRA et al., 2022).

A Equação Universal de Perda de Solo (USLE) é um modelo empírico amplamente utilizado que agrupa variáveis edafoclimáticas e de manejo do solo para estimar a erosão do solo (em toneladas por hectare por ano), ou para estimar os valores que influenciam no processo erosivo e que compõem a equação. Os fatores são: a erodibilidade (K) do solo (em $Mg\ h\ MJ^{-1}\ mm^{-1}$), o fator topográfico (L) (adimensional) e o fator cobertura e uso do solo (CP) (também adimensional). Uma outra variável deste modelo é a erosividade (R) da chuva (em $MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$), que se baseia nas características das chuvas e que expressa a energia cinética de uma gota de chuva, calculada em função do seu tamanho, de sua intensidade e de sua velocidade (TRINDADE et al., 2016; PANDEY et al., 2021; TEIXEIRA et al., 2022).

O índice EI30 representa um dos principais métodos de estimativa da erosividade da chuva (SILVA, 2004; OLIVEIRA; WENDLAND; NEARING, 2012; TRINDADE et al., 2016; BACK, 2018), sendo definido por Wischmeier e Smith (1978) como sendo a interação entre energia cinética total (E) e intensidade máxima da chuva em 30 minutos (I30). Originalmente este método requer dados pluviográficos de longos períodos de observações, que tanto no Brasil quanto no estado de Goiás são escassos. Além disso, o processamento de dados desta natureza é uma atividade laboriosa que consome uma grande quantidade de tempo (SILVA, 2004). Wagner e Massambani (1988) propuseram o primeiro cálculo da erosividade a partir das taxas de precipitação utilizando-se o índice de Fournier, também conhecido por Coeficiente de Chuva (RC), e concluíram que os valores obtidos pela equação utilizando dados de volume de precipitação não diferiram significativamente dos dados obtidos pela equação de Wischmeier e Smith (1958) (SILVA, 2004).

Desde então vários estudos acharam altas correlações de EI30 entre as equações provenientes do índice de Fournier e os valores de erosividade provenientes de registros pluviográficos (CECÍLIO et al., 2022; DOS SANTOS et al., 2022; TEIXEIRA et al., 2023). Contudo, a aplicação destas diferentes equações desenvolvidas para regiões específicas, quando aplicadas a outras localidades que não aquelas para as quais foram ajustadas, podem gerar resultados que não representam necessariamente a realidade do potencial erosivo da chuva da região, levando a equívocos de interpretação e de estimativa final de perdas de solo.

Outra situação que pode apresentar um entrave na estimativa do EI30 diz respeito ao uso de uma base de dados que conte cole uma série histórica de, no mínimo, 20 anos com registros de precipitação (LOMBARDI NETO e MOLDENHAUER, 1992) e que tenha abrangência geográfica representativa das diversas localidades no estado de Goiás, o que de fato não ocorre no estado. Ainda assim os escassos registros de precipitação existentes, de acordo com Nascimento (2016), representam uma generalização dos valores ao serem aplicados para regiões mais distantes destas estações por meio dos procedimentos de interpolação espacial, pois valores registrados pontualmente são válidos somente enquanto persistirem as mesmas condições fisiográficas daquele local.

Uma alternativa ao uso de dados convencionais oriundos de estações meteorológicas é o uso de dados provenientes de sensores remotos, como os do Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station Data (CHIRPS), que integram os registros de estações meteorológicas com imagens de satélite (FUNK et al., 2015) e disponibilizam uma série histórica mensal de mais de 30 anos com registros de precipitação. Os dados podem ser acessados diretamente pelo site <https://www.chc.ucsb.edu/data/chirps>.

Analizando a correlação entre os valores e padrões de precipitação registrados por quatro sensores remotos e 112 estações pluviométricas de solo em uma região montanhosa tropical, Sobreiro et al. (2017) encontraram boa correspondência entre todos os métodos, mas os dados CHIRPS apresentaram maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,98$), além da vantagem deste produto ser atualizado constantemente. Castelhano et al. (2017) também observaram altos valores de coeficientes de determinação entre dados CHIRPS e dados das estações pluviométricas de Curitiba, tanto em escala mensal ($R^2 = 0,86$) quanto anual ($R^2 = 0,85$) para um período de registro de 1998 a 2014.

Uma outra questão a ser levantada diz respeito à homogeneidade dos padrões de chuva ao longo dos anos, pois eventos climáticos extremos estão cada vez mais frequentes em várias partes do mundo, a exemplo da ocorrência do El Niño (DIAS, 2014), levando à crença de que há uma alteração no regime climático e na distribuição das chuvas ao longo dos meses e consequentemente dos anos. Caso se observe esta situação, espera-se que os valores de erosividade da chuva se alterem ao longo dos anos, apresentando um padrão heterogêneo com diferenças significativas nos coeficientes de variação.

Tanto Cecílio et al. (2021) quanto Dos Santos (2022) já se propuseram a estudar as características de regimes pluviométricos que determinam diferentes padrões de sazonalidade em diversas regiões do Brasil, principalmente no centro-oeste brasileiro, região savânica, onde está inserido o estado de Goiás. A exemplo de Specian e Vecchia (2014), que ao analisarem os padrões de chuva para duas localidades no estado de Goiás, segundo classificação proposta por Soriano e Galdino (2002), encontraram diferenças significativas nas frequências das chuvas em dois postos meteorológicos distantes aproximadamente 100 km entre si.

Assim, o objetivo deste trabalho é testar e avaliar três modelos de estimativa da erosividade das chuvas no estado de Goiás, determinar qual modelo apresenta

melhor desempenho e se mudanças nos valores anuais de precipitação ao longo de 33 anos condicionam diferenças significativas nos valores de erosividade.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo foi desenvolvido para o estado de Goiás, localizado na região Centro-Oeste do Brasil, e que apresenta predomínio de pastagens e áreas cultivadas com culturas anuais. O clima da região é tropical semiúmido, caracterizado por duas estações, uma chuvosa (outubro a abril) e outra seca (maio a setembro), com temperaturas médias que variam entre 18 a 32 °C. Não apresenta altitudes elevadas, sendo as maiores encontradas na Chapada dos Veadeiros, no nordeste do Estado, com altitude máxima de 1.674 m, mínima de 199 m e média de 636 m (ALVARES et al., 2013).

Os eventos de precipitação ocorridos entre 1985 a 2017 foram obtidos da plataforma CHIRPS. As equações escolhidas para estimar a erosividade foram levantadas por meio de revisões, selecionando-se a maior quantidade de trabalhos que utilizaram diferentes equações para estimar o índice EI30 em localidades dentro ou próxima do estado. Assim, foram escolhidas as equações propostas por Morais et al. (1991) (Eq. 1), Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (Eq. 2) e Silva et al. (1997) (Eq. 3), todas baseadas no índice de Fournier (Eq.4).

$$EI_{30} = 36,849 x (RC)^{1,0852} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$EI_{30} = 67,355 x (RC)^{0,85} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$EI_{30} = 215,33 + 30,23 x (RC) \quad (\text{Eq. 3})$$

$$RC = \frac{M_x^2}{P} \quad (\text{Eq. 4})$$

A partir de cada equação-base, foram ajustadas equações de regressões lineares simples entre cada modelo e o coeficiente de chuva (RC) mensal ou índice de Fournier, que posteriormente foram somados resultando na erosividade anual, indicando o índice EI30. Para isso, primeiramente calculou-se a erosividade anual com base no RC mensal, obtendo-se o RCtotal, descrito na equação abaixo (Eq. 5), semelhante a equação descrita anteriormente, com a diferença que o RCtotal representa o valor acumulado de um ano.

$$RC_{total} = \left(\sum \frac{M_x^2}{P} \right) \quad (\text{Eq. 5})$$

Os dados obtidos foram testados quanto a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk (1965). Desta maneira foi possível obter o quadro de Análise de Variância para a regressão gerada, indicando o grau de relação e significância de cada modelo ao índice de Fournier. Além disso, o teste de comparação de médias Scott e Knott (1974) indicou quais municípios possuem similaridade de valores médios de EI30 entre si.

Partindo dos valores obtidos pelos três modelos avaliados, gerou-se a média entre estes três valores, resultando em um quarto valor de EI30 para os municípios do estado de Goiás.

Para avaliação da similaridade entre os modelos, foram ajustadas equações de regressão linear simples aos dados de EI30, precipitação e coeficiente de chuva (EC). O teste de correlação r de Pearson foi usado para verificar a existência de correlação entre EI30 e precipitação, e EI30 e RC, e calculado o coeficiente de determinação R^2 , que indica quanto das variáveis independentes em questão foi determinante na estimativa da erosividade. Para avaliar a similaridade entre os modelos também foram determinados os coeficientes de determinação entre as três equações propostas. Os valores dos coeficientes de variação foram classificados de acordo com Pimentel-Gomes (1985) e os de erosividade de acordo com os critérios propostos por Carvalho (1994) e modificados por Foster et al. (1981), conforme a Tabela 1.

Tabela 1. Classes de interpretação do coeficiente de variação e da erosividade.

Coeficiente de variação ¹	Classificação da variação
C.V. \leq 0,10	Baixa
0,10 < C.V. \leq 0,2	Média
0,20 < C.V. \leq 0,3	Alta
C.V. > 0,3	Muito alta
Erosividade ² (R) (MJ mm ha ⁻¹ h ⁻¹ ano ⁻¹)	Classe de erosividade
R \leq 2.452	Baixa
2.452 < R \leq 4.905	Média
4.905 < R \leq 7.357	Média a forte
7.357 < R \leq 9.810	Forte
R > 9.810	Muito forte

Fontes: 1. Pimentel-Gomes (1985), 2. Carvalho (1994) modificado para o sistema métrico de acordo com Foster et al. (1981).

Todo o procedimento de preparação dos dados envolvendo a análise de consistência das imagens que contêm as precipitações, preenchimento de falhas, definição do sistema de coordenadas, organização em camadas, recortes, extração e geração do banco de dados foi feito em ambiente SIG pelo programa ArcGIS®.

A caracterização da frequência diária e mensal das chuvas foi realizado por meio da classificação proposta por Soriano e Galdino (2002), que agrupa a quantidade de chuva em intervalos iguais, variando-se 5 mm, iniciando-se em 0,1 mm até chuvas maiores de 30 mm. Os intervalos completos são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Intervalos e intensidades de precipitação (P).

Intervalo de precipitação (mm)	Intensidade da precipitação
0,1 < P ≤ 5,0	muito fraca
5,0 < P ≤ 10,0	fraca
10,0 < P ≤ 15,0	moderadamente fraca
15,0 < P ≤ 20,0	moderada
20,0 < P ≤ 25,0	moderadamente forte
25,0 < P ≤ 30,0	forte
P > 30,0	muito forte

Fonte: Soriano e Galdino (2002).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Caracterização da precipitação pluvial no estado de Goiás entre os anos de 1985 e 2017

A distribuição anual da chuva pode ser observada na Figura 1, que contém os desvios padrões e as médias observados para cada ano. A média histórica anual do período registrada é de 1.500,34 mm, com desvio padrão médio de 144,55 mm, que representa uma variabilidade de 9,63% da média.

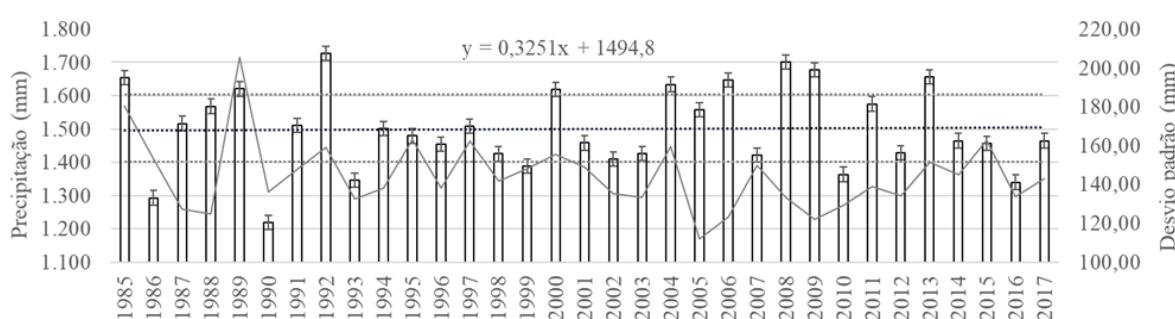


Figura 1. Distribuição da precipitação média anual para o estado de Goiás, no período de 1985 e 2017. Linhas pontilhadas superiores e inferiores indicam respectivamente a maior e menor média, a linha pontilhada mediana indica a média histórica do período e a linha continua representa o desvio padrão médio.

O ano em que foi registrada a maior quantidade de chuva foi em 1992, com valor total de 1.726,77 mm, seguido por 2008 com valor total de 1.700,91 mm. Os menores índices totais foram registrados em 1990, com apenas 1.218,56 mm,

seguido por 1986 com 1.292,68 mm. A respeito da variação da precipitação dentro de um mesmo ano, 1989 apresentou maior coeficiente de variação, com valor de 0,127 seguido por 1986 com 0,119, sendo as duas variações classificadas como médias, e as menores variabilidades de chuva foram encontradas no ano de 2005, com 0,072 e 2009 com 0,073. Esses valores são corroborados por vários outros autores que analisaram a distribuição temporal das chuvas em regiões distintas do cerrado (GALDINO, 2015; CASAROLI et al., 2018; FERREIRA; DANTAS; LIMA, 2018).

Nota-se um padrão na variação dos valores de médios anuais de precipitação; em 17 anos foram registrados valores abaixo da média, da ordem de 7% menores que a média histórica do período ($\bar{x} = 1.402,20$ mm), sendo que nos outros 16 anos, onde a precipitação média registrada foi superior à média histórica do período, a variação foi de 6,5% ($\bar{x} = 1.604,62$ mm) superior a esta média histórica.

Assim como observado por outros autores (CASAROLI et al., 2018; NASCIMENTO et al., 2019) e conforme mostrado na Figura 2, os dados indicam que no estado, durante os meses de abril a setembro, entre o quinquídio 25 e 56, a média da precipitação por quinquídio foi de 2,74 mm, e entre o quinquídio 57 e 24 é registrada uma média de 32,50 mm. Aproximadamente 53% da precipitação anual, o que corresponde a 789,31 mm, ocorre entre o 1º e o 25º quinquídio do ano.

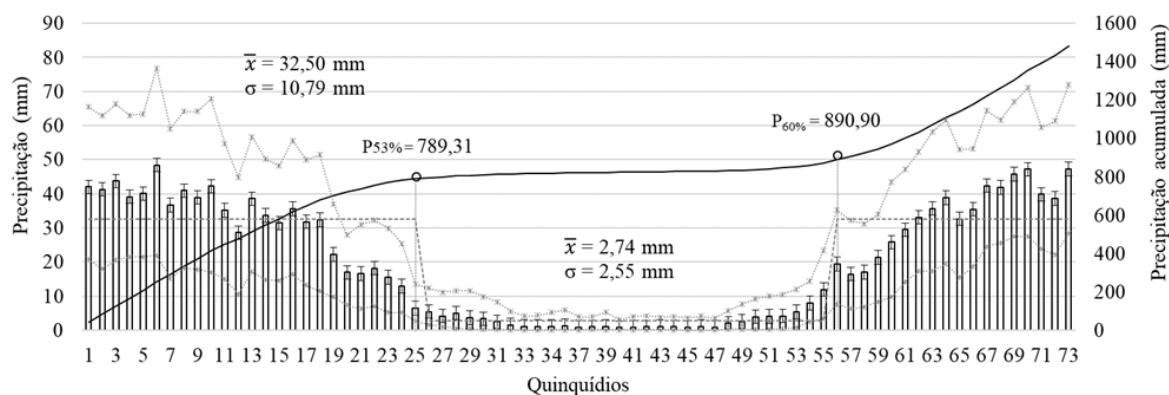


Figura 2. Distribuição da precipitação anual por quinquídios para o estado de Goiás, no período de 1985 e 2017. Linhas superiores e inferiores com marcadores indicam, respectivamente, os valores máximos e a mínimos registrados em cada quinquídio; a linha mediana pontilhada indica a precipitação média nas duas estações chuvosas e secas, e a linha contínua indica a precipitação acumulada.

A Tabela 3 apresentam a média mensal da precipitação entre os anos de 1985 e 2017 para o estado de Goiás, os valores de desvio padrão para cada mês e respectivos coeficientes de variação. É possível notar que os maiores valores precipitados coincidem com parte da estação de primavera até o final do verão, que vai de meados de outubro à abril, e que as menores precipitações são registradas em partes do outono e no inverno, entre maio e setembro. Outros estudos indicam

para o estado essa variação entre períodos secos e chuvosos bem definidos, com precipitação média anual de 1.600mm e o clima predominante classificado como Aw (Tropical úmido), segundo Köppen-Geiger (Alvarez et al., 2013; Novais, 2020).

Tabela 3. Valores médios mensais (mm), desvio padrão (DP, mm) e coeficiente de variação (CV, %) da precipitação dos anos de 1985 a 2017.

Parâmetro	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Média	268,18	208,55	208,43	97,77	26,95	8,51	7,25	9,39	40,09	134,42	217,16	273,62
D.P.	64,97	46,91	42,69	37,15	8,54	3,02	1,08	3,41	14,24	36,03	32,33	42,47
C.V.	0,24	0,22	0,20	0,38	0,32	0,35	0,15	0,36	0,36	0,27	0,15	0,16
Variação*	a	a	m	ma	ma	ma	m	ma	ma	a	m	m

*Variação: a =alta, m = média, ma = muito alta, conforme critérios descritos na Tabela 2.

Fonte: Autores (2024).

De acordo com Pimentel-Gomes (1985), os meses de abril, maio, junho, agosto e setembro apresentaram uma variação muito alta, com coeficientes de variação superiores a 0,3 (C.V > 0,3). Já os meses de janeiro, fevereiro e outubro foram classificados como de variação alta (0,2 < C.V ≤ 0,3), enquanto julho, novembro e dezembro apresentaram valores de variação média (0,1 < C.V ≤ 0,2). Segundo Ferreira et al. (2018) essa menor constância nas leituras durante os meses mais secos é responsável pelo aumento do C.V. nestes meses, uma vez que diferenças mínimas entre valores máximos e mínimos de precipitação detectados pelo sensor produzem altos valores de coeficiente de variação, valendo destacar que estimativas por satélites tendem a superestimar a precipitação principalmente em épocas mais secas (FARIAS et al., 2013).

Distribuição da frequência mensal das chuvas no estado de Goiás

É possível perceber na Tabela 4 que na média do estado de Goiás, chuvas consideradas muito fracas, quando o valor precipitado é inferior a 5 mm, ocorreram em 66,93% dos 12.053 dias analisados, e por outro lado, chuvas consideradas muito forte, quando o volume precipitado é maior que 30 mm, na média, não ocorreram neste período, segundo análise dos dados provenientes do CHIRPS. Chuvas classificadas como fracas ocorreram em 20,10% dos dias analisados, seguido por chuvas moderadamente fracas (9,13%), moderadas (2,83%), moderadamente forte (0,83%), e forte (0,18%).

Os dados apontam que os maiores volumes precipitados, classificados em moderadamente forte e forte, ocorrem nos dois primeiros e nos dois últimos meses do ano, com destaque para a média dos volumes de chuva registrados nos meses de janeiro e fevereiro, que assim como observado por Specian e Vecchia (2014), ao analisarem o padrão das chuvas em duas localidades do estado de Goiás por meio

dos dados de precipitação da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA), observaram também que a ocorrência das chuvas é maior nestes dois primeiros meses do ano. Registros semelhantes a esses também foram identificados em outros estudos para outras regiões do país (BARRETO et al., 2012; ELI et al., 2013).

Tabela 4. Classificação dos dados de chuva de acordo com a intensidade em cada mês do ano.

Mês	Dias estudados	Muito fraca (%) (0,1 – 5)	Fraca (%) (5 – 10)	Moderadamente fraca (%) (10 – 15)	Moderada (%) (15 – 20)	Moderadamente forte (%) (20 – 25)	Forte (%) (25 – 30)	Muito forte (%) (> 30)
Jan	1023	28,15	37,83	23,17	7,43	2,93	0,49	0,00
Fev	932	35,09	38,73	18,99	5,26	1,61	0,32	0,00
Mar	1023	37,05	43,40	15,54	3,32	0,59	0,10	0,00
Abr	990	76,87	19,70	2,93	0,40	0,10	0,00	0,00
Mai	1023	98,63	1,27	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00
Jun	990	99,90	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Jul	1023	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ago	1023	99,71	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Set	990	95,56	3,84	0,51	0,10	0,00	0,00	0,00
Out	1023	67,55	21,31	7,82	2,64	0,59	0,10	0,00
Nov	990	37,68	36,46	18,08	5,76	1,31	0,71	0,00
Dez	1023	25,51	39,30	22,78	9,09	2,83	0,49	0,00
Total	12053	66,93	20,10	9,13	2,83	0,83	0,18	0,00

Fonte: Autores (2024).

Conforme mostrado na Figura 4, em média, do total dos 12.053 dias estudados, 8.067 possuem média de precipitação inferior a 5 mm/dia, 2.423 dias possuem média entre 5 e 10 mm/dia, 1.100 dias registram precipitação média entre 10 e 15 mm/dia, 341 dias média entre 15 e 20 mm/dia, 100 dias com média entre 20 e 25 mm/dia, 22 dias com média entre 25 e 30 mm/dia, e nenhum dia com média acima de 30 mm.

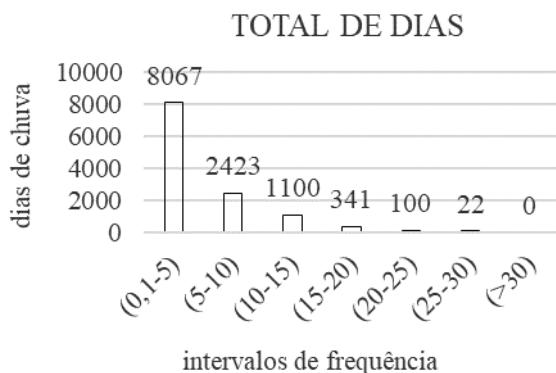
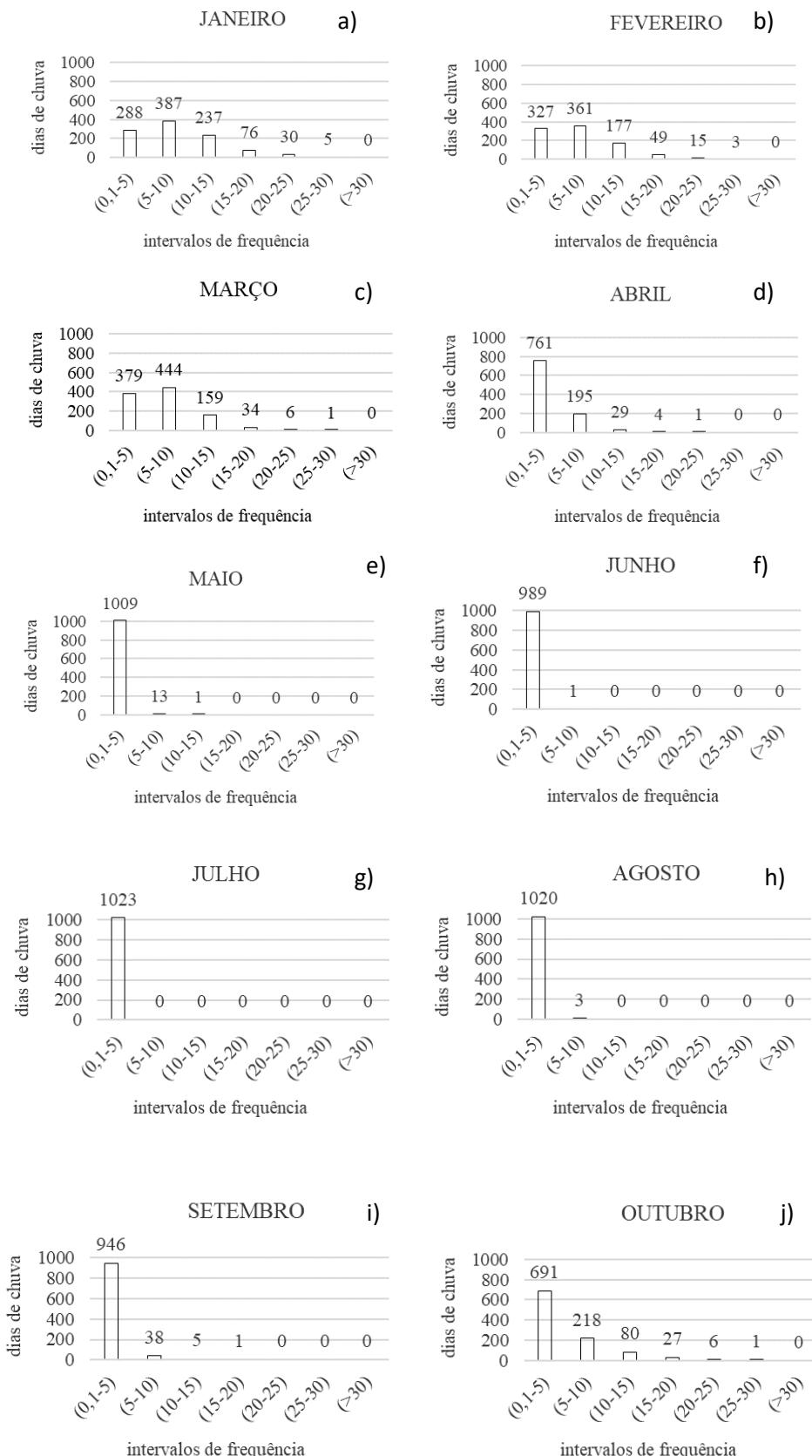


Figura 4. Média da frequência de precipitação para os 12.053 dias estudados.

Na Figura 5 (a, b, c), é apresentada as análises dos três primeiros meses do ano permite inferir que o máximo da precipitação no estado ocorre entre os meses de janeiro à março, quando são registradas a maior parte de chuvas diárias com médias de até 25 mm/dia, classificadas como moderadamente forte. Nos três próximos meses, abril, maio e junho (d, e, f), os eventos de precipitação tendem a cessarem, e com exceção do mês de abril quando chuvas diárias médias e moderadas de até 20 mm são registradas, nos meses de maio e junho são registradas apenas precipitações de baixíssimas intensidades com a até 5 mm/dia, consideradas muito fracas. Estes dois últimos meses marcam o início da estação de seca no estado de Goiás, conforme descrito também por Casaroli et al. (2018) ao analisarem os padrões de chuva e de evapotranspiração em Goiânia, Goiás.

Posteriormente nos meses que seguem, julho, agosto e setembro (g, h, i), observa-se uma condição de seca, com eventos de baixíssimas precipitações pluviométricas, quando em praticamente todos os dias destes três meses e em quase que na totalidade dos municípios goianos, são registradas chuvas médias diárias muito fracas, de até 5 mm/dia, embora quando analisamos individualmente diversas localidades do estado, em grande parte dos municípios goianos são registrados 0 mm de chuva nestes meses. Fato semelhante é registrado por Specian et al. (2014) em Iporá e Montividiu, e por Casaroli et al. (2018) em Goiânia, municípios do estado de Goiás.

Os três últimos meses do ano, outubro, novembro e dezembro (j, k, l) marcam o retorno da estação das chuvas no estado de Goiás e consequentemente o aumento da intensidade delas, quando são registradas chuvas médias diárias fortes, de até 30 mm/dia. Os gráficos (Figura 5) demonstram que nos dois meses mais chuvosos deste período, novembro e dezembro, a maior parte das chuvas diárias ocorrem com volume entre 5 e 10 mm/dia, consideradas chuvas fracas.



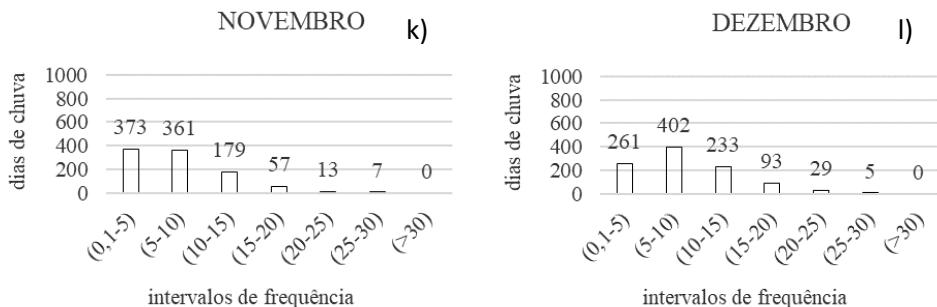


Figura 5 (a-l). Média da distribuição da frequência dos intervalos de chuvas para todos os meses do ano no período entre 1985 a 2017.

Variação temporal e espacial da Erosividade

A variação temporal dos valores de R estimados pelas equações é mostrada na Figura 6. Nota-se que a equação de Morais et al. (1991) apresentou uma tendência de superestimar os valores de R quando comparados aos outros dois modelos, tendo como média de erosividade $13.017,70 \text{ MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, classificada como muito forte. Seu coeficiente de variação médio também foi o maior dentre os três modelos, com 10,20% de variação (variação média), enquanto o modelo proposto por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) apresentou o menor C.V., com 8,0% de variação seguido pelo modelo de Silva et al. (1997) com C.V. igual a 9,1%, ambos classificados como de baixa variação.

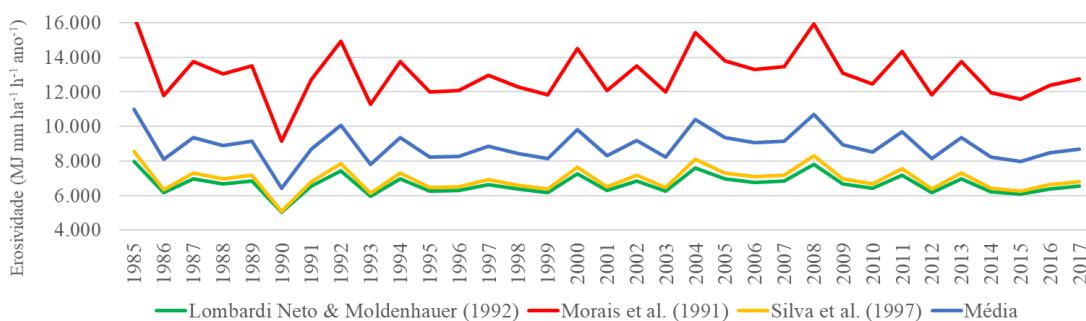


Figura 6. Variação anual ($\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ ano}^{-1}$) de erosividade de acordo com os três modelos e a média.

O teste de comparação das médias feito pelo método de Scott e Knott e apresentado na Tabela 5 mostrou que houve diferenças significativas de valores tanto do coeficiente de chuva (RCt) quanto de erosividade entre os anos analisadas, para todos os métodos de estimativa da erosividade utilizados. Também foram

detectadas variações altas quando realizada uma análise detalhada envolvendo todos os meses entre 1985 e 2017, na Figura 7 observa-se a comparação dos valores médios entre as equações

Tabela 5. Coeficiente de chuva acumulado (RCt, mm), erosividade anual estimada por três métodos e erosividade calculada pela média dos valores estimados pelos três modelos, sendo essas comparadas pelo Teste Scott e Knott de comparação de médias dos valores de erosividade anual, segundo três métodos de estimativa e da média entre os métodos.

Ano	RCt	Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)	Morais et al. (1991)	Silva et al. (1997)	Média	Scott e Knott *
1985	275,78	7.987,37	16.415,47	8.552,26	10.985,03	a
2008	268,13	7.802,80	15.915,87	8.321,01	10.679,89	b
2004	260,83	7.617,88	15.451,35	8.100,13	10.389,79	c
1992	252,66	7.416,94	14.923,95	7.853,33	10.064,74	d
2000	246,16	7.256,28	14.505,30	7.656,89	9.806,16	e
2011	243,43	7.187,54	14.330,45	7.574,13	9.697,38	e
2005	235,17	6.981,13	13.802,07	7.324,61	9.369,27	f
1994	234,63	6.965,57	13.769,80	7.308,09	9.347,82	f
2013	234,57	6.964,09	13.766,43	7.306,42	9.345,65	f
1987	234,49	6.963,02	13.760,11	7.304,05	9.342,39	f
2002	230,26	6.855,48	13.491,47	7.176,07	9.174,34	g
1989	230,10	6.848,17	13.486,17	7.171,28	9.168,54	g
2007	229,92	6.845,96	13.471,17	7.165,79	9.160,97	g
2006	227,07	6.776,11	13.287,00	7.079,71	9.047,61	g
2009	223,93	6.696,92	13.087,26	6.984,88	8.923,02	h
1988	223,40	6.683,28	13.053,78	6.968,83	8.901,97	h
1997	221,77	6.638,41	12.954,83	6.919,41	8.837,55	h
2017	218,33	6.553,17	12.733,18	6.815,32	8.700,55	i
1991	217,65	6.535,44	12.690,97	6.794,85	8.673,75	i
2010	213,95	6.440,23	12.458,51	6.683,18	8.527,31	j
2016	212,35	6.399,18	12.357,19	6.634,70	8.463,69	j
1998	211,50	6.378,85	12.301,82	6.609,11	8.429,93	j
2001	208,04	6.289,07	12.084,34	6.504,33	8.292,58	k
1996	207,84	6.284,80	12.071,18	6.498,48	8.284,82	k
1995	206,67	6.251,95	12.000,78	6.462,95	8.238,56	k
2003	206,59	6.250,72	11.994,98	6.460,65	8.235,45	k
2014	205,85	6.233,09	11.946,44	6.438,30	8.205,94	k
1999	204,02	6.185,05	11.832,05	6.382,83	8.133,31	l
2012	203,76	6.177,69	11.817,00	6.375,10	8.123,26	l
1986	203,25	6.164,65	11.784,78	6.359,70	8.103,04	l
2015	200,19	6.086,09	11.591,67	6.267,16	7.981,64	m

1993	195,42	5.963,93	11.290,59	6.123,00	7.792,51	n
1990	161,09	5.060,14	9.156,10	5.085,20	6.433,81	o

*Teste aplicado aos valores médios de erosividade calculados por três métodos. Valores seguidos da mesma letra não possuem diferença significativa entre si. Teste referente à média dos valores dos três modelos analisados.

Fonte: Autores (2024).

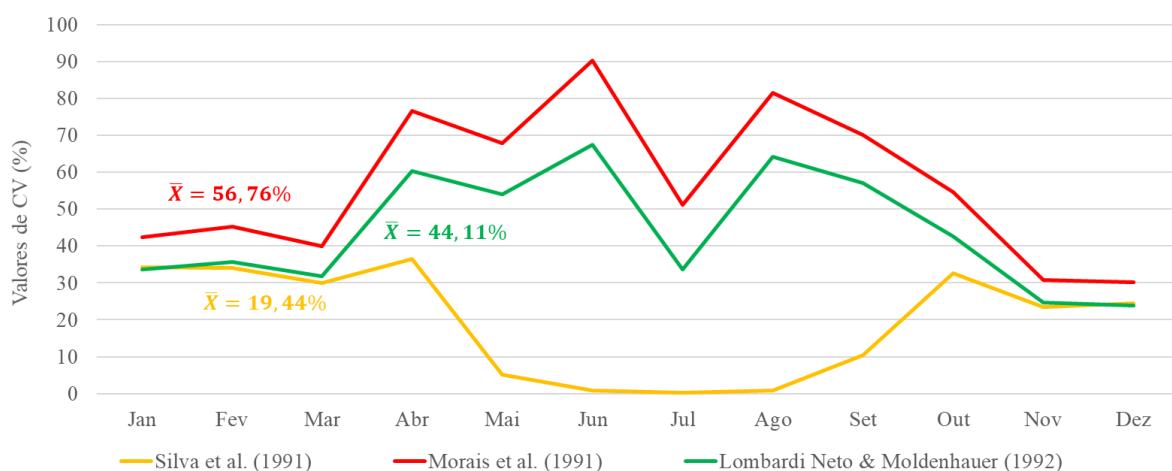


Figura 7. Valores médios dos coeficientes de variação (CV, %) das chuvas mensais por três modelos de estimativa da erosividade.

A Tabela 6 apresenta os valores médios mensais de erosividade da chuva para o estado de Goiás nos anos analisados. Nota-se que o modelo de Morais et al. (1991) tende a superestimar os valores totais de erosividade, embora ocorram menores valores entre os meses de Maio a Setembro, gerando uma grande amplitude de valores entre Janeiro e Dezembro o que causa maior variabilidade dos dados, com C.V. médio mensal de 0,57 (Figura 7). O modelo de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) apresenta tendência a subestimar os valores totais, e à semelhança do que ocorre com o de Morais et al. (1991), foram registrados valores baixos entre Maio e Setembro, que são maiores que os do modelo anterior, mas que apresenta valores de R menores entre os meses de Outubro e Abril, caracterizando menor variabilidade dos dados, da ordem de 0,44 (Figura 7). Possivelmente essa menor variabilidade também está associada à estiagem que ocorre no período entre maio a setembro, com poucos ou nenhum evento de chuva, sendo essas regiões geralmente pouco erosivas.

O modelo de Silva et al. (1997) demonstrou maior constância de valores ao longo dos meses por que apresentou baixo C.V. médio mensal, de 0,2 (Figura 7) e tendência de superestimar os valores de R para os meses com menor precipitação (Maio a Setembro), indicando possível sensibilidade do modelo para detectar chuvas com potencial erosivo.

Tabela 6. Valores médios mensais da erosividade ($MJ\ mm\ ha^{-1}\ h^{-1}\ ano^{-1}$) (entre 1985 e 2017) para o estado de Goiás.

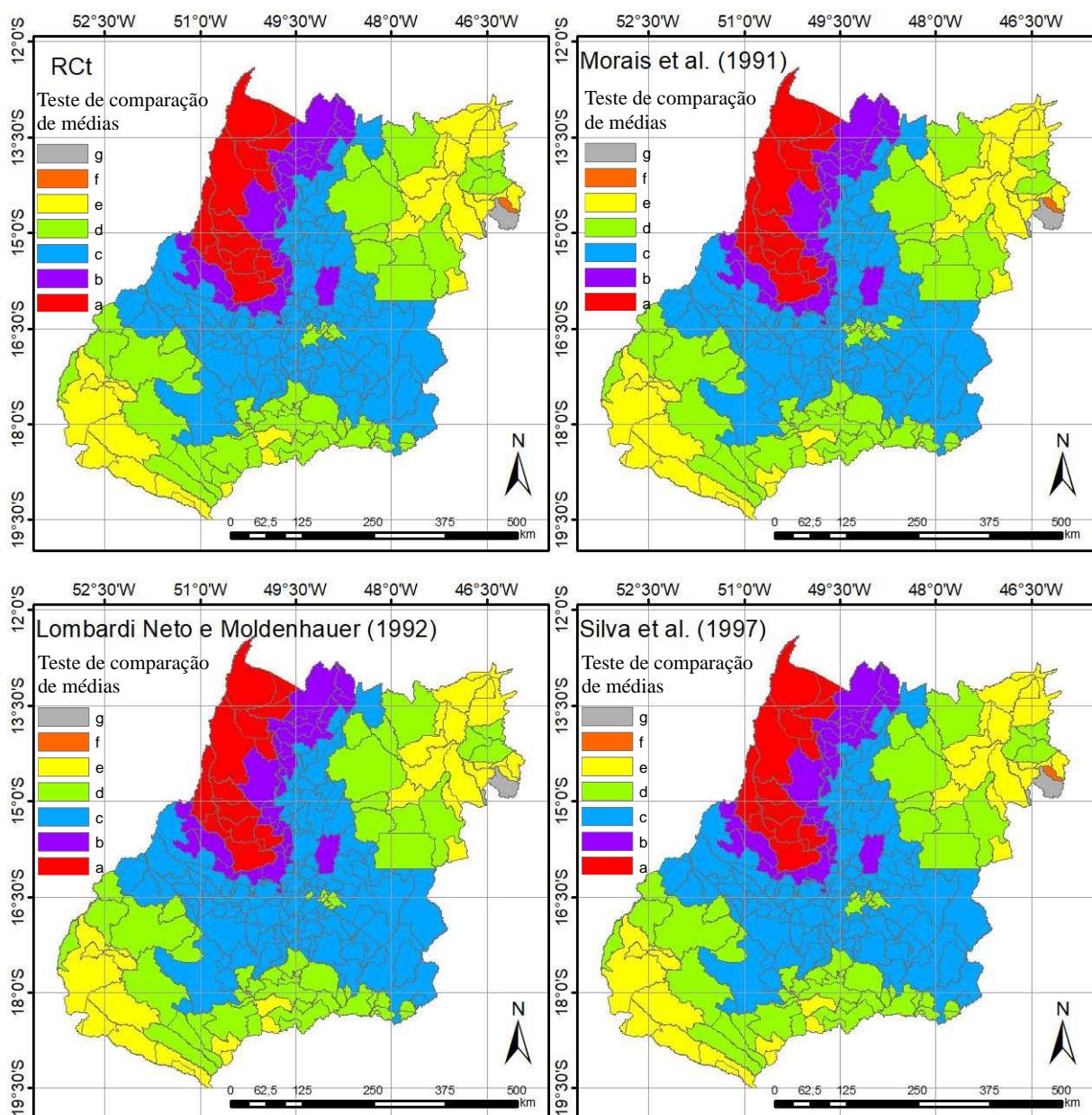
Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Maio	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Morais et al. (1991)											
2.655,45	1.558,82	1.541,10	343,78	23,90	2,50	1,33	2,77	52,29	622,17	1.653,35	2.691,34
Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)											
1.868,21	1.228,83	1.221,51	360,48	43,22	6,75	4,50	7,68	81,74	591,96	1.301,88	1.912,08
Silva et al. (1997)											
1.754,27	1.156,68	1.147,97	445,02	234,75	217,66	216,69	217,95	255,70	617,27	1.214,04	1.781,77

Fonte: Autores (2024).

Esses dados permitem inferir que altos valores de precipitação não geram, necessariamente, altos valores de erosividade, fato que além de depender intrinsecamente do modelo adotado também depende das características fisiográficas do local e consequentemente do tipo de chuva predominante na região. Mesma observação foi apresentada por Oliveira, Wendland e Nearing. (2012).

Segundo Evangelista et al. (2017), 69% do estado de Goiás apresenta chuva com padrão avançado, que se caracteriza por ter maior intensidade no terço inicial do tempo total de duração da chuva, maior intensidade média e maior valor de precipitação máxima absoluta. De acordo com Santos et al. (2010), esse padrão de chuva interfere no processo de erosão hídrica por aumentar a erosividade da chuva.

A Figura 8 apresenta em quais municípios goianos os valores de RCt e erosividade não apresentaram diferença estatística entre si. Apenas diferenças sutis entre os modelos estudados foram observadas, principalmente na região centro do estado. Ao todo pode-se agrupar as médias dos modelos em 7 classes diferentes, e as amplitudes de cada classe é mostrado na Tabela 7.



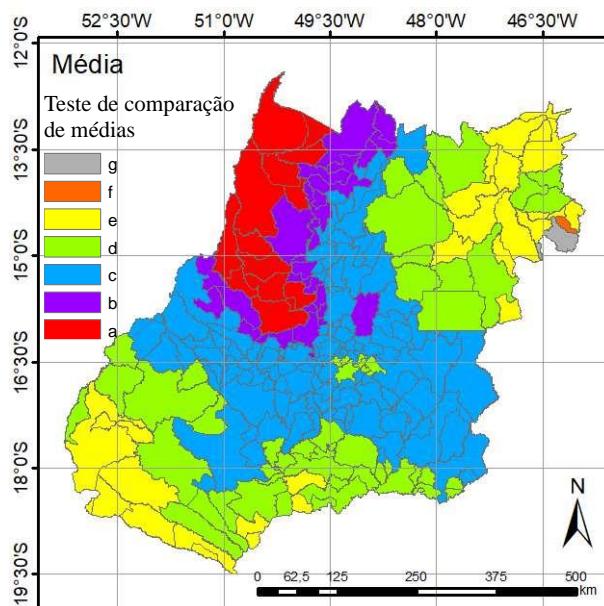


Figura 8. Mapeamento dos valores de RCt e erosividade segundo teste de comparação de médias. Agrupamento de cores representam localidades onde não houve diferenças significativas entre os valores médios de RCt e erosividade.

Tabela 7. Amplitude dos valores registrados em diferentes localidades do estado segundo teste de comparação de médias Scott e Knott.

média/letra	RCt	Morais et al. (1991)	Lombardi Neto e Moldenhauer (1992)	Silva et al. (1997)	Média
a	261,5 – 246,6	15.492,0 – 14.538,5	7.636,9 – 7.264,9	8.120,7 – 7.670,7	10.416,5 – 9.824,7
b	245,1 – 235,4	14.443,6 – 13.824,8	7.230,5 – 6.985,9	7.627,0 – 7.333,5	9.767,1 – 9.381,4
c	234,3 – 219,1	13.760,6 – 12.806,6	6.954,2 – 6.565,9	7.300,3 – 6.838,8	9.338,4 – 8.731,7
d	218,8 – 205,4	12.794,1 – 11.984,8	6.558,7 – 6.219,5	6.831,7 – 6.427,2	8.722,3 – 8.192,0
e	204,4 – 187,2	11.937,74 – 10.781,09	6.197,17 – 5.750,9	6.399,95 – 5.876,4	8.154,8 – 7.469,5
f	178,0	10.210,7	5.503,5	5.596,6	7.103,6
g	156,53	8.880,79	4.933,62	4.947,26	6.253,89

Fonte: Autores (2024).

A Figura 9 mostra os coeficientes de determinação (R^2) e de correlação de Pearson (r) obtidos por meio de regressões lineares ajustadas entre os valores de EI30 obtidos pelos três modelos analisados e a precipitação (a, b, c) e os valores de EI30 e o coeficiente de chuva (d, e, f). Todos os coeficientes apresentaram valores elevados, e foram significativos pelo teste Student ao nível de 0,05.

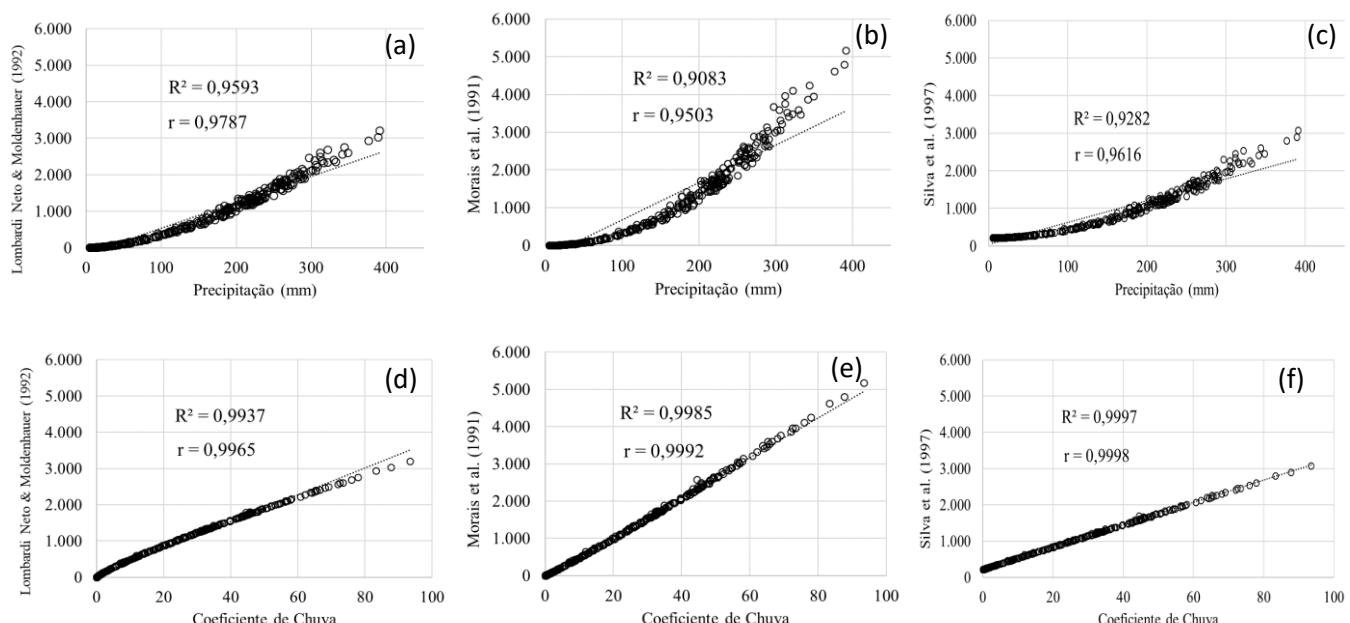


Figura 9. Regressões lineares ajustadas entre EI30, precipitação e coeficiente de chuva (RC), segundo modelos propostos por Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), Morais et al. (1991) e Silva et al. (1997).

Todos os valores de R^2 provenientes do ajuste entre EI30 e RC foram superiores aos valores obtidos pelo ajuste entre EI30 e precipitação, o que já era esperado pois as equações se utilizam do coeficiente de chuva para estimar os valores de erosividade. Nota-se na Figura 9 (f) que a equação de Silva et al. (1997) foi a que apresentou melhor desempenho dentre as equações testadas, com $R^2 = 0,9997$ e $r = 0,9998$, seguido pelo modelo de Morais et al. (1991) ($R^2 = 0,9985$; $r = 0,9992$), e de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) ($R^2 = 0,9937$; $r = 0,9965$). Resultado semelhante foi encontrado por Silva et al. (1997) ao estudar as classificações de erosividade das chuvas da região de Goiânia.

Quando comparados os coeficientes R^2 aos valores ajustados de precipitação, nota-se na Figura 5 (a) que a equação de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) apresentou maior R^2 de 0,9593 e r de 0,9787, seguido pela equação de Silva et al. (1997) ($R^2 = 0,9282$; $r = 0,9616$) e Morais et al. (1991) ($R^2 = 0,9083$; $r = 0,9503$).

As Figuras 10, 11 e 12 mostram os coeficientes de determinação provenientes da regressão linear ajustada entre dois modelos com base nos dados mensais (a) e anuais (b). O melhor R^2 encontrado foi entre a equação de Morais et al. (1991) e Silva et al. (1997) (Figura 11), tanto para os dados mensais (a) ($R^2 = 0,9985$) quanto anuais (b) ($R^2 = 0,9968$), quanto também é possível notar uma leve superestimação dos valores em Morais et al. (1991) quando comparados ao segundo modelo. O segundo melhor R^2 encontrado foi entre o modelo de Silva et al. (1997) e Lombardi Neto & Moldenhauer (1992) (Figura 12), que apresentou um R^2 mensal de 0,9947 e R^2 anual de 0,9854, seguido pelo modelo que ajustou os dados de Morais et al. (1991) aos dados de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992) (Figura 11), com R^2 mensal de 0,9876 e R^2 anual de 0,9688.

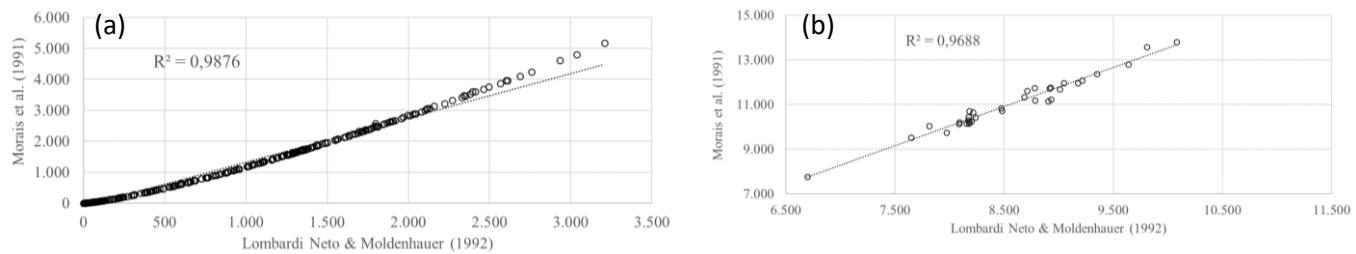


Figura 10. Regressão linear entre dados (a) mensais e (b) anuais segundo modelo: Morais et al. (1991) X Lombardi Neto & Moldenhauer (1992).

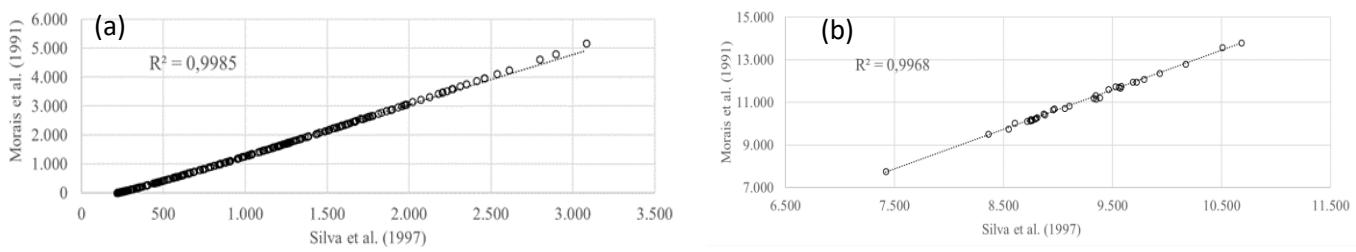


Figura 11. Regressão linear entre dados (a) mensais e (b) anuais segundo modelo: Morais et al. (1991) X Silva et al. (1997).

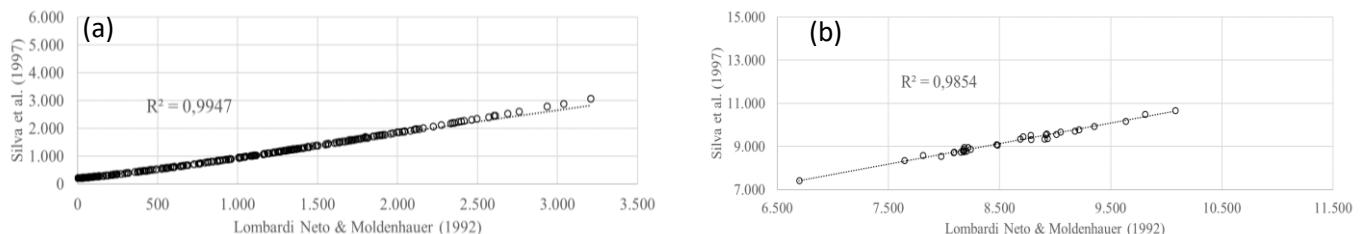


Figura 12. Regressão linear entre dados (a) mensais e (b) anuais segundo modelo: Silva et al. (1997) X Lombardi Neto & Moldenhauer (1992).

CONCLUSÕES

Constatou-se que houve variação significativa, porém relativamente baixa, da precipitação anual e da erosividade média para os 33 anos registrados, sendo que a erosividade apresentou coeficiente de variação de 9,1% para o modelo de Silva et al. (1997) classificada como baixa, 8,0% para o modelo de Lombardi Neto e Moldenhauer indicando variabilidade também baixa, 10,2% para o modelo proposto por Morais et al. (1991) indicando variabilidade média, e 9,3% para a média dos três modelos, o que indica baixa variabilidade.

Os valores médios de EI30 encontrados para os modelos de Lombardi Neto e Moldenhauer (1992), Silva et al. (1997) e Morais et al. (1991) foram 6.658,82 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, 6.947,32 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹ e 13.017,70 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹, respectivamente, e a equação que representa a média dos três modelos obteve valor médio anual de erosividade de 8.874,61 MJ mm ha⁻¹ h⁻¹ ano⁻¹.

Considerando a proximidade e semelhança do desempenho entre as três equações analisadas, sugere-se que para estudos que envolvam a utilização do fator erosividade da chuva, se use os valores médios entre as três equações, que, após análise dos valores neste estudo, concluiu-se que esta média representa de maneira satisfatória a variabilidade espacial e temporal da erosividade da chuva no estado de Goiás.

O modelo proposto por Silva et al. (1997) apresentou o melhor desempenho entre os três avaliados na estimativa do EI30, obtendo o melhor ajuste com coeficiente de chuva ($R^2 = 0,9997$ e $r = 0,9998$). Na comparação entre os modelos, Morais et al. (1991) e Silva et al. (1997) corresponderam a melhor relação entre os dados mensais ($R^2 = 0,9985$) e anuais ($R^2 = 0,9968$).

REFERÊNCIAS

ALVARES C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v. 22, n. 6, p. 711-728. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

BACK, A. J. Fator erosividade e características das chuvas erosivas para a Região do Planalto Norte de Santa Catarina. *Agropecuária Catarinense*, v. 31, n. 1, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.22491/RAC.2018.v31n1.8>

BARRETO, H. B. F.; SANTOS, W. O.; CRUZ, C. M. Análise da distribuição pluviométrica média anual no estado do Ceará. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v. 7, n. 2, p. 122-128, 2012.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. CPRM–Companhia de Pesquisa em Recursos Minerais, Rio de Janeiro, Brasil, 1994.

CASAROLI, D.; RODRIGUES, T. R.; MARTINS, A. P. B.; EVANGELISTA, A. W. P.; JÚNIOR, J. A. Padrões de chuva e de evapotranspiração em Goiânia, GO. *Revista*

Brasileira de Meteorologia, v. 33, n. 2, p. 247-256, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786332004>

CECÍLIO, R. A.; OLIVEIRA, J. P. B.; TEIXEIRA, TEIXEIRA, D. B. S.; PRUSKI, F. F.; ZANETTI, S. S. Database of rainfall erosivity factor for 141 locations in Brazil. **Latin American Data in Science**, [S. I.], v. 1, n. 3, p. 95–101, 2021. DOI: 10.53805/lads.v1i3.3

DIAS, M. A. F. da S. Eventos Climáticos Extremos. **Revista USP**, n. 103, 2014.

DOS SANTOS, W. P.; AVANZI, J. C.; VIOLA, M. R.; CHOU, S S.; GUZMAN, S. F. A.; PONTES, L.M.; CURI, N. Projections of rainfall erosivity in climate change scenarios for the largest watershed within Brazilian territory. **Catena**, v. 213, p. 106225, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106225>

ELI, K.; PITZ, J. W.; NEVES, L. O.; HAVEROTH, R.; OLIVEIRA, E. C. Análise da distribuição da frequência de precipitação em diferentes intervalos de classes para Rio do Sul/SC. **Enciclopédia Bioesfera**, v. 9, n. 16, p. 106-113, 2013.

EVANGELISTA, A. W. P.; CORRECHEL, V.; ARANTES, N. R. M.; JUNIOR, J. A.; CASAROLI, D. Padrões hidrológicos e período de retorno das chuvas erosivas de Goiânia – GO. **Global Science and Technology**, v. 9, n. 2, 2016.

FARIAS, S. E. M.; ARANTES, A. E.; FERREIRA, L. G.; SANO, E. S.; BARROS, J. R. **Avaliação das estimativas de precipitação do satélite TRMM para o estado de Goiás: uma abordagem climatológica**. In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Foz do Iguaçu/PR, 2013.

FERREIRA, N. C.; DANTAS, T. M.; LIMA, Y. C. R. Avaliação da Erosividade da chuva nos municípios goianos entre 1998 e 2017. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 20, n. 10, 2018.

FOSTER, G.R.; MCCOOL, D.K.; RENARD, K.G.; MOLDENHAUER, W.C. Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. **Journal of Soil and Water Conservation**, v. 36, 1981.

FUNK, C.; PETERSON, P.; LANDSFELD, M.; PEDREROS, D.; VERDIN, J.; SHUKLA, S.; HUSA, G.; ROWLAND, J.; HARRISON, L.; HOELL, A.; MICHAELSEN, J. The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes. **Scientific Data**, v. 2, 2015.

GALDINO, S. **Distribuição espacial da erosividade da chuva no Estado de Goiás e no Distrito Federal**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – EMBRAPA, v. 29, 2015.

LOMBARDI NETO, F.; MOLDENHAUER, W.C. Rainfall erosivity — its distribution and relationship with soil loss at Campinas, State of São Paulo, Brazil. **Bragantia** v. 51, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0006-87051992000200009>

MORAIS, L.F.B. de.; SILVA, V. da.; NASCHENVEN, T.M. da C.; HARDOIN, P.C.; ALMEIDA, J.E.L. de.; WEBER, O.L. dos S.; BOEL, E.; DURIGON, V. Índice El_{30} e sua relação com o coeficiente de chuva do sudoeste do Mato Grosso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p. 339-344, 1991.

NASCIMENTO, D. T. F. **Mapeamento de erosividade do Estado de Goiás e do Distrito Federal a partir de estimativas de precipitação por satélite.** In: XII SBCG, Goiânia/GO, 2016.

NASCIMENTO, D. T. F. **Mapeamento de erosividade do Estado de Goiás e do Distrito Federal a partir de estimativas de precipitação por satélite.** In: XII SBCG, Goiânia/GO, 2016.

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

PANDEY, S.; PARMANAND, K.; MIODRAG, Z.; RAMAN, N.; PANWAR, V. P. Recent advances in assessment of soil erosion vulnerability in a watershed. **International Soil and Water Conservation Research**, v. 9, n. 3, p. 305-318, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2021.03.001>

PIMENTEL-GOMES. **Curso de Estatística Experimental**, 1985. Piracicaba-SP. ESALQ/USP.

NOVAIS, G. T. Classificação Climática aplicada ao Estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil: Climate Classification applied to the State of Goiás and the Federal District, Brazil. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 40, n. 01, p. 1-29, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v40i01.62297>

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, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000200001>

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Alexandria, 30: 507-512, 1974.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. Ananalysis of variance test for normality (complete sample). **Biometrika**, Great Britain, v. 52, n. 3, p. 591-611, 1965.

SILVA, M. L. N.; FREITAS, P. L.; BLANCANEAUX, P.; CURI, N. Índices de erosividade das chuvas da região de Goiânia, GO. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 10, 1997.

SILVA, A. M. Rainfall erosivity map for Brazil. **Catena**, v. 57, n. 3, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2003.11.006>

SORIANO, B. M. A.; GALDINO, S. **Análise da distribuição da freqüência mensal de precipitação para a Sub-região de Nhecolândia, Pantanal, Mato Grosso do Sul, Brasil.** EMBRAPA – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, n. 34, 22p. 2002.

SPECIAN, V.; VECCHIA, F. A. S. Distribuição da frequência mensal da precipitação para região Oeste de Goiás: comparação entre dois postos pluviométricos. **Ateliê Geográfico**, v. 8, n. 1, 2014. DOI: <https://doi.org/10.5216/ag.v8i1.22126>

TEIXEIRA, D. B. S.; CECÍLIO, R. A.; MOREIRA, M. C.; PIRES, G. F.; FERNANDES FILHO, E. I. Recent advancements in rainfall erosivity assessment in Brazil: A

review. **Catena**, v. 219, n.14, p. 106572, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106572>

TEIXEIRA, D. B. S.; CECÍLIO, R. A.; MOREIRA, M. C.; PIRES, G. F.; FERNANDES FILHO, E. I. 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, A. L. F.; OLIVEIRA, P. T. S.; ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. Variabilidade espacial da erosividade das chuvas no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 12, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016001200002>

WAGNER, C. S.; MASSAMBANI, O. Análise da relação intensidade de chuva-energia cinética de Wischmeier & Smith e sua aplicabilidade à região de São Paulo. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 12, n. 3, p. 197-203, 1988.

WISHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. Predicting Rainfall Erosion Losses: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1978. 58 p. (Agricultural Handbook, 537).



Revista Geonorte, Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Amazonas. Manaus-Brasil. Obra licenciada sob Creative Commons Atribuição 3.0