

# Estimativas De Perda De Solo Na Bacia Hidrográfica Do Rio Boa Hora No Município De Urbano Santos-Ma (Brasil)

Lucy Rosana Silva<sup>1</sup>, Luís Juana Sirgado<sup>2</sup>, Lindalva Silva Correia<sup>3</sup>,  
Ana Zélia Silva<sup>4</sup>, Héric Santos Hossoé<sup>5</sup>

<sup>1</sup>(Departamento De Economia (Engenheira Civil)/ Universidade Federal Do Maranhão, Brasil)

<sup>2</sup>(Departamento De Agronomia (Engenheiro Agrônomo)/Universidade Politécnica De Madrid, Espanha)

<sup>3</sup>(Departamento De Economia (Economista)/ Universidade Federal Do Maranhão, Brasil)

<sup>4</sup>(Departamento De Farmácia (Engenheira Agrônoma)/ Universidade Federal Do Maranhão, Brasil)

<sup>5</sup>(Departamento De Economia (Economista)/ Universidade Federal Do Maranhão, Brasil)

---

## Resumo:

Este estudo teve o propósito de estimar as perdas de solo causadas pela erosão hídrica em uma microbacia hidrográfica com ocupação desordenada e com parte dela utilizada com plantações de eucalipto, soja e outros pequenos cultivos. A área estudada foi a microbacia do rio Boa Hora afluente pela margem esquerda do rio Mocambo situado a nordeste do estado do Maranhão. A microbacia abrange a nascente do rio Boa Hora no município de Anapurus até sua desembocadura no rio Mocambo localizado no município de Urbano Santos. Para o desenvolvimento do estudo se extraiu dados dos mapas topográfico e de pedologia da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) respectivamente, imagens satélites de Landsat, as bandas Landsat L8 OLI (Imagem Terrestre Operacional) de 30m da (United States Geological Survey-USGS) e visita in situ. Foi utilizado a Universal Soil Loss Equation (USLE) integrado ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) para estimar as perdas de solo e para obter melhor a visualização dos resultados por meio de mapas temáticos no espaço geo-referenciado, em distintas escalas e resoluções, gerando dados inexistente para esta área. Os resultados da estimativa das perdas de solo na bacia como o todo que antes eram < 5 toneladas (1991-2001) passando a intervalos entre 5 a 10 toneladas por ano (2001-2016), os fenômenos de alterações dos padrões pluviométricos observados nesta bacia passaram aproximadamente de uma média anual de 1300 mm para 1600 mm como mostra o fator de erosividade da chuva. As alterações no fator C, comprovadas no campo, como novas estradas de terra, desmatamento para cultivo, urbanização, maiores áreas de plantações de eucalipto e soja e outros cultivos, tudo isso justifica o aumento das perdas de solo, no qual podemos considerar aceitável como estimativa.

**Palavras Chave:** Microbacia Hidrográfica, Erosão Hídrica, USLE, SIG.

---

Date of Submission: 14-05-2024

Date of Acceptance: 24-05-2024

---

## I. Introdução

Os estudos sobre as mudanças climáticas têm avançado progressivamente em vários setores da economia, da política, da sociedade como um todo, com o intuito de amenizar os problemas que ocorrem principalmente pelas emissões de gases de efeito estufa que consequentemente aumenta o aquecimento global ocasionando às mudanças climáticas.

Com base nos estudos de possíveis impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos em escala global, segundo a (Agencia Nacional de Águas-ANA, 2016), as projeções indicam que o Brasil deve sofrer efeitos diferentes de acordo com a região, como por exemplo, indicam um potencial intensificação das condições de aridez no centro da região Nordeste, assim como no sul da Amazônia, que passaria de clima tropical úmido para um clima tropical subúmido.

O (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial-INPE, 2020), destaca em suas pesquisas com dados temporais de como o desmatamento vem aumentando desde 2014 no Brasil e que temperaturas altas e mais severas, aumento da seca, o oceano cada vez mais quente e maior, perdas de espécies, falta de alimentação, risco para a saúde, pobreza e deslocamento, são decorrências dessas mudanças climáticas globais.

Todos esses aspectos naturais são levados em consideração por envolver principalmente a ação do homem ao meio ambiente, meio que ele extrai para se alimentar e explora para produzir e habitar.

As publicações de (Azaiez, 2021, Dawlatzai e Mihara, 2017, Salado, 2017) sobre questões ambientais, referente ao solo por meio do uso inadequado, concordam sobre a necessidade de prever as perdas de solo e determinar a produção de sedimentos em uma bacia hidrográfica, para avaliar o impacto das fontes de poluição na área.

A degradação dos solos nas áreas de intensa atividade agrícola, a alteração da qualidade da água, o aumento da ocupação territorial sucinta maior demanda sobre os recursos naturais, tudo isso e mais fatores alteram o ciclo hidrológico do qual uma das consequências favorece a ocorrência de processos erosivos.

O processo erosivo é um fator ambiental de preocupação socioeconômica e política de uma sociedade. Nesse sentido, o uso do solo utilizado de forma inadequada pela agricultura e pecuária potencializa os danos ambientais.

Os problemas relacionados ao uso e conservação da terra têm sido discutidos por todos que buscam soluções que possam minimizar os efeitos causados por esse fenômeno.

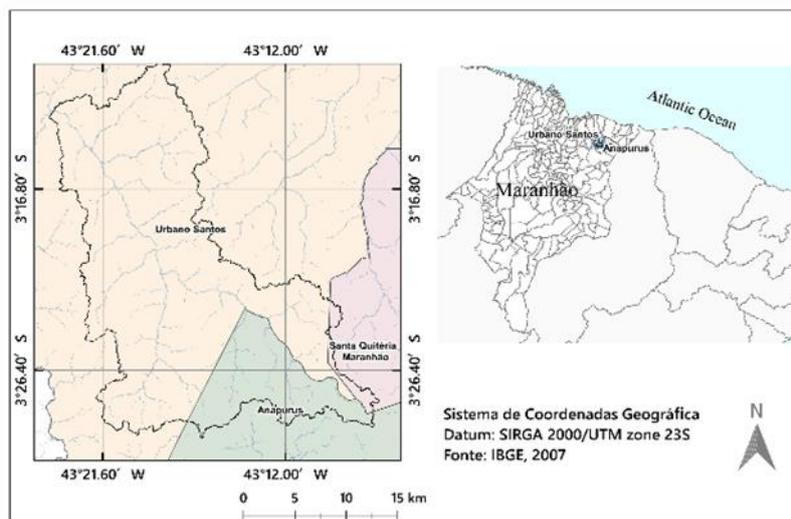
Na prática, em áreas de bacias hidrográficas, existem abordagens eficientes para conservar o solo e os recursos hídricos de forma que possa prevenir a erosão do solo. No entanto, os estudos estão avançando para a prevenção em apoio à segurança econômica e ambiental. Sendo assim, neste estudo, vamos observar por meio do processo erosivo e utilizando a equação universal das perdas de solos modificadas na bacia hidrográfica, as modificações ocorridas.

Em síntese, há uma tendência em considerar a metodologia de estimativa de perdas de solo que facilite a aplicação do modelo de avaliação da erosão hídrica utilizando a ferramenta tecnológica de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), por meio do cálculo da ação da erosão hídrica laminar em cada pixel da bacia, o que tem dado resultados satisfatórios na estimativa das perdas de solo.

Nessa sequência, este estudo estabelece como objetivo principal realizar o cálculo da estimativa das perdas de solo por meio do modelo da Equação das Perdas de Solo (EUPS) integrado ao Sistema de Informação Geográfica (SIG) na bacia hidrográfica do rio Boa Hora-MA.

## II. Material E Métodos

Este estudo foi utilizado a microbacia do rio Boa Hora situada ao nordeste do estado do Maranhão no município de Urbano Santos - Maranhão, está localizada entre as coordenadas geográficas 3°10' e 3°30' de latitude sul e 43°07' e 43°25' de longitude oeste, conforme figura 1 abaixo.



**Figura 1:** Localização da área de estudo

O rio Boa Hora é o principal afluente ao longo da margem esquerda do rio Mocambo, que, por sua vez, pertence à bacia hidrográfica do rio Munim, localizada no nordeste do Estado.

O comprimento do rio Boa Hora é de aproximadamente 44 km e sua bacia abrange uma área de cerca de 528 km<sup>2</sup> e um perímetro de 165 km. Sua altitude máxima e mínima é de 110 m e 39 m, respectivamente. A sua formação geológica corresponde a barreiras terciárias e os seus principais tipos de solos são os Latossolo, Plintossolo e Neossolo.

O clima equatorial é quente e úmido, com duas estações bem definidas durante o ano: chuva no período de dezembro a maio e seca de junho a novembro.

Na região, a precipitação registra valores anuais entre 1070 e 2300 mm, dados obtidos pelo Tropical Rainfall Measuring Mission- TRMM. Destaca-se ainda que 87% das precipitações anuais que ocorrem no período

de dezembro a maio, considerado um período chuvoso. Este período é o mais propício ao escoamento superficial, proporcionando o aumento da vazão do rio.

As temperaturas médias anuais atualmente variam entre 22°C a 30°C conforme (INPE, 2020). A umidade relativa média anual na região varia de 70% a 73%", conforme a Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico – GEPLAN. 2002).

### **Aquisição E Processamento De Dados**

Para identificar as variáveis que descrevem a natureza e a extensão dos fatores físicos de degradação do solo na escala do estudo, copilamos as seguintes informações:

Mapa do Modelo Digital de Elevação (MDE) - 03S435ZN originaram o mapa de declive – 03S435SN e a orientação do terreno – 03S435ON, adquiridos diretamente do INPE/Topodata (2020), escala 1:250.000 em formato GeoTiff com preenchimento de falhas, refinamento, derivação e pós-processamento, com SRC: EPSG:31983 - SIRGAS 2000 / UTM zona 23S.

Mapa Exploratório - Levantamento de Solos do Estado do Maranhão - Escala 1:1.000.000 (EMBRAPA, 1986), Mapa do Estado do Maranhão - Pedologia - Mapa Exploratório de Solos, IBGE (2011) escala 1:1.400.000 originou o mapa de solo da área de estudo.

As bandas Landsat L8 OLI (Imagem Terrestre Operacional) de 30m, USGS (2019) foram utilizadas para a elaboração do mapa de uso e ocupação do solo que posteriormente ajustando as classes de uso, foram extraídos alguns pontos de identificação no campo e no mapa do Estado do Maranhão – cobertura e uso do solo. Escala 1:1.000.000. (IBGE, 2015).

Após os dados coletados em campo, foi utilizado o sensoriamento remoto para o conhecimento espacial dos fatores erosivos, por meio do uso de sistemas de informações geográficas (SIG) para análise e operações.

A metodologia utilizada foi a Equação Universal de Perdas de Solo, Eq. (1) integrada com o Sistema de Informação Geográfica. Este estudo foi realizado mediante um levantamento bibliográfico do qual a aplicação é aceita, como por exemplo, (Mello et al., 2016) afirmam nos seus estudos que a Equação Universal de Perda de Solo (EUPS) foi a mais utilizada para a previsão de perdas de solo por conservadores nos Estados Unidos e para o cálculo da erosão em termos anuais em todo o mundo. Enquanto (Suryawanshi; Chandramohan, 2017) destacam sua aceitação no mundo, de que as adaptações feitas na equação em nenhum caso modificaram sua estrutura original, sem que qualquer reformulação real tenha ocorrido. O principal modelo utilizado para estimar a erosão é a EUPS (Universal Soil Loss Equation), que inclui os principais fatores que afetam a erosão na forma de uma equação (Braga Pereira et al., 2017).

Para os cálculos das perdas média anual do solo, foi utilizada a Equação Universal de Perda de Solo modificada por (Wischmeier; Smith, 1978) para cada pixel da imagem, bastante utilizada em estudos dessa natureza.

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

Em que A, perdas médias anuais de solo em t/(ha.ano); R, fator pluviométrico em MJ.mm/(ha.h.ano); K, fator de erodibilidade do solo em t.h/(MJ.mm); LS, fator topográfico; C, fator de uso e manejo do solo e P, fator de práticas de conservação.

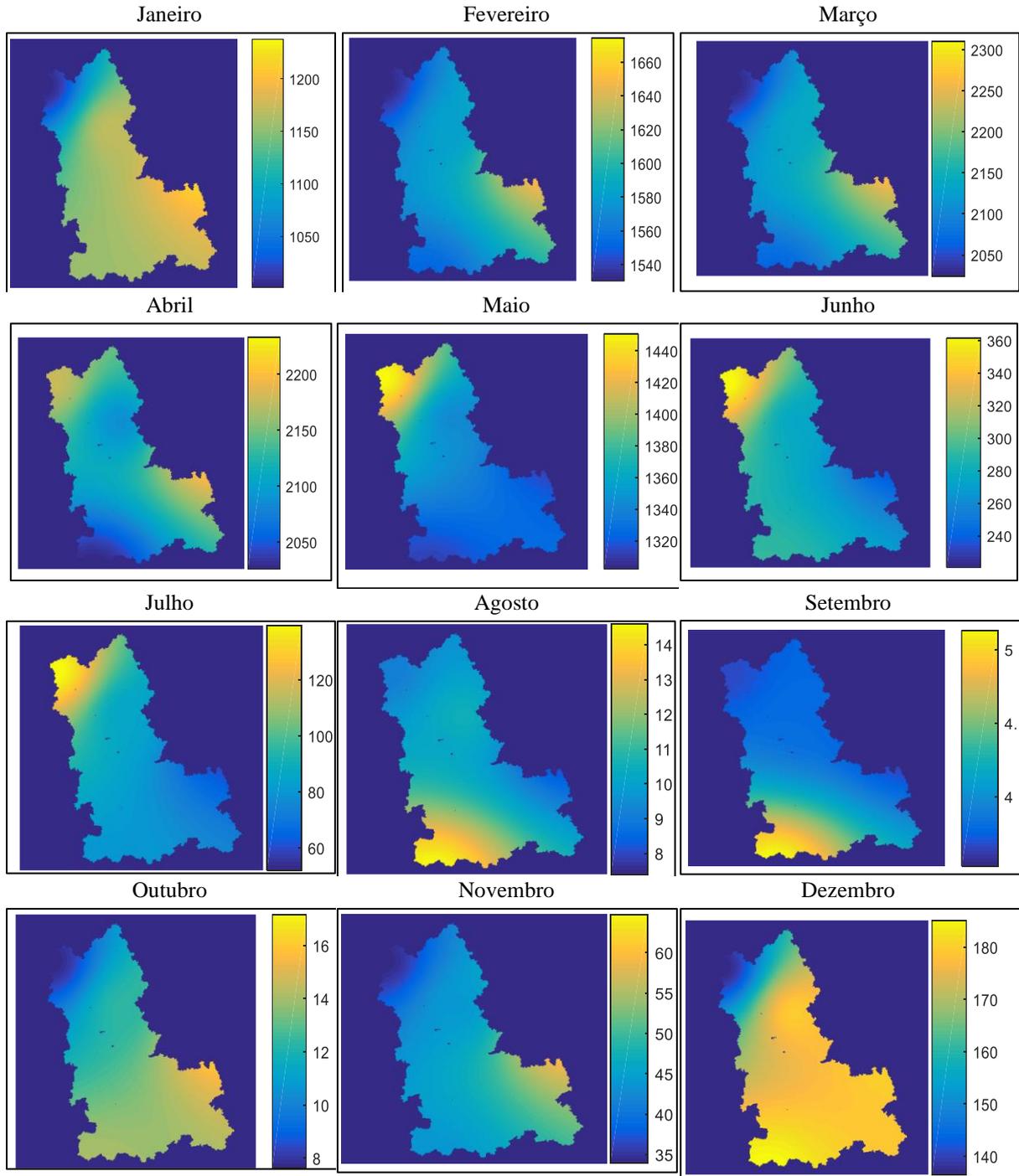
Os dados mensais de precipitação no período de 2002 a 2016, os quais são representados espacialmente nas seguintes coordenadas das estações pluviométricas: Urbano Santos (3°13'02"S e 43°23'56"W), Fazenda Pesquisa (3°11'47"S e 43°21'05"W), Fazenda Juçaral (3°30'20"S e 43°20'17"W) e Fazenda Bonfim (3°18'01" S e 43°10'33"W). A partir deles, para cada mês do período, a precipitação mensal foi interpolada, em cada pixel de tamanho 30mx30m. Com esses valores para cada pixel, os dados do fator R são calculados de acordo com uma equação Eq.2 desenvolvida por Lombardi Neto e Moldenhauer citada por (Santos et al., 2020).

$$Rm=67.355(pm^2/Pa)^{0.85}$$

$$R = \sum_{m=1}^{12} Rm \quad (2)$$

Onde: Rm, média mensal do índice de erosão em MJ.mm/(ha.h.mês); pm, precipitação média mensal em mm/mês e Pa, precipitação média anual em mm/ano.

A distribuição espacial nos diferentes meses é apresentada na Figura 2. Note-se que os pontos com o fator R mais elevado variam consoante o mês considerado.



**Figura 2:** Fator R nos diversos meses.

A erodibilidade do solo é a resistência do solo tanto ao desprendimento quanto ao transporte (Majoro et al., 2020). Utilizamos o nomograma proposto por (Wischmeier et al., 1971) que determina a erodibilidade para cada tipo de solo, de acordo com a equação com a unidade t.h/ MJ.mm.

O fator de erodibilidade K do solo indica a suscetibilidade do solo à erosão quando reflete o efeito das propriedades e características do perfil do solo na perda de solo. Foi determinada pela Eq. 3, abaixo:

$$K = \left\{ \frac{[2,1(10^{-4})(12-OM)M^{1,14}+3,25(s-2)+2,5(p-3)]}{100} \right\} 0,1318 \quad (3)$$

Em que: OM é o teor de matéria orgânica (%); M é o parâmetro que representa a textura dos solos na superfície de 15 cm; s é o parâmetro da estrutura do solo, adimensional; p é o parâmetro de permeabilidade. O parâmetro M foi calculado por meio da equação, Eq. 4.

$$M = (\% \text{ silte} + \% \text{ areia}) * (100 - \% \text{ argila}) \quad (4)$$

Os valores dos parâmetros das estruturas do solo, estão classificados em: 1- grânulo muito fino e caroço fino, 2- grânulo fino e caroço fino, 3- grânulo médio e grosseiro; Caroço médio, 4 – grânulo liso, prismático, colunar e muito espesso.

Os valores do tipo permeabilidade (p) são: 1 - muito rápido a rápido, 2 - moderadamente rápido, 3 - moderado, 4 - moderadamente lento, 5 - lento, 6 - muito lento (Véliz, 2021).

O cálculo do fator K da Equação de (Williams; Berndt,1977) Eq. 5, é estimado dando um valor médio à bacia.

$$K=[1/DA](\sum_{i=1}^n K_i DA_i) \quad (5)$$

Onde o valor K é a erodibilidade para o solo tipo *i*; A é a superfície coberta pelo solo *i*; n é o número de tipos de solo e DA é a área total da bacia.

Os solos encontrados na área de estudo são: Latossolo Amarelo Distrófico (LAd36), Plintossolo Pétrico Concrecionário - Argissólico (FFc14) e Neossolo Quartzarênico Órtico (RQo5) de acordo com a (Embrapa, 1986) para o município de Chapadinha - MA, devido à proximidade e semelhança do solo. Os dados foram considerados na Tabela 1 e a distribuição espacial do fator K.

Observa-se que, na maior parte da área considerada, os solos da classe latossolo representam 84% do total, que são solos profundos e bem drenados, com horizontes amarelados, de textura média e argilosa, apresentando relevo plano com ondulações pequenas e lisas, tendo como material de origem mais comum, os revestimentos de areia - argila e argila, derivadas ou sobrepostas em formações sedimentares (Embrapa, 2018).

**Tabela 1.** Valores de fator K adotados

Tipos de solo	K	Área
RQo5	0.0256	87
LAd36	0.0271	440
FFc14	0.0307	0.02

Os fatores comprimento de inclinação (L) e grau de inclinação (S) são combinados em um único índice (fator topográfico) que expressa a relação entre a perda de solo em um talude e o comprimento.

Considerando a inclinação das dimensões originais de cada pixel e com o comprimento do fluxo acumulado até cada ponto, os fatores *L* e *S* foram determinados separadamente, Eq.6 e 7, por (Renard et al., 1997), e depois multiplicando-os:

$$L = \left( \frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (6)$$

$$m = \frac{\beta}{\beta + 1}$$

$$\beta = \frac{\sin \theta}{0.0896 \cdot (3 \cdot (\sin \theta)^{0.8} + 0.56)}$$

$$S = \begin{cases} 10.8 \sin \theta + 0.03 & \theta > 9^\circ \\ 16.8 \sin \theta - 0.50 & \theta < 9^\circ \end{cases} \quad (7)$$

A média do fator *L* é *L*med = 1,2317 e o valor médio do fator *S* é *S*med = 1,2350, são semelhantes. A correlação entre os dois é baixa, *r* = 0,11.

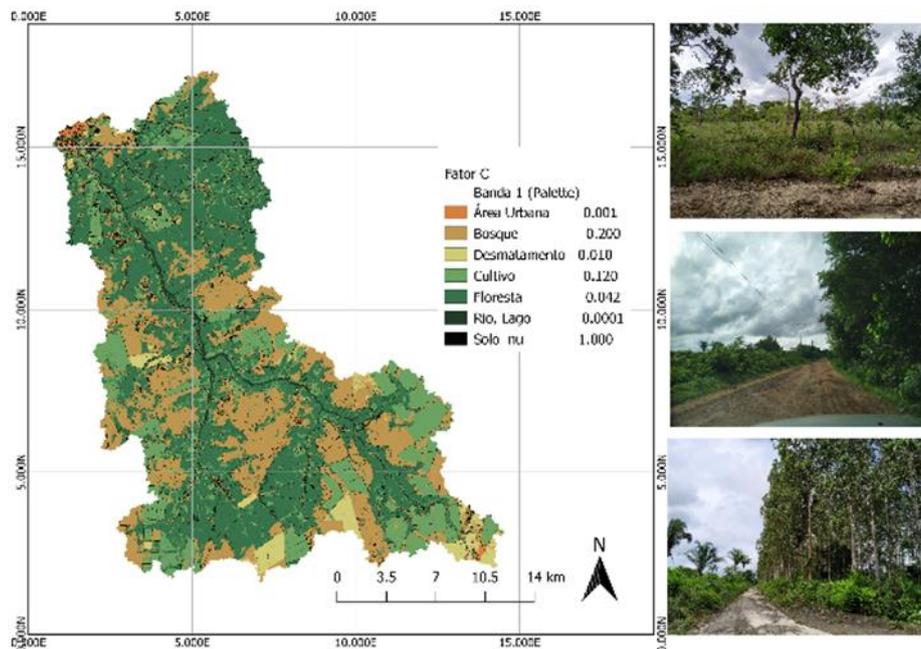
O fator *LS* conforme as classes apresentam os intervalos: < 1 com 292.7km<sup>2</sup>, corresponde a 55.48%; 1-3 com 108.4 km<sup>2</sup> equivale a 20.55%; 3-6 com 80.2 km<sup>2</sup> equivale a 15.20%; 6-9 com 26.8km<sup>2</sup> equivale a 5,08%; 9-12 com 10.6 km<sup>2</sup> equivale a 2.01% e valores superiores >12 com 8.9km<sup>2</sup> equivale a 1,69%.

O fator *C* representa o efeito das práticas de cultivo e manejo na taxa de erosão que depende principalmente do tipo de vegetação, estágio de crescimento e porcentagem de cobertura (El Jazouli et al., 2017).

Os valores adotados do fator *C*, Tabela 2, são de estudos realizados, e sua distribuição espacial consistem do resultado de uma classificação supervisionada, Figura 3.

**Tabela 2:** Valores adotados do fator C.

Cobertura	Fator C	Fonte
Área Urbana	0.001	Farinasso et al. (2006)
Bosque	0.200	Farinasso et al. (2006)
Desmatamento	0.010	Ranieri, (1996)
Cultivo	0.120	Silva et al. (2014)
Floresta	0.042	Farinasso et al. (2006).
Rio, lagos	0.0001	Bertoni; Lombardi Neto (2014)
Solo nu	1.000	Bertoni; Lombardi Neto (2014)

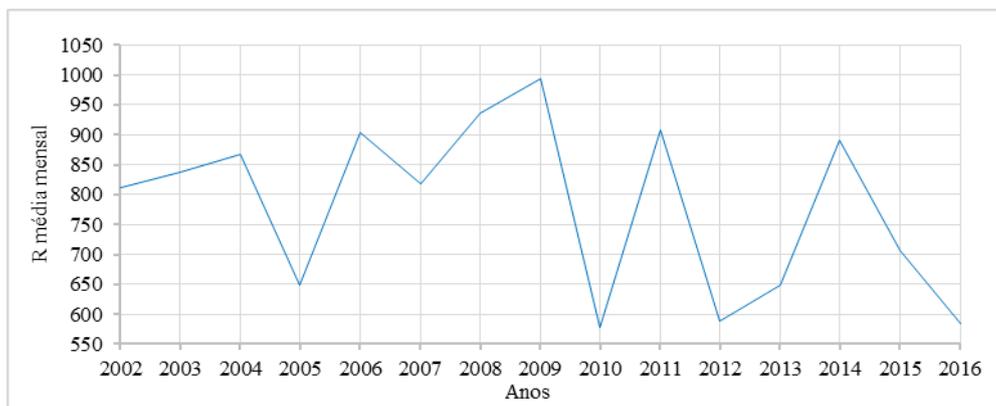


**Figura 3:** Mapa do fator C.

As fotos mostram áreas desmatadas, estradas de terra, florestas (cerrado denso) e plantação de eucalipto, respectivamente. Outro dado importante é o fator P das práticas de controle da erosão, que neste estudo foi considerado sem nenhuma prática de controle, que corresponde a unidade (valor crítico).

### III. Resultados E Discussão

A análise do estudo da erosividade da chuva no período de 2002 a 2016, conforme a Figura 4, resulta em uma potencialidade da erosão hídrica muito elevada entre os meses de dezembro a junho, devido as maiores chuvas ocorrerem nesse período, concentrando-se principalmente nos meses de março e abril, Figura 5, e em menor quantidade em agosto e setembro, Figura 6, como mostram os gráficos abaixo.



**Figura 4:** Fator R, média mensal

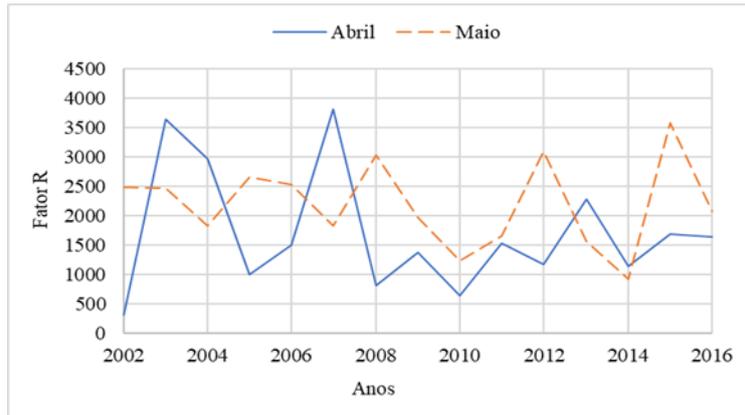


Figura 5: Fator R dos meses abril e maio

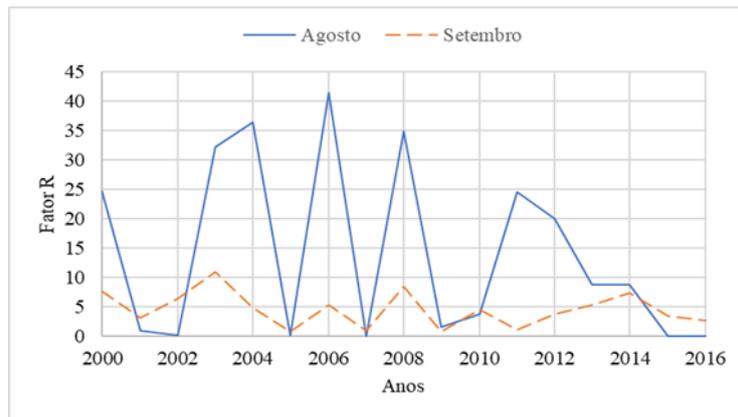


Figura 6: Fator R dos meses agosto e setembro

Comparando com pesquisas realizadas na área de estudo para o período de 1991 a 2001, conforme (Silva, 2003), Figura 7, observa-se o aumento do volume de precipitação no período chuvoso, consequentemente maior o índice de erosividade; todavia, esse índice não é suficiente para definir o potencial de erosão hídrica.

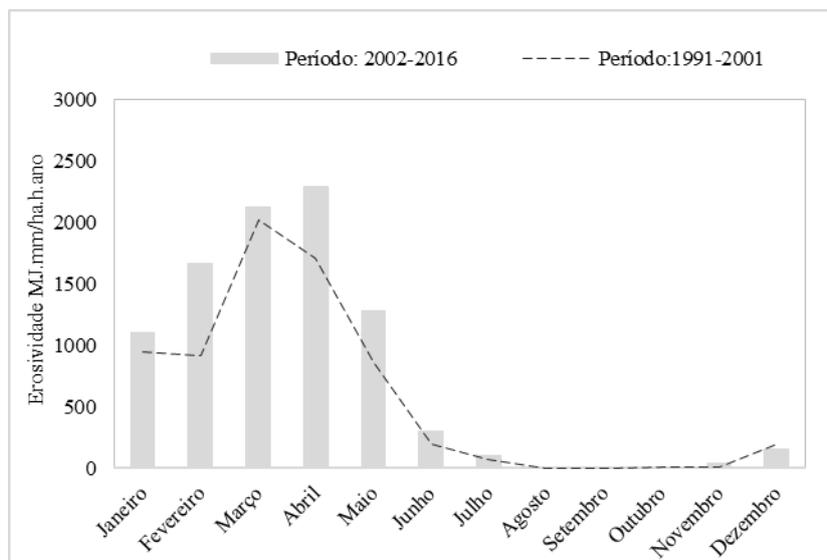
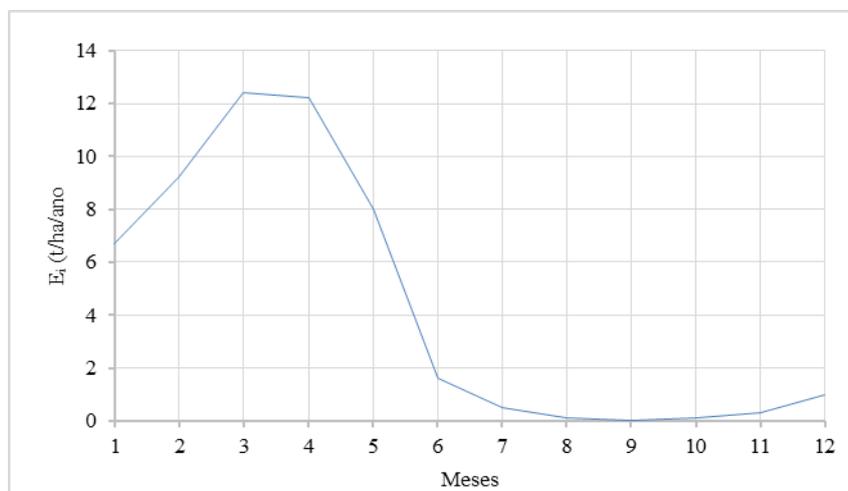


Figura 7: Fator R para os períodos de 2002-2016 e 1991 a 2001

A característica física do solo da bacia do rio Boa Hora é do tipo de solos imperfeitamente drenados e sujeito ao efeito temporal do excesso de umidade e textura arenosa. As variáveis do relevo, a longitude e a inclinação, influem na ação exercida pela água da chuva e predominam as classes de pequenos valores do fator topográfico, 55,5% da superfície que apresenta fator *LS* menor que 1 e apenas 1,7% maior que 12.

Na área estudada, a composição de uso e ocupação do solo estão distribuídas da seguinte forma: 59% de floresta, mata ciliar e área de bosque; 10% das áreas urbanas, desmatamento e solo nu e 22% das terras cultivadas, principalmente grandes áreas com plantações de eucalipto e soja e pequenas áreas de outras culturas que também foram observadas.

Em relação aos resultados da estimativa da erosão hídrica mostrado na Figura 8, observa-se que os meses de março e abril os valores médios de erosão superam a 12 t/ha.ano, enquanto os meses de agosto, setembro e outubro são praticamente nulos. A Tabela 3 abaixo, apresenta os resultados da relação das superfícies e as classes de erosão.



**Figura 8:** Erosão nos distintos meses

**Tabela 3.** Relação de superfícies /classes erosão

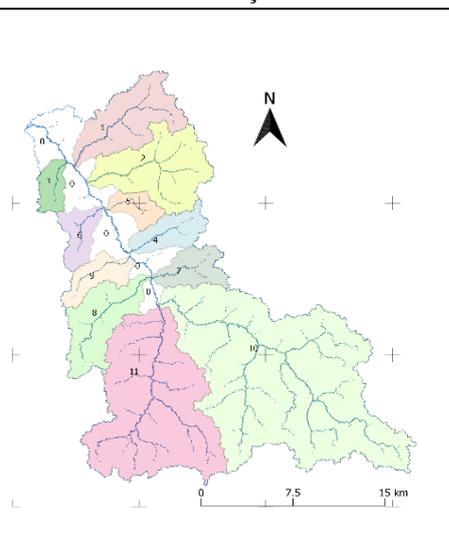
Classes	Relação de superfícies com classes de erosão (t/ha.ano)				
	< 5	5-10	10-50	50-200	>200
A(km <sup>2</sup> )	339.29	97.24	80.34	10.12	0.62
A/A	0.643	0.184	0.152	0.019	0.001

Em relação às classes definidas, 64,3% da superfície teria erosão inferior a 5 t/ha.ano, o que poderia ser descrito como baixo, e apenas 2% teria mais de 50 t/ha.ano, o que poderia ser descrito como alto.

Conforme mostra a Tabela 4 abaixo, do lado esquerdo tem-se os valores da média e desvio da erosão e do lado direito temos a localização espacial das microbacias. Observa-se que a erosão é maior na microbacia C7, com valor médio de 8,03 t/ha.ano, seguida por C4 e C10 com 5,86 e 5,02 t/ha.ano, respectivamente. O menor seria C3 com 1,48 t/ha.ano e C2 e C1 com 2,41 e 2,61 t/ha.ano, respectivamente.

**Tabela 4:** Valores das médias e desvios das perdas de solo e localização das microbacias

	Erosão (t/ha.ano)		A(km <sup>2</sup> )
	$\mu$	$\sigma$	
robacia	<b>4.32</b>	<b>13.25</b>	<b>527.70</b>
C0	4.24	14.51	48.7
C1	2.61	8.32	37.3
C2	2.41	10.60	49.4
C3	1.48	5.80	10.5
C4	5.86	15.42	15.4
C5	2.83	7.53	8.6
C6	3.55	11.07	14.3
C7	8.03	21.53	21.8
C8	4.25	11.82	27.4
C9	4	11.87	13.3
C10	5.02	13.83	167.3
C11	4.3	13.04	113.7



É importante destacar os resultados das perdas de solo na bacia como um todo, onde há uma possível explicação para o aumento de áreas que antes eram < de 5 toneladas no período de (1991-2001) conforme estudos de (Silva, 2003), e atualmente passaram para intervalos entre 5 a 10 toneladas por ano no período de (2002 a 2016), como mostra os fenômenos de alterações dos padrões pluviométricos observados nesta bacia, que passaram aproximadamente de uma média anual de 1300 mm para 1600 mm, conseqüentemente como mostra o fator de erosividade da chuva, disponível na Figura 8 acima.

As alterações no fator C, comprovadas in loco, como novas estradas de terra, desmatamento para cultivo, urbanização, maiores áreas de plantações de eucalipto e soja e outros fatores, nos leva a justificar o aumento das perdas de solo, no qual podemos considerar aceitável como estimativa os resultados da Tabela 4 acima.

#### **IV. Conclusão**

O estudo da bacia hidrográfica do rio Boa Hora, segundo (Silva, 2003) para o período de 1991 a 2001, mostrou uma estimativa do processo de erosão hídrica de um valor médio de 3,32 t/ha.ano com taxas variáveis entre 0 e 734 t/ha.ano. Todavia, para este estudo de 2002 a 2016, o valor médio é de 4,32 t/ha/ano, variando de 0 a 778 t/ha.ano, o que indica um crescimento da erosão hídrica na bacia em estudo.

No estado atual do conhecimento desta bacia, resultados estimados foram oferecidos, como podem ser vistos e inclusive comparados com outro período, e existe uma validação da metodologia por parte de vários estudiosos do assunto, como (Belasr; Lakhouili, 2016; Temene et al., 2022; Parveen; Kumar, 2012; Deguy et al., 2018; Ettazarini et al., 2017), que utilizaram nos seus estudos o método USLE integrado ao SIG.

#### **Agradecimentos**

A Universidade Politécnica de Madrid, Escola Técnica Superior de Engenharia Agronómica, Alimentar e Biosistemas, em particular ao Departamento de Engenharia Agroflorestal, o apoio logístico disponível para o desenvolvimento da pesquisa e para a Universidade Federal do Maranhão, especialmente para o Departamento de Economia pelo apoio institucional.

#### **Referências**

- [1]. Agência Nacional De Águas. Ana.; 2016. Mudanças Climáticas E Recursos Hídricos Avaliações E Diretrizes Para Adaptação, Brasília. P.20.
- [2]. Azaiez, N.; 2021. Improved Modelling Of Soil Loss In El Badalah Basin: Comparing The Performance Of The Universal Soil Loss Equation, Revised Universal Soil Loss Equation And Modified Universal Soil Loss Equation Models By Using The Magnetic And Gravimetric Prospection Outcomes. *Journal Of Geoscienc E And Environment Protection*. V.9, P.50-73.
- [3]. Belasr, A.; Lakhouili, A.; 2016. Estimation Of Soil Erosion Risk Using The Universal Soil Loss Equation (Usle) And Geo – Information Technology In Oued El Makhazine Watershed, Morocco. *Journal Of Geographic Information System*.V. 8, 1. P.98-107.
- [4]. Bertoni, J.; Lombardi Neto, F. 2014. Conservação Do Solo. 9ª Ed. Ícone, São Paulo, P.355.
- [5]. Braga Pereira, E., Lopes, F., Firmino Gomes, F., De Almeida, A., De Magalhães, A.; Andrade, E.; 2017. Determining The Soil Erodibility For An Experimental Basin In The Semi-Arid Region Using Geoprocessing. *American Journal Of Plant Sciences*, V. 8, P.3174-3188.
- [6]. Dawlatzai, A. M.; Mihara, M.; 2017. Estimation Of Soil Erosion Based On Usle And Gis In Gardez Basin Of Paktya Province, Afghanistan. *Ijerd – International Journal Of Environmental And Rural Development*.V. 8, 1, P. 139-149.
- [7]. Deguy, J.; N'go, A.; Kouassi, H.; Soro, E.; Goula, A.; 2018. Contribution Of A Geographical Information System To The Study Of Soil Loss Dynamics In The Lobo Catchment (Côte D'ivoire). *Journal Of Geoscience And Environment Protection*, V. 6, P.183-194.
- [8]. De Roo, A. P. J.; 1998. Modelling Runoff And Sediment Transport In Catchments Using Gis. *Hydrological Processes*, V.12, P.905-922.
- [9]. El Jazouli, A.; Barakat, A.; Ghafiri.A.; El Moutaki, S.; Ettaqy, A.; Khellouk, R.; 2017. Soil Erosion Modeled With Usle, Gis, And Remote Sensing: A Case Study Of Ikkour Watershed In Middle Atlas (Morocco). *Geosci. Lett*. V.4, P.25.
- [10]. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa. 2018. Sistema Brasileiro De Classificação De Solos. 5. Ed., Rev. E Ampl. – Brasília, Df. Acesso Em 12 De Março De 2022: <https://www.embrapa.br/solos/sibcs>.
- [11]. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa.1986. Levantamento Exploratório-Reconhecimento De Solos Do Estado Do Maranhão. Rio De Janeiro: Embrapa-Snlcs. Boletim De Pesquisa, 35; Sudene-Drn. Recursos De Solos, 17. Acesso Em Novembro De 2022: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/336095/Levantamento-Exploratorio-Reconhecimento-De-Solos-Do-Estado-Do-Maranhao>.
- [12]. Ettazarini, S.; Jakani, M.; Najoui, K.; 2017. Assessment Of Soil Loss Risk Using Integrated Remote Sensing And Geographic Information System (Gis) Techniques In The Argana Basin, Morocco. *American Journal Of Innovative Research And Applied Sciences*.P.575-587.
- [13]. Farinasso, M.; Carvalho Júnior, O. A.; Guimarães, R. F.; Gomes, R. A. T.; Ramos, V. M.; 2006. Avaliação Qualitativa Do Potencial De Erosão Laminar Em Grandes Áreas Por Meio Da Eups – Equação Universal De Perdas De Solos Utilizando Novas Metodologias Em Sig Para Os Cálculos Dos Seus Fatores Na Região Do Alto Parnaíba – Pi – Ma. *Revista Brasileira De Geomorfologia*.V.2, P.73-85.
- [14]. Gerência De Planejamento E Desenvolvimento Econômico – Geplan. 2002. Atlas Do Maranhão. São Luís: Uema/ Geplan, 44p. Acesso Em Maio De 2022: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?id=22142&view=detalhes>.
- [15]. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – Ibge. 2011. Estado Do Maranhão Pedologia – Mapa Exploratório De Solos. Acesso Em Novembro De 2022: [https://www.ibge.gov.br/Informacoes\\_Ambientais/Pedologia/Mapas/Unidades\\_Da\\_Federacao/Ma\\_Pedologia.Pdf](https://www.ibge.gov.br/Informacoes_Ambientais/Pedologia/Mapas/Unidades_Da_Federacao/Ma_Pedologia.Pdf).
- [16]. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística – Ibge. 2015. Estado Do Maranhão – Cobertura E Uso Da Terra. Acesso Em 20 De Abril De 2022. <https://portaldemapas.ibge.gov.br/portal.php#mapa522>.
- [17]. Instituto Nacional De Pesquisa Espacial – Inpe; 2020. Mapa Índice Topodata. Acesso Em 30 De Outubro De 2021.

- [www.Websmapit.Com.Br/Inpe/Topodata/](http://www.Websmapit.Com.Br/Inpe/Topodata/)
- [18]. Majoro, F., Wali, U.; Munyaneza, O.; Naramabuye, F.; Nsengiyumva, P.; Mukamwambali, C.; 2020. Soil Erosion Modelling For Sustainable Environmental Management In Sebeya Catchment, Rwanda. *Journal Of Water Resource And Protection*, V.12, P.1034-1052.
- [19]. Mello, C. R., Norton, L. D., Pinto, L.C., Beskow, S.; Curi, N. 2016. Agricultural Watershed Modeling: A Review For Hydrology And Soil Erosion Processes. *Ciência E Agrotecnologia* V.40(1), P. 7-25.
- [20]. Parveen, R.; Kumar, U.; 2012. Integrated Approach To The Universal Soil Loss Equation (Usle) And Geographic Information System (Gis) To Assess The Risk Of Soil Loss In The Upper South Koel Basin, Jharkhand. *Journal Of Geographic Information System*.V.4.6. P. 588-596.
- [21]. Ranieri, S.B.L.; 1996. Avaliação De Métodos E Escalas De Trabalho Para Determinação De Risco De Erosão Em Uma Bacia Hidrográfica Utilizando Sistema De Informações Geográficas (Sig) – São Carlos, Escola De Engenharia De São Carlos, (Tese De Mestrado), P.128.
- [22]. Renard, K.G.; Foster, G. R.; Weesies, G.A.; Mccool, D., K.; Yoder, D.C.; 1997. Predicting Soil Erosion By Water: A Guide To Conservation Planning With The Revised Universal Soil Loss Equation (Rusle). U. S. Agriculture Handbook, Pp. 703,404. Acesso Em 10 De Outubro De 2022. <https://www.Scirp.Org/>.
- [23]. Salado. C.A. A.; Aragón, L.M.; Garcia, P. G.; Hernández, H. R.; Montalvo, C.; Cano, J.A.F. C.; Cortés, H. M.; 2017. Improving Identification Of Areas Ecological Restoration For Conservation By Integrating Usle And Mcdm In A Gis-Environment: A Pilot Study In A Priority Region Northern Mexico. *Isprs Int. J. Geo-Inf.* V.6. P. 262.
- [24]. Santos, M. A. C. M.; Vellame, L. M.; Araújo, J. C.;
- [25]. Silva, A.J.P.; 2020. Hydrological Characterization Of Rainfall And Its Potential Erosivity In The Middle Course Of Salitre River Basin In The Brazilian Semi-Arid. *Revista Brasileira De Climatologia*, P. 330-332.
- [26]. Silva, L. R.; 2003. Integración Del Sig Al Proceso De Evaluación De La Erosión Hídrica Y De La Producción De Sedimentos En Pequeñas Cuencas. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica De Madrid – Upm- Escuela Técnica Superior De Ingenieros De Caminos, Canales Y Puertos, P.113-130.
- [27]. Silva, M. A. Et Al.; 2014. Water Erosion Risk Prediction In Eucalyptus Plantations. *Ciência E Agrotecnologia*, Lavras, V. 38, N. 2, P. 160–172.
- [28]. Suryawanshi, V.; Chandramohan, T.; 2017. Application Of Gis In Hydrology And Estimation Of Soil Erosion Using Usle Model. *International Journal Of Science And Research*, V.7.5. P.483-488.
- [29]. Tamene, L.; Demissie, B.; Desta, G.; Woldearegay, K.; Mekonnen K.; 2022. Soil Erosion Assessment In Ethiopia: A Review. *Journal Of Soil And Water Conservation*.77 (2), P.144-157.
- [30]. United States Geological Survey – Usgs. 2019. Acesso Em 18 De Dezembro De 2022: [https://www.Usgs.Gov/Centers/Eros/Science/Usgs-Eros-Archive-Landsat-Archives-Landsat-8-Operational-Land-Imager-And?Qt-Science\\_Center\\_Objects=0#Qt-Science\\_Center\\_Objects](https://www.Usgs.Gov/Centers/Eros/Science/Usgs-Eros-Archive-Landsat-Archives-Landsat-8-Operational-Land-Imager-And?Qt-Science_Center_Objects=0#Qt-Science_Center_Objects).
- [31]. Wischmeier, W. H.; Smith D. D.; 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide To Conservation Planning. *Agriculture Handbook*, 537. Us Department Of Science And Education Administration, Washington Dc, 168p. Acesso Em 12 De Abril De 2022. <https://www.Scirp.Org/Reference/Referencespapers.aspx?Referenceid=3198475>.
- [32]. Wischmeier, W. H.; Johnson, C. B.; Cross, B. V.; 1971. A Soil Erodibility Nomograph For Farmland And Construction Sites. *Journal Of Soil And Water Conservation* 26, P.189-93. Acesso Em Setembro De 2021. [https://www.Scirp.Org/\(S\(Czeh2tfqyw2orz553k1w0r45\)\)/Reference/Referencespapers.aspx?Referenceid=1687727](https://www.Scirp.Org/(S(Czeh2tfqyw2orz553k1w0r45))/Reference/Referencespapers.aspx?Referenceid=1687727).
- [33]. Williams, J. R.; Berndt, H. D.; 1977. Sediment Yield Prediction Based On Watershed Hidrology. *Transactions Of The Asae*. V. 20, P.1100–1104.
- [34]. Véliz, J. J. J.; 2021. Diagnosis Of Soil Water Erosion Applying The U.S.L.E Model Using Gis Tolos. *Pol. Con. (Edición Núm. 57)* 6, (4). P. 620.