



Espacialização e comparação do parâmetro Curve Number (CN) em uma bacia de captação de Caxias do Sul/RS em 1998 e 2018

Stefano Ballardín¹, Rossano Belladonna², Volnei Dal Bosco³, Gabrieli Policena⁴, Tiago De Vargas⁵

¹SAMAE (sballardin@samaecaxias.com.br); ²SAMAE (rbelladonna@samaecaxias.com.br); ³SAMAE (vdalbosco@samaecaxias.com.br);

⁴SAMAE (gpolicena@samaecaxias.com.br); ⁵IPH/UFRGS (tiago.devargas@ufrgs.br)

Resumo

O conhecimento do escoamento superficial em uma bacia hidrográfica destinada a captação é fundamental para o planejamento e para a segurança hídrica de um município. Um método amplamente utilizado para mensurar o escoamento superficial é o CN-SCS, que depende do parâmetro Curve Number (CN). Através do geoprocessamento, este estudo busca analisar a variação temporal do CN em dois anos distintos (1998 e 2018) em uma bacia de captação rural cuja água é destinada ao abastecimento de parte da cidade de Caxias do Sul, RS. Os resultados mostram que a dinâmica do uso do solo, neste período, não impactou de forma significativa o valor médio do CN da bacia, permitindo inferir que o potencial de geração de escoamento superficial não foi alterado.

Palavras-chave: Escoamento superficial. Segurança Hídrica.

Área Temática: Recursos hídricos.

Spatial distribution and comparison of the Curve Number (CN) in a water supply watershed in Caxias do Sul/RS in 1998 and 2018

Abstract

Source water planning and management, and water supply security depend, among other things, upon understanding the runoff processes that take place in the watershed. A wide-known approach to quantify runoff is the CN-SCS, which relies on the Curve Number parameter (CN). Aided by geoprocessing and the aforementioned method, this paper aims at analyzing the temporal variation of the CN in two distinct years, 1998 and 2018, in a rural watershed whose water is destined to supply part of the city of Caxias do Sul, RS. The results show that the land use dynamics within this period have not significantly interfered in the mean value of the CN of the watershed, allowing the inference that runoff has not been altered.

Key words: Runoff. Water security.

Theme Area: Water resources.



1 Introdução

O ciclo hidrológico é definido como sendo a dinâmica da água no meio ambiente sob seus diferentes estados físicos (MELLO; SILVA, 2013). O entendimento do comportamento de tais dinâmicas é essencial no contexto de uma bacia hidrográfica, pois possibilita avaliações quanto a disponibilidade hídrica, estudos de recarga de aquíferos, projetos para dimensionamentos de reservatórios e o dimensionamento de obras de drenagem urbana (TUCCI, 2002).

O componente de entrada do ciclo hidrológico é a precipitação, uma vez que os demais componentes estão intimamente relacionados com as características desta, além dos fatores intrínsecos a área de estudo (SILVA et al, 2004). Ao atingir o solo, a precipitação se divide em três parcelas: (1) uma que é evaporada, (2) uma que infiltra no solo e (3) outra que gera escoamento superficial. Segundo Goldenfum (2001) e Righetto (1998) os elementos que constituem uma bacia hidrográfica como as unidades pedológicas, cobertura vegetal e características geomorfológicas (declividade, formato, área e rede de drenagem), influenciam diretamente na distribuição destas parcelas.

O escoamento superficial é o excesso de água que se desloca livremente pela superfície do terreno (VILLELA; MATOS, 1976). Este inicia quando a intensidade de precipitação supera a capacidade de infiltração do solo, causando o acúmulo de água na superfície, formando pequenos filetes de água que se moldam sobre o relevo do solo, sendo impulsionados pela gravidade para as cotas mais baixas (SILVEIRA, 2001). Por ter ligação intrínseca com a capacidade de absorção do solo, o escoamento superficial é um parâmetro sensível às mudanças do uso e ocupação do solo (BEVEN, 2012), podendo aumentar consideravelmente com a impermeabilização causada pelos avanços da urbanização.

Um dos métodos mais populares para quantificar o volume de escoamento superficial gerado por uma chuva é o *Soil Conservation Service (SCS) Curve Number (CN)* (USDA, 1972). O CN é um parâmetro empírico cujo valor varia de 0 a 100, onde 0 representa total permeabilidade da água no solo, e 100 total impermeabilidade (Sartori et al., 2005). Os valores de CN foram tabelados pelo SCS e variam de acordo com o tipo de solo, classificado em quatro grupos (A, B, C ou D onde o grupo A representa solos com maior permeabilidade e menor escoamento superficial e a classe D o extremo oposto), condições de umidade do solo e uso e cobertura do solo (D'ASARO; GRILLONE, 2012).

O entendimento do comportamento do escoamento superficial, devido às mudanças do uso do solo, é importante na gestão de uma bacia hidrográfica, uma vez que seu aumento cria uma condição propícia para enchentes, assoreamento de corpos hídricos, arraste de poluentes e sedimentos, além de causar um desequilíbrio no ciclo hidrológico, diminuindo a recarga da água subterrânea. Diante disto, este trabalho objetiva a espacialização de valores do parâmetro CN em dois anos distintos (1998 e 2018) em uma bacia hidrográfica de captação situada em uma região limítrofe entre a área rural e urbana no município de Caxias do Sul, RS. O conhecimento da variação temporal do CN em áreas de bacia hidrográfica cuja água é destinada ao abastecimento público possibilita uma melhor compreensão sobre as dinâmicas da água na bacia, auxiliando a tomada de decisão de políticas públicas, a gestão e o planejamento do uso do solo no âmbito da segurança hídrica.

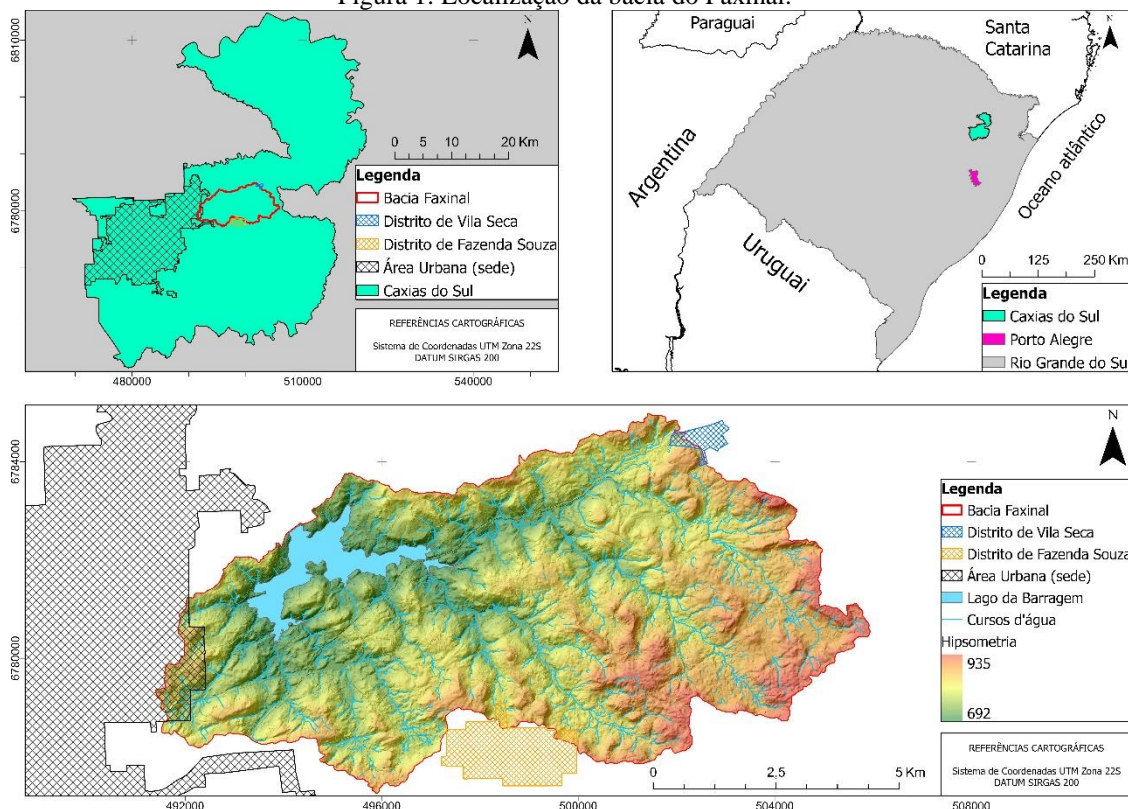
2 Área de estudo

A bacia de captação do arroio Faxinal está localizada no município de Caxias do Sul (Figura 1), localizado na região nordeste do Rio Grande do Sul. O município possui uma área de 1.644,29 km², está distante cerca de 96 km da capital Porto Alegre (BELLADONA & DE VARGAS, 2017), e tem uma população de 503.068 habitantes (IBGE, 2022). A bacia de



captação do Faxinal, tem uma área de 66,78 km², com amplitude altimétrica de 243 m e declividade do talvegue de 16,8 m/km, situa-se a leste do perímetro urbano da sede de Caxias do Sul e é responsável por abastecer 59% da população (SAMAE, 2018). Ainda, a nordeste e a sul da bacia localizam-se os distritos de Vila Seca e Fazenda Souza, respectivamente, que contribuem para aumentar a pressão urbana. O uso da bacia do Faxinal é preponderantemente rural com vegetação arbórea e arbustiva, campo nativo nas porções de altimetria mais elevada, pecuária familiar de pequeno porte e agricultura centrada na fruticultura e olericultura.

Figura 1: Localização da bacia do Faxinal.



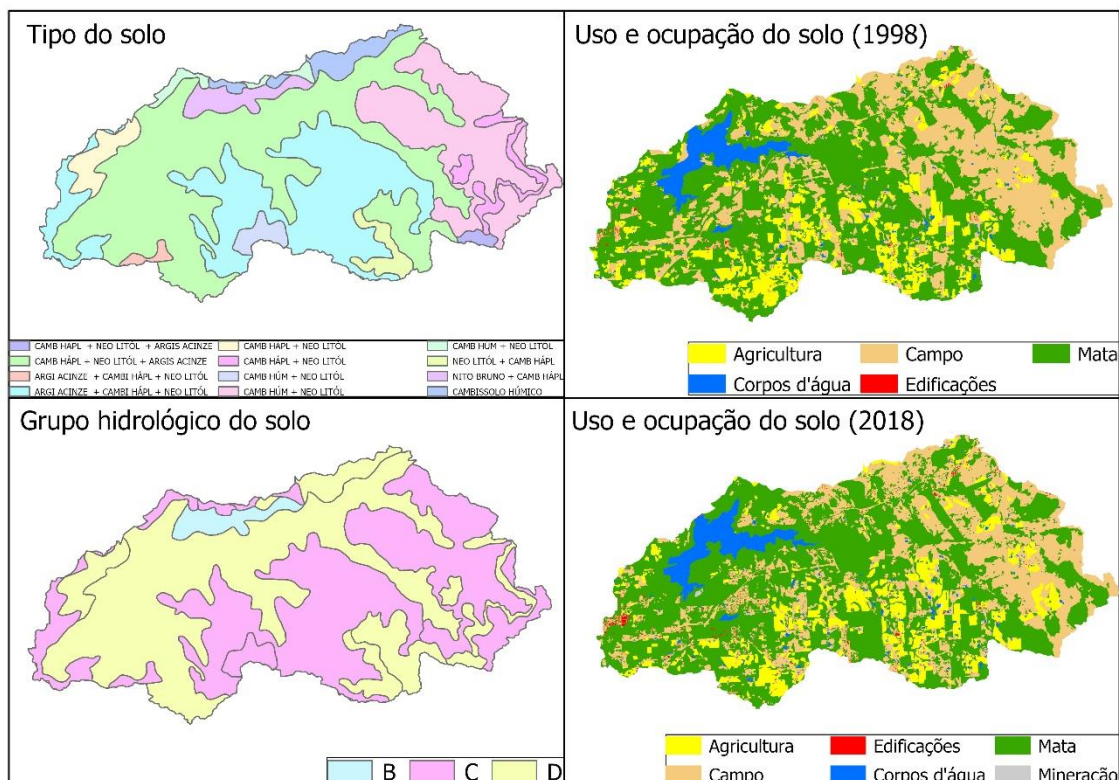
Fonte: Os autores (2023).

3 Material e métodos

Foram mapeados, com o auxílio do *software* ArcGIS Pro 3.0, os principais fatores que condicionam o valor do CN (uso e ocupação do solo e o grupo hidrológico do solo). Os mapas de uso e ocupação do solo foram elaborados por meio de vetorização manual de imagens, onde para o ano de 1998 foram utilizadas imagens aerofotogramétricas e para o ano de 2018 imagens do satélite WorldView 4. Para o mapa do grupo hidrológico do solo utilizou-se como base o levantamento semi-detalhado dos solos para a região elaborado por Flores et al. (2007), onde classificou-se os solos em seus respectivos grupos hidrológicos de acordo com classificação feita por Sartori et al. (2005), que adaptou a metodologia SCS aos solos brasileiros. Os mapas destes fatores condicionantes estão representados na Figura 2.



Figura 2: Fatores condicionantes do parâmetro CN.



Fonte: Tipo do solo (Flores et al, 2007). Outros (Os autores, 2023).

Designou-se a cada polígono de uso e ocupação do solo o atributo referente ao grupo hidrológico de solo que o sobrepõe. Para tal, foi necessário o uso da ferramenta *Split* que tem como objetivo a “quebra” dos polígonos do grupo hidrológico do solo no formato dos polígonos dos usos e ocupação do solo. Isso se faz necessário, uma vez que um mesmo polígono de uso do solo pode estar sobre dois (ou três) grupos hidrológicos diferentes, o que não é o ideal para o uso da ferramenta *Spatial Join*, que unirá os atributos de duas feições que compartilham da mesma posição espacial. Através da calculadora de campo e utilizando de sintaxe *Python* atribuiu-se os valores de CN a cada polígono (Tabela 1).

Tabela 1: Valores de CN em função do Uso do solo e Grupo hidrológico do solo.

Uso do solo	Grupo hidrológico				Fonte
	A	B	C	D	
Mata	36	60	70	76	Tucci (1995)
Campo	36	60	73	79	Tucci (1995)
Edificações	77	85	90	92	Tucci (2002)
Corpos d'água	100	100	100	100	Soares et al. (2017)
Agricultura	64	76	84	88	Tucci (1995)
Mineração	72	82	87	89	Tucci (2002)

Calculou-se também o CN médio para cada uma das 31 sub-bacias que compõe a área. As sub-bacias foram delimitadas com uso do *plugin* SWAT+ no *software* QGIS 3.24. Novamente, utilizaram-se das ferramentas *Split* e *Spatial Join* para atrelar aos polígonos o atributo da sub-bacia à qual pertencem. Na sequência, utilizou-se a calculadora de campo para determinar o CN médio da sub bacia através da Equação 1.



$$CN_{subbacia} = \frac{CN_1 \times A_1 + CN_2 \times A_2 \dots CN_n \times A_n}{A_{subbacia}} \quad (1)$$

Sendo, $CN_{subbacia}$ = CN médio da sub-bacia; $CN_{(n)}$ = CN do polígono; $A_{(n)}$ = Área do polígono (m^2); $A_{subbacia}$ = Área total da sub-bacia (m^2).

Por fim, calculou-se o CN médio de toda área da bacia alvo do estudo, através da Equação 2.

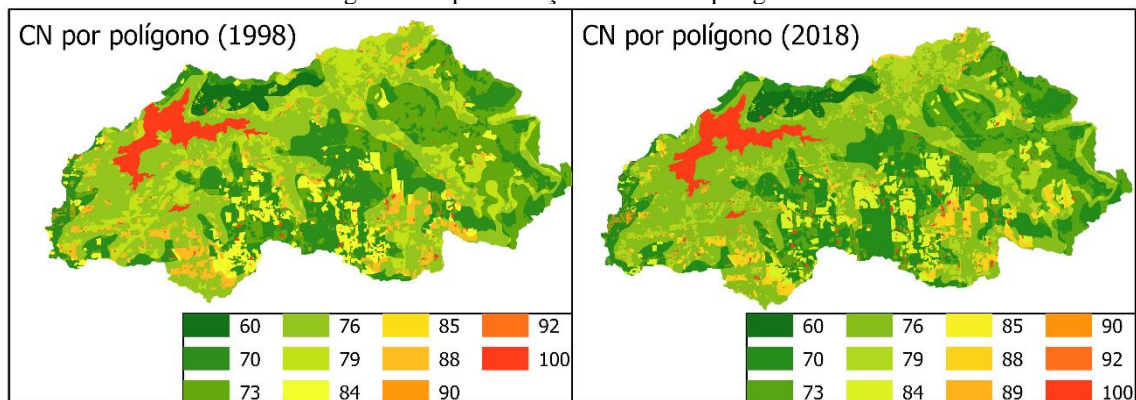
$$CN_{bacia} = \frac{CN_{subbacia1} \times A_{subbacia1} + CN_{subbacia2} \times A_{subbacia2} \dots CN_{subbacia n} \times A_{subbacia n}}{A_{bacia}} \quad (2)$$

Sendo, CN_{bacia} = CN médio da bacia; $CN_{subbacia (n)}$ = CN médio da sub-bacia; $A_{subbacia (n)}$ = Área da sub-bacia (m^2); A_{bacia} = Área total da bacia (m^2).

4 Resultados e discussões

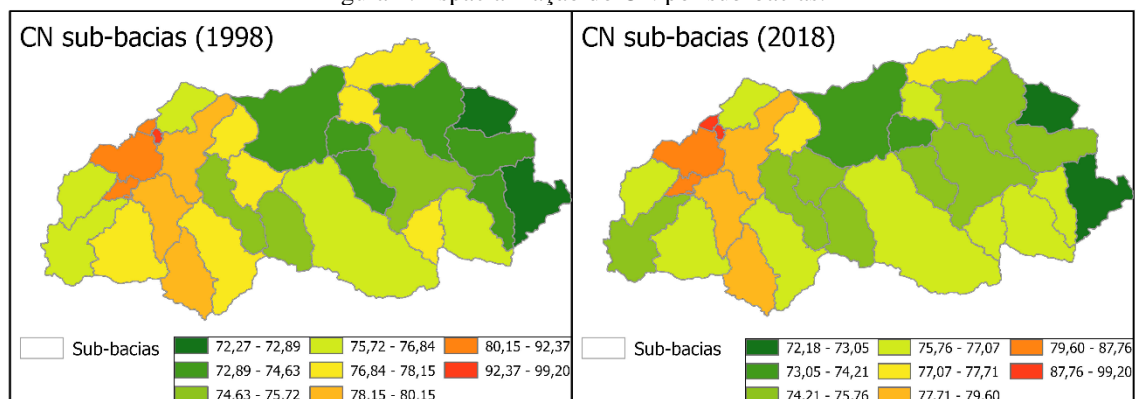
A primeira forma de interpretação dos resultados (Figura 3) permite uma análise de forma pontual, onde o parâmetro CN está atrelado aos polígonos de acordo com seus respectivos usos e ocupação do solo e grupos hidrológicos do solo em cada um dos anos. A análise por sub-bacia permite uma interpretação de forma mais abrangente (Figura 4).

Figura 3: Espacialização do CN nos polígonos.



Fonte: Os autores (2023).

Figura 4: Espacialização do CN por sub-bacias.

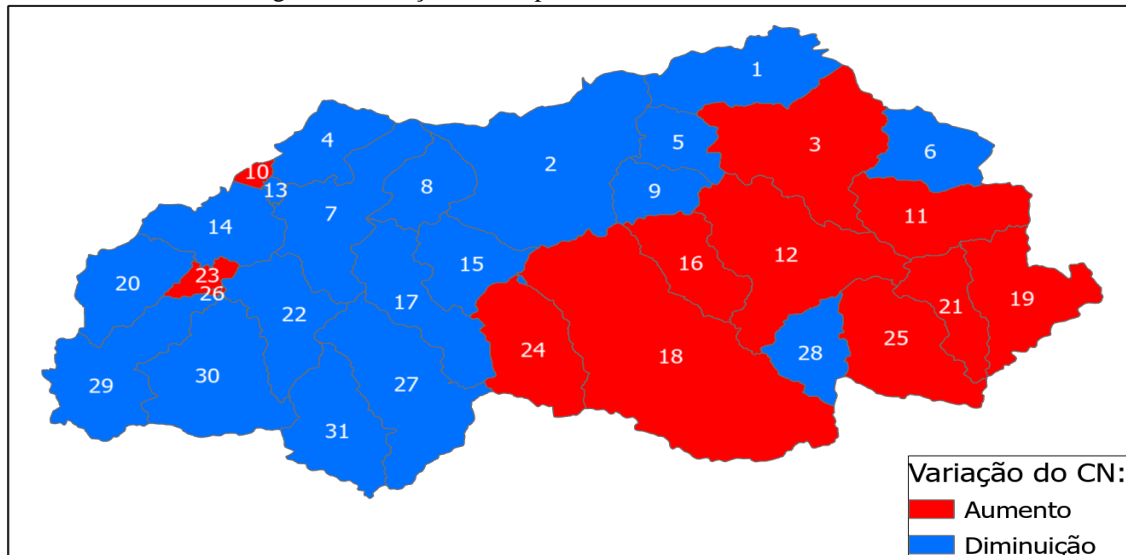


Fonte: Os autores (2023).



Das 31 sub-bacias que compõem a bacia do arroio Faxinal, 11 apresentaram um aumento no valor do CN médio (43,44% da área total) e 20 apresentaram uma diminuição (56,56% da área total) na comparação entre 1998 e 2018 (Figura 5).

Figura 5: Variação do CN por sub-bacia entre 1998 e 2018.



Fonte: Os autores (2023).

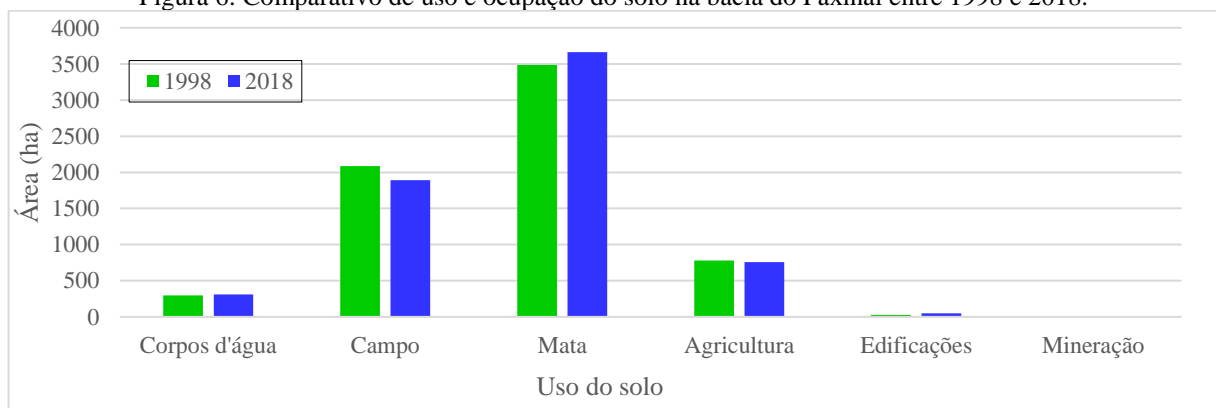
A média de variação do CN das sub-bacias entre os anos resultou em 0,43 pontos percentuais. Na Tabela 2, estão dispostas as cinco sub-bacias que tiveram maiores variações no CN em cada um dos casos.

Tabela 2: Sub-bacias com as maiores variações no CN.

Diminuição		Aumento	
Sub bacia:	Variação CN:	Sub bacia:	Variação CN:
15	-1,370	21	2,11
31	-0,730	16	1,173
17	-0,700	3	0,742
29	-0,614	18	0,594
27	-0,504	11	0,587

Realizou-se ainda um comparativo entre a área ocupada por cada classe de uso e ocupação do solo em cada um dos anos, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6: Comparativo de uso e ocupação do solo na bacia do Faxinal entre 1998 e 2018.



Fonte: Os autores (2023).



Observa-se que das cinco classes analisadas, a maior variabilidade ocorreu na classe de Campo (diminuição de 193,14 ha), seguido pela classe de Mata (aumento de 174,77 ha). Analisando de forma pontual as sub-bacias que apresentaram maior variação no parâmetro CN (Tabela 2), é perceptível que nas áreas de aumento do CN o crescimento da classe de agricultura sobre as classes de campo e mata é o principal responsável, ainda que no geral da bacia esta classe tenha apresentado uma pequena diminuição entre os anos. Já para as áreas que apresentaram diminuição do CN, o avanço da classe Mata sobre as classes de Campo e Agricultura é a principal causa de tal diminuição. A urbanização (representada pela classe de Edificações), apresentou um aumento de 73% entre os anos, porém devido à área pouco significativa em comparação com as demais classes, tal aumento não ocasionou um impacto relevante dentro do período avaliado no estudo.

5 Conclusão

No geral, o CN médio da bacia do arroio Faxinal resultou em 76,451 para o ano de 1998 e 76,453 para o ano de 2018. Este resultado mostra que as alterações no uso e ocupação do solo que ocorreram neste período de 20 anos não impactaram o parâmetro CN de forma significativa, assim, conseqüentemente constata-se que considerando apenas os parâmetros de uso e ocupação do solo e grupo hidrológico do solo, a bacia permanece com praticamente o mesmo potencial de geração de escoamento superficial que havia no ano de 1998 no ano 2018.

6 Referências

- BEVEN, K. J. **Rainfall-runoff modelling: the primer**. 2. ed. Lancaster, UK: John Wiley & Sons, 2012, 457 p.
- BELLADONA, R.; DE VARGAS, T. **Distribuição espaço-temporal das precipitações e a relevância da orografia do município de Caxias do Sul (RS)**. Revista Brasileira de Cartografia No 69/3: 607-620. 2017.
- D'ASARO, F.; GRILLONE, G. **Empirical investigation of curve number method parameters in the Mediterranean area**. Journal of Hydrologic Engineering, v. 17, n. 10, 2012. p. 1141-1152.
- FLORES, C.A.; F.; PÖTTER, R.; O.; FASOLO, P.J.; HASENACK, H.; WEBER, E. **Levantamento semi-detalhado de solos: região Serra Gaúcha, Estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2007.
- GOLDENFUM, J. A. **Pequenas bacias hidrográficas: Conceitos básicos**. In: Paiva, J. B. D.; Paiva, E. M. C. D. (ed.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas Bacias Hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, 2001. p.3-14
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Prévia da População dos Municípios com base nos dados do Censo Demográfico 2022**. Rio de Janeiro, IBGE. 2022.
- MELLO, C. R. D.; SILVA, A. M. D. **Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas**. 1. ed. Lavras: UFLA, 2013. 455 p.



7º Congresso Internacional de Tecnologias para o Meio Ambiente

Bento Gonçalves – RS, Brasil, 9 a 11 de maio de 2023

RIGHETTO, A. M. **Hidrologia e recursos hídricos**. São Carlos: EESC/ USP, 1998. 840p.

SAMAE – SERVIÇO AUTONOMO MUNICIPAL DE ÁGUA E ESGOTO DE CAXIAS DO SUL. **Diagnóstico do Sistema de Abastecimento de água**. 2018.

SARTORI, A.; NETO, F. L.; GENOVEZ, A. **Classificação Hidrológica de Solos Brasileiros para a Estimativa da Chuva Excedente com o Método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 10(4), 2005. p. 5–18. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v10n4.p5-18>

SILVA, A. M.; MELLO, C. R. de; CORREA, M. R. **Estudos hidrológicos sobre o regime de escoamento das bacias de drenagem do Alto Rio Grande à montante do reservatório da UHECamargos/CEMIG**. Lavras: UFLA; Belo Horizonte: CEMIG/ANEEL, 2004. 90 p.

SILVEIRA, A. da. **Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica**. Hidrologia: ciência e aplicação. São Paulo: EDUSP, 2001, p. 35-51.

TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 3.ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, 2002. 943 p.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade UFRGS/ABRH. 1995. 428 p.

USDA Soil Conservation Service. **National Engineering Handbook**. Section 4, Hydrology. USDA Soil Conservation Service, Washington DC. 1972.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo, SP, editora McGraw-Hill, 1975; 245 p