ANÁLISE DAS PERDAS DE SOLO NA BACIA DO ALTO PARAÍBA – PB, UTILIZANDO O SWAT+

Alaine de Sousa Pereira[1]; Luís Henrique Aprígio Silva[2]; Tuany Kerolayne de Oliveira Ferreira[3]; Jennifer Marinho do Nascimento Fernandes[4]; Maria Cecilia Silva Souza[5]; Clara Tavares Gadelha[6]; Susana Cristina Batista Lucena[7]; Antônio Marcos Nunes dos Santos[8]; Richarde Marques da Silva[9] & Marquilene da Silva Santos Lucena[10]

RESUMO: A perda de solo por erosão hídrica constitui um dos principais problemas ambientais em bacias hidrográficas semiáridas, comprometendo a disponibilidade hídrica e a produtividade agrícola. Este trabalho teve como objetivo analisar as perdas de solo na Bacia do Alto Rio Paraíba, utilizado o SWAT+. Para a modelagem hidrológica, foram utilizados dados de 15 estações pluviométricas e 15 estações meteorológicas do banco CFSR, para o período de 1994 a 2024, além de dados espaciais de uso do solo (Copernicus CGLS-LC), tipo de solo (DSOLMap) e modelo digital de elevação Copernicus TanDEM-X (30 m), em relação, a perda de solo foi usado a Equação Universal da Perda de Solo (EUPS) / (USLE). A calibração foi realizada para o período de 1997 a 2008, e a validação para 2009 a 2015, utilizando os índices NSE, R^2, KGE, PBIAS, RMSE e coeficiente de correlação de Pearson (r). Os resultados da calibração indicaram desempenho bom a muito bom (NSE = 0,85; R^2 = 0,86; KGE = 0,76), enquanto a validação apresentou desempenho satisfatório (NSE = 0,55; R^2 = 0,83). Em relação a perdas de solo evidenciou uma predominância de valores entre 2,01 a 10 t ha^{-1} ano^{-1}, maiores perdas (>20 t ha^{-1} ano^{-1}) concentram-se em áreas específicas dos setores sul e leste da bacia. O modelo demonstrou ser uma ferramenta eficiente para a gestão sustentável dos recursos hídrico e para o planejamento de práticas conservacionistas no semiárido paraibano.

Palavras-Chave: Modelagem hidrológica; SWAT+; Perda de solos

ABSTRACT: Soil loss due to water erosion is one of the main environmental problems in semi-arid river basins, compromising water availability and agricultural productivity. This study aimed to analyze soil loss in the Upper Paraíba River Basin using SWAT+. For hydrological modeling, data from 15 rainfall stations and 15 meteorological stations from the CFSR database were used, covering the period from 1994 to 2024, in addition to spatial data on land use (Copernicus CGLS-LC), soil type (DSOLMap), and the Copernicus TanDEM-X digital elevation model (30 m). Regarding soil loss, the Universal Soil Loss Equation (USLE) was used. Calibration was performed for the period 1997 to 2008, and validation for 2009 to 2015, using the NSE, R^2, KGE, PBIAS, RMSE indices and Pearson's correlation coefficient (r). Calibration results indicated good to very good performance (NSE = 0.85; R^2 = 0.86; KGE = 0.76), while validation showed satisfactory performance (NSE = 0.55; R^2 = 0.83). Regarding soil loss, a predominance of values between 2.01 and 10 t ha^{-1} $year^{-1}$ was observed, with higher losses (>20 t ha^{-1} $year^{-1}$) concentrated in specific areas of the southern and eastern sectors of the basin. The model proved to be an efficient tool for the sustainable management of water resources and for the planning of conservation practices in the semi-arid region of Paraíba.

Keywords: Hydrological modeling; SWAT+; Soil loss

[1]) Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, CT, João Pessoa – PB, alainejosefa.45@gmail.com
[2]) Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, CT, João Pessoa – PB, henriqueluissilvaaprigio10@gmail.com
[3]) Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, CT, João Pessoa – PB, thuanykerolayne@gmail.com
[4]) Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-graduação em Geografia, CCEN, João Pessoa – PB, profjennifer.geo@gmail.com
[5]) Universidade Federal da Paraíba, Pós-Doutoranda pelo PRODEMA, CCEN, João Pessoa – PB, ceciliasilvalegat@gmail.com
[6]) Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-graduação em Geografia, CCEN, João Pessoa – PB, gadelha.clara@gmail.com
[7]) Universidade Federal da Paraíba, Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil e Ambiental, CT, João Pessoa – PB, susana.lucena@ifpb.edu.br
[8]) Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, CT, João Pessoa – PB, antonio.nunes@academico.ufpb.br
[9]) Universidade Federal da Paraíba, Departamento de Geociências, CCEN, João Pessoa – PB, richarde@geociencias.ufpb.br
[10]) Professora do Instituto Federal do Rio Grande do Norte – IFRN. Doutorando em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM), Universidade Federal da Paraíba - UFPB, marquilene.santos@ifrn.edu.br;

1. INTRODUÇÃO

As perdas de solos por erosão hídrica é um dos principais problemas ambientais globais. Mundialmente, estima-se que cerca de 24 bilhões de toneladas de solo fértil são perdidas anualmente, com taxas de erosão muito superiores à formação natural do solo (Pimentel, 2006; FAO, 2019). A erosividade da chuva, que mede o potencial das precipitações em causar desagregação e transporte de partículas do solo, é particularmente crítica em regiões tropicais e subtropicais, onde as chuvas apresentam alta intensidade e curta duração (Wischmeier e Smith, 1978; Panagos et al., 2015).

No Brasil, a erosão hídrica afeta aproximadamente 30% do território nacional, com perdas médias anuais entre 10 e 30 toneladas por hectare, podendo ultrapassar 100 t/ha.ano em áreas de manejo inadequado e alta declividade (Bertoni & Lombardi Neto, 2014; Anache et al., 2017). A combinação de solos frágeis, relevos movimentados e chuvas intensas torna o país altamente vulnerável à erosão, especialmente em regiões onde a ocupação territorial e as práticas agrícolas não conservacionistas aceleram os processos degradativos (Lombardi Neto e Lepsch, 2017).

Na região Nordeste do Brasil, especialmente no semiárido, a erosividade das chuvas assume características específicas. Apesar da baixa precipitação média anual, as chuvas convectivas de alta intensidade concentram-se em poucos meses do ano, gerando elevado potencial erosivo (Lepsch, 2010; Lima et al., 2018). Em bacias hidrográficas com solos rasos, alta declividade e cobertura vegetal reduzida, como é o caso da Bacia do Alto Rio Paraíba, as perdas de solo atingem valores críticos (Nascimento et al., 2014; Dornellas et al., 2020).

Nesse contexto, a erosão na Bacia do Alto Rio Paraíba representa um dos principais vetores de degradação ambiental, comprometendo diretamente a segurança hídrica da região (Dornellas et al., 2020). Os processos erosivos, acelerados pela remoção da cobertura vegetal e pelas práticas inadequadas de manejo do solo, provocam o assoreamento acelerado dos reservatórios, reduzindo sua capacidade de armazenamento e a vida útil dos açudes (Silva et al., 2024). O carreamento de sedimentos e poluentes para os corpos d'água afeta a qualidade da água disponível para abastecimento público, irrigação e dessedentação animal (Cruz, 2023). A perda de solo fértil impacta negativamente a produtividade agrícola, agravando as condições socioeconômicas das comunidades rurais que dependem da terra para sua subsistência (Nascimento et al., 2014). Diante desse quadro, o estudo da erosão torna-se essencial para identificar áreas críticas, orientar políticas públicas de conservação do solo e garantir a sustentabilidade ambiental e hídrica da bacia.

Nesse contexto, esse trabalho tem como objetivo analisar as perdas de solos e o comportamento hidrológico da bacia do Alto Paraíba, semiárido paraibano, por meio da aplicação do Modelo SWAT+.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A bacia do alto rio Paraíba (Fig.1) está localizada no semiárido no estado da Paraíba, entre as coordenadas: 37°20’—36°10’ de longitude Oeste e 7°20’—8°20’ de latitude Sul, abrangendo uma área aproximada de 6.280 km² (Dornellas et al., 2020). O clima predominante é o semiárido quente, com temperatura média anual em torno de 26°C e baixa amplitude térmica. A precipitação é irregular, variando de 250 a 900 mm por ano, concentrada em um curto período de 3 a 4 meses, seguida por longos veranicos (estiagens prolongadas) (Dornellas et al., 2020). A declividade da bacia é acentuada, apresentando amplitude altimétrica superior a 800 metros com máxima de 1.171 m e mínima de 361 m, o que confere alto potencial energético para os fluxos hídricos e resulta em um relevo com fortes desníveis, especialmente nas nascentes e nas áreas de serras estruturais, como na região de São João do Tigre, onde ocorrem os pontos mais elevados da bacia (Dornellas et al., 2020).

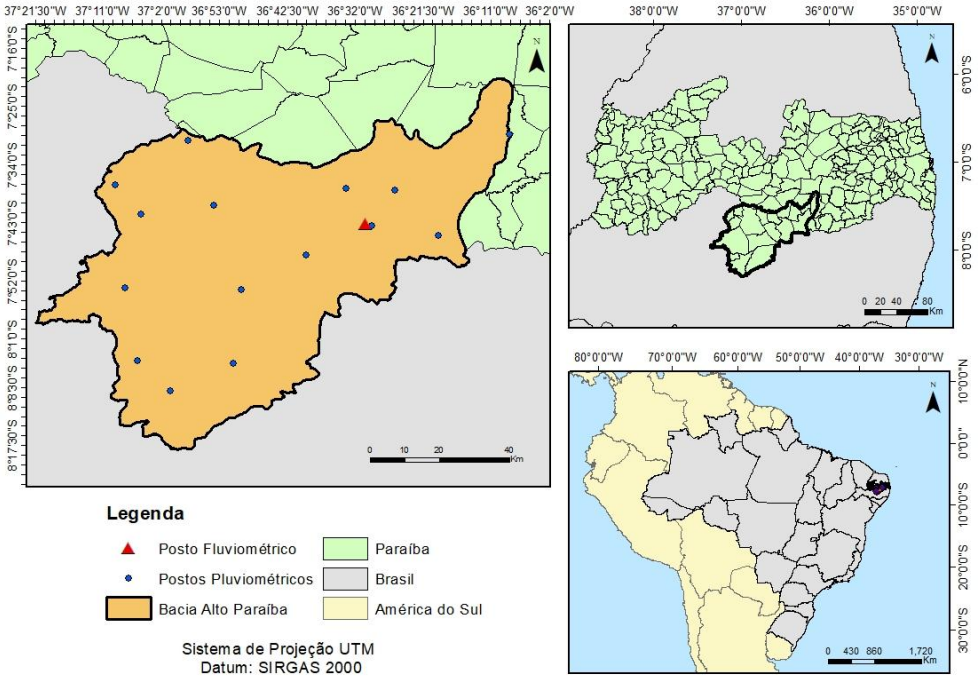


Figura 1 – Localização geográfica da bacia do alto Paraíba, PB

2.2 Modelagem da Perda de Solos

Para estima a perda de solo, foi utilizado a Equação Universal da Perda de Solo Modificada – EUPSM (Williams, 1975) no modelo SWAT+. O modelo SWAT+ é uma versão completamente reestruturada, desenvolvida com a finalidade de atender aos desafios futuros da modelagem hidrológica (Bieger et al., 2017). No processo de modelagem hidrológica da bacia do Alto Paraíba foi utilizado interface QSWAT+ no QGIS na versão 3.40.5. Esse modelo leva em consideração as características físicas da bacia hidrográfica, possibilitando que diferente processo físico sejam

simulados para uma área de estudo. Além disso, esse modelo tem como finalidade estimar os impactos do uso e manejo do solo na qualidade água, na perda de solo, no transporte de sedimentos e na produção de nutrientes em uma bacia hidrográfica, demonstrando ser um instrumento eficiente e capaz de simular processos hidrológicos (Abbaspour et al., 2015; Brighenti et al., 2016; Nunes, 2018).

2.3 Dados de Entrada do modelo

Para a realização da simulação hidrológica com o modelo SWAT+, é necessário inserir um conjunto de dados que represente as características físicas e climáticas da bacia hidrográfica. O SWAT+ necessita de quatro tipos dados essenciais, sendo, três são considerados dados espaciais e um outro como dados tabulares. Os dados espaciais englobam o mapa de uso do solo, mapa de tipos de solo e o modelo digital de elevação (MDE). Os dados tabulares, utilizados pelo modelo na simulação hidrológica, devem ser de escala diários e contemplar variáveis meteorológicas, tais como: umidade relativa do ar (%), precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C), radiação solar ($MJ.m^2$).

Neste trabalho, utilizou-se o Modelo Digital de Elevação (MDE) global Copernicus, obtido pela missão TanDEM-X, com resolução espacial de 30 m. A partir do MDE, realiza-se no QSWAT o processo de delimitação da bacia hidrográfica, com a geração das redes de drenagem e a subdivisão da bacia em sub-bacias de acordo com as características do relevo. O MDE é empregado, ainda, no cálculo de parâmetros de casa sub-bacia, como declividade média e elevação máxima e mínima.

O mapa de uso e cobertura da terra da bacia do Alto Paraíba foi obtido pelo produto Copernicus Global Land Cover (CGLS – LC), disponibilizado pelo *Copernicus Global Land Cover Service (CGLS)*, esse dado foi obtido pelo plugin mapswat. Os usos do solo foram classificados de acordo com as características da bacia de estudo. Destacando que o modelo tem um vasto banco de dados com variados uso de solo e cobertura vegetal, com suas respectivas propriedades, que podem ser utilizadas por diferentes bacias hidrográficas do mundo.

O mapa do tipo de solos utilizado nesse estudo é o produto global denominado de *Digital Soil Open Land Map* (DSOLMap), desenvolvido por López-Ballesteros et al. (2023). Esse produto engloba tanto raster de solos quanto arquivos CSV com as características físicas, propriedade e hidrológica do solo, compatível com o banco de dados do SWAT+. Destacando que esse produto foi obtido pelo plugin mapswat. Os dados precipitação foram coletados de 15 estações pluviométricos distribuída na bacia, esses dados foram obtidos junto Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Esses dados estão disponibilizados na plataforma digital do Hidroweb (ANA, 2026). A seleção das estações baseou-se em uma análise que identificava os postos com menos falhas em

sua série histórica, os dados que apresentaram falha foi feita correção pelo método da Ponderação Regional para preencher lacunas em dados pluviométricos de quarto posto nas estações de Zabelê, São Domingos do Cariri, Sumé/Fazenda Bananeira e Ouro Velho. Os dados foram obtidos para anos de 1994 a 2024.

Os dados meteorológicos utilizados foram adquiridos no banco de dados do Global Weather Data, que disponibiliza dados do Climate Forecast System Reanalysis (CFSR) em escala global. Os dados foram obtidos para anos de 1984 a 2024, onde foram usados dados de 4 estações meteorológica do banco de dados do SWAT+.

2.4 Calibração, validação e índices de desempenho

Para a análise de eficiência do modelo, isto é, para verificar quão o modelo foi capaz de simular a realidade foram utilizados os índices Coeficiente de Eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE), o Coeficiente de Determinação (R^2), O coeficiente de correlação de Pearson (r), percentual de viés (PBIAS), Raiz do Erro Quadrático Médio (RMSE) e índice de eficiência de Kling-Gupta (KGE).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

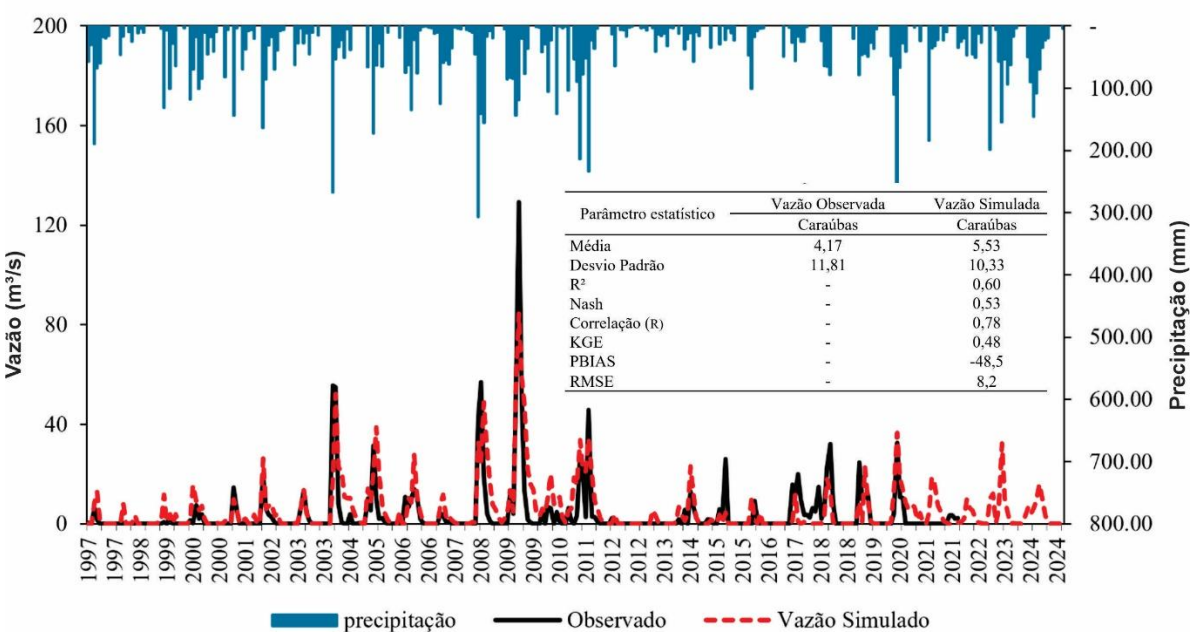
3.1 Modelagem inicial

O modelo SWAT+ foi empregado para simular o processo hidrológico da bacia do Alto Paraíba, inicialmente com a finalidade de estimar a vazão. Os resultados da simulação hidrológica (sem calibração), podem ser observados na Figura 2 que mostra a vazão observada e a simulada pelo modelo. O hidrograma indicam um desempenho moderado do modelo na simulação inicial para o posto analisado. Apesar disso, o modelo capturou adequadamente o comportamento hidrológico da bacia em relação aos dados de entrada, onde observa-se que os picos de vazões estão alinhados com precipitação.

Os resultados estatísticos mostrado na Figura 2, revela um despenho moderado a insatisfatório na simulação posto de vazão de Caraúbas. A média da vazão simulada (5,53 m^3/s) foi superior a observada (4,27 m^3/s), evidenciando uma tendencia de superestimação pelo modelo. Esse comportamento é confirmado pelo valor negativo do PBIAS (-48,5) e o parâmetro estatístico RMSE de 8,2 reflete um erro absoluto relevante em relação aos dados observado.

Por outro lado, o NSE=0,53 e KGE=0,48 apresentaram valores positivos, indicando um despenho moderado a satisfatório, demostrando que o modelo é capaz de reproduzir a dinâmica hidrológico da bacia. Em relação ao coeficiente de correlação (r= 0,78) apresentou uma boa

associação linear entre os dados simulado e observado, enquanto o R^2 teve um valor de 0,60, indicando que o modelo consegue representar 60% da vazão observada.



Parâmetro estatístico	Vazão Observada Caraúbas	Vazão Simulada Caraúbas
Média	4,17	5,53
Desvio Padrão	11,81	10,33
R^2	-	0,60
Nash	-	0,53
Correlação (R)	-	0,78
KGE	-	0,48
PBIAS	-	-48,5
RMSE	-	8,2

Figura 2 – Comportamento da vazão simulada pelo modelo hidrológico, antes da calibração.

3.2 Calibração e validação do modelo

A escolha dos parâmetros mais adequados para a área de contribuição é mostrada na Tabela 1. No processo de calibração foram usados 16 parâmetros, sendo realizada no SWAT+ TOOLBOX. Os métodos de Substituição e Percentagem foram utilizados na calibração, pois mostrar os valores reais dos parâmetros a serem colocados no modelo, eliminando a necessidade de operações matemáticas a partir dos valores iniciais. O processo de calibração do modelo hidrológico, foi realizado para o período de 1997 a 2008, enquanto a validação abrangeu os anos de 2009 a 2015, permitido uma análise temporal detalhada do comportamento da vazão.

A Figura 3 apresenta os resultados estatísticos referentes as vazões observadas, calibrada e validada para o posto de Caraúbas. Durante a calibração, observou-se uma alta correlação entre vazão simulada e calibrada, com valores de com R^2 = 0,86, NSE = 0,85, KGE = 0,76, além de outros métricas que, conforme Moriasi et al. (2007), indicam um ajuste do modelo de bom a muito bom. O PBIAS de -18,24 indica uma superestimação da vazão estimada, enquanto o RMSE de 3,73 reflete boa precisão do modelo. Esses resultados mostrar que o modelo consegue captura a dinâmica hidrológica da bacia no período analisado.

Na validação (2009 – 2015), alguns métricas estatísticas apresentam redução em relação a calibração. O R^2 = 0,83 e r =0,92 mantiveram se elevados, indicando uma boa correlação entre os

dados simulados e observado. No entanto, o NSE diminuiu para 0,55 e o KGE para 0,43, mostrando um desempenho satisfatório. O PBIAS passou para 56,56, indicando uma subestimação por parte do modelo, e o RMSE aumento para 12,20, refletindo erros absolutos expressivos, principalmente nos eventos de maior magnitude como ocorreu no ano de 2009.

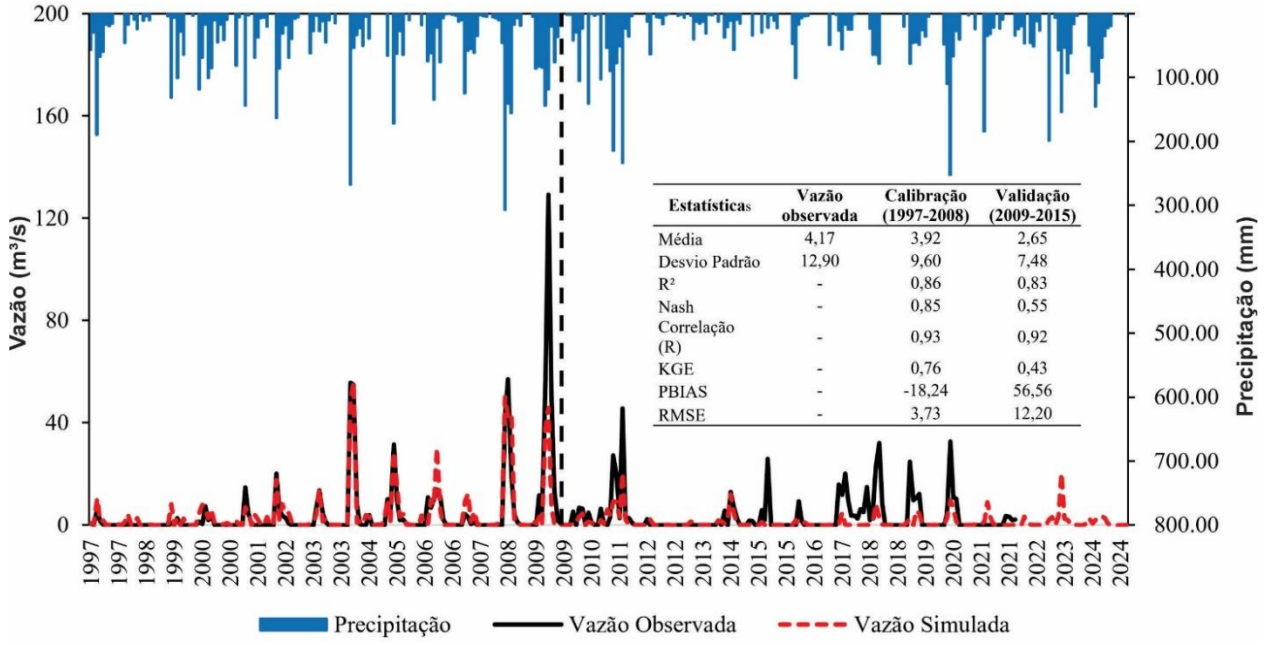
Tabela 1 – Valores da calibração dos parâmetros do SWAT+ para a área de contribuição.

Parâmetro	Método	Caraúbas
cn2	Substituição	-9.38
esco	Porcentagem	0.33
epco	Substituição	0.64
canmx	Substituição	70.61
perco	Substituição	0.98
lat_ttime	Substituição	19.53
cn3_swf	Substituição	0.80
alpha	Porcentagem	0.58
flo_min	Substituição	5.94
revap_co	Porcentagem	0.06
revap_min	Porcentagem	44.53
bf_max	Porcentagem	1.91
awc	Porcentagem	-9.06
k	Porcentagem	6.41
chk	Porcentagem	-11.88

Os resultados da calibração e validação são ilustrados na Figura 3, que exibe o hidrogramas da vazão após o ajuste do modelo. Observa-se que os picos de vazões são capturados adequadamente, com boa correspondência temporal aos eventos de precipitação. No entanto, o modelo apresentou dificuldade no ajuste de eventos extremos, superestimando alguns alguns picos e subestimando outros, particularmente nos períodos chuvas mais intensas, como os de 2008/2009 e 2010/2011. De forma geral, os resultados indicam que modelo conseguiu representar satisfatoriamente o comportamento hidrológico da área de contribuição.

3.3 Perda de solos

A Figura 4 mostra a distribuição espacial das perdas de solo na bacia hidrográfica, com predominância de valores entre 2,01 e 10 t ha^{-1} ano^{-1}. As maiores perdas (>20 t ha^{-1} ano^{-1}) concentram-se em áreas específicas dos setores sul e leste, indicando maior suscetibilidade à erosão. Em contraste, os menores valores ocorrem em áreas centrais e próximas à drenagem principal, sugerindo condições mais favoráveis à conservação do solo. O padrão espacial evidencia forte variabilidade das taxas erosivas entre os diferentes municípios da bacia.



Estatísticas	Vazão observada	Calibração (1997-2008)	Validação (2009-2015)
Média	4,17	3,92	2,65
Desvio Padrão	12,90	9,60	7,48
R^2	-	0,86	0,83
Nash	-	0,85	0,55
Correlação (R)	-	0,93	0,92
KGE	-	0,76	0,43
PBIAS	-	-18,24	56,56
RMSE	-	3,73	12,20

Figura 3 - Hidrogramas das vazões observadas, calibradas, validada e hietograma da precipitação média mensal de 1997 a 2024, para a estação fluviométrica de Caraúbas.

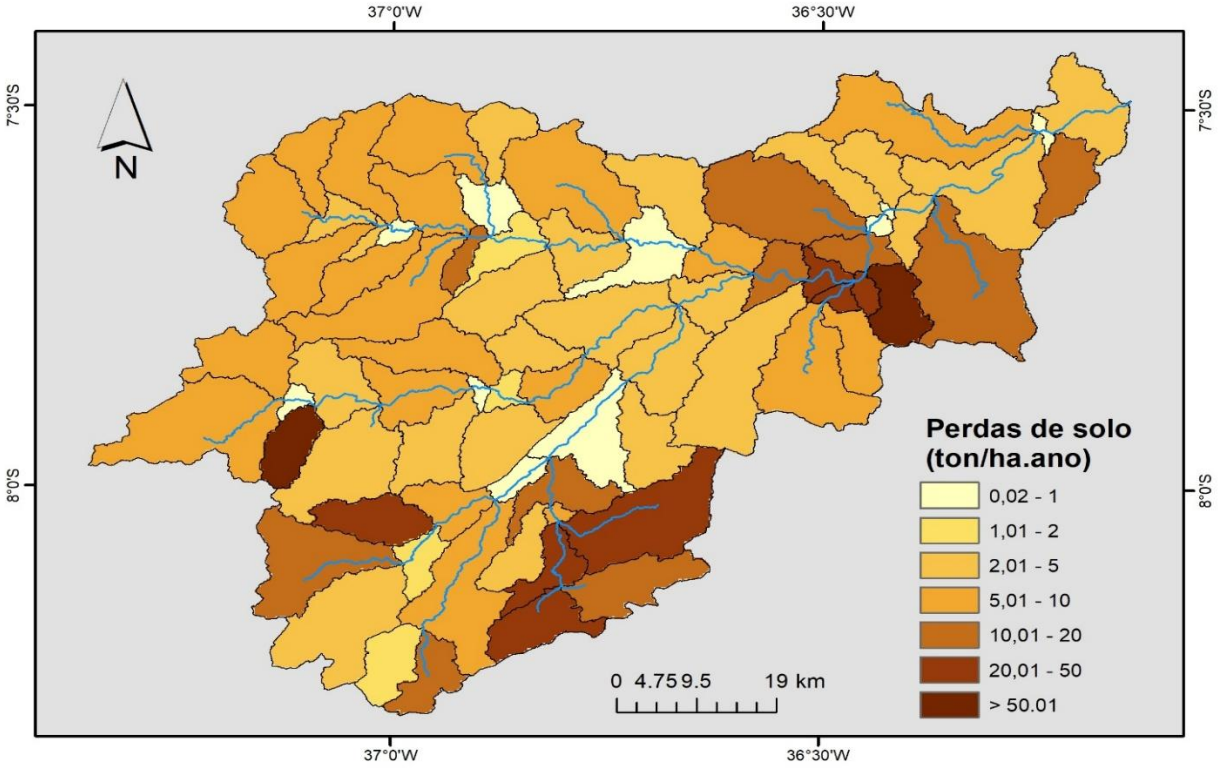


Figura 4 – Distribuição espacial das perdas de solo na bacia do Alto Rio Paraíba.

4. CONCLUSÃO

O presente estudo avaliou o desempenho do modelo hidrológico SWAT+ na simulação de vazões e na estimativa de perdas de solo na Bacia do Alto Rio Paraíba, semiárido paraibano,

utilizando dados do período de 1994 a 2024. A simulação inicial, realizada sem calibração, indicou desempenho moderado do modelo, com NSE = 0,53, KGE = 0,48 e R^2 = 0,60, evidenciando a capacidade do modelo em capturar a dinâmica hidrológica da bacia, apesar da tendência de superestimação das vazões, confirmada pelo PBIAS de −48,5. Na calibração (1997–2008), o modelo apresentou desempenho classificado como bom a muito bom, com R^2 = 0,86, NSE = 0,85 e KGE = 0,76, demonstrando que o ajuste dos 16 parâmetros foi eficaz na representação dos processos hidrológicos da bacia. Na etapa de validação (2009–2015), os índices sofreram redução esperada, com NSE = 0,55 e KGE = 0,43, ainda classificados como satisfatórios, embora o PBIAS de 56,56 aponte para subestimação dos volumes no período validado, especialmente nos eventos extremos de 2008/2009 e 2010/2011.

Em relação as perdas de solos, a análise espacial mostrou uma predominância de valores entre 2,01 e 10 t ha^{-1} ano^{-1} na maior parte da bacia. As maiores perdas de solos concentram na região leste e sul, refletido uma maior suscetibilidade a erosão. Por outro lado, as menores perdas ocorrem nas áreas centrais e próximas à drenagem principal, indicando condições favoráveis à conservação do solo. Dessa forma geral, o modelo SWAT+ demonstrou ser uma ferramenta adequada para a modelagem hidrológica e para a estimativa de perdas de solos em bacias semiáridas, fornecendo subsídios importantes para o planejamento de práticas conservacionistas, o manejo sustentável dos recursos hídricos e a mitigação dos processos erosivos na região.

5. AGREDECIMENTO

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba - FAPESQ, por ter disponibilizado bolsa Mestrado e, portanto, contribuído com a pesquisa, e à Universidade Federal da Paraíba – UFPB pela promoção da ciência e incentivo à pesquisa.

6. REFERÊNCIAS

ABBASPOUR, K.C.; ROUHOLAHNEJAD, E.; VAGHEFI, S.; SRINIVASAN, R., YANG, H.; KLØOVE, B. (2015). "*A continental-scale hydrology and water quality model for Europe: calibration and uncertainty of a high-resolution large-scale SWAT mode"l.* Journal Hydrology 524, 733–752. doi: 10.1016/j.jhydrol.2015.03.027.

ANACHE, J. A. A.; WENDLAND, E. C.; OLIVEIRA, P. T. S.; NEARING, M. A. (2017*). "Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: A meta-analysis of the Brazilian experience"*. Catena, 152, 29-39.

BERTONI, J; L, N. F. (2014). *Conservação do solo.* 9. ed. São Paulo: Ícone.

CRUZ, K. K. S. (2023). "*Análise do uso e cobertura da terra na bacia do alto curso do rio Paraíba pós implementação do Projeto de Integração do Rio São Francisco (PISF)"*. TCC (Geografia). Universidade Federal da Paraíba.

BIEGER, K.; ARNOLD, J. G.; RATHJENS, H.; WHITE, M. J.; BOSCH, D. D.; ALLEN, P. M.; VOLK, M.; SRINIVASAN, R. (2017). "*Introduction to SWAT+, a completely restructured version of the Soil and Water Assessment Tool"*. Journal of the American Water Resources Association, v. 53, n. 1, p. 115–130.

BRIGHENTI, T.M.; BONUMÁ, N. B.; CHAFFe, P.L.B. (2016). "*Calibração hierárquica do modelo SWAT em uma bacia hidrográfica Catarinense"*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos 21, 53-64

DORNELLAS, P. C.; XAVIER, R. A.; SEABRA, V. S.; SILVA, R. M. (2020). "*Análise Morfométrica da Bacia do Alto Rio Paraíba, Região Semiárida do Estado da Paraíba"*. Revista Brasileira de Geomorfologia, 21(3), 601-614.

FAO. (2019). *Status of the World's Soil Resources*. Roma: FAO.

LEPSCH, I. F. (2010). *Formação e conservação dos solos*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos.

LIMA, C. A.; ALMEIDA, T. S.; SOUZA, R. M. (2018). "*Erosividade da chuva no semiárido brasileiro: análise espaço-temporl"*. Revista Brasileira de Meteorologia, 33(4), 567-578.

LOMBARDI, N. F.; LEPSCH, I. F. (2017). *Erosão e conservação do solo: conceitos, princípios e aplicações*. Campinas: GEATEC.

LÓPEZ-BALLESTEROS, A. *et al.* (2023). "*DSOLMap, a novel high-resolution global digital soil property map for the SWAT + model: Development and hydrological evaluation*". CATENA, v. 231, p. 107339.

MORIASI, D.N.; ALLAH, O.; NAJAFIAN, Y. (2007). "*Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations"*. Transactions of the ASABE, v.50, n.3, p. 885-900.

NASCIMENTO, S. S.; LIMA, E. R. V.; LIMA, P. P. S. (2014). "*Uso do NDVI na análise temporal da degradação da caatinga na sub-bacia do Alto Paraíba"*. OKARA: Geografia em debate, 8(1), 72-93.

NUNES, F. M. S. "*Avaliação hidrossedimentologica de uma bacia sem dados de vazão utilizando o modelo SWAT"*. (2018). Dissertação (Mestrado na área de Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande - PB, 2018.

PANAGOS, P.; BALLABIO, C.; BORRELLI, P.; MEUSBURGER, K.; KLIK, A.; ROUSSEVA, S.; ALEWELL, C. (2015). "*Rainfall erosivity in Europe"*. Science of the Total Environment, 511, 801-814.

PIMENTEL, D. (2006). "*Soil erosion: A food and environmental threat"*. Environment, Development and Sustainability, 8(1), 119-137.

SILVA, M. M.; NASCIMENTO, B. M. C.; OLIVEIRA, L. C.; SILVA, A. T. S.; SOARES, P. DA S.; SILVA, A. F.; SILVA, E. V.; PEREIRA, D. D. (2024). "*A antropização na bacia hidrográfica do rio paraíba do norte, região do alto paraíba e sub-bacia do rio Taperoá, é só pela agropecuária?"*. Revista Foco, 17(9), e5829.

WILLIAMS, J.R. (1975). "*Sediment-yield prediction with universal equation using runoff energy factor*". p. 244-252. In Present and prospective technology for predicting sediment yield and sources: Proceedings of the sedimentyield workshop, USDA Sedimentation Lab., Oxford, MS, November 2830, 1972. ARS-S-40.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. (1978). "*Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning"*. Washington: USDA.