ANÁLISE DAS ALTERAÇÕES NO USO E COBERTURA DA TERRA E OS SEUS EFEITOS NA DINÂMICA ANUAL DA PERDA DE SOLO NA BACIA DO RIO MAMANGUAPE (1994 - 2024)

Maria Júllia Souza Pontes [1] ; Alexandro Medeiros Silva [2]

RESUMO – As mudanças no uso e cobertura da terra (UCT) influenciam diretamente os processos erosivos e a produção de sedimentos em bacias hidrográficas. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo analisar a influência das alterações do uso e ocupação do solo sobre as perdas de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape (PB) entre 1994 e 2024. Para isso, foram utilizados dados de uso e cobertura da terra do projeto MapBiomas (Coleção 10) e a Equação Universal de Perda de Solo (USLE), integrada a técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto. Os fatores erosividade da chuva (R), erodibilidade do solo (K), topografia (LS) e cobertura e manejo do solo (CP) foram especializados e combinados para estimar a perda de solo na bacia. Os resultados evidenciaram alterações significativas na dinâmica de uso da terra, destacando-se as transições entre pastagem, mosaico de usos e formações vegetais nativas. As maiores perdas de solo estiveram associadas à conversão de áreas de vegetação natural para usos antrópicos, especialmente para mosaico de usos, enquanto a recuperação da cobertura vegetal promoveu redução dos processos erosivos. Conclui-se que as mudanças no uso e cobertura da terra exerceram influência direta na dinâmica erosiva da bacia, reforçando a importância da conservação da vegetação nativa para a mitigação da perda de solo.

ABSTRACT – Changes in land use and land cover (LUC) directly influence erosion processes and 3sediment production in watersheds. In this context, this study aimed to analyze the influence of land use and land cover changes on soil loss in the Mamanguape River Watershed (PB) between 1994 and 2024. To this end, land use and land cover data from the MapBiomas project (Collection 10) and the Universal Soil Loss Equation (USLE), integrated with geoprocessing and remote sensing techniques, were used. The factors rainfall erosivity (R), soil erodibility (K), topography (LS), and soil cover and management (CP) were spatially represented and combined to estimate soil loss in the watershed. The results showed significant changes in land use dynamics, highlighting the transitions between pasture, land use mosaics, and native vegetation formations. The greatest soil losses were associated with the conversion of areas of natural vegetation to anthropogenic uses, especially to land-use mosaics, while the recovery of vegetation cover promoted a reduction in erosive processes. It is concluded that changes in land use and cover exerted a direct influence on the erosive dynamics of the basin, reinforcing the importance of native vegetation conservation for mitigating soil loss.

Palavras-Chave – Uso e cobertura da terra; USLE; Erosão do solo.

[1]) Graduanda em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 - Brasil – souzajullia64@gmail.com
[2])Professor Adjunto I do Departamento de Geociências/CCEN na Universidade Federal da Paraíba - Campus I, Cidade Universitária, s/n - Castelo Branco - João Pessoa - PB - CEP: 58051-900 – Brasil - alexandro.medeiros@academico.ufpb.br

INTRODUÇÃO

As mudanças no uso e cobertura da terra (UCT) representam um dos principais indicadores das transformações ambientais decorrentes das atividades humanas e dos processos naturais, influenciando diretamente a dinâmica dos ecossistemas, a biodiversidade, os recursos hídricos e os processos erosivos (Oliveira et al., 2024; Assfaw et al., 2025). As modificações nos padrões de ocupação do solo e na cobertura vegetal alteram significativamente a suscetibilidade à erosão hídrica, interferindo na desagregação, transporte e deposição de partículas, tornando o UCT uma importante variável reguladora da produção e do transporte de sedimentos em bacias hidrográficas (Cunha et al., 2022; Herano et al., 2025). Estudos recentes demonstram que as mudanças nos padrões de ocupação do território estão associadas ao aumento da produção de sedimentos, decorrentes principalmente da conversão da vegetação nativa para atividades agropecuárias, bem como às alterações nos processos erosivos em bacias hidrográficas (Xavier et al., 2013; Couto Júnior et al., 2019; Lense et al., 2023; Assfaw et al., 2025).

Diante da complexa dinâmica espacial e temporal das alterações no UCT, e na sua relação direta com os processos erosivos, a realização do monitoramento das alterações de forma contínua exclusivamente por levantamentos de campo torna-se muitas vezes inviável, devido aos altos custos de uma operação como essa. Dessa forma, a utilização dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e, principalmente, do sensoriamento remoto tornam esse monitoramento viável, de maneira contínua espacial e temporalmente. A integração dessas ferramentas permite a construção e análise de séries temporais extensas, possibilitando identificar, observar e comparar padrões espaciais e temporais nas mudanças de uso e ocupação da terra (Mohanrajan, 2020).

Para compreender como essas alterações no UCT afetam a perda de solo e a produção de sedimento, faz-se necessária a utilização de métodos diretos ou indiretos, como por exemplo a utilização de modelos. Um dos modelos que se destacam na literatura, pode-se destacar a USLE (*Universal Soil Loss Equation*), desenvolvida por Wischmeier e Smith (1965) e as sua derivações, como a MUSLE (*Modified Universal Soil Loss Equation*), proposta por Williams (1975), e a RUSLE *(Revised Universal Soil Loss Equation*), elaborada por Renard et al. (1997), amplamente utilizadas em estudos de erosão hídrica e conservação do solo.

Diversos estudos têm associado produtos de uso e cobertura da terra derivados do sensoriamento remoto à USLE (Wischmeier e Smith, 1965) para avaliar mudanças na paisagem e estimar perdas de solo. Oliveira et al. (2024), utilizando o modelo RUSLE3D no bioma Caatinga, identificaram aumento da suscetibilidade à erosão relacionado à redução da vegetação nativa e à expansão agropecuária. De forma semelhante, Lense et al. (2023) aplicaram RUSLE, SIG e sensoriamento remoto no Sistema Cantareira, destacando áreas agrícolas e florestas plantadas como importantes fontes de sedimentos. Júnior et al. (2019) verificaram que a expansão da cana-de-açúcar em uma bacia experimental paulista intensificou progressivamente as perdas de solo. Na Paraíba, Xavier et al. (2013) utilizaram USLE e SIG na bacia do rio Mamuaba, identificando áreas mais vulneráveis à erosão e maior aporte sedimentar associado às mudanças de uso do solo. Mais recentemente, Pontes et al. (2026) analisaram a bacia do açude General Sampaio (CE) com sensoriamento remoto, Google Earth Engine e USLE/RUSLE, constatando predominância de erosão leve, mas com áreas de erosão grave relacionadas à baixa cobertura vegetal e à influência do fator topográfico (LS).

Nesse contexto, o conhecimento da distribuição espacial dos tipos de uso e cobertura da terra torna-se fundamental para orientar a utilização racional do espaço e possibilitar a análise das alterações ocorridas ao longo do tempo, contribuindo para a compreensão das dinâmicas da paisagem (IBGE, 2006). Além disso, a avaliação das mudanças no uso e cobertura da terra permite identificar áreas mais suscetíveis à erosão e estimar potenciais perdas de solo, fornecendo subsídios para estudos de produção de sedimentos e planejamento ambiental. Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo principal, analisar as mudanças no uso e cobertura da terra, e sua relação

com a perda de solo para a Bacia do Rio Mamanguape entre os anos de 1994 e 2024 utilizando a USLE e os dados do MAPBIOMAS .

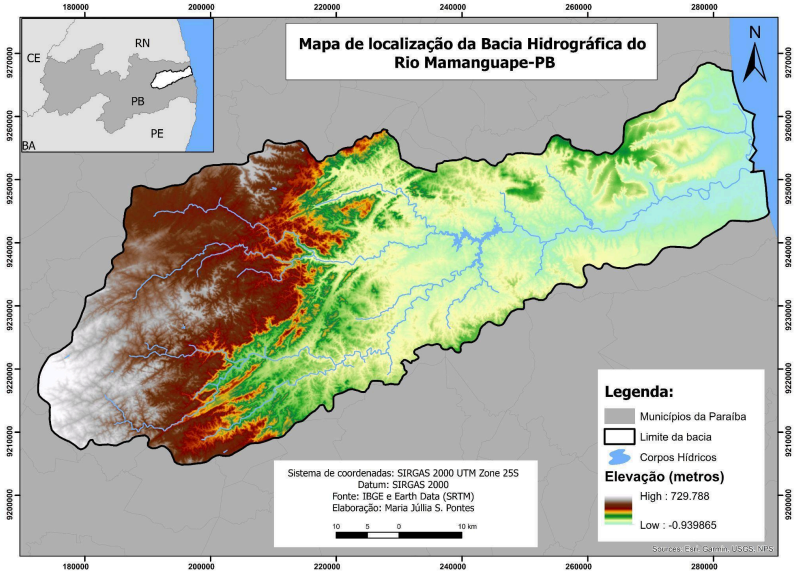
MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Rio Mamanguape (BHRM) localiza-se no extremo leste do estado da Paraíba e abrange total ou parcialmente o território de 30 municípios, ocupando uma área aproximada de 3.523 km² e apresentando uma população estimada em cerca de 553.300 habitantes (IBGE, 2022). A bacia está inserida entre as latitudes 6°36′49″ e 7°11′08″ Sul e as longitudes 34°54′42″ e 35°57′51″ Oeste (Figura 1). Considerada uma das principais bacias hidrográficas do estado, a BHRM desempenha papel importante no desenvolvimento socioeconômico da região canavieira paraibana, concentrando diversas atividades econômicas que contribuem para a diversidade ambiental e produtiva da área (Santos et al., 2005).

A nascente do rio Mamanguape é localizada no Planalto da Borborema, na região serrana do Nordeste Brasileiro, sua bacia abarca uma região de transição entre a zona da mata e a zona semi-árida, possuindo diferentes tipos de vegetação (Caatinga e Mata Atlântica), solos (profundo no litoral e rasos na região semiárida) e regimes climatológicos. Possui precipitação anual média de aproximadamente 1100 mm, com temperatura média anual de 24,3 °C, mínimo de 23,0 °C e máximo de 25,5 °C (Santos *et al*., 2015).

Figura 1: Mapa de localização da Bacia do Rio Mamanguape



Fonte: Os Autores (2026)

EQUAÇÃO UNIVERSAL DE PERDA DE SOLO (USLE)

A *Universal Soil Loss Equation* (USLE), proposta por Wischmeier e Smith (1975), é um dos modelos empíricos mais utilizados na estimativa das perdas médias anuais de solo, considerando fatores relacionados ao clima, tipo de solo, relevo, cobertura vegetal e práticas conservacionistas, conforme a equação 1.

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

onde A corresponde à estimativa da perda de solo ao longo do tempo (t/ha/ano); R representa o fator de erosividade da chuva, relacionado ao potencial erosivo das precipitações

(MJ · mm/ha/h/ano); K refere-se à erodibilidade do solo, variando conforme as características de cada classe de solo (t · ha · h/ha/MJ/mm); LS corresponde ao fator topográfico, associado ao comprimento de rampa e à declividade do terreno; C representa o fator de cobertura e manejo do solo, relacionado aos diferentes usos e formas de ocupação da terra; e P corresponde ao fator de práticas conservacionistas, expresso pela relação entre as técnicas de conservação adotadas e a redução das perdas de solo (Xavier *et. al* 2013).

O fator R (erosividade) da USLE foi calculado tendo base na equação 2 proposta por Bertoni e Lomdarbi Neto (1999). Foram utilizados dados de precipitação diária de 29 postos pluviométricos para o período de 1994-2024, os dados foram coletados no HIDROWEB da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA). Os dados de precipitação diária agrupados mensalmente. Em seguida foram calculados a média mensal e a anual para cada posto para se determinar a erosividade anual para cada posto utilizado. O Fator R pode ser dado por:

$$R = \sum_{i=1}^{12} 89,823\left(\frac{P_m{}^2}{P_a}\right)^{0,759} \quad (2)$$

sendo R o fator de erosividade da chuva (MJ · mm/ha/h/ano), P_m a precipitação mensal (mm), P_a a precipitação média total anual (mm). Após isso, os dados de erosividade foram interpolados utilizando o Método do Inverso do Quadrado da Distância (IDW) utilizando a biblioteca NumPy/SciPy em Python., esse método de interpolação baseia-se no princípio de que quanto mais próximo um ponto estiver do outro, maior será a correlação entre seus valores.

O fator de erodibilidade do solo (Fator K) foi obtido através do estudo realizado por Francisco *et. a*l (2025), O fator de erodibilidade do solo (K) foi estimado por meio da equação indireta proposta por Denardin (1990), adaptada por Chaves et al. (2004), utilizando informações granulométricas e de permeabilidade dos solos obtidas dos perfis pedológicos disponíveis para o Estado da Paraíba. Os valores foram calculados para cada unidade de solo e posteriormente espacializados em ambiente SIG.

Para o cálculo do fator LS da USLE utilizou-se o do Modelo Digital de Elevação com resolução espacial de 30 metros, obtido através da plataforma *Google Earth Engine* (GEE). A equação escolhida para o presente artigo foi escolhida, pois demonstrou ser eficaz na representação do fator topográfico em bacias da região litorânea do Nordeste, como apresentado nos trabalhos de Silva et al. (2007), Silva et al. (2012). O Fator LS é dado pela seguinte expressão:

$$LS = \left(\frac{V}{22,13}\right)^{0,4}\left(\frac{sin\theta}{0,0896}\right)^{1,3} \quad (3)$$

sendo V a acumulação de fluxo multiplicada pelo tamanho da célula, θ o ângulo da declividade em graus, ambos os parâmetros são derivados do Modelo Digital de Elevação.

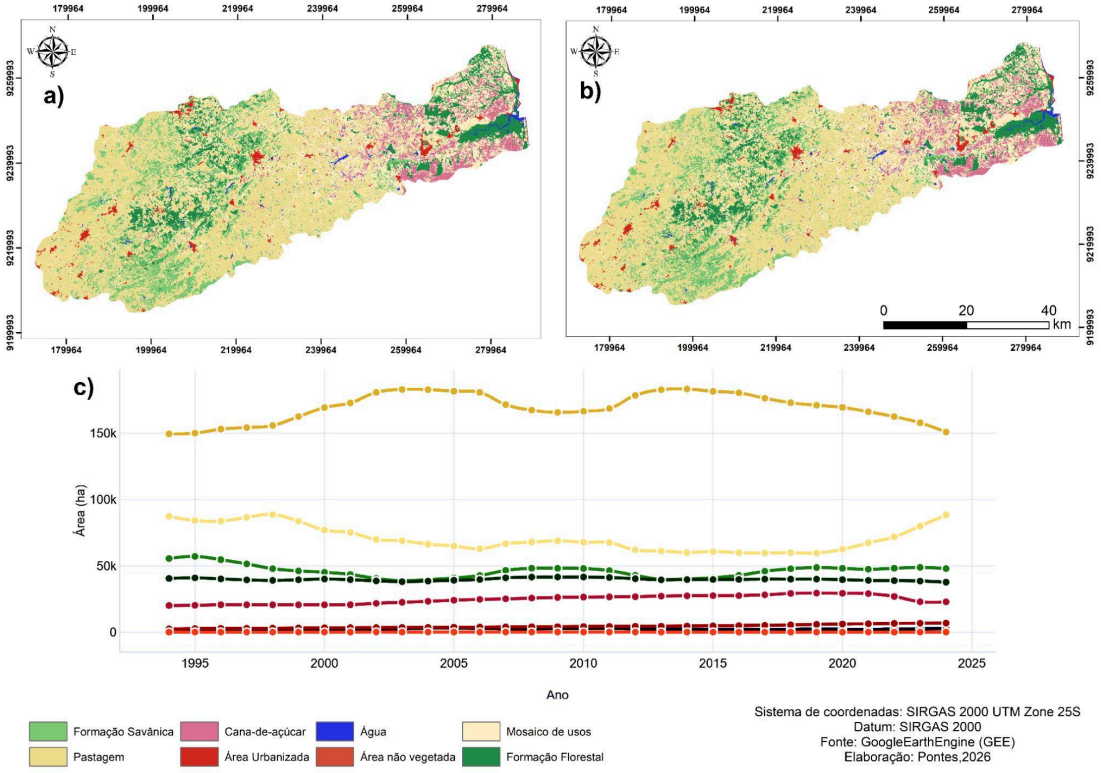
Para a análise da área de estudo foram utilizados os dados obtidos através do projeto MapBiomas, que foi iniciado em julho de 2015. O projeto disponibiliza atualmente uma coleção de mapas de UCT para o período de 1985-2025, totalizando um total de 40 anos. No presente estudo, o recorte temporal analisado compreendeu o período de 1994 a 2024, totalizando 31 anos. Essa delimitação foi realizada em função de ser um período com dados de chuva mais consistentes em toda a bacia. Os dados de UCT foram obtidos através da plataforma GEE (coleção 10). Das 38 classes de UCT presentes na coleção 10, foi possível identificar 16 delas na BHRM. A partir dessa base, foi realizada uma reclassificação com o objetivo de evitar classes com áreas inexpressivas e agrupar aquelas que possuem o mesmo valor de CP. O agrupamento das classes seguiu a seguinte configuração: A classe Áreas não vegetadas (CP = 1,0) resultou da união de “Praia, Duna e Areal”, “Outras áreas não vegetadas” e “Afloramento rochoso”; “Aquicultura” e “Rios, Lagos e Oceanos” compuseram a categoria Água (CP= 0,0); “Mosaico de usos” e “Outras lavouras temporárias” foram agrupadas em Mosaico de Usos (CP = 0,024); e, por fim classes de vegetação menores na

região litorânea como mangue, apicum, áreas pantanosas que possuem CP muito baixo, foram agrupadas em Formação florestal (CP = 0,001). As classes urbano (CP = 0,0), Vegetação savânica (CP= 0,003), Pastagem (CP =0,016) e Cana-de-açucar (CP = 0,05) não passaram pelo processo de reclassificação. Os valores de CP foram obtidos através do trabalho de Francisco, *et al* (2026). No presente estudo, assumimos que o valor de P é igual a 1, seguindo a metodologia sugerida por Gurgel et al. (2011), onde recomenda-se que quando o enfoque do trabalho é a perda de solo por erosão, os fatores C e P sejam utilizados como um único fator.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A figura 2 representa a distribuição espacial as classes de uso e cobertura da terra para os anos de 1994 (figura 2a) e 2024 (figura 2b), como também um gráfico de evolução do UCT (figura 3c), representando as principais transições que ocorreram na bacia ao longo do período analisado. A partir da imagem, é possível observar que a bacia é predominantemente composta pelas classes de pastagem, mosaico de usos e algumas áreas remanescentes de cobertura vegetal nativa, como formação florestal e savânica. Com relação as áreas de cultivo de cana-de-açúcar, é possível observar um crescimento ao longo dos anos, sempre concentrada na região leste da bacia, enquanto classes de área urbanizada e corpos d'água representam menores porções.

Figura 2: Uso e cobertura da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape em 1994 (a) e 2024 (b), e gráfico de evolução do UCT no período analisado (c).



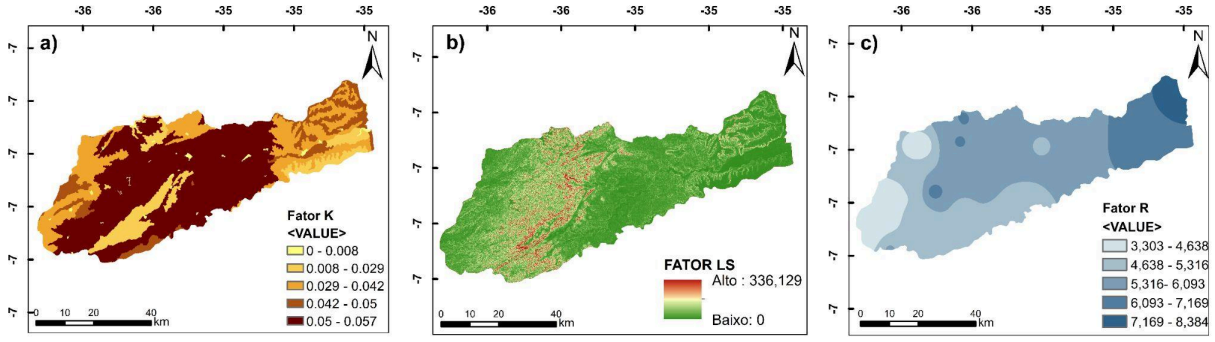
Fonte: Os Autores (2026)

A comparação entre os mapas de uso e cobertura da terra de 1994 (Figura 2a) e 2024 (Figura 2b) evidencia alterações na configuração espacial das classes ao longo das últimas três décadas. Embora grande parte da bacia tenha mantido seu padrão de ocupação, observam-se mudanças relevantes, principalmente entre as classes de pastagem, mosaico de usos e vegetações nativas. O gráfico de evolução temporal (Figura 2c) demonstra que as áreas de pastagem permaneceram como a classe predominante durante todo o período analisado, apresentando expansão até

aproximadamente 2013, quando atingiu sua maior extensão. A partir de então, observa-se uma tendência de redução, entre 2019 e 2024, as áreas de pastagem diminuíram de cerca de 160 mil ha para aproximadamente 150 mil ha. Em contrapartida, a classe mosaico de usos apresentou um crescimento contínuo nos últimos anos, passando de cerca de 65 mil ha em 2019 para aproximadamente 90 mil ha em 2024. A classe mosaico de usos pode ser majoritariamente associada a atividades agrícolas, indicando uma provável transição das atividades de pecuária para agricultura nos últimos anos na BHRM.. As classes que representam as áreas de vegetação nativa, formações florestal e savânica apresentaram oscilações ao longo da série histórica, mas mantiveram relativa estabilidade espacial quando comparadas às mudanças observadas nas áreas destinadas às atividades agropecuárias.

A Figura 3 apresenta a distribuição espacial dos fatores K (erodibilidade do solo), LS (fator topográfico) e R (erosividade da chuva) na área de estudo. Os valores de K variaram entre 0,008 e 0,058, com maiores índices concentrados na região central da bacia, indicando maior suscetibilidade dos solos aos processos erosivos, enquanto os menores valores ocorrem principalmente nas extremidades oeste e leste. O fator LS apresentou variação de aproximadamente 0 a 336, sendo predominantes os baixos valores associados a relevo suave; entretanto, os maiores índices concentram-se em áreas de encostas mais íngremes e próximas aos canais de drenagem, especialmente nas porções central e nordeste, favorecendo o aumento do escoamento superficial e do transporte de sedimentos.

Figura 3: *Fatores K (erodibilidade do solo), LS (fator topográfico) e R (erosividade da chuva) na área de estudo*



Fonte: Os Autores (2026)

Já o fator R variou entre 3.303 e 8.384 MJ·mm·ha^{-1}·h^{-1}·ano^{-1}, apresentando aumento gradual no sentido oeste-leste da bacia, com maiores valores nas porções leste e nordeste, indicando maior potencial erosivo das chuvas nessas áreas.

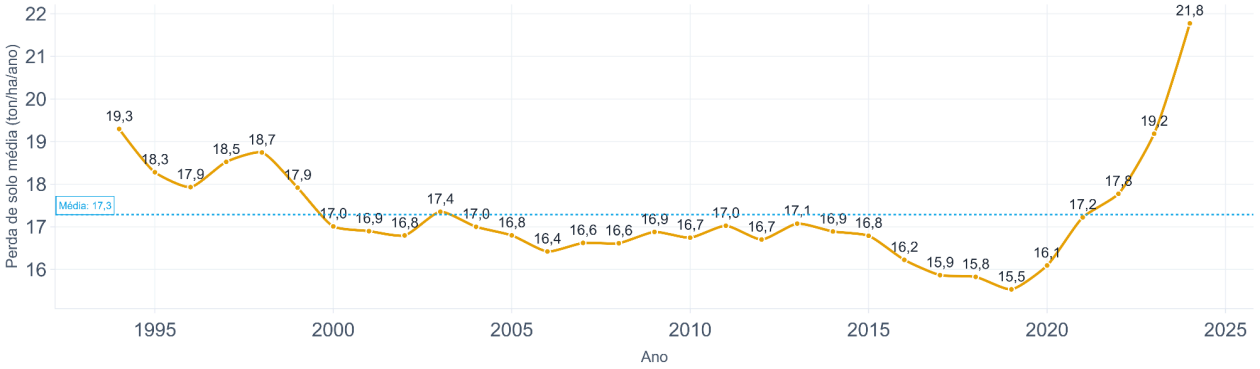
O figura 4 apresenta a evolução da perda de solo média anual na Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape entre 1994 e 2024. Os valores oscilaram em torno da média histórica de 17,3 t ha^{-1} ano^{-1}, apresentando tendência de redução entre os anos 2000 e 2019, período em que foram registrados os menores valores da série, com destaque para 2019 (15,5 t ha^{-1} ano^{-1}). A partir de 2020 observa-se uma mudança nesse comportamento, com aumento progressivo das perdas de solo, atingindo 21,8 t ha^{-1} ano^{-1} em 2024, o maior valor registrado em todo o período analisado.

Ao analisar de maneira conjunta as alterações de uso e cobertura da terra e o comportamento da produção de sedimentos, é possível verificar que as alterações mais recentes identificadas na bacia acarretaram em um aumento expressivo do potencial de perda de solo na BHRM. Esse comportamento demonstra um efeito direto do aumento das áreas classificadas como Mosaico de

usos. Apesar de na figura 2c ficar evidente uma transição direta entre pastagem e mosaico de usos, foi possivel avaliar que, em menor grau, houveram transições de outras classes para mosaicos de uso, provocando então esse aumento substancial na produção de sedimentos na bacia nos últimos anos da série analisada.

Para uma melhor compreensão dos efeitos dessas alterações, a figura 5 apresenta a média do impacto das principais transições de uso e cobertura da terra sobre a perda de solo na bacia hidrográfica entre os anos de 1994 e 2024, onde é possível observar que os maiores impactos na perda de solo da bacia estão relacionadas a conversão de áreas de vegetação natural e de patagem para a classes mosaico de usos.

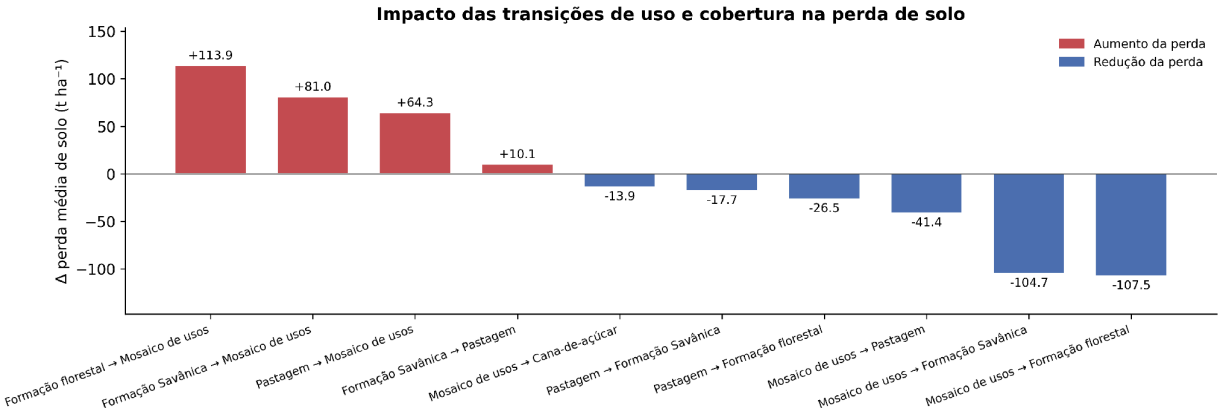
Figura 4: *Evolução da perda de solo média anual*



Fonte: Os Autores (2026)

A transição de formação florestal para mosaico de usos apresentou um aumento na média na perda de solo, na ordem de 113,9 t ha^{-1}, seguida pelas transições de formação savânica para mosaico de usos (81,0 t ha^{-1}) e pastagem para mosaico de usos (64,3 t ha^{-1}). Esses resultados mostram que a substituição da cobertura vegetal por usos intensivos da terra reduz a proteção superficial do solo, favorecendo a ação dos processos erosivos e do escoamento superficial. Por outro lado, as transições que estão relacionadas a conversão ou ao aumento da cobertura vegetal resultaram em reduções da perda de solo, as maiores reduções foram observadas nas conversões de mosaico de usos para formação florestal (−107,5 t ha^{-1}) e mosaico de usos para formação savânica (−104,7 t ha^{-1}), demonstrando a importância da vegetação nativa na diminuição dos processos erosivos.

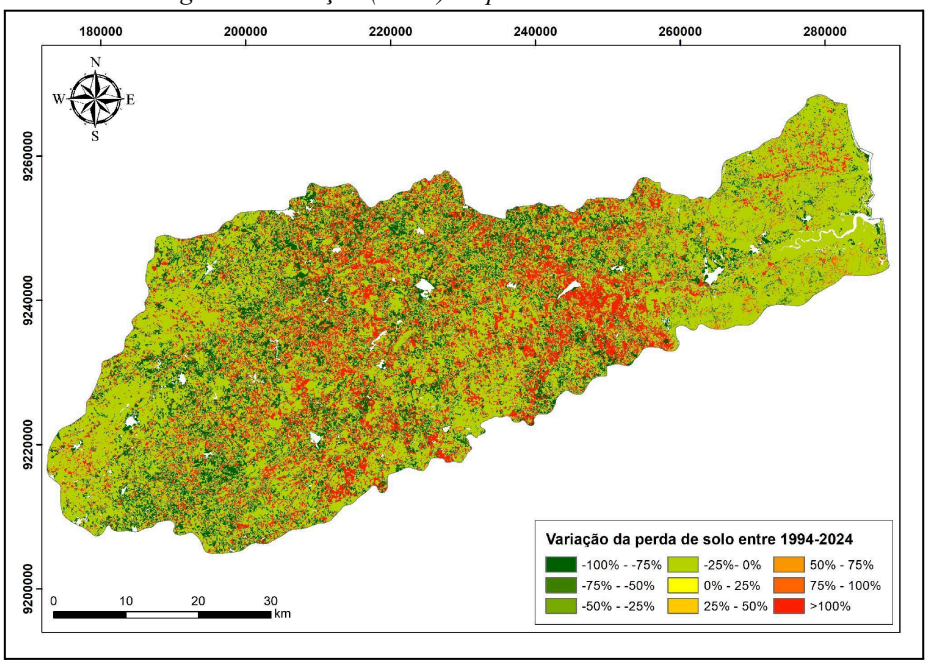
Figura 5: Impacto das transições de uso e cobertura na perda de solo



Fonte: Os Autores (2026)

No que diz respeito à variação espacial da perda de solo na BHRM, a figura 6 apresenta a variação percentual da perda de solo mediante as mudanças de uso e cobertura da terra ocorridas entre 1994 e 2024,evidenciando que a dinâmica erosiva não ocorreu de forma homogênea na bacia hidrográfica, resultando em áreas com aumento e outras com redução das taxas de perda de solo ao longo do período. As áreas representadas em tons verdes correspondem às regiões que apresentaram redução da perda de solo, com variações entre -25% e -100%, essas reduções estão associadas principalmente à recuperação da cobertura vegetal, especialmente em locais onde ocorreram transições para formações florestais e savânicas, contribuindo para maior preservação do solo, e consequentemente o impacto das chuvas e do escoamento superficial diminuem nessas áreas.

Figura 6: Variação (em %) da perda de solo 1994 e 2024



Fonte: Os Autores (2026)

Já as áreas representadas em tons amarelos, laranja e vermelho indicam aumento da perda de solo, variando de 0% a valores superiores a 100%. Os maiores valores concentram-se principalmente nas regiões central, sul e nordeste da bacia, nessas áreas, a substituição da vegetação nativa por usos antrópicos, como mosaicos de usos agropecuários e áreas de pastagem, contribuem para a redução da proteção superficial do solo e para o aumento da ação erosiva do escoamento superficial. As áreas que estão representadas pela classe -25% a 25% podem ser interpretadas majoritariamente como áreas estáveis, onde não apresentaram grandes alterações, justamente sendo as classes mais representativas em toda a área de estudo. Porém, a presença de áreas expressivas com aumentos superiores a 75% demonstra que as mudanças no uso e cobertura da terra ocorridas entre 1994 e 2024 representaram grande influência sobre a produção de sedimentos e a dinâmica dos processos erosivos.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstraram que as mudanças no uso e cobertura da terra exerceram influência direta sobre a dinâmica da perda de solo na Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape entre 1994 e 2024, a partir da análise temporal, se torna evidente as alterações significativas na ocupação da bacia, com destaque para a redução das áreas de pastagem e o aumento do mosaico de usos nos últimos anos. Essas transformações refletiram no comportamento da perda de solo, que apresentou aumento a partir de 2020, atingindo seu maior valor em 2024, as maiores taxas de perda de solo estiveram associadas à conversão de áreas de vegetação nativa para usos antrópicos,

enquanto as transições relacionadas à recuperação da cobertura vegetal promoveram reduções significativas dos processos erosivos. A análise espacial confirmou que as mudanças na dinâmica erosiva ocorreram de forma heterogênea na bacia, evidenciando que as áreas da porção central da bacia foram mais suscetíveis ao aumento da produção de sedimentos. A partir disso, o estudo reforça a importância do constante monitoramento das alterações do uso e cobertura do solo, da conservação e recuperação da vegetação nativa como estratégia para a redução da perda de solo, demonstrando o potencial da integração entre dados do MapBiomas, sensoriamento remoto e USLE na avaliação dos impactos das mudanças de uso da terra sobre os processos erosivos.

REFERÊNCIAS

ASSFAW, M. T.; NEKA, B. G.; AYELE, E. G. Effects of land use and land cover changes on sediment yield dynamics in the Kessem watershed, Middle Awash sub-basin, Ethiopia. **Journal of Water and Climate Change**, v. 16, 2025.

CABALLERO, Cassia Brocca *et al*. Transformation of Brazil's biomes: The dynamics and fate of agriculture and pasture expansion into native vegetation. **Science of the Total Environment**, v. 896, p. 166323, 2023.

CHAVES, I. B.; SILVA, M. T.; ARAÚJO FILHO, J. C.; LEITE, A. P. **Erodibilidade dos solos do Estado da Paraíba**. Campina Grande: EMEPA/SEMARH-PB, 2004.

COUTO JÚNIOR, A. A.; CONCEIÇÃO, F. T.; FERNANDES, A. M.; SPATTI JUNIOR, E. P.; LUPINACCI, C. M.; MORUZZI, R. B. Land use changes associated with the expansion of sugar cane crops and their influences on soil removal in a tropical watershed in São Paulo State (Brazil). **Catena**, v. 172, p. 313–323, 2019.

CUNHA, E. R.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, R. M.; PANACHUKI, E.; OLIVEIRA, P. T. S.; OLIVEIRA, N. S.; FALCÃO, K. S. Assessment of current and future land use/cover changes in soil erosion in the Rio da Prata basin (Brazil). **Science of the Total Environment**, v. 818, p. 151811, 2022.

DENARDIN, J. E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. 81 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

GAROFOLO, L.; RODRIGUEZ, D. A. Impacto observado das mudanças no uso e cobertura da terra na hidrologia de bacias com ênfase em regiões tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 42, e201902069, 2022. DOI: https://doi.org/10.4336/2022.pfb.42e201902069.

GURGEL, R. S.; JÚNIOR, O. A. C.; GOMES, R. A. T.; GUIMARÃES, R. F.; CÂMARA, J. F. A.; SOBRINHO, D. A.; MARTINS, E. S.; BRAGA, A. R. S. Identificação das áreas vulneráveis à erosão a partir do emprego da EUPS – equação universal de perdas de solos no município de Riachão das Neves – BA. **Geografia Ensino e Pesquisa**, v. 15, n. 3, 2011

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

IBGE. **Mapa de solos**. Rio de Janeiro, 2018. 1 mapa, color. Escala 1:250.000. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/pedologia/10871-pedologia.html?=&t=downloads. Acesso em: 1 jan. 2024.

LENSE, G. H. E. *et al*. Modeling of Soil Loss by Water Erosion and Its Impacts on the Cantareira

System, Brazil. **Water**, v. 15, n. 8, p. 1490, 2023.

MATOS, A. P. *et al*. Accounting for alternation in temporal quality analysis in MapBiomas Brazil. **International Journal of Digital Earth**, v. 18, n. 1, 2025. DOI: https://doi.org/10.1080/17538947.2025.2528604.

MOHANRAJAN, S. N.; LOGANATHAN, A.; MANOHARAN, P. Survey on Land Use/Land Cover (LU/LC) change analysis in remote sensing and GIS environment: Techniques and Challenges. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 24, p. 29900–29926, 2020.

OLIVEIRA, F. G. G.; AMORIM, J. S.; DOMINGUES, G. F. Effects of land use and land cover change on soil erosion in the Caatinga biome. **Environment, Development and Sustainability**, 2024.

QUINTÃO, J. M. B. *et al*. Mudanças do uso e cobertura da terra no Brasil, emissões de GEE e políticas em curso. **Ciência e Cultura**, v. 73, n. 1, p. 18–24, 2021.

SANTOS, E. C. A.; ARAÚJO, L. E. de; MARCELINO, A. S. Análise climática da Bacia Hidrográfica do Rio Mamanguape. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 1, p. 9–14, 2005.

SANTOS, P. A. de *et al*. Land Use and Land Cover Products for Agricultural Mapping Applications in Brazil: Challenges and Limitations. **Remote Sensing**, v. 17, n. 13, art. 2324, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/rs17132324.

SILVA, J. L. B. de *et al*. Land Use and Land Cover Change Patterns from Orbital Remote Sensing Products: Spatial Dynamics and Trend Analysis in Northeastern Brazil. **Land**, v. 14, n. 10, art. 1954, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/land14101954.

SILVA, R. M.; MONTENEGRO, S. M. G.; SANTOS, C. A. G. Integration of GIS and remote sensing for estimation of soil loss and prioritization of critical sub-catchments: a case study of Tapacurá catchment. **Natural Hazards**, v. 63, n. 3, p. 576-592, 2012.

SILVA, R. M. *et al*. Soil loss prediction in Guaraíra river experimental basin, Paraíba, Brazil based on two erosion simulation models. **Revista Ambiente & Água**, v. 2, n. 3, p. 19-33, 2007.

SOUZA, C. M. de, Jr. *et al*. Reconstructing Three Decades of Land Use and Land Cover Changes in Brazilian Biomes with Landsat Archive and Earth Engine. **Remote Sensing**, v. 12, n. 17, art. 2735, 2020. DOI: https://doi.org/10.3390/rs12172735.

UBIDA, Maria Clara Araujo. **Análise da perda de solo (USLE) em canaviais da micro bacia do Córrego Rico (2012-2022)**. 2025. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – [Inserir a instituição de ensino, ex: Universidade Estadual Paulista], [Inserir a Cidade], 2025.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses**: a guide to conservation planning. Washington: USDA, 1965. 58 p. (Agriculture Handbook, 537).

XAVIER, Ana Paula Campos *et al*. Avaliação da influência do uso e ocupação do solo nas perdas de solo na bacia do Rio Mamuaba, estado da Paraíba. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 20., 2013, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2013. p. 1-9.