

## **Efeito da resolução dos mapas de uso e ocupação da terra na resposta hidrológica na bacia do rio Una/PE utilizando modelo SWAT**

**Effect of land use/cover maps resolution on the Una/PE river basin hydrological response using SWAT model**

**Efecto de la resolución de mapas de cobertura/uso del suelo en la respuesta hidrológica de la cuenca de los ríos Una/PE utilizando el modelo SWAT**

Recebido: 21/09/2022 | Revisado: 03/10/2022 | Aceitado: 07/10/2022 | Publicado: 12/10/2022

**Gabriel Vasco**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6026-3724>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [gvasco23@gmail.com](mailto:gvasco23@gmail.com)

**Fernanda Sobreira Silva**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6512-933X>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [fernandasobreira@gmail.com](mailto:fernandasobreira@gmail.com)

**Diogo Henrique Paz**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0507-0545>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br](mailto:diogo.paz@cabo.ifpe.edu.br)

**Maria Mariah E. Farias**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3025-7080>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [mariah.farias@afogados.ifpe.edu.br](mailto:mariah.farias@afogados.ifpe.edu.br)

**Ioná Ma. Beltrão Rameh Barbosa**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5795-1398>  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Brasil  
E-mail: [ionarameh@recife.ifpe.edu.br](mailto:ionarameh@recife.ifpe.edu.br)

### **Resumo**

Vários estudos têm discutido amplamente os efeitos das mudanças de uso e ocupação da terra no regime hidrológico. A aplicação de modelos hidrológicos para descrever esse tipo de processo, com maior flexibilidade, rigor e menor custo, tem se tornado promissor para a tomada de decisões. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito das incertezas dos mapas de uso e ocupação da terra sobre o regime hidrológico da bacia do rio Una. Neste trabalho foi adotado o modelo SWAT para simulação hidrológica, comparando os mapas das mudanças de uso e ocupação da terra do IBGE e do MapBiomias. Primeiramente, foi feito um trabalho cuidadoso na construção do banco de dados, contendo arquivos geoespaciais e dados tabulares sobre as condições climáticas da região de estudo por um período de 55 anos (1961-2016). Os resultados obtidos evidenciaram a viabilidade de estudos hidrológicos com recurso a modelagem computacional. A generalidade das classes de uso e ocupação da terra apresentadas no dado do IBGE, faz com que este seja menos sensível (quando comparado ao dado do MapBiomias) às influências das mudanças de uso e ocupação da terra no regime hidrológico.

**Palavras-chave:** Hidrologia; Uso e ocupação da terra; Incertezas; Balanço hídrico; Modelo SWAT.

### **Abstract**

Several studies have extensively discussed the effects of land use/cover changes on the hydrological regime. The application of hydrological models to describe this type of process, with greater flexibility, rigor, and lower cost, has become promising for decision-making. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of land use/cover map uncertainties on the Una River basin hydrological regime. In this work, the SWAT model was adopted for hydrological simulation, comparing IBGE and MapBiomias land use/cover changes maps. Firstly, careful work was done on database building, containing geospatial files and tabular data on the climatic conditions of the study region for 55 years period (1961-2016). The results obtained showed the feasibility of hydrological studies using computational modeling. The generalities presented in the IBGE data makes it less sensitive (when compared to the MapBiomias data) to the influences of land use/cover changes in the hydrological regime.

**Keywords:** Hydrology; Land use/cover; Uncertainties; Water balance; SWAT model.

## Resumen

Diversos estudios han discutido extensamente los efectos de los cambios en el uso y ocupación del suelo sobre el régimen hidrológico, la aplicación de modelos hidrológicos para describir este tipo de procesos, con mayor flexibilidad, rigor y menor costo, se ha vuelto prometedora para la toma de decisiones. Por tanto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de las incertidumbres de los mapas de uso y ocupación del suelo sobre el régimen hidrológico de la cuenca del río Una. En este trabajo, se adoptó el modelo SWAT para la simulación hidrológica, comparando los mapas de cambio de uso y ocupación del suelo del IBGE y MapBiomias. Primero, se realizó un trabajo cuidadoso en la construcción de la base de datos, que contiene archivos geoespaciales y datos tabulares sobre las condiciones climáticas de la región de estudio durante un período de 55 años (1961-2016). Los resultados obtenidos mostraron la factibilidad de realizar estudios hidrológicos mediante modelación computacional. La generalidad de las clases de uso y ocupación del suelo presentadas en los datos del IBGE los hace menos sensibles (en comparación con los datos de MapBiomias) a las influencias de los cambios en el uso y la ocupación del suelo en el régimen hidrológico.

**Palabras clave:** Hidrología; Uso y ocupación del suelo; Incertidumbres; Balance hídrico; Modelo SWAT.

## 1. Introdução

A hidrologia de uma bacia hidrográfica é suscetível às mudanças naturais, bem como às atividades antrópicas, como práticas agrícolas, geração de energia, abastecimento de água para indústria e consumo, manejo da flora e fauna.

A modificação na taxa de escoamento superficial é apontada como uma das principais consequências da ação antrópica sobre o uso e ocupação da terra, que segundo Tucci (2002), pode impactar ao nível de bacia hidrográfica, os processos hidrológicos, tais como, redução ou aumento dos níveis de vazão média, máxima e mínima, e conseqüentemente, na erosão do solo que altera a quantidade e qualidade dos recursos hídricos.

Dado ao fato das mudanças de uso e ocupação da terra não ocorrerem em toda extensão da bacia hidrográfica de forma linear, esses estudos tornam-se possíveis por meio do uso de modelos hidrológicos distribuídos de base física ou empíricos (Bayer & Collischonn, 2013), os quais buscam representar matematicamente, avaliar e compreender o comportamento dos processos hidrológicos superficiais e subsuperficiais (Tucci, 1998), fornecendo suporte aos pesquisadores e órgãos gestores de recursos hídricos à implementação de práticas conservacionistas e sustentáveis na bacia hidrográfica (Fan *et al.*, 2021).

Para auxiliar o planejamento e gestão de recursos hídricos, diversos modelos hidrológicos de base física vêm sendo desenvolvidos, com destaque para o SWAT (*Soil and Water Assessment Tool*) (Arnold *et al.*, 1998), que tem sido considerado uma ferramenta computacionalmente eficiente para simulação de grandes bacias hidrográficas (Andrade *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2014; Bressiani *et al.*, 2015; Qin *et al.*, 2018). Este modelo também é considerado vantajoso por Fan *et al.* (2021), pela sua capacidade em ser executado em várias plataformas de sistema de informações geográficas (SIG), com facilidade de aquisição das suas entradas que incluem arquivos geoespaciais e dados tabulares referentes às condições climáticas da região de estudo.

Requeridos pelos modelos hidrológicos, os dados de entrada, como Modelo Digital de Elevação (DEM), uso e cobertura da terra e solos, estão frequentemente disponíveis em diferentes resoluções e podem ser obtidos de diferentes fontes, sendo que estas últimas fornecem algumas informações distintas (detalhamento das classes de uso e ocupação da terra, por exemplo), embora possuam a mesma resolução (Sharma & Tiwari, 2014).

Um conjunto de dados de entrada confiável de alta qualidade é um dos pré-requisitos para produzir uma resposta confiável (Wang *et al.*, 2015; Beven, 2016), reduzindo as fontes de incertezas que podem se propagar por meio de modelos matemáticos e diminuir a precisão e a confiabilidade de suas previsões (Castilla & Hay, 2007). Portanto, uma avaliação sólida dessas incertezas, se incorporada na tomada de decisão, aumentaria a legitimidade das decisões políticas com base nessas previsões e, então, promoveria uma maior aceitação por parte dos interessados.

Embora estudos extensos tenham sido dedicados aos impactos das mudanças de uso e ocupação da terra nos recursos hídricos em diferentes regiões ao redor do mundo (Kundu *et al.*, 2017; Gashaw *et al.*, 2018; Zhuang *et al.*, 2018), alguns

trabalhos relatam escassez de estudos que avaliam os efeitos das incertezas sobre os vários dados de entrada (Bayer, 2014; Farias, 2021), dentre eles os mapas de uso e ocupação da terra para avaliar o regime hidrológico de uma bacia hidrográfica (Cotter *et al.*, 2003). O uso e ocupação da terra é considerado uma variável importante que influencia os processos hidrológicos, ao afetar os volumes de escoamento superficial e a velocidade de fluxo que, por sua vez, impactam a infiltração e a erosão do solo (Castilla & Hay, 2007).

Diante do exposto, surge a seguinte pergunta condutora desta pesquisa: *Qual é o efeito da resolução dos mapas de uso e ocupação da terra no regime hidrológico da bacia do rio Una/PE?*

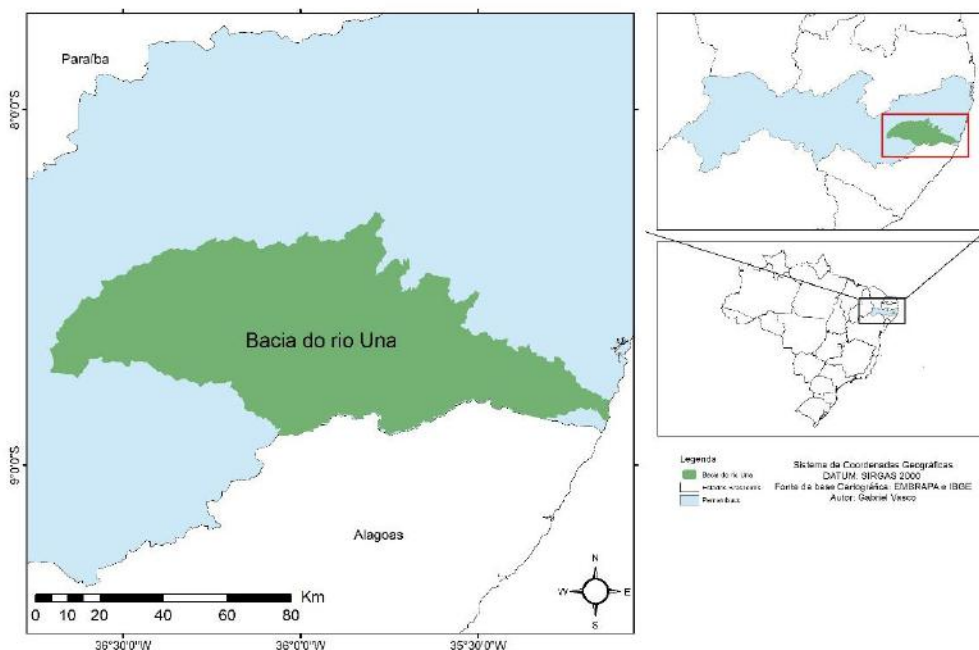
O presente estudo objetivou compreender os efeitos da resolução dos mapas de uso e ocupação da terra obtidos pelo MapBiomas e pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), avaliados em termos de regime hidrológico da bacia do rio Una utilizando o modelo SWAT.

## 2. Material e Métodos

### 2.1 Caracterização Da Área De Estudo

O presente estudo foi desenvolvido na bacia hidrográfica do rio Una, localizada no extremo oeste do Estado de Pernambuco, entre 8° 17'14" e 8° 55' 28" 'de latitude sul e 35° 07' 48" e 36° 42' 10" de longitude oeste, conforme ilustra a Figura 1.

**Figura 1** – Mapa de Localização geográfica da bacia hidrográfica do rio Una/PE.



Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Com nascente no município de Capoeiras, o rio Una é considerado o principal curso de água numa extensão de 271 km, drenando uma área de aproximadamente 6.740,31 km<sup>2</sup> (sendo 477,53 km<sup>2</sup> localizados na porção Sul do Estado de Alagoas), num comprimento do curso d'água principal de aproximadamente 178,62 km.

Esta possui uma foz do lado esquerdo do Rio São Francisco na cidade de Lagoa Grande, apresentando regime intermitente até próximo à cidade de Altinho, onde se torna perene (Tavares *et al.*, 2018). Ao longo do percurso da bacia do rio

Una, encontram-se seis (6) reservatórios, com destaque para Brejo do Buraco, Caianinha, Gurjão, Pau Ferro, Poço da Areia e Prata (Souza *et al.*, 2004; Melo & Golfarb, 2012).

À semelhança dos demais rios da Mata Sul, a bacia do rio Una é de grande importância para os 11 municípios totalmente inseridos nesta bacia, sendo passível de aproveitamento das suas águas para múltiplos usos, com destaque para abastecimento público, irrigação, uso industrial, irrigação com ênfase no cultivo da cana-de-açúcar, bem como atividades de lazer e pesca (Melo *et al.*, 2018), além de receber efluentes domésticos, industrial e agroindustrial.

Segundo dados do IBGE (2021), a bacia hidrográfica do rio Una é importante no Estado de Pernambuco pelo fato de cobrir cerca de 15% da população numa área de aproximadamente 7% (6 262,78 km<sup>2</sup>) do Estado, e cerca de 23% dos municípios do Estado de Pernambuco estão parcialmente inseridos nesta bacia (42 dos 185 existentes).

## 2.2 Dados De Entrada No Modelo Hidrológico Swat

Conforme sumarizado na Tabela 1, para a configuração do modelo, o SWAT necessita de três (3) arquivos diferentes, dentre eles: arquivos geoespaciais compostos pelo modelo digital de elevação (MDE), mapa de tipos de solo e mapa de uso e ocupação da terra da área de estudo, além dos dados tabulares referentes às condições climáticas da região de estudo, sendo eles caracterizados por informações de precipitação (mm), temperatura máxima e mínima (°C), radiação solar (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>), velocidade do vento (m.s<sup>-1</sup>) e umidade relativa (%), vegetação e práticas de manejo que ocorrem na bacia hidrográfica, os quais são tratados e convertidos em informações por meio da interface *ArcSWAT*, para o processo de funcionamento do modelo SWAT.

O período de coleta dos dados dos postos pluviométricos, fluviométricos e das estações meteorológicas da bacia em estudo foi de 55 anos (1961 a 2016), a fim de representar maior variabilidade espaço-temporal dos processos hidrológicos (Kennard *et al.*, 2010).

**Tabela 1** – Dados de entrada no SWAT para modelagem da bacia do rio Una/PE.

Tipo de dado	Descrição	Escala/ Resolução	Fonte
Relevo	Modelo Digital de Elevação (MDE)	Pixel com 30 m de resolução	INPE
Uso e ocupação da terra	Imagem de satélite Landsat 8, com pixel de 30m, com classes de uso e ocupação da terra	1: 100 000	MapBiomass
	Mapa vetorial com classes de uso e ocupação da terra		IBGE
Tipos de Solos	Mapa de solo do Brasil	1: 5.000.000	IBGE
Parâmetros do solo	Características físico-químicas de cada tipo de solo	----	EMBRAPA
Dados climáticos (meteorológicos) - 55 anos	Temperaturas mínimas e máximas (°C), velocidade de vento (m.s <sup>-1</sup> ), umidade relativa (%), radiação solar (MJ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> )	----	APAC e INMET

Fonte: Autores (2022).

Os dados espaciais do relevo (Modelo Digital de Elevação), em formato de imagem com resolução espacial de 30 m, foram obtidos no banco de dados do projeto TOPODATA do INPE, que fornece produtos corrigidos da missão SRTM (em inglês: *Shuttle Radar Topography Mission*) da NASA, que visa mapear a topografia da superfície terrestre.

Seguidamente, foram confeccionados os mapas de uso e ocupação da terra para a bacia. Conforme citado na Tabela 1, foram utilizadas imagens do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30m, obtidas do Projeto MapBiomias e também o mapa de uso e ocupação da terra, na escala 1:100 000, obtido junto ao IBGE, ambos do ano de 2014.

Os mapas de uso e ocupação da terra foram divididos em classes em função das informações contidas na base de dados do SWAT, que possui múltiplos tipos de uso e ocupação do solo e cobertura vegetal (Tabela 2), e associadas às classes listadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) no Zoneamento Agroecológico de Pernambuco (ZAPE), os quais são disponibilizados na escala de 1: 100 000.

**Tabela 2** – Associação/redefinição das classes de usos na bacia do rio Una/PE com as classes de usos do banco de dados do SWAT.

Usos do solo no SWAT	Uso da terra redefinido
AGRL (Agriculture)	Agricultura
BARR (Barren)	Solo exposto/improdutivo
BSVG (Baren or Sparsly Vegetated)	Vegetação Esparsa ou Rala
CRDY (Dryland Cropland and Pasture)	Agricultura de sequeiro e pastagem
CRWO (Cropland/Woodland Mosaic)	Mosaico de Agricultura e Pastagem
FRST (Forest-Mixed)	Floresta
PAST (Pasture)	Pastagem
RNGB (Range Brush)	Vegetação Arbustiva
SPAS (Summer Pasture)	Pasto de verão
SUGC (Sugarcane)	Cana-de-açúcar
URBN (Residential)	Infraestrutura Urbana
WATR (Water)	Água

Fonte: Autores (2022).

Além disso, dados georreferenciados referentes às características físico-químicas (ou seja, parâmetros iniciais) de cada tipo de solo foram obtidos junto à EMBRAPA Solos, a saber: profundidade máxima do solo (SOL\_ZMX; mm), granulometria que inclui, argila (<0,002 mm; SOL\_CLAY; %), silte (>0,002 e <0,05 mm; SOL\_SILT; %), areia (> 0,05 e <2 mm; SOL\_SAND;%), pedra (>2 mm; SOL\_ROCK;% ) e carbono orgânico (SOL\_CBN;%).

As Tabela 3, 4, 5 e 6 apresentam a área e a porcentagem das classes de declividade, tipos de solo, tipos de uso e ocupação da terra e associação/redefinição das classes de usos do IBGE e do MapBiomias, respectivamente. Enquanto na Figura 2, estão apresentados os mapas de distribuição das classes de declividade, tipos de solos e tipos de uso e ocupação da terra na bacia.

**Tabela 3** – Classes de declividade da bacia hidrográfica do rio Una/PE.

Classes de declividade	Área [hectare]	Área [%]
0 - 3	79418,4378	11,85
3 - 8	199778,4998	29,82
8 - 20	213893,8352	31,93
20 - 45	164720,2305	24,59
> 45	12118,7162	1,81

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 4** – Tipos de solos da bacia hidrográfica do rio Una/PE.

Tipo de solo	Área [hectare]	Área [%]
Latossolo Amarelo	116988,8736	17,46
Argissolo Vermelho-Amarelo	250110,0248	37,33
Neossolo Litólico	22578,0565	3,37
Neossolo Regolítico	258113,7573	38,53
Planossolo Háptico	22139,0073	3,30

Fonte: Autores (2022).

**Tabela 5** – Tipos de uso e ocupação da terra do IBGE para bacia hidrográfica do rio Una/PE.

Tipo de uso da terra	Área [hectare]	Área [%]
Residencial → URBN	3336,1028	0,50
Agricultural Land-Generic → AGRL	40202,9096	6,00
Pasture → PAST	15940,5531	2,38
CROPLAND/WOODLAND MOSAIC → CRWO	554535,3230	82,78
Summer Pasture → SPAS	53779,2115	8,03
Water → WATR	2135,6196	0,32

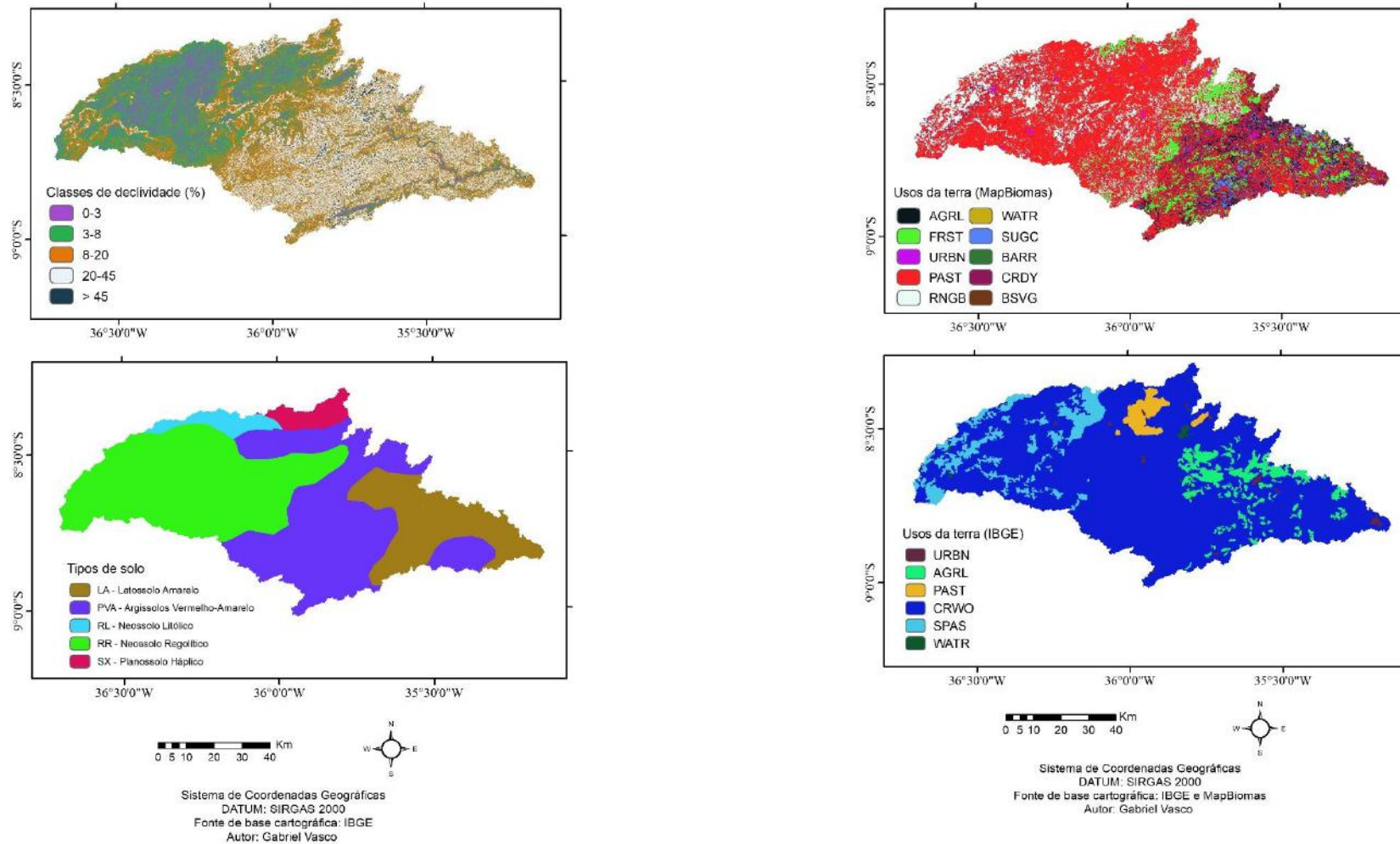
Fonte: Autores (2022).

**Tabela 6** – Tipos de uso e ocupação da terra do MapBiomas para bacia hidrográfica do rio Una/PE.

Tipo de uso da terra	Área [hectare]	Área [%]
Agricultural Land-Generic → AGRL	19178,1067	2,86
Forest-Mixed → FRST	63327,2760	9,45
Residencial → URBN	3274,7505	0,49
Pasture → PAST	360689,4956	53,84
Range-Brush → RNGB	98659,8980	14,73
Water → WATR	1284,0749	0,19
Sugarcane → SUGC	15131,4733	2,26
Barren → BARR	65,9532	0,01
DRYLAND CROPLAND AND PASTURE → CRDY	108076,3514	16,13
BAREN OR SPARSLY VEGETATED → BSVG	242,3398	0,04

Fonte: Autores (2022).

**Figura 2** – Mapa de distribuição das classes de declividade, tipos de solo e tipos de uso e ocupação da terra na bacia do rio Una/PE



Fonte: Autores (2022).

Os dados diários das variáveis meteorológicas utilizados para a modelagem hidrológica correspondentes à temperatura, radiação solar, velocidade do vento e umidade relativa do ar foram obtidos por meio de dois bancos de dados: (i) dados diários de precipitação foram obtidos da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), e (ii) dados meteorológicos tais como precipitação, radiação global, umidade relativa do ar ou temperatura do ponto de orvalho, temperatura média do ar, temperatura máxima e mínima do ar e velocidade do vento, através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

### 3. Resultados e Discussão

Após a inserção dos dados de entrada para a configuração do modelo, o SWAT discretizou a bacia do Una em 48 sub-bacias, que foram divididas em 203 Unidades de Respostas Hidrológicas (HRUs) as quais computam homogeneamente os usos e tipos de solos, as características topográficas e condições climáticas da área de estudo, para gerar o balanço hídrico da bacia.

Na geração do balanço hídrico geral da bacia, o modelo calcula fluxos para cada HRU, e seguidamente, estes resultados são acumulados para gerar o balanço por cada sub-bacia, que por fim, estes são direcionados para a rede de drenagem até atingir a secção de controle (Neitsch *et al.*, 2011).

A produtividade hídrica foi obtida pela determinação das componentes do ciclo hidrológico, que representam as entradas e perdas do sistema. A Tabela 7 apresenta os valores médios para cada componente do ciclo hidrológico para os dois mapas de uso e ocupação da terra considerados no presente estudo (MapBiomias e IBGE), obtidos a partir da simulação com SWAT.

**Tabela 7** – Balanço hídrico na bacia hidrográfica do rio Una/PE.

Variável hidrológica	Balanço hídrico da bacia do rio Una	
	Mapa do MapBiomias	Mapa do IBGE
Média da Curva Número (adimensional)	61,18	67,01
Potencial de evapotranspiração (mm)	1 752,4	1 752,4
Evaporação e transpiração (mm)	416,9	444,3
Percolação para o aquífero raso (mm)	165,28	117,12
Escoamento superficial (mm)	71,65	102,79
Fluxo Lateral (mm)	223,64	213,22
Fluxo de Retorno (mm)	131,38	88,57

Fonte: Autores (2022).

Conforme a média do total precipitado na bacia, usando o mapa de uso e ocupação da terra do MapBiomias, observou-se que a evapotranspiração real apresentou menores valores (416,9 mm), conforme mostra a Tabela 7 e Figura 3. Este fato que contribuiu para o aumento da percolação e do fluxo de base, devido ao excesso de água que permaneceu no sistema. Estas observações podem ser explicadas pela influência do conteúdo de água no solo e sua capacidade de conduzir água para as raízes das plantas, pelas características, pelos aspectos ambientais, as práticas de cultivo e pelos fatores climáticos, que por sua vez são influenciados pela vegetação na área de estudo (Allen *et al.*, 1998).

Estes resultados corroboram com McIntyre *et al.* (2014), os quais constataram que áreas de silvicultura apresentam maiores taxas de evapotranspiração do que qualquer outro tipo de uso do solo, incluindo florestas naturais. Já o escoamento superficial, considerando o mapa de uso e ocupação da terra do MapBiomias (71,65 mm), está relacionado com o valor médio da Curva Número (CN), que é característico de florestas e plantações, o que facilita a infiltração da água pelo solo e reduz o



escoamento superficial, diferentemente do mapa de uso e ocupação do IBGE que apresentou percentual insignificante de florestas, vegetação arbustivas.

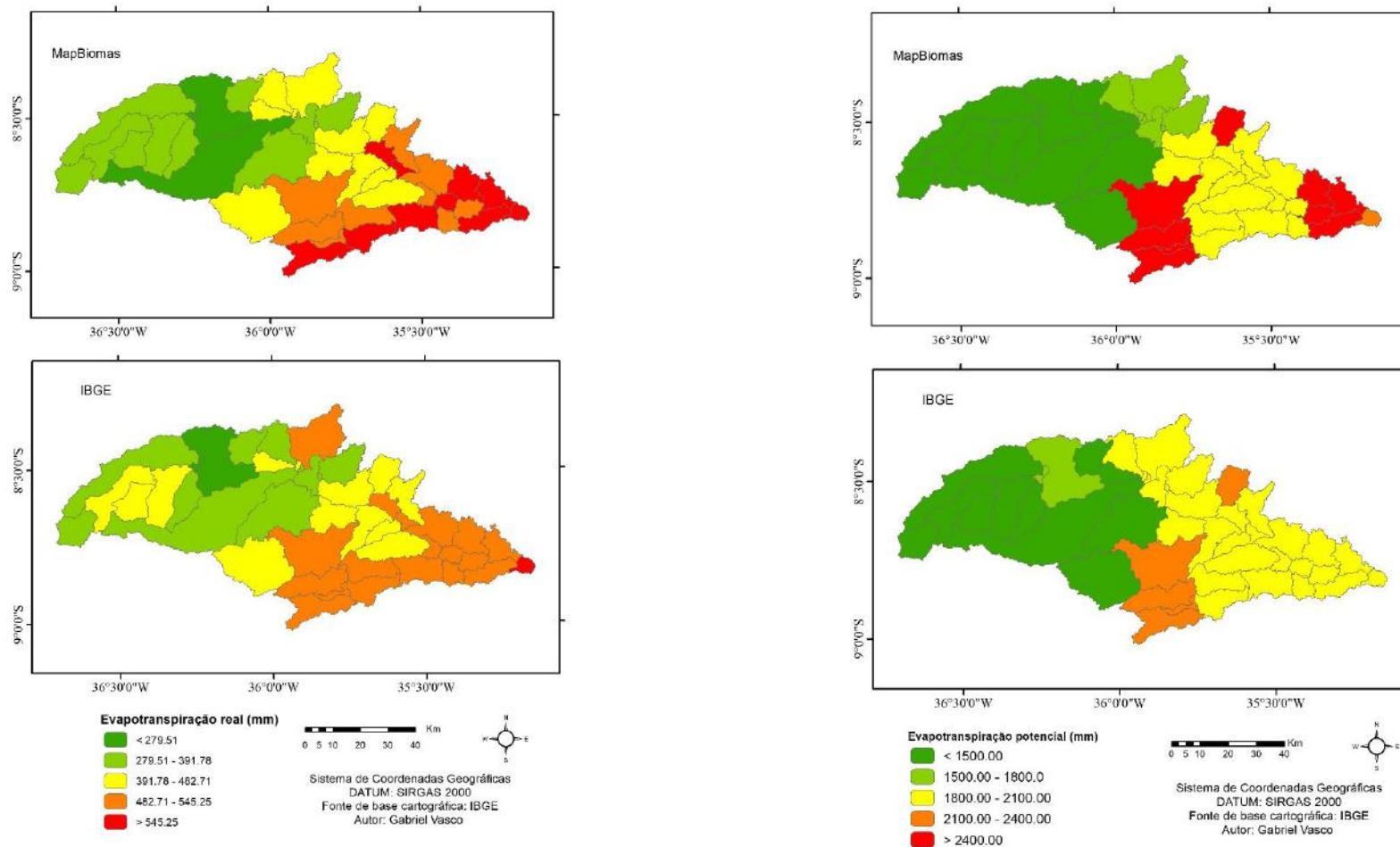
Estes resultados corroboram com os apresentados por Mishra *et al.* (2010) que aplicou o modelo *Variable Infiltration Capacity Model* (VIC) para avaliar o impacto das mudanças de uso da terra em Wisconsin, Estados Unidos. Os resultados mostraram incrementos do escoamento superficial e da vazão de base e reduções na evapotranspiração devido a conversão de florestas para uso agrícola.

Estudos similares desenvolvidos por Caram (2010) e Rodriguez (2011) detectaram que as mudanças de uso da terra têm influência sobre os processos de geração de escoamento, no sentido de incrementos na produção de água pela substituição de florestas por outros usos.

As contribuições estimadas do fluxo lateral e de retorno apresentaram menores valores para o mapa do uso e ocupação da terra do IBGE, com valores correspondentes a 213,22 mm e 88,57 mm, respectivamente, conforme a Tabela 7.

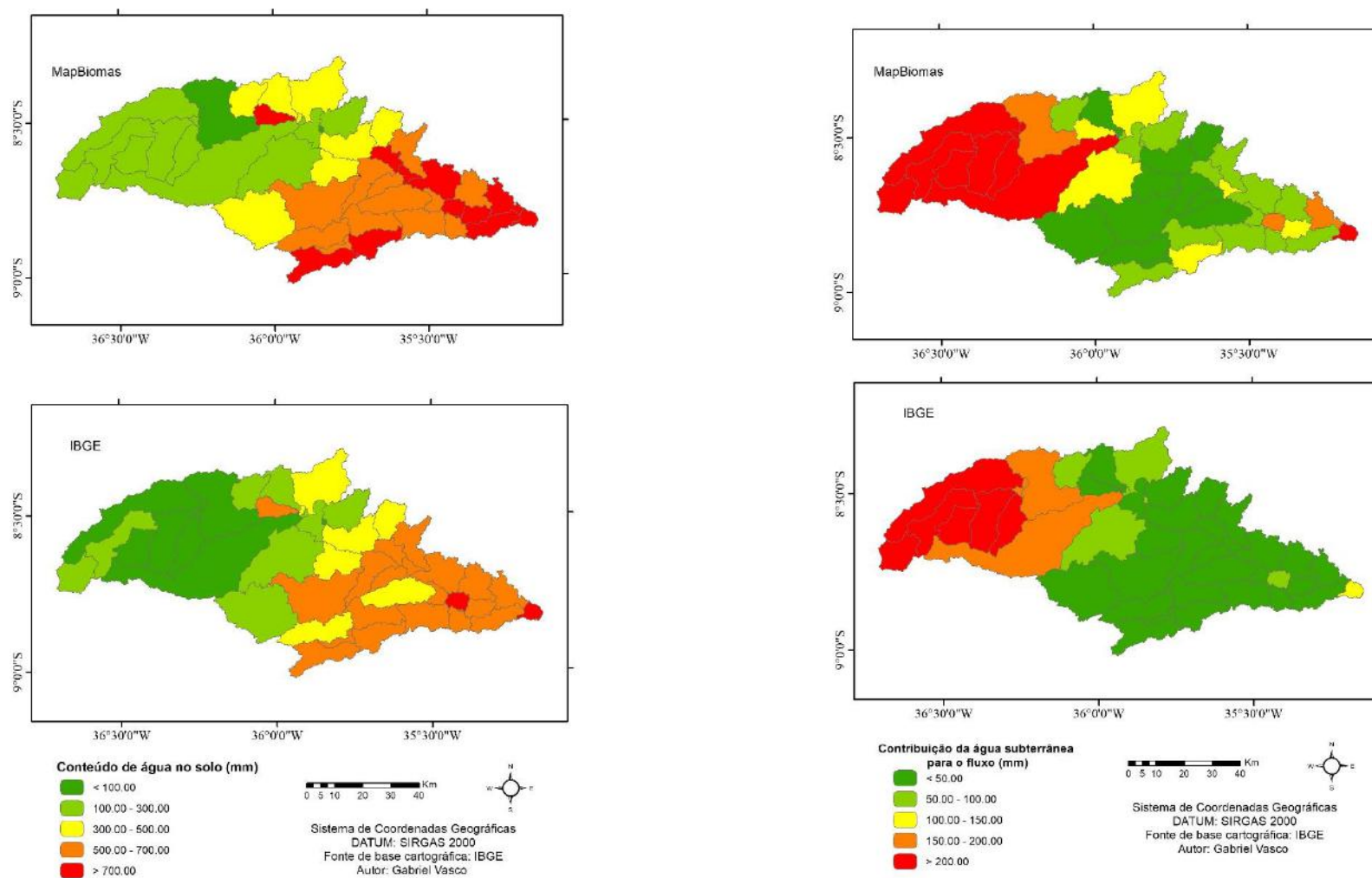
Estes volumes contribuem para o aumento do escoamento superficial, e conseqüentemente para produção de água para os canais de drenagem da bacia.

**Figura 3** – Mapa da evapotranspiração real (mm) e potencial (mm), respectivamente por sub-bacia na bacia do rio Una/PE



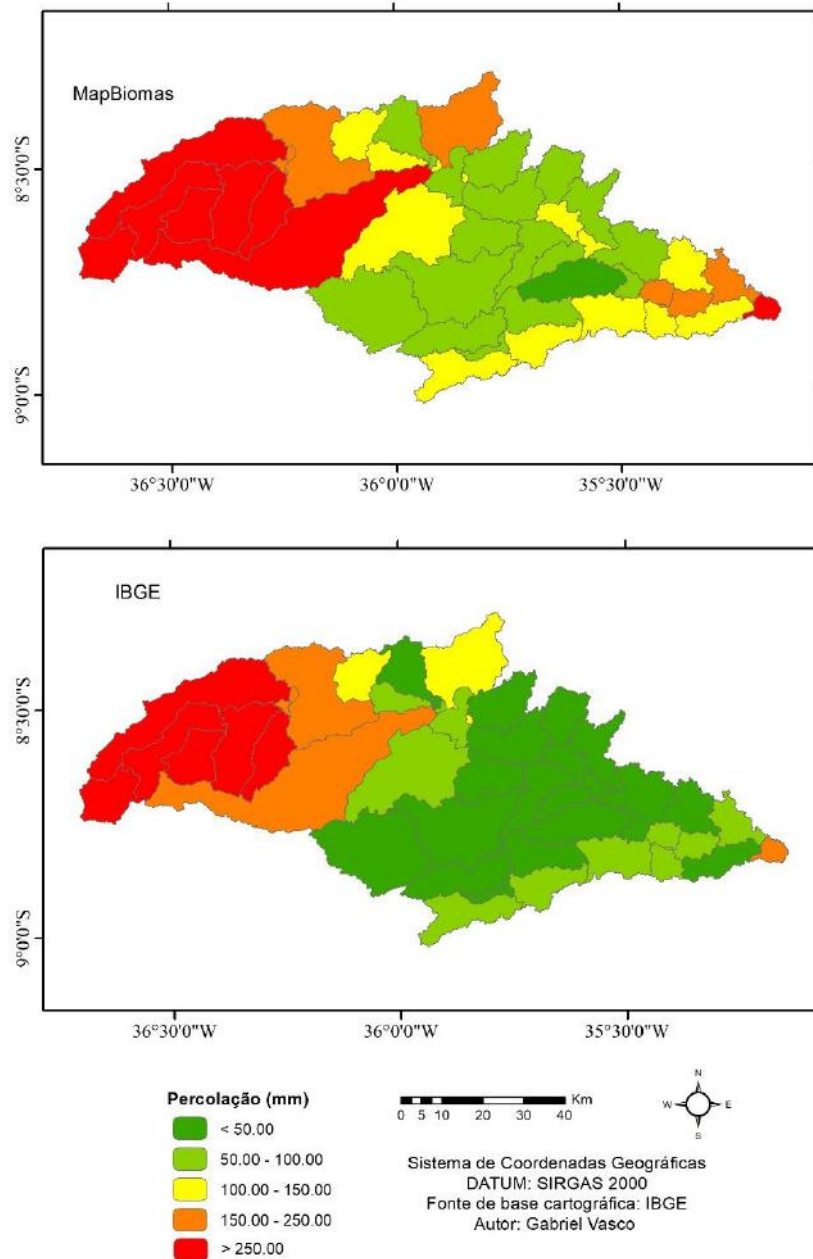
Fonte: Autores (2022).

**Figura 4** – Mapa do conteúdo de água no solo (mm) e da contribuição da água subterrânea para o fluxo (mm), respectivamente por sub-bacia na bacia do rio Una/PE



Fonte: Autores (2022).

**Figura 5** – Mapa da percolação (mm) por sub-bacia na bacia do rio Una/PE



Fonte: Autores (2022).

Conforme apresentado na Tabela 7, o valor médio de percolação para o aquífero raso foi maior para o mapa do MapBiomias (165,28 mm) quando comparado com o mapa do IBGE (117,12 mm), conforme mostra a Figura 5. Esta diferença justifica-se pelo fato de apresentar alta taxa de crescimento das plantas, as espécies de árvores utilizadas na agropecuária possuem um alto consumo de água, o que pode justificar a redução identificada na quantidade de água percolada e consequente redução do escoamento subsuperficial (RIBEIRO, 2021).

#### 4. Considerações Finais

O estudo avaliou, através do uso do modelo hidrológico SWAT aplicado na bacia hidrográfica do rio Una/PE, a

resposta hidrológica obtida com adoção de dois mapas de uso e ocupação da terra de fontes diferentes. Ainda que haja insuficiência de trabalhos relacionados com os efeitos do nível de detalhamento dos mapas de uso e ocupação da terra na hidrologia de uma bacia, os resultados do presente estudo mostram que as diferenças no detalhamento das classes de uso e ocupação da terra causam efeitos nas variáveis hidrológicas modeladas pelo SWAT.

O mapa de uso e ocupação da terra do IBGE é mais generalista (agrega classes que estão mais estratificadas nos dados do MapBiomias), e, portanto, menos sensível às influências que cada tipo de uso e ocupação da terra gera no balanço hídrico. Estas generalidades implicam na supressão de classes de uso e ocupação da terra que são decisivas nos processos hidrológicos, como é o caso da estimativa do escoamento, e infiltração, embora de forma moderada.

A título de exemplo, o mapa de uso e ocupação da terra do IBGE classifica o uso e ocupação da terra na bacia do Una em áreas de agricultura, pastagem, mosaico de agricultura e pastagem (que ocupa 82,78% da bacia) e pasto de verão, enquanto o dado de MapBiomias estratifica em agricultura, agricultura de sequeiro e pastagem, cana-de-açúcar, vegetação arbustiva, vegetação escassa ou rala, floresta e pastagem. Esse conjunto de classes são os usos mais recorrentes ao longo da área de estudo, ocupando 53,84% do total da área.

Recomenda-se para trabalhos futuros, estudos que englobem simultaneamente, a discretização dos diferentes mapas de uso e ocupação da terra, e diferentes resoluções de modelos digitais de elevação (incluindo os impactos na sensibilidade dos parâmetros), podendo também se quantificar as incertezas desses dados de entrada em simular os processos hidrológicos em períodos de eventos extremos como inundações ou secas do semiárido, especificamente.

## Referências

- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. *Fao, Rome, 300(9)*, D05109.
- Andrade, M. A., Mello, C. R. D., & Beskow, S. (2013). Simulação hidrológica em uma bacia hidrográfica representativa dos Latossolos na região Alto Rio Grande, MG. *Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*, 17, 69-76.
- Arnold, J. G., Srinivasan, R., Muttiah, R. S., & Williams, J. R. (1998). Large area hydrologic modeling and assessment part I: model development 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 34(1), 73-89.
- Bayer, D. M. (2014). *Efeitos das mudanças de uso da terra no regime hidrológico de bacias de grande escala* (Tese). UFRGS, Porto Alegre, RS.
- Bayer, D. M., & Collischonn, W. (2013). Análise de sensibilidade do Modelo MGB-IPH a mudanças de uso da terra. *Rbrh: revista brasileira de recursos hídricos*. Porto Alegre, RS. 18(3) (jul./set. 2013), 165-179.
- Beven, K. (2016). Facets of uncertainty: epistemic uncertainty, non-stationarity, likelihood, hypothesis testing, and communication. *Hydrological Sciences Journal*, 61(9), 1652-1665.
- Caram, R. D. O. (2010). *Mudanças no uso e cobertura do solo e resposta hidrológica da bacia do rio Piracicaba* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Castilla, G., & Hay, G. J. (2007). Uncertainties in land use data. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 3(6), 3439-3472.
- Cotter, A. S., Chaubey, I., Costello, T. A., Soerens, T. S., & Nelson, M. A. (2003). Water quality model output uncertainty as affected by spatial resolution of input data 1. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 39(4), 977-986.
- Fan, J., Galoie, M., Motamedi, A., & Huang, J. (2021). Assessment of land cover resolution impact on flood modeling uncertainty. *Hydrology Research*, 52(1), 78-90.
- Farias, V. E. M. D. (2021). Avaliação da influência das resoluções espaciais de MDE na estimativa do escoamento superficial de uma bacia hidrográfica usando o modelo SWAT+ (Dissertação). UFPB, João Pessoa, PB.
- Gashaw, T., Tulu, T., Argaw, M., & Worqlul, A. W. (2018). Modeling the hydrological impacts of land use/land cover changes in the Andassa watershed, Blue Nile Basin, Ethiopia. *Science of the Total Environment*, 619, 1394-1408.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. <https://www.ibge.gov.br/>.
- Kennard, M. J., Mackay, S. J., Pusey, B. J., Olden, J. D., & Marsh, N. (2010). Quantifying uncertainty in estimation of hydrologic metrics for ecohydrological studies. *River Research and Applications*, 26(2), 137-156.
- Kundu, S., Khare, D., & Mondal, A. (2017). Past, present, and future land use and changes and their impact on water balance. *Journal of environmental management*, 197, 582-596.

- Melo, A. G., & Goldfarb, M. C. (2012). Contribuição para modelagem de perfil longitudinal Bacia do Rio Una (PE). In: Congresso de Matemática aplicada e computacional. CMAC Nordeste, Anais... Natal – RN.
- McIntyre, N., Ballard, C., Bruen, M., Bulygina, N., Buytaert, W., Cluckie, I., & Wheeler, H. (2014). Modelling the hydrological impacts of rural land use change. *Hydrology Research*, 45(6), 737-754.
- Melo, D. F. B. C., Ribeiro, M. H. G., Junior, E. C. A., & Gonçalves, E. A. P. (2018). Avaliação da Bacia do rio Una-Pernambuco: perspectiva da qualidade da água após a construção de 4 barragens para contenção de cheias (Evaluation of the Una-Pernambuco River Basin: Water Quality Perspective after Construction of 4 Flooding Containment Dams). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(2), 612-627.
- Mishra, V., Cherkauer, K. A., Niyogi, D., Lei, M., Pijanowski, B. C., Ray, D. K., & Yang, G. (2010). A regional scale assessment of land use/land cover and climatic changes on water and energy cycle in the upper Midwest United States. *International Journal of Climatology*, 30(13), 2025-2044.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., & Williams, J. R. (2011). *Soil and water assessment tool theoretical documentation version 2009*. Texas Water Resources Institute.
- Qin, G., Liu, J., Wang, T., Xu, S., & Su, G. (2018). An integrated methodology to analyze the total nitrogen accumulation in a drinking water reservoir based on the SWAT model driven by CMADS: A case study of the Biliuhe Reservoir in Northeast China. *Water*, 10(11), 1535.
- Ribeiro, G. F. (2021). *Aplicação do modelo SWAT na análise dos componentes do balanço hídrico em diferentes usos e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Ribeirão das Antas, Minas Gerais* (Tese). UNICAMP, Campinas, SP.
- Rodriguez, D. A. (2011). Impactos dos padrões espaciais da vegetação nas variáveis atmosférica e terrestre do ciclo hidrológico, em bacia de floresta amazônica. *Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais*, 208pp.
- Sharma, A., & Tiwari, K. N. (2014). A comparative appraisal of hydrological behavior of SRTM DEM at catchment level. *Journal of Hydrology*, 519, 1394-1404.
- Souza, I. A., Maciel Netto, A.; Antonino, A. C. D., Kuntze, M. A. G. Variabilidade climática na bacia hidrográfica do rio Una-PE/Brasil e os seus efeitos na agricultura. (2004). *Anais... Congresso Brasileiro de Meteorologia*. Edição XIII – Fortaleza, CE.
- Tavares, B. S., Corrêa, M. M., Souza, R. V. C. C., Scariotto, M. C., de Souza Mendes, I., & dos Santos Medeiros, L. R. (2018). Water quality in Una River Basin–Pernambuco. *Revista Geama*, 26-32.
- Tucci, C. E. M. (1998). *Modelos hidrológicos*. Porto Alegre, RS: UFRGS/Associação Brasileira de Recursos Hídricos.
- Tucci, C. E. (2002). Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. *Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas–Câmara Temática de Recursos Hídricos, Brasília*, 150.
- Wang, H., Wu, Z., & Hu, C. (2015). A comprehensive study of the effect of input data on hydrology and non-point source pollution modeling. *Water resources management*, 29(5), 1505-1521.
- Zhuang, X. W., Li, Y. P., Nie, S., Fan, Y. R., & Huang, G. H. (2018). Analyzing climate change impacts on water resources under uncertainty using an integrated simulation-optimization approach. *Journal of Hydrology*, 556, 523-538.