

INTENSIDADE PLUVIOMÉTRICA E VULNERABILIDADE À EROSÃO DO SOLO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAGUAÇU-BA: ESTUDO MUNICÍPIO DE LENÇÓIS

Érica Lima de Oliveira ¹

Andressa Gonçalves de Souza ²

Maike Matias Dias ³

Ana Paula dos Santos de Melo ⁴

Rosangela L Santos ⁵

RESUMO

Este artigo analisa a relação entre a intensidade pluviométrica e os processos de erosão do solo na sub-bacia do Alto Paraguaçu, com ênfase na região de Lençóis (BA), destacando os impactos geomorfológicos da dinâmica hídrica em áreas com relevo acidentado e crescente ocupação humana. A pesquisa adotou uma abordagem integrada, combinando dados climáticos, morfométricos, pedológicos e de uso da terra. Utilizou-se a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) para estimar as perdas médias de solo, incorporando informações sobre erosividade da chuva (fator R), erodibilidade do solo (K), topografia (LS), cobertura vegetal (C) e práticas conservacionistas (P). A análise considerou o clima Cwb (tropical de altitude), com precipitação média anual entre 900 e 1.200 mm e forte sazonalidade, sendo mais de 70% das chuvas concentradas entre novembro e março. Verificou-se um aumento na frequência de eventos extremos (>50 mm/h), principalmente nos meses de dezembro e janeiro, intensificando os processos erosivos laminares e lineares. O mapeamento pedológico revelou predominância de Neossolos Litólicos e Cambissolos Hápicos em áreas íngremes, e Latossolos Vermelho-Amarelos em regiões mais planas. As zonas mais vulneráveis à erosão foram aquelas com declividades superiores a 20%, solos rasos e cobertura vegetal degradada. A ausência de práticas de manejo conservacionista em áreas agropecuárias intensifica os efeitos erosivos, contribuindo para a degradação ambiental, especialmente na confluência dos rios Lençóis e São José. A análise espacial em SIG permitiu identificar unidades morfodinâmicas críticas, oferecendo subsídios para o planejamento ambiental e a gestão territorial sustentável. Os resultados reforçam a importância da abordagem integrada para compreender os processos erosivos e apoiar políticas públicas voltadas à conservação do solo e da água em bacias hidrográficas vulneráveis.

INTRODUÇÃO

Os processos geomorfológicos, especialmente aqueles associados à dinâmica da superfície terrestre, são fortemente condicionados por elementos climáticos, entre eles, a precipitação. Em regiões tropicais e subtropicais, como no semiárido e no Recôncavo

¹ Graduando do Curso de Geografia da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, limaerica005@gmail.com;

² Graduando pelo Curso de Geografia da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, andressagsgeo@gmail.com;

³ Graduado do Curso de Engenharia Civil da Universidade Estadual de Feira de Santana – UEFS, maikematiasdias@gmail.com;

⁴ Doutoranda pelo Programa de Pós Graduação em Modelagem em Ciências da Terra e do Ambiente da Universidade Estadual de Feira de Santana, nina.melo16@gmail.com;

⁵ Professor orientador: Doutora, Universidade Estadual de Feira de Santana UEFS, rosaleal@uefs.br.



baiano, as chuvas intensas representam um dos principais vetores de transformação da paisagem, sobretudo por sua capacidade de desencadear processos erosivos em diferentes escalas. De acordo com Soares e Batista (2004), a precipitação ocorre quando a força gravitacional supera a tensão de sustentação da umidade na atmosfera, fazendo com que essa atinja o solo em forma líquida ou sólida. Dentre os tipos de precipitação, a chuva destaca-se por sua capacidade de gerar escoamento superficial, tornando-se, portanto, uma variável central na dinâmica morfogenética.

A intensidade pluviométrica, entendida como a relação entre volume de chuva e tempo, tem papel decisivo na gênese da erosão hídrica. Segundo Buckman e Brady (1976), as características físicas da chuva mais relevantes nos processos erosivos são: a quantidade total precipitada, sua intensidade e a distribuição sazonal. Botelho e Silva (2004) destacam que as chuvas mais intensas e duradouras são as que mais provocam erosão, pois tendem a exceder a capacidade de infiltração do solo ou a saturá-lo rapidamente, favorecendo o escoamento superficial. Para Guirra e Santos (2017), a intensidade pluviométrica é uma variável fundamental para o planejamento ambiental, especialmente em relação à erosividade potencial do solo e à sua vulnerabilidade a processos degradantes.

A atuação das chuvas intensas sobre superfícies suscetíveis, especialmente em áreas com relevo movimentado, solos frágeis ou uso inadequado da terra, potencializa a perda de material superficial, modificando formas do relevo, degradando encostas e contribuindo para a evolução de feições erosivas como ravinas e voçorocas. Segundo Crepani, Medeiros e Palmeira (2004), “o impacto direto das gotas e o escoamento superficial do excesso de água da chuva são os agentes ativos da erosão hídrica; o solo, o agente passivo.” Assim, conhecer a intensidade pluviométrica permite não apenas dimensionar os riscos de erosão, mas também compreender como o clima atua sobre as unidades morfológicas.

As informações climatológicas, como a pluviosidade anual e a duração do período chuvoso, possibilitam uma leitura quantitativa da intensidade pluviométrica, cuja elevação representa maior energia potencial disponível para se converter em energia cinética, intensificando os processos erosivos (CREPANI et al., 1996; PALMEIRA, 2004). Situações de alta pluviosidade em curtos períodos concentram volumes expressivos de água, intensificando o escoamento superficial e, com isso, acelerando os processos de degradação do relevo. Santos, Griebeler e Oliveira (2010)



reforçam que a frequência e a duração das chuvas intensas, combinadas com solos degradados e topografia acidentada, elevam significativamente o risco de erosão e perda de cobertura edáfica.

Neste trabalho, investigou-se a relação entre a intensidade pluviométrica e a vulnerabilidade à erosão dos solos em Lençóis, considerando-se os aspectos geomorfológicos do território como fator determinante para a ocorrência e a intensidade dos processos erosivos. A partir dessa abordagem, busca-se contribuir com a leitura integrada entre clima, relevo e uso da terra, tendo em vista a prevenção de impactos ambientais e o planejamento geográfico da região.

METODOLOGIA (OU MATERIAIS E MÉTODOS)

Este estudo empregou a Equação Universal de Perdas de Solo (USLE) para estimar a taxa de erosão hídrica no município de Lençóis, Bahia. A metodologia foi conduzida em ambiente SIG, utilizando o software QGIS para o processamento e análise espacial dos dados. A USLE é expressa pela equação:

$$A = R \times K \times LS \times C \times P$$

onde:

- A é a perda média anual de solo (t/ha/ano),
- R representa a erosividade da chuva,
- K é a erodibilidade do solo,
- LS corresponde ao fator topográfico (declividade e comprimento da encosta),
- C é o fator de uso e cobertura do solo,
- P é o fator de práticas conservacionistas.

Os dados de entrada foram obtidos de diferentes fontes oficiais: O modelo digital de elevação (MDE) foi derivado do SRTM (resolução espacial de 30 m), utilizado para calcular o fator LS; O fator R foi obtido com base em dados pluviométricos médios, chips 2014-2024; O fator K foi estimado conforme classes de solos predominantes no município, segundo dados do IBGE, SEI; O fator C foi derivado do uso e cobertura do solo extraído do IBGE; O fator P foi estimado por meio de valores padrão da literatura, associando práticas conservacionistas ao uso atual do solo. As variáveis foram integradas em ambiente raster e multiplicadas segundo a equação USLE. Por fim, os resultados foram analisados zonalmente para o município de Lençóis, gerando



estatísticas descritivas como soma total, média, mediana e desvio padrão da perda de solo em toneladas por hectare por ano (t/ha/ano). As informações sobre a erodibilidade dos solos foram obtidas a partir do experimento de Bertoni & Lombardi Neto (1990). Para os valores do fator de erodibilidade (K) e da tolerância de perda dos solos no Estado de São Paulo, foram utilizados os dados apresentados por Mannigel et al. (2002). Já os fatores C (cobertura do solo) e P (práticas conservacionistas) foram calculados com base nas informações sobre cobertura vegetal e manejo do solo também fornecidas por Bertoni & Lombardi Neto (1990). As variáveis foram obtidas a partir de fontes oficiais e geoprocessadas por meio de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG), utilizando bases como o modelo digital de elevação SRTM (30m), MapBiomas, IBGE e GeoBahia.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O município de Lençóis, localizado na região central da Bahia, apresenta uma distribuição espacial bastante heterogênea da erosividade da chuva, conforme ilustrado no mapa gerado com base em dados do sistema e do IBGE (Figura 01). A erosividade, expressa em $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, reflete o potencial das chuvas em causar a desagregação e o transporte de partículas do solo, sendo um dos fatores mais importantes no processo de erosão hídrica, especialmente em áreas de relevo acidentado como a Chapada Diamantina.

A análise espacial mostra que o centro do município concentra os maiores valores de erosividade, com índices superiores a $11.872 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$, representados pela coloração azul escura. Essa área corresponde, possivelmente, a zonas mais elevadas ou sujeitas a eventos pluviométricos mais intensos e frequentes. A elevada energia cinética da chuva nessas regiões representa um risco significativo para a estabilidade do solo, sobretudo em áreas com cobertura vegetal precária, presença de declividades e uso inadequado do solo.

Nas faixas ao redor dessa área central, observa-se uma redução progressiva dos valores de erosividade, com a presença de regiões intermediárias nas faixas entre 10.046 e $11.872 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (cor verde claro) e entre 8.221 e $10.046 \text{ MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{ano}^{-1}$ (amarelo). Estas áreas ainda requerem atenção, especialmente se



forem utilizadas para atividades agrícolas ou se apresentarem relevo ondulado, o que pode amplificar os efeitos erosivos da chuva. Nas extremidades norte e sul do município, observam-se os menores índices de erosividade, com valores abaixo de $6.395 \text{ MJ} \cdot \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} \cdot \text{ano}^{-1}$ (vermelho). Essas regiões, embora apresentem menor risco potencial, não estão livres dos efeitos da erosão, especialmente em condições de uso inadequado do solo e ausência de práticas conservacionistas.

A distribuição da erosividade em Lençóis evidencia a importância de considerar os aspectos climáticos locais (como intensidade e frequência das chuvas), o relevo e o uso e cobertura do solo na formulação de políticas de conservação. Regiões com altos índices de erosividade devem ser priorizadas em ações como terraceamento, plantio em nível, manutenção da cobertura vegetal e uso de práticas agrícolas sustentáveis. Além disso, essa análise é fundamental para a aplicação da Equação Universal de Perdas de Solo (USLE), que utiliza o fator R (erosividade da chuva) como uma de suas principais variáveis. A correta estimativa desse fator contribui para quantificar com maior precisão as perdas de solo e planejar intervenções adequadas para a conservação dos recursos naturais.

Figura 01 : Erosividade de Lençóis a partir dos dados de chuvas 2014-2024.

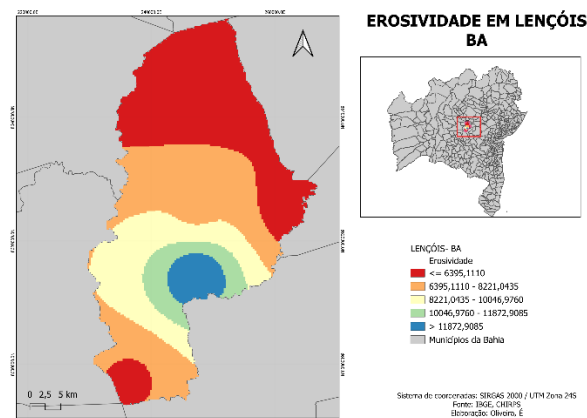
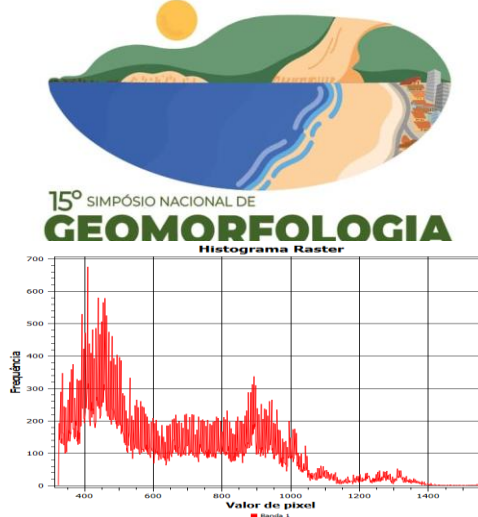
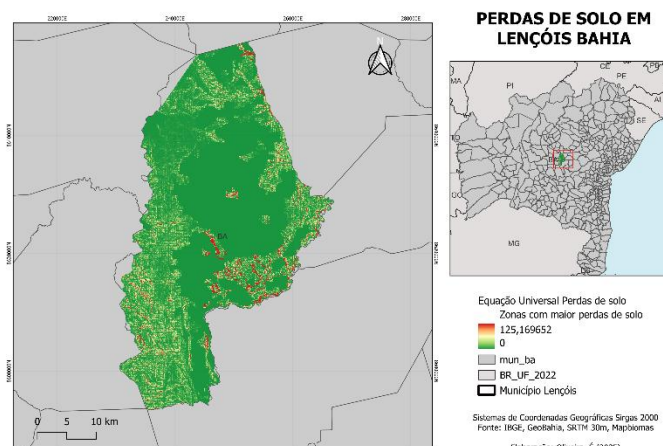


Figura 02: Histograma do relevo – SRTM 30 M



O histograma (Figura 02) apresentado refere-se a imagem do modelo digital de elevação (MDE) SRTM da região de Lençóis, localizada na Chapada Diamantina, Bahia. O gráfico exibe a distribuição da frequência dos valores de pixel da banda de elevação, os quais correspondem à altitude em metros. Observa-se que a altitude na área de estudo varia aproximadamente entre 300 e 1500 metros. A maior concentração de pixels ocorre na faixa entre 350 e 450 metros, o que indica que essa é a altitude predominante na região provavelmente representando os vales e áreas mais planas. Além disso, nota-se uma frequência considerável de pixels nas faixas entre 700 e 1000 metros, o que revela a presença de altitudes intermediárias, típicas de platôs e áreas de relevo mais acidentado. Há também um número expressivo de pixels com altitudes superiores a 1000 metros, chegando a valores acima de 1400 metros, indicando a ocorrência de áreas montanhosas, como serras e cumes elevados característicos da Chapada Diamantina. A região de Lençóis apresenta um relevo bastante heterogêneo, com altitudes que variam de forma expressiva em curtas distâncias.

Figura 03: Distribuição espacial da perda de solo no município de Lençóis – BA, resultado da Equação Universal de Perda de solos USLE.





elevados, podendo gerar implicações severas para os processos edáficos e hidrológicos locais, como o empobrecimento do solo, o assoreamento de corpos hídricos e a redução da produtividade agrícola.

Quadro 01: Estatística perdas de solos em Lençóis - BA

Indicador	Valor	Unidade
Área Total do Município (km ²)	1283,33	km ²
Número de pixels analisados	1345885	—
Soma total das perdas de solo	16691909,46	toneladas/ano
Perda média de solo	12,4	toneladas/hectare/ano
Mediana das perdas de solo	0,007	toneladas/hectare/ano
Desvio padrão	45,34	toneladas/hectare/ano

Conforme o Quadro 01, demonstra uma perda total estimada de aproximadamente 16,7 milhões de toneladas de solo por ano. A média municipal de perdas foi de 12,4 t/ha.ano, valor considerado moderado a alto. Contudo, a mediana muito baixa (0,007 t/ha.ano) sugere que a maior parte do território apresenta perdas reduzidas, o que é coerente com a vegetação natural preservada em boa parte da área. Isso indica que os valores mais elevados estão concentrados em áreas específicas, locais com declividades acentuadas, menor cobertura vegetal ou uso inadequado do solo. O desvio padrão elevado (45,34) revela grande variabilidade espacial das perdas no município, apontando para a coexistência de áreas bem conservadas com zonas críticas de erosão. O valor modal (mais frequente) igual a zero reforça a predominância de áreas com pouca ou nenhuma perda, o que é positivo, mas exige atenção aos pontos vulneráveis. Esses dados são fundamentais para subsidiar a elaboração de políticas públicas de manejo e conservação, indicando as áreas prioritárias para intervenção, recuperação de áreas degradadas e readequação do uso da terra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise espacial indica, portanto, que o município apresenta uma heterogeneidade ambiental significativa, resultado da interação entre fatores naturais e antrópicos. A modelagem baseada na USLE se mostra eficiente para o diagnóstico de áreas vulneráveis à erosão e subsidia a formulação de estratégias de manejo e conservação do solo. A identificação das zonas críticas permite direcionar ações de intervenção, como o incentivo a práticas conservacionistas, a recuperação de áreas



degradadas e o planejamento do uso do solo de forma compatível com sua aptidão ambiental.

Em síntese, os resultados obtidos reafirmam a importância do uso de ferramentas de geoprocessamento e modelagem espacial para fins de gestão ambiental, especialmente em municípios inseridos em contextos geomorfológicos complexos, como é o caso de Lençóis. A adoção de medidas preventivas e corretivas se faz urgente diante das evidências de degradação identificadas, com vistas à preservação dos recursos naturais e à promoção do desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: lençóis, intensidade pluviométrica, erosão hídrica, geomorfologia, USLE

REFERÊNCIAS

- BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. São Paulo: Ícone, 1990.
- Buckman, H.O.; Brady, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1976. 595p.
- CREPANI, Edison. MEDEIROS, José Simão de. PALMEIRA, Alessandro Ferraz. **Intensidade pluviométrica: uma maneira de tratar dados pluviométricos para análise da vulnerabilidade de paisagens à perda de solo**. INPE, São José dos Campos 2004.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema Brasileiro de Classificação de Solo Geológico, São Paulo v. 15, n.1/2, p. 59 - 67,1994. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-929X.19940006>
- GUIRRA, Alesson Pires Maciel. SANTOS, Caio Augusto Marques dos. **Uso de geoestatística na correlação entre graus de vulnerabilidade e fragilidade ambientais associados à intensidade pluviométrica e erosividade das chuvas em parte da região sudeste e centro-sul matogrossense**. XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. Instituto de Geociências - Unicamp. Campinas- SP. 2017.
- LOMBARDI NETO, F.; BERTONI J. Tolerância de perdas de terra para solo do Estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 1975
- MANNIGEL, A. R. et al. Fator erodibilidade e tolerância de perda de solos do Estado de São Paulo. v. 24, n. 5, p. 1335–1340, 2002
- MELLO, M.H.A.; ARRUDA, H.V.; ORTOLANI, A.A. **Probabilidade de ocorrência de totais pluviais máximos horários em Campinas, São Paulo**. Revista do Instituto



Projeto MapBiomas – Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil, acessado em 04/06/2025 através do link: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura>

SANTOS, G.G.; GRIEBELER, N.P.; OLIVEIRA, L.F.C. **Chuvas intensas relacionadas à erosão hídrica.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.14, n.2, p. 115-123, 2010.
SOARES, R.V. e BATISTA, A.C. **Meteorologia e Climatologia Florestal.** Curitiba: UFPR. 2004. p. 195

