

## MODELAGEM HIDROLÓGICA E MAPBIOMAS APLICADOS NA INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO SOBRE O ESCOAMENTO SUPERFICIAL

### Jocimar Coutinho Rodrigues Junior<sup>1</sup>

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Recife, PE, Brasil



### Camila Oliveira de Britto Salgueiro<sup>2</sup>

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Recife, PE, Brasil



### Rebecca Borja Goncalves Gomes de Menezes<sup>3</sup>

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Recife, PE, Brasil



### Sylvana Melos dos Santos<sup>4</sup>

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Recife, PE, Brasil



### Leidjane Maria Maciel de Oliveira<sup>5</sup>

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Recife, PE, Brasil



### Anderson Luiz Ribeiro de Paiva<sup>6</sup>

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)  
Recife, PE, Brasil



1. Doutorando em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), E-mail: [jocimar.junior@ufpe.br](mailto:jocimar.junior@ufpe.br), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4033-3243>
2. Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), E-mail: [camila.salgueiro@ufpe.br](mailto:camila.salgueiro@ufpe.br), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6237-5882>
3. Mestranda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), E-mail: [rebecca.borges@ufpe.br](mailto:rebecca.borges@ufpe.br), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7886-6168>
4. Professora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), E-mail: [sylvana.santos@ufpe.br](mailto:sylvana.santos@ufpe.br), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3106-5301>
5. Professora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), E-mail: [leidjane.oliveira@ufpe.br](mailto:leidjane.oliveira@ufpe.br), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1251-6998>
6. Professor do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), E-mail: [anderson.paiva@ufpe.br](mailto:anderson.paiva@ufpe.br), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3475-1454>

Enviado em 18 jan. 2023 | Aceito em 2 fev. 2024

**Resumo:** Os estudos de uso e ocupação do solo são essenciais para averiguar mudanças temporais de cobertura do mosaico terrestre, bem como levantar os seus impactos gerados sobre o escoamento superficial. Deste modo, o presente trabalho tem como objetivo analisar de forma multitemporal, as classes de uso e ocupação do solo na geração de escoamento superficial, no município de Propriá, em Sergipe. Para tanto, foram utilizadas imagens do MapBiomas correspondente aos anos de 1991, 2001, 2011, 2021, para mapeamento e análise da evolução das classes de uso e ocupação do solo no decorrer dos anos. Assim, foi possível estimar o escoamento superficial ao longo do tempo, a partir do modelo Racional e modelo Curva Número (SCS-CN). Os resultados evidenciaram que, entre 1991 e 2021, houve significativas mudanças no uso e ocupação do solo no município de Propriá, em que a cobertura da classe de Pastagem apresentou dominância, aumentando sua área em quase 69%. Ademais, a partir dessa evolução do uso e ocupação do solo, o escoamento superficial teve uma redução de 16% entre 1991 e 2021 na vazão gerada e, conseqüentemente, foi constatado um aumento de aproximadamente 13% na capacidade de não gerar lâmina de escoamento.

**Palavras-chave:** Cobertura do solo; Classes de uso; Modelo Racional; Modelo Curva-Número; Propriá.

#### HYDROLOGICAL MODELING AND MAPBIOMES APPLIED TO THE INFLUENCE OF LAND USE AND LAND COVER ON RUNOFF

**Abstract:** Studies of land use and occupation are essential to ascertain temporal changes in the coverage of the land mosaic, as well as to assess their impact on surface runoff. The aim of this study is therefore to analyze land use and land cover classes in a multi-temporal way in the municipality of Propriá, Sergipe. MapBiomas images from 1991, 2001, 2011 and 2021 were used to map and analyze the evolution of land use and occupation classes over the years. It was then possible to estimate surface runoff over time using the Rational model and the Curve Number model (SCS-CN). The results showed that, between 1991 and 2021, there were significant changes in land use and occupation in the municipality of Propriá, in which the Pasture class coverage showed dominance, increasing its area by almost 69%. Furthermore, based on this evolution in land use and occupation, surface runoff had a 16% reduction between 1991 and 2021 in the flow generated and, consequently, there was an increase of approximately 13% in the capacity not to generate runoff.

**Keywords:** Land cover; Land use classes; Rational model; Number-curve model; Propriá.

#### MODELIZACIÓN HIDROLÓGICA Y MAPBIOMAS APLICADOS A LA INFLUENCIA DEL USO Y LA CUBIERTA DEL SUELO EN LA ESCORRENTÍA

**Resumen:** Los estudios de uso y ocupación del suelo son esenciales para analizar los cambios temporales en el mosaico de la cobertura del suelo, así como su impacto en la escorrentía superficial. El objetivo de este estudio es, por lo tanto, analizar el uso del suelo y las clases de ocupación del suelo de forma multitemporal en el municipio de Propriá, Sergipe. Se utilizaron imágenes MapBiomas de 1991, 2001, 2011 y 2021 para mapear y analizar la evolución de las clases de uso y ocupación del suelo a lo largo de los años. A continuación, fue posible estimar la escorrentía superficial a lo largo del tiempo utilizando el modelo Racional y el modelo de Número de Curva (SCS-CN). Los resultados mostraron que, entre 1991 y 2021, hubo cambios significativos en el uso y ocupación del suelo en el municipio de Propriá, en el que la cobertura de la clase Pastizal mostró dominancia, aumentando su área en casi un 69%. Además, a partir de esta evolución en el uso y ocupación del suelo, el escurrimiento superficial tuvo una reducción del 16% entre 1991 y 2021 en el caudal generado y, conseqüentemente, hubo un aumento de aproximadamente el 13% en la capacidad de no generar escurrimiento.

**Palabras clave:** Cobertura del suelo; Clases de uso del suelo; Modelo racional; Modelo de curva numérica; Propriá.



## Introdução

O desenvolvimento dos municípios em território brasileiro acarretou uma série de modificações na paisagem e nos recursos ambientais, em que o uso e ocupação do solo afetam o meio físico e biótico dos ecossistemas. A partir do avanço urbano, agrícola e industrial, a cobertura do solo foi modificada ao longo do tempo, resultando em alterações na impermeabilidade do solo e na estrutura dos terrenos, o que culminou em significativos aumentos no escoamento superficial (NAMBA *et al.* 2021; ARRAZ; MARQUES; RIBEIRO, 2022). Segundo Li *et al.* (2018) o referido escoamento superficial consiste em um fenômeno hidrológico que pode ser mensurado a partir de diversos modelos, que averigüam a capacidade de geração de escoamento, a partir das características fisiográficas da localidade, incluindo as classes de uso e ocupação. Além disso, conforme aponta Souza e Corrêa (2019), a análise dos parâmetros de escoamento superficial é de significativa importância para o gerenciamento dos recursos naturais de bacias hidrográficas, bem como para compreender os processos fluviais.

Dentre os modelos que podem ser aplicados para determinar a magnitude do escoamento superficial, pode-se citar o modelo Racional e o modelo Curva Número (SCS-CN). O primeiro modelo parte do pressuposto de calcular a vazão gerada pela precipitação, a partir das características de rugosidade do terreno, sendo bastante empregado em pesquisas, como na bacia do Rio Xaxim, Paraná – Brasil (MARTINHAGO *et al.*, 2021). Já o segundo modelo, consiste em determinar a altura

da lâmina de escoamento superficial gerada pela precipitação, considerando as características do solo e a ocupação da área, sendo também amplamente utilizado em estudos, como na bacia hidrográfica do rio Cadeia, no Rio Grande do Sul (CUNHA *et al.*, 2021).

Nesse sentido, ambos os modelos necessitam de informações acerca das classes de uso do solo e como ocorrem as mudanças ao longo do tempo, para serem aplicados. O conhecimento da distribuição espacial das diversas formas de cobertura do terreno necessita de informações precisas e de grandes áreas, em que a melhor maneira de as obter é com o uso de Sensoriamento Remoto (SR), que dispõe de dados acerca de áreas específicas como as classes de uso e ocupação do solo. Assim, se obtém as informações necessária do mosaico terrestre, requisitadas para estimar o escoamento superficial (CUI *et al.*, 2018).

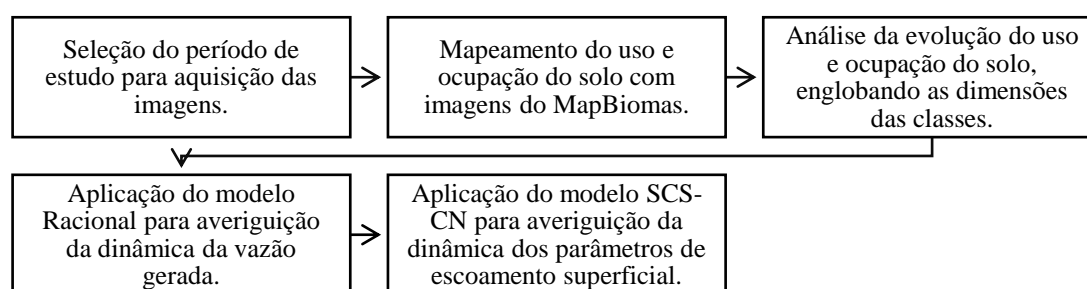
Dentro deste conjunto de informações de SR, se destaca o Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil, amplamente conhecido como MapBiomas, que dispõe uma série histórica de mapas anuais de uso e cobertura no Brasil (MAPBIOMAS, 2022a). A partir disso, identifica-se a evolução de classes como pecuária e zona urbana que passam a substituir as áreas ocupadas originalmente por vegetação nativa, resultando em processos de impermeabilização e compactação do terreno. Nesse contexto, segundo Barreto *et al.* (2021), com a utilização do MapBiomas é possível apontar o grau de desmatamento no território brasileiro, sendo útil para monitoramento de áreas desmatadas nos biomas nacionais. De acordo com Reis *et al.* (2021), também é possível averiguar as principais atividades socioeconômicas ocorrentes em municípios.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo mapear de forma multitemporal as classes de cobertura do solo a partir do MapBiomas e, aplicar o modelo Racional e o modelo Curva Número (SCS-CN), para analisar a influência da dinâmica do uso e ocupação do solo sobre a geração do escoamento superficial, no município de Propriá – SE, localizado na região do Baixo São Francisco, estado de Sergipe, Brasil.

## Materiais e Métodos

A execução do trabalho ocorreu de acordo com as etapas sequenciadas na Figura 1. De início, para estudar a composição da cobertura do solo e suas alterações ao longo do tempo, foram realizados mapeamentos das classes de uso e ocupação com base nas imagens do MapBiomas. Posteriormente, foram aplicados o modelo Racional e o modelo SCS-CN para determinação do escoamento superficial e, a influência das classes de cobertura do solo na sua possível geração ao longo do tempo.

Figura 1 - Etapas desenvolvidas para obtenção de resultados



### Área de estudo

O município de Propriá está localizado no Baixo São Francisco, no estado de Sergipe, no extremo noroeste (Figura 2). Segundo o IBGE (2020), a estimativa populacional para o município de Propriá é de 29.692 habitantes e área de 95.041 km<sup>2</sup>. A altitude média de Propriá é de 19 metros, podendo chegar até 102 metros em determinadas localidades.

No diz respeito a precipitação, a Figura 3 mostra a precipitação mensal para o município de Propriá, especificamente para os anos de 1991, 2001, 2011, e 2021, de acordo com as estações pluviométricas de código 01036026 e 01036048 do Portal HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2022). Os referidos anos consistem nos períodos selecionados para estudo, em que foram realizados os mapeamentos de uso e ocupação do solo.

Figura 2 - Localização e elevação de Propriá.

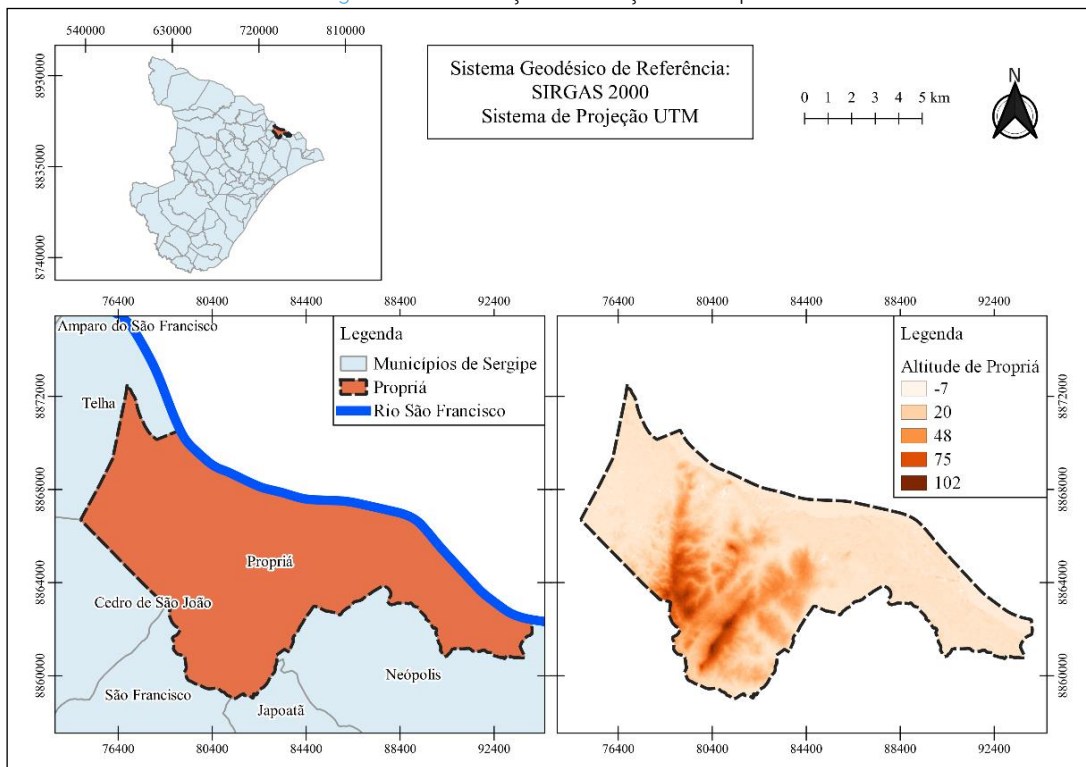
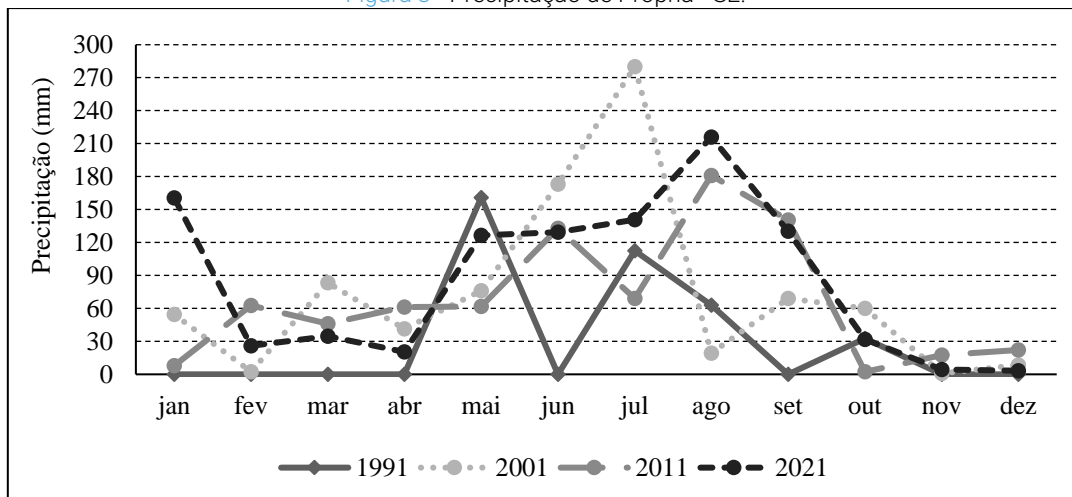


Figura 3 - Precipitação de Propriá - SE.



Fonte: ANA (2022).

### Análise multitemporal do uso e ocupação do solo

Para averiguar a dinâmica do uso e ocupação do solo em Propriá, foram utilizadas imagens dos anos de 1991, 2001, 2011 e 2021, obtidas junto ao Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil - MapBiomas. Deste modo, as imagens têm sua melhor resolução em escalas de até 1:100.000 e são gerados a partir de imagens da série Landsat, com projeção em WGS 84 e resolução espacial de 30 metros (MAPBIOMAS, 2022a).

A análise de uso e cobertura é efetuada a partir da classificação dos pixels das imagens, que são classificados entre as classes de uso da terra, que podem ser consultadas nas coleções do projeto (MAPBIOMAS, 2022b). Com a aquisição das imagens para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2021 na plataforma do Google Earth Engine, a partir da coleção 7 do MapBiomas, foi utilizado o software QGIS 3.14 para processamento.

### Escoamento superficial pelo modelo Racional

Para averiguar as mudanças no escoamento superficial, a partir dos usos da cobertura do solo, há o modelo Racional, que consiste em um modelo de simples aplicabilidade, que aponta a vazão gerada pela chuva. Segundo Martinhago *et al.* (2021), o modelo Racional tem como objetivo adquirir o valor da vazão que é gerada por um percentual da quantidade de água precipitada, resultando no escoamento superficial que é produzido de acordo com a precipitação e pelo tipo de cobertura que ocorre na área, englobando parâmetros hidrológicos e biofísicos.

O referido método se caracteriza pela utilização de um coeficiente de escoamento superficial ou runoff (C), que considera todos os processos hidrológicos de transformação (GERMER *et al.*, 2009). Portanto, esse coeficiente é dado pela relação entre os volumes escoado e precipitado, e pode ser baseado em uma série de fatores, tais como características da superfície, tipo de solo e sua permeabilidade, tempo de concentração, entre outros.

De posse dos mapas de uso e ocupação, contendo as áreas de cada tipo de cobertura que ocorre no município de Propriá, em cada ano de estudo, foi possível estudar o escoamento superficial na localidade e as suas mudanças com influência do uso do solo. Assim, para obter a vazão que é gerada pelo escoamento superficial, foi utilizado o modelo Racional, dada a sua simplicidade (TUCCI, 2000), conforme foi apontado na Equação 1. O coeficiente de escoamento superficial é considerado de acordo com as classes de uso e ocupação do solo obtidas para os anos de estudos.

$$Q = 0,278 * C * I * A \quad (1)$$

Em que: Q = vazão do projeto (m<sup>3</sup>/s); I = intensidade pluviométrica (mm/h); A = área (m<sup>2</sup>); C = coeficiente de escoamento (dado tabelado de acordo com o tipo de uso e ocupação do solo).

A intensidade pluviométrica (I) pode ser obtida de acordo com a Equação 2, que relaciona a intensidade das chuvas, juntamente com a duração e frequência, considerando os coeficientes de ajustes, obtidos por Aragão *et al.* (2013), para o município de Propriá - SE.

$$I = \frac{984,38 * Tr^{0.140}}{(td + 10.52)^{0.753}} \quad (2)$$

Em que: Tr = tempo de recorrência ou retorno (anos); td = tempo de duração da chuva (min).

A determinação da intensidade depende do tempo de recorrência e tempo de duração de chuva, que são considerados de acordo com os tipos de obras e intervenções almejadas na área. Segundo Zhao *et al.* (2013), isso ocorre em razão da finalidade de diminuir os prejuízos gerados por inundações, que podem ocorrer frequentemente ou em eventos de precipitação extremos, objetivando maior segurança hidráulica. Neste caso, quanto maior a magnitude obra, se considera um tempo de recorrência elevado, visando haver segurança em um evento extremo, que pode ocorrer em longo prazo.

Dessa forma, para o estudo em Propriá – SE, foi calculada a intensidade pluviométrica com diversos tempos de recorrência, sendo 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos. Ademais, também utilizados diversos tempo de duração de chuva, entre 10 e 300 minutos, com intervalo de 5 minutos, a fim de compreender a intensidade pluviométrica para diversos eventos de precipitação.

Posteriormente, obteve-se o escoamento superficial pelo modelo Racional ( $m^3/s$ ), considerando a variação do coeficiente de escoamento superficial (C) ao longo dos anos de estudo e, a intensidade pluviométrica (i) para os referidos tempos de recorrência (2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos) e, tempos de duração de chuva de 1, 2, 3, 4 e 5 horas, para representar a vazão ao longo do tempo, até um maior período de duração de chuva. Assim, os valores gerados de escoamento superficial consideram a evolução das classes de cobertura do solo e, as diferentes intensidades pluviométricas utilizadas para diversas obras de engenharia.

### Escoamento superficial pelo modelo SCS-CN

Para conhecimento da lâmina de água que pode ser infiltrada, bem como a lâmina de água que pode ser escoada, a partir da precipitação, é bastante usual o emprego do modelo Curva Número (SCS-CN). Este método foi desenvolvido pelo Natural Resources Conservation Service (NRCS) do United States Department of Agriculture (USDA) (SCS, 1972), sendo empregado para determinar a lâmina de escoamento superficial, gerada a partir da precipitação, bem como a lâmina de água perdida para a infiltração ou demais etapas do ciclo hidrológico, que não é escoada (TARGA *et al.*, 2012).

No que se refere ao modelo SCS-CN, segundo Cunha *et al.* (2021), este consiste em um modelo empírico, que tem como finalidade determinar a parcela da precipitação que irá gerar o escoamento superficial, com base em um conjunto de relações entre precipitação e as características de ocupação do terreno. O equacionamento parte da consideração do parâmetro Curva Número (CN) da localidade em estudo, que depende do tipo de uso e ocupação do solo, bem como do grupo hidrológico. Dependendo da classificação hidrológica do solo, ou seja, dependendo de parâmetros como condutividade hidráulica, absorção e de demais características hidráulicas, classifica-se o solo em questão (PRUSKI *et al.*, 1997). Para o município de Propriá, o solo é enquadrado como grupo hidrológico B de acordo com mapeamento de cobertura do território brasileiro do IBGE (2014). Assim, o solo da localidade dispõe naturalmente uma moderada taxa de infiltração de água, além de possuir características arenosas e argilosas.

Portanto, considerando como solo pertencente ao grupo hidrológico B, além das características de uso e ocupação obtidas para o ano de estudo, o parâmetro relacionado à umidade antecedente do solo, deve ser determinado de acordo com a incidência de precipitação na área, em um período de tempo. Para isso, foram utilizadas as Equações 3, 4 e 5, em que o CN II (condição normal) é a variável arbitrada conforme é constituído o uso e ocupação do solo na área e, posteriormente, pode ser transformado em CN I ou CN II dependendo da condição antecedente de umidade do solo, gerada pela precipitação (BESKOW *et al.*, 2009). Neste caso, o CN II pode ser

consultado em tabelas na literatura, que dispõem dados de CN para diversos tipos de uso e ocupação, englobando os diversos grupos hidrológicos de solo (NAGEL *et al.*, 2020).

$$CN I = \frac{4,2 * CN (II)}{10 - 0,058 * CN (II)}$$

CN II transformado para condição seca:  
Precipitação dos últimos 5 dias < 13 mm 3)

CN II mm Arbitrado para condição normal:  
13 mm < Precipitação dos últimos 5 dias < 53 mm 4)

$$CN III = \frac{23 * CN (II)}{10 + 0,13 * CN (II)}$$

CN II transformado para condição úmida:  
Precipitação dos últimos 5 dias > 53 mm 5)

Uma vez estimado o CN, são realizados os equacionamentos do modelo SCS-CN (TARGA *et al.*, 2012) para determinação do escoamento superficial. A priori, estima-se o Armazenamento Máximo de Água na Camada Superficial do Solo (S) que consiste na porção de água que pode ser retida na superfície, representando a capacidade de retenção máxima, sendo associada às características físicas da área, em termos de solo e vegetação. O parâmetro S é calculado conforme a Equação 6. Por conseguinte, se estima de acordo com a Equação 7, a Lâmina de Abstração Inicial (Ia), que é definida como as perdas iniciais por processos hidrológicos como associados principalmente com a infiltração e interceptação.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (6)$$

$$Ia = 0.2 * S \quad (7)$$

Em que: S = Armazenamento Máximo de Água na Camada Superficial do Solo (mm); Ia = Lâmina de Abstração Inicial (mm).

Com isso, determinado o valor de Ia, que representa a capacidade hidrológica de não gerar o escoamento superficial, é possível estimar a Precipitação Efetiva ou Escoamento Superficial (P<sub>ef</sub>). De início, deve ser comparado o valor do Ia com a precipitação que ocorre na área em um período de tempo, caso o valor da precipitação seja maior do que o Ia (P > Ia), ocorre escoamento superficial. Em contrapartida, para valores de Ia maiores do que a precipitação (P < Ia), não é gerado escoamento superficial. Em caso de geração de escoamento superficial, seu valor é estimado pela Equação 8. Deste modo, foi possível determinar a influência do uso e ocupação do solo nos valores de Ia, que determina a capacidade hidrológica de não produzir escoamento superficial.

$$P_{ef} = \frac{(P - Ia)^2}{(P - Ia + S)} \quad (8)$$

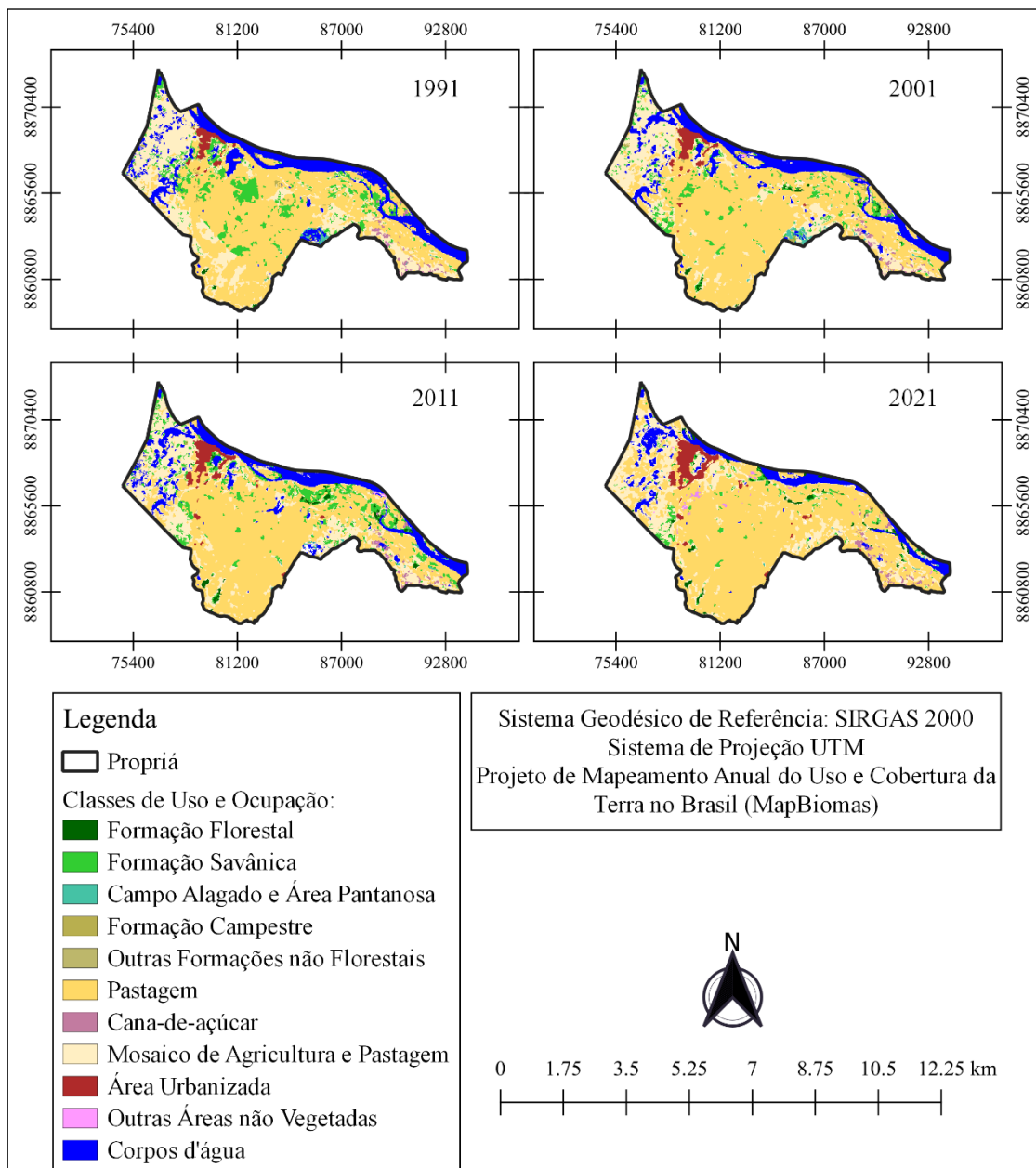
Em que: P = Precipitação (mm); S = Armazenamento Máximo de Água na Camada Superficial do Solo (mm); Ia = Lâmina de Abstração Inicial (mm).

## Resultados e Discussão

A partir da obtenção das imagens do MapBiomas, foram obtidas as classes de uso e ocupação do solo para Propriá. No que se refere a evolução das referidas da cobertura do mosaico terrestre, a Figura 4 revela os mapas de uso e ocupação do solo organizados no *software* QGIS 3.14

para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2021. Neste sentido, é possível observar algumas mudanças pontuais e outras mais intensas para determinadas classes de cobertura, entre os 30 anos de período de estudo, para áreas de Formações Florestais, Savânicas, Pastagem, Infraestrutura Urbana, entre outros.

Figura 4 - Uso e Ocupação do Solo durante os anos em estudo



Ao efetuar uma comparação inicial entre 1991 e 2001, averiguou-se que a cobertura do solo no ano de 2001, se comparado com o ano de 1991, apresenta um aumento significativo na área de



Pastagem e reduções nas áreas de Mosaico de Agricultura e Pastagem e Formação Savânica, que é uma vegetação com estrato arbóreo descontínuo, ou seja, a configuração vegetativa consiste em arbustos localizados de forma espaçada. Entretanto, em 2011, a Pastagem sofreu reduções de áreas e, em 2021 retornou ao crescimento, evidenciando uma evolução não linear. Este fato ocorre para as áreas de Mosaico de Agricultura e Pastagem e Formação Savânica de forma oposta, em que houve aumento em 2011 e, redução em 2021.

No que concerne a vegetação, entre 1991 e 2001, esse declínio mais atual de locais com vegetação nativa, pode ser explicado em detrimento do avanço de áreas de classe de uso e ocupação do solo envolvendo Pastagem, que possivelmente substituiu áreas vegetativas por espaços de pasto, envolvendo atividades de pecuária. É válido ressaltar também a perda de áreas hídricas, em que houve diminuição da margem do rio São Francisco e de áreas alagadas, possivelmente em razão da retirada de água para irrigação.

Com a análise multitemporal também foi elaborada a Tabela 1, que mostra as variações das áreas de cada tipo de cobertura do solo, para os anos em estudo. As áreas de Pastagem ocupam a maior parte do município de Propriá, em todos os anos, seguido de Mosaico de Agricultura e Pastagem. As áreas de Pastagem correspondem a 48,53% em 1991, 57,60% em 2001, 51,72% em 2011 e 64,69% em 2021, representando a partir de 2001, mais da metade do território em estudo. Já as áreas destinadas ao Mosaico de Agricultura e Pastagem consistem em 24,35% em 1991, 21,29% em 2001, 22,26% em 2011 e 20,73% em 2021, revelando um comportamento irregular ao longo dos anos, que pode ser de crescimento ou de redução de área.

Tabela 1 - Evolução das áreas de uso e ocupação do solo

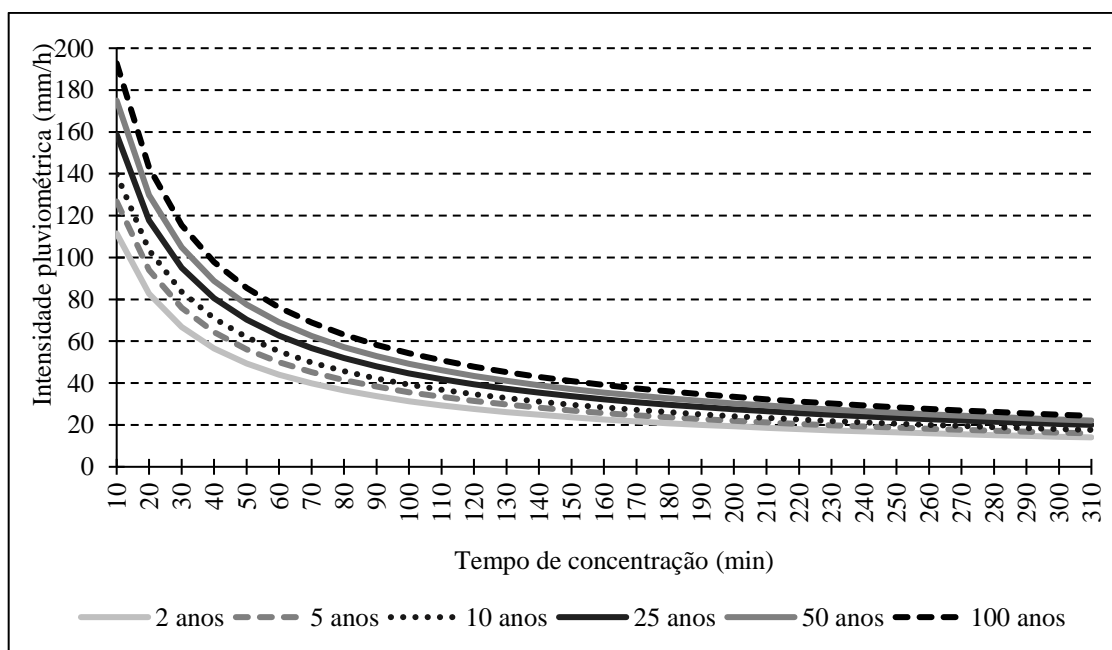
Uso e Ocupação (km <sup>2</sup> )	1991	2001	2011	2021
Formação Florestal	0,13	0,55	0,98	1,56
%	0,13%	0,54%	0,95%	1,52%
Formação Savânica	9,27	5,51	8,12	2,62
%	9,04%	5,37%	7,91%	2,56%
Campo Alagado e Área Pantanosa	0,55	0,87	0,34	0,17
%	0,54%	0,84%	0,33%	0,17%
Formação Campestre	0,73	0,81	0,31	0,07
%	0,71%	0,79%	0,30%	0,07%
Outras Formações não Florestais	-	0,01	-	-
%	-	0,01%	-	-
Pastagem	49,53	57,60	53,03	63,26
%	48,30%	56,17%	51,72%	61,69%
Cana-de-Açúcar	0,93	0,94	0,92	1,05
%	0,91%	0,92%	0,90%	1,03%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	24,97	21,83	22,83	21,25
%	24,35%	21,29%	22,26%	20,73%
Área Urbanizada	1,33	1,83	2,43	3,41
%	1,30%	1,79%	2,37%	3,32%
Outras Áreas não Vegetadas	0,01	0,06	0,07	0,04
%	0,01%	0,06%	0,07%	0,03%
Corpos de Água	15,08	12,38	12,93	8,41
%	14,71%	12,07%	12,61%	8,20%
Outras Lavouras Temporárias	0,02	0,01	0,01	0,38
%	0,02%	0,01%	0,01%	0,37%
<b>TOTAL (km<sup>2</sup>)</b>	<b>102</b>	<b>102</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
<b>%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>99%</b>	<b>100%</b>

Em relação as áreas de vegetação, aos locais de Formação Florestal, que em 1991 representavam apenas 0,13% da área em estudo, apresentaram crescimento nos anos seguintes, sendo 0,55% em 2001, 0,95% em 2011 e 1,52% em 2021. Em relação a Formação Savânica, houve um decréscimo na quantidade de área, sendo 9,04% em 1991, passando para apenas 2,56% em 2021. Este fato revela que o bioma nativo da localidade está sendo atingido por possíveis impactos ambientais que ocasionam a supressão da vegetação, sendo que áreas de vegetação possivelmente estão sendo substituídas por Pastagem.

Neste sentido, as classes de uso e ocupação do solo variaram significativamente ao longo dos anos em estudo, apresentando declínios em algumas classes e, crescimento em outras, dependendo do período. O referido comportamento corrobora para ocorrer alterações na rugosidade da área, que influencia diretamente no fenômeno hidrológico do escoamento superficial. Haja vista as modificações ocorrentes no terreno, a geração do escoamento pode ser potencializada ou reduzida, conforme está configurada a cobertura do solo.

Assim, considerando essas alterações de uso e ocupação de solo ao longo dos anos de análise, foi aplicado do modelo Racional, que determina a vazão gerada pela precipitação. Os valores de Intensidade Pluviométrica (mm/h) para o município de Propriá, para os tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos, além de tempo de duração de chuva entre 10 minutos a 300 minutos, com intervalos de 10 minutos, estão expostos na Figura 5. Os valores de intensidade crescem conforme se aumenta o tempo de retorno. Além disso, a intensidade também é maior nos primeiros minutos de ocorrência da precipitação.

Figura 5 - Intensidade pluviométrica (mm/h) para diferentes tempos de duração de chuva (minutos) e tempos de retorno (anos)



Nesse sentido, o escoamento superficial foi obtido com a aplicação do modelo Racional, onde o Coeficiente de Runoff (C) para cada tipo de cobertura do solo foi consultado com base em trabalhos de Moraes *et al.* (1996), Biggs *et al.* (2006), Germer *et al.* (2009) e Garotti e Barbassa (2010). Assim, para cada classe de uso e ocupação do solo obtida para o município de Propriá, a Tabela 2 revela os valores considerados de C.

Tabela 2 - Coeficiente de Runoff (C) para as classes de uso e ocupação do solo

Classe de Uso e Ocupação	C
Formação Florestal	0,25
Formação Savânica	0,25
Campo Alagado e Área Pantanosa	1,00
Formação Campestre	0,15
Pastagem	0,15
Cana-de-Açúcar	0,40
Mosaico de Agricultura e Pastagem	0,275
Área Urbanizada	0,95
Outras Áreas não Vegetadas	0,95
Corpos de Água	1,00
Outras Lavouras Temporárias	0,40

A Tabela 3 indica os valores do escoamento superficial para cada ano de estudo no município de Propriá, considerando os tempos de retorno de 2, 5, 10, 25, 50 e 100 anos e, tempos de duração de chuva de 1, 2, 3, 4 e 5 horas. Diante dos valores de escoamento superficial, notou-se que houve um comportamento não linear entre os anos em estudo. Entre 1991 e 2001 houve uma redução de quase 7% no escoamento superficial, entre 2001 e 2011 ocorreu um crescimento de mais de 2%, entre 2011 e 2021 se apresentou uma redução bastante significativa de aproximadamente 12%. Em geral, observando o intervalo total entre 1991 e 2021, houve quase 16% de redução.

**Tabela 3** - Escoamento superficial pelo modelo Racional para diferentes tempos de retorno (Tr), considerando tempos de duração de chuva entre 1 e 5 horas

Vazão de projeto Q (m <sup>3</sup> /s) em diferentes tempos de retorno (Tr)					
Tempo (h)	i (mm/h)	Q em 1991 (m <sup>3</sup> /s)	Q em 2001 (m <sup>3</sup> /s)	Q em 2011 (m <sup>3</sup> /s)	Q em 2021 (m <sup>3</sup> /s)
Tr = 2 anos					
1	44,008	416,396	387,866	398,442	352,476
2	27,682	261,928	243,981	250,634	221,719
3	20,821	197,011	183,512	188,516	166,768
4	16,943	160,309	149,325	153,397	135,700
5	14,413	136,377	127,033	130,497	115,442
Tr = 5 anos					
1	50,031	473,389	440,954	452,978	400,720
2	31,471	297,778	277,375	284,939	252,067
3	23,671	223,976	208,630	214,319	189,594
4	19,262	182,251	169,763	174,393	154,274
5	16,386	155,044	144,420	148,359	131,243
Tr = 10 anos					
1	55,129	521,630	485,889	499,139	441,555
2	34,678	328,123	305,641	313,975	277,753
3	26,084	246,801	229,890	236,159	208,915
4	21,224	200,823	187,063	192,164	169,995
5	18,056	170,843	159,138	163,477	144,617
Tr = 25 anos					
1	62,675	593,027	552,394	567,457	501,992
2	39,425	373,034	347,475	356,950	315,770
3	29,654	280,581	261,356	268,483	237,509
4	24,129	228,310	212,667	218,466	193,262
5	20,527	194,227	180,919	185,853	164,412
Tr = 50 anos					
1	69,062	653,459	608,685	625,284	553,147
2	43,442	411,048	382,884	393,325	347,949
3	32,676	309,174	287,990	295,843	261,713
4	26,588	251,576	234,339	240,729	212,957
5	22,619	214,020	199,356	204,792	181,166
Tr = 100 anos					
1	76,100	720,050	670,714	689,003	609,516
2	47,869	452,936	421,902	433,407	383,406
3	36,005	340,680	317,337	325,991	288,383
4	29,298	277,213	258,219	265,260	234,658
5	24,924	235,830	219,671	225,661	199,628

Essa evolução irregular ocorreu principalmente em razão da variação das dimensões em classes de uso e ocupação do solo, como as áreas de Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem, que constituem as maiores dimensões em todos os anos no município de Propriá. Uma das explicações que pode ser associada a este fato consiste nas atividades de pecuária na região, que em determinados períodos pode ser compensatório economicamente, a realização juntamente com atividade de agricultura, dependendo de fatores ambientais, econômicos e sociais, como demanda de alimentos, condições de precipitação, irrigação, entre outros. Segundo Teixeira e Ruis (2021), em determinados períodos, a depender das condições climáticas, tecnológicas e econômicas, é mais interessante manter apenas as atividades pecuaristas, reduzindo a agricultura.

De acordo com Moraes (2020), em um estudo sobre o município de Rio Piracicaba, utilizando o MapBiomas, foi constatado que o aumento nas áreas de pastagens também ocasionou mudanças no uso e ocupação do solo, principalmente em alterações de cobertura ocorridas no período entre 1987 e 2017, semelhante ao que ocorreu em Propriá. Ademais, o cenário no município do presente estudo teve comportamento irregular, visto que determinadas classes de uso e ocupação do solo como a Pastagem e Mosaico de Agricultura e Pastagem, não obtiveram crescimento linear em todos os anos, sofrendo redução em 2011 e 2001, respectivamente. Assim, o escoamento superficial gerado ao longo dos anos, provavelmente, também não apresentou crescimento progressivamente linear, em razão dessa dinâmica da cobertura do solo.

No que consiste o modelo SCS-CN, que dispõe informações sobre o escoamento superficial, em vista do parâmetro Curva Número (CN), a Tabela 4, mostrou os valores deste parâmetro (CN II), arbitrados para os diferentes tipos de uso e ocupação do solo, sob consideração de diversos autores (CUNHA *et al.*, 2015; TARGA *et al.*, 2012; PRUSKI *et al.*, 1997) para solos do grupo hidrológico B, presente em Propriá segundo o IBGE (2014). Assim, foi possível calcular os valores de CN nas diferentes condições de umidade antecedente (CN I e CN II).

Tabela 4 - Curva número (CN) para as classes de uso e ocupação do solo

Classe de Uso e Ocupação	CN
Formação Florestal	68
Formação Savânica	68
Campo Alagado e Área Pantanosa	100
Formação Campestre	59
Pastagem	60
Cana-de-Açúcar	76
Mosaico de Agricultura e Pastagem	68
Área Urbanizada	90
Outras Áreas não Vegetadas	90
Corpos de Água	100
Outras Lavouras Temporárias	76

Nesse sentido, considerando as áreas das classes de uso e ocupação do solo, ao longo dos anos de 1991, 2001, 2011 e 2021, foram determinados os valores de CN I, CN II, CN III, dispostos na Figura 6. Consequentemente, pode-se visualizar que o ano de 1991 apresentou os maiores valores do CN (CN I = 48,68; CN II = 69,31; e CN III = 83,86), sendo que para o ano de 2001 ocorre uma redução (CN I = 47,22; CN II = 58,05; e CN III = 83,05), posteriormente em 2011, ocorre um aumento (CN I = 47,84; CN II = 68,59; e CN III = 83,39) e, por fim, em 2021, ocorreu novamente uma redução (CN I = 45,56; CN II = 66,58; e CN III = 82,09).

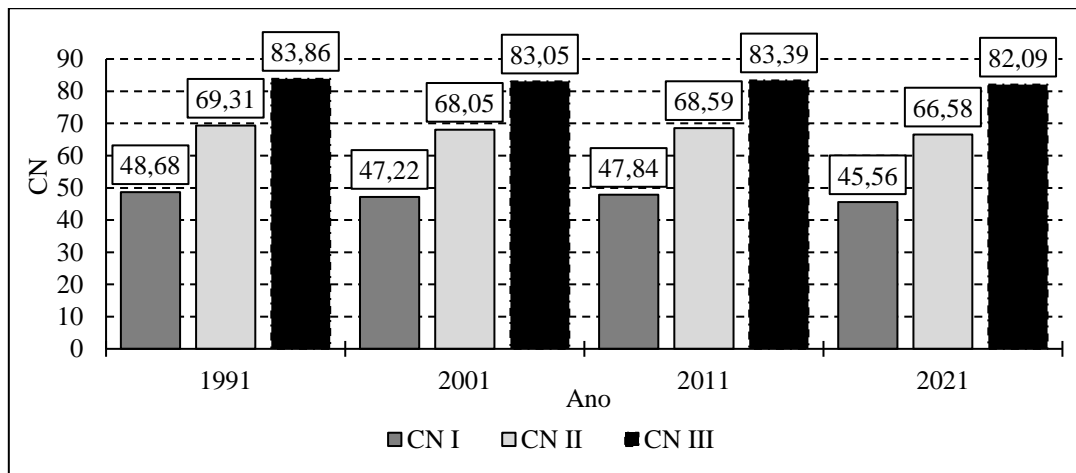
Os anos de 1991, 2001 e 2011, apresentam menores áreas de Pastagem (CN = 60), do que o ano de 2021. Ademais, estes primeiros anos também apresentam maiores de áreas de Mosaico de Agricultura e Pastagem (CN = 68) e Formação Savânica (CN = 68). Com isso, como o solo da área é enquadrado no grupo hidrológico B, em que há certa facilidade para infiltração de água no solo, a maior presença de Pastagem com o referido CN, pode facilitar este processo, em relação a cobertura de Formação Savânica e Mosaico de Agricultura juntamente com a Pastagem, que correspondem a locais com maior CN.

O uso de pastagens deve possuir um uso adequado, para que o pisoteio do gado não danifique demasiadamente o solo, elevando sua compactação (CASTELLANO; VALONE, 2007). Neste contexto, as áreas com utilização para agricultura contam com a utilização de maquinário agrícola que

possivelmente compactam mais o solo, dependendo da cultura (MINOSSO; ANTONELI; FREITAS, 2017).

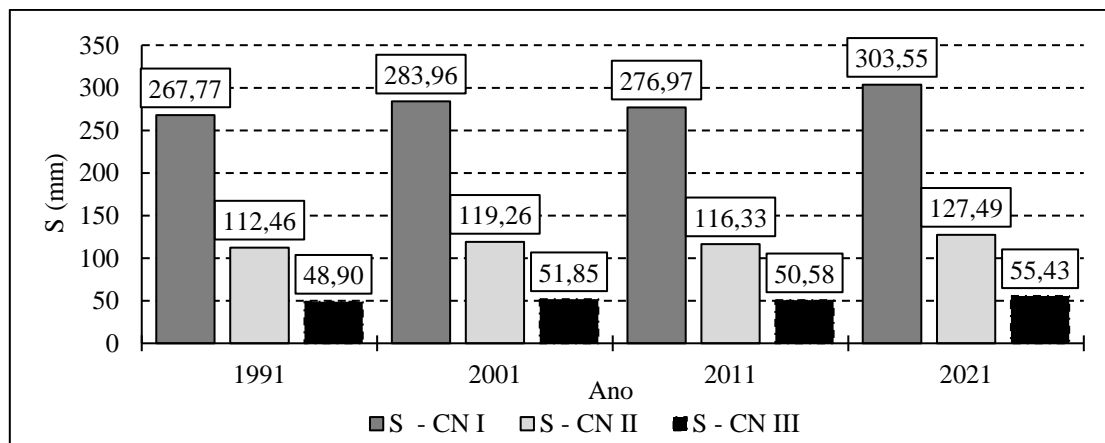
Deste modo, em geral, as áreas de pastagem natural e campos, com um adequado manejo, apresentam uma capacidade de infiltração maior do que áreas com influência de agricultura, em razão de contar com uma vegetação rasteira e levemente arbustiva, que facilita o processo de infiltração, na maioria dos casos, quando não ocorre compactação significativa. Além disso, em regiões de semiárido, os solos possuem características porosas nas bacias sedimentares (ARAÚJO, 2011), onde possivelmente suportam maiores tempos de precipitação intensa sem produção de escoamento superficial.

Figura 6 - Curva número (CN) gerada durante os anos em estudo



No município de Propriá, o ano de 2021 apresentou CN I = 45,56; CN II = 66,58; e CN III = 82,09. Este comportamento de resultar em um CN menor, ocorreu mesmo com o crescimento da Área Urbanizada que possui um alto (CN = 90) e, redução de Formações Campestres que possuem CN mais baixo (CN = 59), em razão das áreas de Pastagem sofreram aumento significativo de área e contribuírem com um valor de CN não elevado. Portanto, a partir dos valores resultantes foram determinados o Armazenamento Máximo de Água na Camada Superficial do Solo (S) para os períodos de estudo, conforme dispõe a Figura 7.

Figura 7 - Camada Superficial do Solo (S) gerada durante os anos em estudo

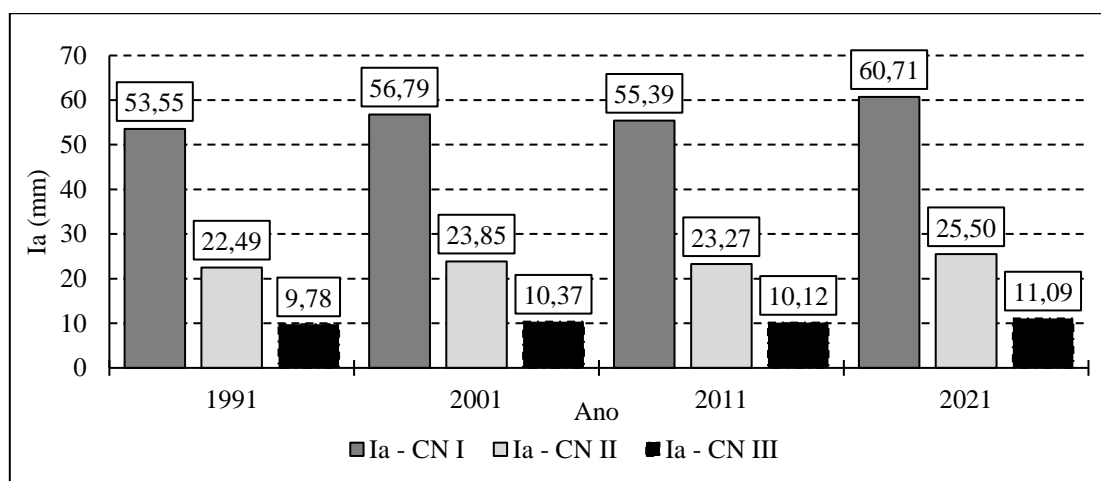


Em detrimento da dinâmica de uso e ocupação do solo apontada, em que foram gerados valores de CN de magnitude mais elevada na seguinte ordem: 1991, 2011, 2001 e 2021, os valores de S seguem esse mesmo ordenamento. Portanto, é possível notar que progressivamente, como é evidente no ano de 2021, há uma tendência de crescimento do parâmetro S, em que dependendo da condição de umidade antecedente do solo, os valores podem variar entre 55,43 e 303,55 mm.

No ano de 1991, em que se tem os valores mais baixos de S, a variação pode ocorrer entre 48,90 e 267,77 mm, representando uma diferença de mais 13% para 2021. Com isso, há possível aumento da capacidade de retenção máxima de água na área, em razão do comportamento das características de físicas associadas ao uso e ocupação, em que conforme foi apontado, há diferenças relevantes para classes de cobertura englobando a Pastagem, Formação Savânica e Mosaico de Agricultura e Pastagem.

No que diz respeito ao parâmetro de Lâmina de Abstração Inicial (Ia), a Figura 8 detalhou os valores obtidos para o período de estudo. Conforme foi exposto para o parâmetro S e como já esperado, o Ia obtido segue o mesmo padrão, em que o ano de 2021 (Ia entre 11,09 e 60,71 mm) possui maior capacidade de não geração do escoamento superficial. O ano de 1991 apresentou os menores valores (Ia entre 9,78 e 53,55 mm), em que para 2020 ocorreu um aumento de mais de 13%.

Figura 8 - Lâmina de Abstração Inicial (Ia) gerado durante os anos em estudo



Diante dos resultados do modelo SCS-CN, é nítido que a capacidade de infiltração de água no solo está sendo mais bem beneficiada nos últimos anos de estudo, do que em comparação com os anos iniciais. Este fato corrobora para os avanços do uso e ocupação da área, referente ao aumento da classe de Pastagem principalmente, que podem facilitar esse processo, em detrimento da redução de áreas de Mosaico envolvendo Agricultura. É válido ressaltar que o solo de Propriá é enquadrado como grupo hidrológico B, onde há certa facilidade ocorrência de infiltração de água e perdas pela interceptação ou outros processos hidrológicos, não ocorrendo a produção de escoamento superficial facilmente.

A partir disso, ocorreria escoamento superficial mínimo a partir de uma precipitação que para 1991, 2001, 2011 e 2021, teria que ser maior do que respectivamente: 53,55 mm, 56,79 mm, 55,39 mm e 60,71 mm, considerando uma condição antecedente normal (CN II), sem influência de chuvas nos últimos 5 dias. Sendo assim, considerando uma chuva de 100 mm, ocorrida nos anos estudo, para uma condição de umidade antecedente seca, o escoamento superficial será gerado em razão do Ia ser menor do que a referida altura precipitada em um período de tempo ( $Ia < Precipitação$ ).

Assim, pode ser gerado um escoamento superficial (Pef) que neste caso, para os anos de 1991, 2001, 2011 e 2021, seriam respectivamente: 6,87 mm, 5,71 mm, 6,19 mm e 4,50 mm.

No que se refere a lâmina de escoamento entre 1991 e 2021, para uma precipitação de 100 mm, em uma condição de umidade antecedente seca, foi possível obter uma redução de aproximadamente 35% da altura de água escoada na área, em detrimento do referido comportamento de uso e ocupação do solo e da sua dinâmica temporal. Já para uma chuva de cerca de 60 mm, sob a mesma condição de umidade, para o ano 2021, não seria gerado escoamento superficial (Pef), apenas para os períodos de 1991, 2001 e 2011, em que seriam gerados valores significativamente baixos, sendo respectivamente: 0,15 mm, 0,04 mm e 0,08 mm.

No que se refere também as condições de umidade do solo Nunes, Fiori e Firpo (2020), em estudo na bacia hidrográfica do rio Atuba, no Paraná, em áreas de campo, obteve-se os seguintes valores de Lâmina de Abstração Inicial (Ia) para respectivamente as condições de CN I, CN II e CN III: 43,34 mm, 20,74 mm, 10,17 mm. Neste caso, são valores relativamente próximos aos obtidos em Propriá, onde ocorre a predominância de áreas de Pastagem, que possui valores de CN próximos aos locais de Formação Campestre.

É pertinente reforçar que esse comportamento para Propriá ocorreu principalmente em razão do avanço das classes de uso e ocupação do solo já citadas e, também pelo solo da localidade ser totalmente enquadrado como grupo hidrológico B, que naturalmente tem pré-disposição a não gerar escoamento superficial. Somado a isso, é necessário ressaltar o local de estudo compreende um município de 95.041 km<sup>2</sup>, o que pode gerar sub dimensões e considerações universais sobre as condições do solo, gerando possíveis resultados de escoamento superficial, que em partes podem ser generalistas e não localmente específicos. Entrando, mesmo com as considerações acatadas para toda a área do município de Propriá, foi possível identificar as mudanças temporais no uso e ocupação do solo e sua influência no escoamento superficial, indicando alterações quantitativas ao longo do tempo.

De acordo com Leithold, Schmidt e Fernandes (2020), é interessante se atentar para comportamento hidrológico dos solos, os autores apontaram em que na bacia hidrográfica do Rio Barigui, no estado de São Paulo, mesmo com aumento da urbanização e redução de áreas florestadas, entre 1999 e 2019, não ocorreu aumento expressivo no valor do CN da área. Este fato possivelmente ocorre em razão do tipo do solo predominante que, no local é mais impermeável, em maior parte sendo pertencente ao grupo hidrológico D, diferentemente de Propriá.

Conforme apontam Nagel *et al.* (2020), a proximidade de valores de escoamento superficial, mesmo com mudanças de uso e ocupação do solo, é influenciada pela capacidade de drenagem do local em estudo, mesmo em grandes áreas vegetadas. Ademais Castro, Rodrigues e Ferreira Filho (2020), em estudo na sub bacia hidrográfica dos lagos do Bolonha e Água Preta em Belém e Ananindeua, no estado do Pará, a permeabilidade do solo também contribuiu diretamente na capacidade de infiltração e, possível redução do escoamento superficial.

Assim, para o conhecimento das dimensões de alterações no uso e ocupação do solo, é importante o acompanhamento temporal, para averiguar os possíveis impactos no escoamento superficial, a fim de nortear políticas públicas no enfrentamento de alagamentos. Em detrimento das atividades socioeconômicas e ambientais ocorrerem de maneira cíclica, salienta-se a importância desse acompanhamento. Portanto, os estudos relacionados ao uso e ocupação do solo e, a sua influência no escoamento superficial, são relevantes para elaboração de políticas públicas para zoneamento e conservação de recursos naturais.



## Conclusões

Diante da análise multitemporal do uso e ocupação do solo para o município de Propriá, foi possível apontar as atividades que mais ocorrem na área ao longo do tempo, bem como apontar as mudanças na cobertura do solo, entre 1991 e 2021. O maior avanço de classe de uso e ocupação do solo, consiste na Pastagem, que de forma relevante em todo o período de estudo, dominou a maior parte do município de Propriá, aumentando seu tamanho em cerca de 28% entre 1991 e 2021, o que revela uma grande atividade pecuarista na área.

A partir destes fatos, o escoamento superficial gerado ao longo do tempo apresentou evolução irregular, sendo que entre 1991 e 2001 houve um leve aumento da vazão gerada, estimada pelo modelo Racional, bem como uma leve redução da capacidade de não geração da lâmina de escoamento, estimada pelo modelo SCS-CN. Entretanto, considerando a dinâmica de uso e ocupação do solo na amplitude total entre 1991 e 2021, houve cerca de 16% da redução da vazão gerada, sendo que o CN foi reduzido em mais de 6% e, o la evoluiu em aproximadamente 13%. Este fato revela o aumento da capacidade de infiltração de água, ao longo do tempo, bem como a redução do volume de precipitação que pode ser transformado em escoamento superficial.

Assim, compreende-se que em longo prazo as mudanças nas classes de cobertura do terreno em Propriá ocasionaram possíveis reduções de escoamento superficial, gerados principalmente pela substituição de áreas de Mosaico de Agricultura e Pastagem e Formação Savânica, por apenas Pastagem. Portanto, é notável que o uso e ocupação do solo da área de estudo influencia diretamente no escoamento superficial da região, uma vez que se comprova que as características dessa ocupação foram modificadas ao longo dos anos, implicando na capacidade de retenção de água no solo.

Pode-se concluir que é importante o acompanhamento das classes de cobertura do terreno, visando contribuir para um planejamento municipal para atenuar possíveis impactos ambientais gerados e, propiciar um correto ordenamento do território. Com isso, estudos como este podem nortear políticas públicas acerca da elaboração de planos de zoneamento e melhoramento do uso e ocupação do solo.

## Referências

- ANA. (2022). Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico. *Hidroweb: Sistema de Informações Hidrológicas*. 2022. Disponível em <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: out 2022.
- ARAGÃO, R.; SANTANA, G. R.; COSTA, C. E. E. F.; CRUZ, M. A. S.; FIGUEIREDO, E. E.; SRINIVASAN, V. S. (2013). Chuvas intensas para o estado de Sergipe com base em dados desagregados de chuva diária. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.17, n.3, p.243–252.
- ARAÚJO, S. M. S. (2011). Região Semiárida do Nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. *Rios Eletrônica-Revista Científica da FASETE*, n. 5, p. 89-98.
- ARRAZ, R. M.; MARQUES, E. E.; RIBEIRO, L. S. (2022). Analyze of the dynamics temporal of use and occupation from soil in the county of Conceição do Araguaia-PA (1985-2020). *Research, Society and Development*, [S. I.], v. 11, n. 8, p. e37911831026. DOI: 10.33448/rsd-v11i8.31026.
- BARRETO, J. B.; SILVA, J. B.; ARAÚJO, S. M. S.; TEIXEIRA, R. O. (2021). Analysis of the validation and refinement system of Mapbiomas alerts and the deforested area report in Altamira - PA, Brazil (2018 - 2021). *Research, Society and Development*, [S. I.], v. 10, n. 6, p. e37810615801. DOI: 10.33448/rsd-v10i6.15801.
- BIGGS, T. W.; DUNNE, T.; MURAOKA, T. (2006). Transport of water, solutes and nutrients from a pasture hillslope, southwestern Brazilian Amazon. *Hydrological Processes*, Bristol, v. 20, n. 12, p.2527-2547. DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/hyp.6214>.
- BESKOW S.; MELLO, C. R. D.; COELHO, G.; SILVA, A. M. D.; VIOLA, M. R. (2009). Estimativa do escoamento superficial em uma Bacia Hidrográfica com base em modelagem dinâmica e distribuída. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, pp. 169-178.
- CASTELLANO, M. J.; VALONE, T. J. (2007). Livestock, soil compaction and water infiltration rate: Evaluating a potential desertification recovery mechanism. *Journal of Arid Environments*, [S.I.], v. 71, n.1, p. 97-108.
- CASTRO, D. C. C.; RODRIGUES, R. S. S.; FERREIRA FILHO, D. F. (2020). Surface runoff from drainage area of the lakes Bolonha and Black Water in Belém and Ananindeua, Pará. *Research, Society and Development*, [S. I.], v. 9, n. 3, p. e38932373. DOI: 10.33448/rsd-v9i3.2373.
- CUI, Y.; GAO, J.; YAN, B.; TANG, G.; HONG, Y. (2018). Global water cycle and remote sensing big data: Overview, challenge and opportunities. *Big Earth Data*, 2:3, p. 282-297. ISSN: 2096-4471.
- CUNHA, S. F.; SILVA, F. E. O.; MOTA, T. U.; PINHEIRO, M. C. (2015). Avaliação da acurácia dos métodos do SCS para cálculo da precipitação efetiva e hidrogramas de cheia. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, vol. 20, n. 4, Porto Alegre, p. 837 – 848.
- CUNHA, Z. A.; BESKOW, S.; MOURA, M. M.; BESKOW, T. L. C.; MELLO, C. R. (2021). Adequacy of Methodologies for Determining SCS / CN in a Watershed with Characteristics of the Pampa Biome. *Revista Ambiente & Água*, 16.4, p. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2715>.
- GAROTTI, L. M.; BARBASSA, A. P. (2010). Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.15, n. 1, p. 19 - 28.
- GERMER, S.; NEILL, C.; VETTER, T.; CHAVES, J.; KRUSCHE, A. V.; ELSENBEEER, H. (2009). Implications of long-term land-use change for the hydrology and solute budgets of small catchments in Amazonia. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v. 364, n. 3/4, p. 349-363.
- IBGE. Instituição Brasileira de Geografia e Estatística. (2020). *Cidades: Propriá, Sergipe*. 2020. Disponível em: < <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/se/propria/panorama>>. Acesso em: ago. 2022.
- IBGE. Instituição Brasileira de Geografia e Estatística. (2014). *Monitoramento da Cobertura e Uso da Terra*. 2014. Disponível em: < <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html?edicao=16025&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: ago. 2022.
- LEITHOLD, J.; SCHMIDT, M. A. R.; FERNANDES, C. V. S. (2020). Avanço antrópico na bacia hidrográfica do Rio Barigui entre 1999 e 2019 e seu impacto sobre o escoamento superficial avaliado pela alteração da sua curva-número (CN). *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 17, e25. DOI: <https://doi.org/10.21168/rega.v17e25>.

- LI, C.; LIU, M.; HU, Y.; SHI, T.; ZONG, M.; WALTER, M. T. (2018). Assessing the impact of urbanization on direct runoff using improved composite CN method in a large urban area. *International Journal of Environment Research and Public Health*, 15(775): 1-14. DOI: 10.3390/ijerph15040775.
- MAPBIOMAS. (2022a). *Visão geral da metodologia*. Brasil, 2022a. Disponível em: < <https://mapbiomas.org/visao-geral-da-metodologia> >. Acesso em: set. 2022.
- MAPBIOMAS. (2022b). *Projeto MapBiomias – Coleção 7 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil*. Brasil, 2022b. Disponível em: < [mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR) >. Acesso em: set. 2022.
- MARTINHAGO, D.; MARCOLIN, J. F.; RAMALLO, P.; ARAÚJO, E. C.; SANDMANN, A.; TONIN, P. C.; SCHUTZ, F. C. A. (2021). Balanço hídrico de uma bacia hidrográfica localizada no oeste do estado do Paraná. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 26, n. 05, pp. 965-970, ISSN 1809-4457. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522020374>.
- MINOSSO, J.; ANTONELI, V.; ROCHA DE FREITAS, A. (2017). Variabilidade sazonal da infiltração de água no solo em diferentes tipos de uso na região sudeste do Paraná. *Geographia Meridionalis*, 3(1), p. 86-103. DOI: <https://doi.org/10.15210/gm.v3i1.11041>.
- MORAES, R. A. (2020). Análise das mudanças do uso e da cobertura da terra em municípios com áreas de mineração na microrregião de Itabira, a partir de dados do MAPBIOMAS entre 1987 e 2017. *Revista Engenharia de Interesse Social*, ano 5, v. 5, n. 6, p. 77-96.
- MORAES, J. F.; VOLKOFF, B.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. (1996). Soil properties under Amazon forest and changes due to pasture installation in Rondônia, Brazil. *Geoderma*, Amsterdam, v. 70, n. 1, p. 63-81. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/0016-7061\(95\)00072-0](http://dx.doi.org/10.1016/0016-7061(95)00072-0).
- NAGEL, G. W.; TERRA, F. S.; OLIVEIRA, J. S.; HORÁK-TERRA, I.; BESKOW, S. (2020). Cálculo da curva número para bacia hidrográfica urbana utilizando diferentes abordagens de classificação para imagem orbital RapidEye: estudo de caso para o arroio Pepino (Pelotas, RS). *Pesquisas Em Geociências*, 47(2), e092016. DOI: <https://doi.org/10.22456/1807-9806.108583>.
- NAMBA, J. Y.; BOLONHEZ, B. F.; LIMA, E. P.; SOARES, P. F. (2021). Avaliação da Influência do Uso e Ocupação do Solo com a Geração de escoamento Superficial em Duas Bacias Urbanas. *Revista Tecnológica*, 30(1), p. 53-64. DOI: <https://doi.org/10.4025/revtecnol.v30i1.56820>.
- NUNES, F. G.; FIORI, A. P.; FIRPO, G. (2011). Estimativa de coeficientes de escoamento superficial na bacia hidrográfica do rio Atuba: Curitiba e região metropolitana – Paraná/ Brasil. *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 64-65, p. 27-39.
- PRUSKI, F. F.; FERREIRA, P. A.; RAMOS, M. M.; CECON, P. R. (1997). A model to design level terraces. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 123(1), pp. 8-12.
- REIS, A. J. S.; TEIXEIRA, E. P.; SOUSA, R. E.; HAYASHI, S. N. (2022). Análise comparativa dos dados do TerraClass e MapBiomias acerca do uso e cobertura da terra para a microrregião Bragantina, Costa Amazônica Pará. *Jornal Aplicado em Hidro-Ambiente e Clima*, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 21-31. ISSN 2675-5750.
- SCS - Soil Conservation Service. (1972). *SCS National Engineering Handbook*. Section 4. Hydrology, Soil Conservation Service. US Department of Agriculture, Washington, DC.
- SOUZA, J. O. P.; CORRÊA, A. C. B. (2019). escoamento superficial e balanço hídrico em ambientes secos com topografia complexa – bacia do Riacho do Saco – Pernambuco. *GEOgraphia*, 21(46), p. 106-119. DOI: <https://doi.org/10.22409/GEOgraphia2019.v21i46.a14159>.
- TEIXEIRA, J. C.; RUIS, G. L. (2021). A estrutura da produção agropecuária no município de Araçatuba/SP no contexto da modernização da agricultura. *Revista Formação*, v. 28, n. 53, p. 237-262. ISSN: 2178-7298.
- TARGA, M. S.; BATISTA, G. T.; DINIZ, H. D.; DIAS, N. W.; MATOS, F. C. (2012). Urbanização e escoamento superficial na bacia hidrográfica do Igarapé Tucunduba, Belém, PA, Brasil. *Ambi-Agua*, Taubaté, v. 7, n. 2, p. 120-142.
- TUCCI, C. E. M. (2000). Coeficiente de escoamento e vazão máxima de bacias urbanas. *RBRH - Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. Vol. 5, n. 1, 61-68p.
- ZHAO, L.; XIA, J.; SOBKOWIAK, L.; WANG, Z.; GUO, F. (2012). Spatial Pattern Characterization and Multivariate Hydrological Frequency Analysis of Extreme Precipitation in the Pearl River Basin, China. *Water Resources Management*, v. 26, n. 12, p. 3619-3637.