



REVISTA ELETRÔNICA  
CIENTÍFICA DA UERGS

# INFLUÊNCIA DO USO E COBERTURA DO SOLO SOBRE A DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SARGENTO/SC

## **Cabrieli Aline Jaeger**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).  
E-mail: cabrieli@hotmail.com, <http://lattes.cnpq.br/2486607186963138>

## **Márlon de Castro Vasconcelos**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).  
E-mail: marlon-vasconcelos@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/5983932516722444>

## **Ramiro Pereira Bisognin**

Universidade Estadual do Rio Grande do Sul (UERGS).  
E-mail: ramiro-bisognin@uergs.edu.br, <http://lattes.cnpq.br/4350438232851273>

ISSN 2448-0479. Submetido em: 08 fev. 2023. Aceito: 26 out. 2024.

DOI: <http://dx.doi.org/10.21674/2448-0479.101.31-43>

## Resumo

As práticas antrópicas têm desencadeado problemas ambientais, comprometendo os recursos hídricos, principalmente no que se refere à alteração da cobertura vegetal nativa. Devido aos inúmeros problemas observados em bacias hidrográficas, torna-se fundamental avaliar as relações entre as variações na produção de água e as alterações da cobertura vegetal nativa. Assim, o presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a influência da alteração do uso e cobertura do solo sobre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Sargento, no extremo oeste do Estado de Santa Catarina. A análise temporal compreendeu os anos de 1985 a 2014, cujos dados de uso e ocupação do solo foram obtidos do Projeto MapBiomas e os dados hidrológicos do site Hidroweb da ANA. As análises estatísticas foram realizadas no *software* Microsoft Excel 2016, e as correlações no *software* Jamovi. Destarte, observou-se uma diminuição nas áreas de florestas nativas entre o período analisado, e em contrapartida, houve o aumento das áreas agropecuárias e de plantios florestais. Os dados de precipitação e vazão desta microbacia apresentaram tendência positiva de crescimento. A precipitação apresentou relação com a variação da vazão quanto a significância de 5%, mas não foi encontrada relação de causalidade entre as alterações da cobertura por florestas nativas e a disponibilidade hídrica. Porém, deve-se aprofundar os estudos em relação à influência que as reservas subterrâneas exercem sobre a resposta hidrológica da bacia quanto a estas alterações das áreas de vegetação nativa.

**Palavras-chave:** Produção de água; vegetação; precipitação.

## Abstract

### **Abstract Influence of land use and cover on water availability in a hydrographic microbasin of the Sargento River / SC**

Anthropogenic practices have been triggered environmental problems, compromising water resources, especially with regard to the alteration of the native vegetation cover. Due to the numerous problems observed in river basins, it is essential to evaluate the relationships between variations in water production and changes in native vegetation cover. Thus, the present work has the general objective of evaluating the influence of changes in land use and land cover on water availability in the Sargento river basin, in the extreme west of the State of Santa Catarina. The temporal analysis comprised the years 1985 to 2014, whose land use and occupation data were obtained from the MapBiomas Project and hydrological data from the ANA's Hidroweb website. Statistical analyzes were performed using Microsoft Excel 2016 software, and correlations using



Jamovi software. Thus, there was a decrease in areas of native forests between the analyzed period, and on the other hand, there was an increase in agricultural areas and forest plantations. Precipitation and flow data from this microbasin showed a positive growth trend. Precipitation was related to the variation in at a significance of 5%, but no causal relationship was found between changes in native forest cover and water availability. However, studies must be deepened in relation to the influence that underground reserves exert on the hydrological response of the basin regarding these changes in areas of native vegetation.

**Keywords:** Water production; vegetation; precipitation.

## Resumen

### Influencia del uso y cobertura del suelo en la disponibilidad de agua de la microcuenca hidrográfica del Río Sargento / SC

Las prácticas antropogénicas vienen desencadenado problemas ambientales, comprometiendo los recursos hídricos, especialmente en lo que se refiere a la alteración de la cubierta vegetal nativa. Debido a los numerosos problemas observados en las cuencas fluviales, es fundamental evaluar las relaciones entre las variaciones en la producción de agua y los cambios en la cobertura vegetal nativa. Así, el presente trabajo tiene como objetivo general evaluar la influencia de los cambios de uso y cobertura del suelo sobre la disponibilidad de agua en la cuenca del río Sargento, en el extremo oeste del Estado de Santa Catarina. El análisis temporal comprendió los años 1985 a 2014, cuyos datos de uso y ocupación del suelo se obtuvieron del Proyecto MapBiomás y los datos hidrológicos del sitio web Hidroweb de la ANA. Los análisis estadísticos se realizaron con el software Microsoft Excel 2016 y las correlaciones con el software Jamovi. Así, hubo una disminución de las áreas de bosques nativos entre el período analizado, y por otro lado, hubo un aumento de las áreas agrícolas y plantaciones forestales. Los datos de precipitación y caudal de esta microcuenca mostraron una tendencia positiva del crecimiento. La precipitación se relacionó con la variación del caudal con una significancia del 5%, pero no se encontró una relación causal entre los cambios en la cobertura de bosque nativo y la disponibilidad del agua. Sin embargo, se deben profundizar los estudios en relación a la influencia que ejercen las reservas subterráneas en la respuesta hidrológica de la cuenca frente a estos cambios en áreas de vegetación nativa.

**Palabras clave:** Producción de agua; vegetación; precipitación.

## Introdução

Muitas causas contribuem para o avanço da exploração dos recursos naturais (CRISPIM; SOUZA, 2016; BESERRA, 2016), e a crescente e desordenada alteração da cobertura vegetal do solo podem ocasionar inúmeros problemas ambientais, principalmente aos recursos hídricos (FRANÇA *et al.*, 2021; SOUZA; SOUZA; CARDOSO, 2017; SALES FILHO *et al.*, 2021). Tendo em vista a importância deste elemento tão essencial à vida (VESSONI, 2019) e considerando sua baixa disponibilidade devido ao seu uso indiscriminado e a exploração desordenada dos demais elementos naturais (SOARES, 2015; GARCIA *et al.*, 2018; RODRIGUES, 2019; FRUTUOSO *et al.*, 2019), faz-se necessário realizar o monitoramento e adotar o manejo sustentável dos recursos hídricos, visando sua preservação.

Como existe uma inter-relação delicada entre o uso da terra, o solo e a água (PASQUALOTTO, 2016; ARAUJO *et al.*, 2018; SOUZA *et al.*, 2019), os cursos hídricos tornam-se muito vulneráveis às transformações que ocorrem nos ecossistemas presentes em sua área de drenagem (MENEZES *et al.*, 2016), de modo que os diferentes usos do solo presentes na bacia hidrográfica podem modificar a qualidade e quantidade de água da mesma (PAULINO, 2014; VIANA, 2019).

Desta forma, em se tratando da microbacia do Rio Sargento, situada no extremo oeste do Estado de Santa Catarina, objeto deste estudo, o alerta que se faz abrange a qualidade deste curso da água, devido à falta de esgotamento sanitário e à poluição agropecuária e industrial; mas sobretudo, abrange a produção de água, tendo em vista as estiagens recorrentes na região e à escassez deste recurso tão importante (FOLHA DO OESTE, 2019).



Por ser uma microbacia hidrográfica inserida em uma região cuja atividade principal desenvolvida é a agropecuária, advinda de grandes alterações da cobertura vegetal e de manejos inadequados do solo, torna-se fundamental monitorar as atividades ocorridas nesta área; uma vez que a cobertura de uma bacia hidrográfica tem impacto direto sobre a quantidade de água produzida nesta (PAULINO, 2014; MESQUITA, 2015; SILVA; MORAES; SILVA, 2016; VIANA, 2019; PEREIRA; ALMEIDA; KOIDE, 2021).

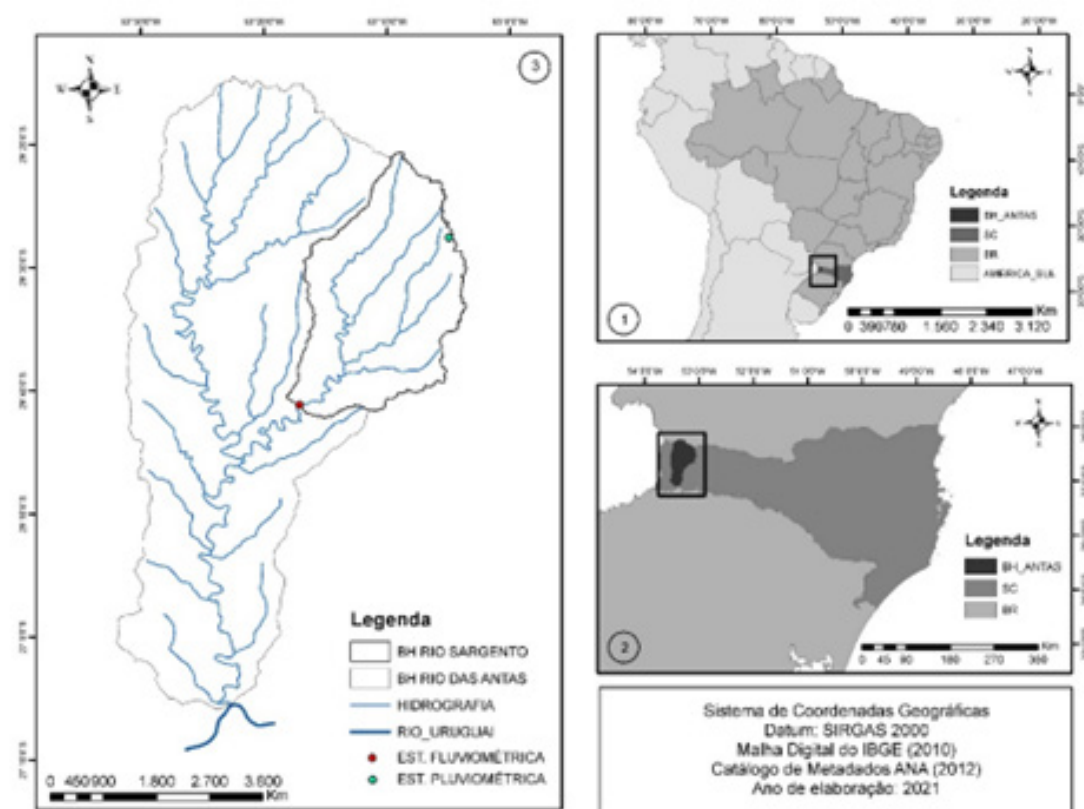
Assim, devido aos problemas hídricos já constatados na microbacia do Rio Sargento nos últimos anos e à grande importância social e ambiental que este curso hídrico possui, o monitoramento espacial e temporal do uso do solo nesta região hidrográfica torna-se uma ferramenta importante na minimização dos danos provocados pelas atividades antrópicas desenvolvidas nesta microbacia (SILVA *et al.*, 2018).

Portanto, o presente trabalho teve como objetivo geral avaliar a influência da alteração do uso e cobertura do solo sobre a disponibilidade hídrica na microbacia hidrográfica do Rio Sargento, no extremo oeste do Estado de Santa Catarina; e como objetivos específicos, determinar as variações do uso e cobertura do solo que ocorreram nesta microbacia ao longo de 30 anos; e, compreender as relações existentes entre as variações da cobertura vegetal florestal nativa com as variáveis hidrológicas desta microbacia hidrográfica.

## Material e Métodos

A microbacia hidrográfica do Rio Sargento, contribuinte da Bacia do Rio das Antas, está localizada no extremo oeste do Estado de Santa Catarina (Figura 1), em uma área de drenagem de aproximadamente 607 Km<sup>2</sup>, cujo exutório compreende a estação fluviométrica Ponte do Sargento (código 74320000), e é integrada total ou parcialmente por oito municípios catarinenses (RHODEN, 2018; IBGE, 2021).

**Figura 1** — Localização e delimitação da microbacia hidrográfica analisada, pertencente ao Rio Sargento / SC.



Fonte: Autores (2022)

A região do extremo oeste catarinense pertence a duas formações florestais naturais, as quais são denominadas de Floresta Ombrófila Mista e Floresta Estacional Decidual, inseridas no bioma Mata Atlântica

(KLEIN, 1978). Entretanto, destaca-se o predomínio da população no meio rural, assim como a cobertura vegetal composta, principalmente, de áreas agrícolas, florestas, pastagens e campos naturais (RHODEN, 2018).

O clima da microbacia em questão é, segundo a Classificação climática de Köppen-Geiger, do tipo subtropical úmido com duas variações predominantes: Cfa e Cfb, com estações bem definidas e chuvas bem distribuídas ao longo do ano (ONGHERO JUNIOR, 2021).

As análises realizadas nesta microbacia hidrográfica compreenderam o período de tempo entre 1985 a 2014, devido à disponibilidade de dados para esta área, uma vez que as imagens de uso e cobertura do solo concedidas pelo MapBiomas têm início em 1985, enquanto os dados consistidos de vazão da referida estação fluviométrica estão disponíveis apenas até 2014.

A delimitação da área da microbacia hidrográfica estudada foi realizada no *software* Qgis 3.26.0, e utilizou-se o modelo digital de elevação (MDE) através da cena 26S54, disponibilizada pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2022), para obter a área de drenagem da microbacia de interesse, através do processamento da imagem raster, considerando como seu exutório a estação fluviométrica em que se obtive os dados de vazão. A microbacia hidrográfica do Rio Sargento foi selecionada devido ser a única da Bacia hidrográfica do Rio das Antas a possuir dados fluviométricos disponibilizados pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelo período de 30 anos.

Quanto à análise hidrológica, esta foi realizada por meio das informações de séries históricas das estações pluvi e fluviométricas que estão localizadas dentro da microbacia; cujos dados foram importados do *site* Hidroweb, mantido pela ANA (2022). As informações de vazão foram obtidas da estação fluviométrica Ponte do Sargento (código 74320000), e os dados de precipitação da estação pluviométrica Campo Erê (código 02653001).

Por meio do *software* Hidro 1.4.0.83 realizou-se o tratamento dos dados hidrológicos, os quais foram exportados para uma planilha eletrônica e selecionados para abranger o período de 1985 a 2014. A série histórica de vazões consistidas estava completa e dispensou qualquer metodologia para preenchimento de falhas. Todavia, a série histórica de precipitações mensais apresentou lacunas que foram preenchidas através do método de regressão linear simples (MORAES; ARRAES, 2012).

Para a obtenção dos dados de uso e ocupação do solo, utilizou-se a plataforma do Projeto MapBiomas (MAPBIOMAS, 2019), de onde importou-se as imagens classificadas para esta microbacia, por meio da plataforma Google Earth Engine. Na área de estudo, foram identificados 9 tipos de usos do solo através do Projeto MapBiomas, os quais foram reclassificados após o processamento das imagens no *software* Qgis 3.26.0, por meio da ferramenta 'reclassificar por tabela', de modo a obter-se uma classificação mais compacta. Assim, os usos provenientes de atividades semelhantes foram unificados e passaram a compor a mesma classe, resultando em uma nova classificação com cinco tipos de uso do solo: floresta nativa, plantios florestais, agropecuária, urbanização e hidrografias.

Desta forma, para entender a relação direta existente entre as variáveis, foram realizadas análises qualitativas e quantitativas entre a disponibilidade hídrica, a cobertura do solo composta por florestas nativas e a precipitação incidente sobre a bacia. Assim, por meio do teste t de duas amostras para a média, realizou-se a análise estatística da precipitação total mensal e da vazão média mensal, para os anos de 1985 e 2014, a fim de verificar a existência de diferenças estatísticas significativas entre os dados analisados. Também se realizou a análise da tendência dos dados hidrológicos ao longo dos 30 anos, estimados por meio de equação linear simples entre as variáveis (precipitação e vazão) e o tempo (PEREIRA *et al.*, 2007).

A associação entre vazões e uso do solo (florestas nativas) foi realizada por meio de uma equação de regressão linear múltipla, cujo objetivo foi obter um ajuste entre as variáveis para que se pudesse explicar os comportamentos das vazões a partir de dados de precipitações e de cobertura por floresta nativa, aplicando-se o teste F a 5% para verificação da significância de cada variável.

A relação existente entre a precipitação e a vazão também foi avaliada, buscando correlacionar os comportamentos destas variáveis na bacia, a fim de identificar semelhanças de variação entre estes dois fenômenos; pois, segundo Schmidt e Mattos (2013), a vazão sofre influência direta da precipitação.

Para avaliar a relação entre as variáveis, aplicou-se o método de correlação entre a vazão, uso do solo por florestas nativas e precipitação. Para isso, realizou-se a análise da normalidade dos dados, por meio do teste de distribuição de Shapiro-Wilk, o qual demonstrou desempenho satisfatório para aplicações com tamanho amostral igual a 30 (TORMAN *et al.*, 2012). Para as variáveis que apresentaram distribuição normal ao nível



de 5% de probabilidade, aplicou-se o coeficiente de correlação de Pearson; já para as variáveis que não apresentaram distribuição normal (valores menores que 5%) no teste, aplicou-se a análise não paramétrica, sendo analisado pela correlação de Spearman.

Os cálculos de percentuais das áreas de cada uma das classes de uso do solo, assim como as análises dos dados hidrológicos e a aplicação das análises estatísticas, foram realizados no software Microsoft Excel 2016; enquanto que as análises de correlação foram realizadas no software Jamovi.

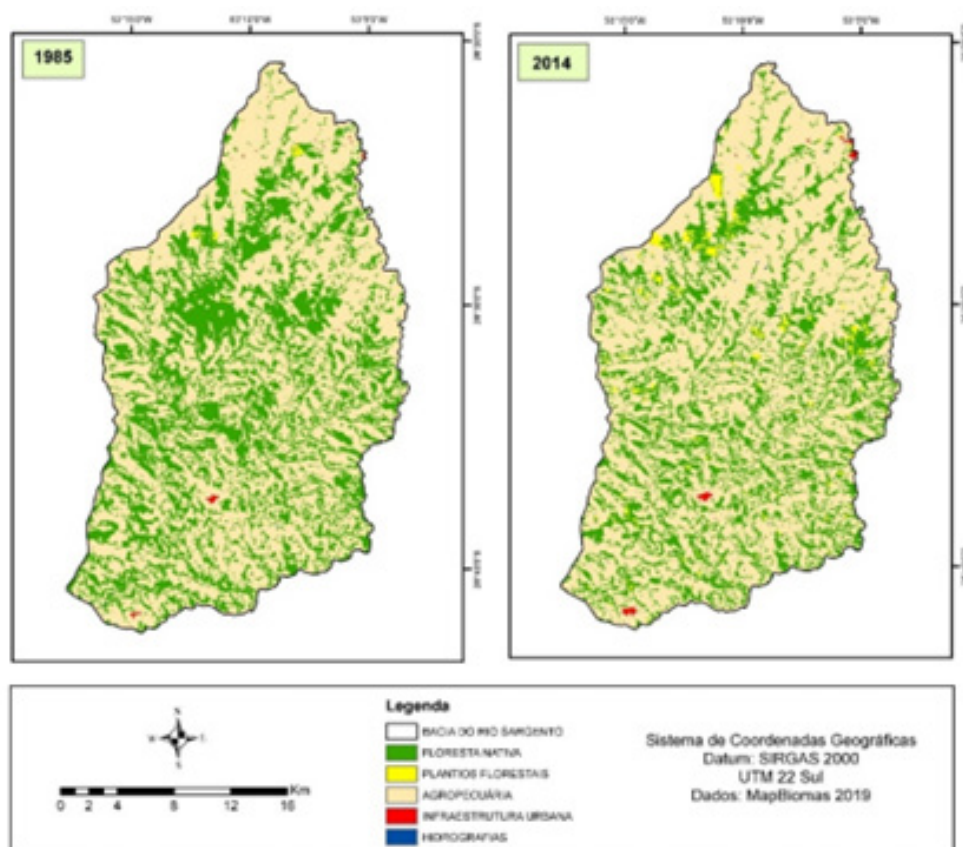
## Resultados e Discussão

O mapeamento do uso e cobertura do solo de 1985 a 2014 (Figura 2) e as classes de cobertura predominantes observadas na microbacia, ao longo dos 30 anos analisados, foram o uso agropecuário, abrangendo 75,5% da área da microbacia e a floresta nativa, ocupando 23,8% do território.

De maneira geral, observa-se que a paisagem da microbacia não passou por grandes alterações, uma vez que desde 1985 a composição prevalente da paisagem era agropecuária (63,76%), permeada por fragmentos de floresta nativa (35,94%). No entanto, é perceptível que a cobertura florestal natural tem sofrido uma redução na sua área ao longo dos 30 anos pesquisados, em 2014 representava 28,1% e em 1985 era de 69,8%, fato este decorrente do aumento da classe agropecuária.

Esta tendência de redução das áreas de floresta nativa e aumento das áreas de agropecuária também foi evidenciada por outros autores em diversas localidades do Brasil (NUNES; ROIG, 2015; SOUZA; SOUZA; CARDOSO, 2017; FIORESE; LEITE, 2018; SOUZA et al., 2019; FIORESE, 2021; DUARTE et al., 2021), observando-se um aumento da exploração agropecuária nas últimas décadas, em virtude de ser um país com forte vocação agrícola (BRITO, 2015). No entanto, o contrário também foi descrito por Santos e Rizzi (2010), numa sub-bacia hidrográfica do Rio Itajaí, em Santa Catarina, mostrando que os esforços para que haja aumento da preservação ambiental têm surtido efeitos.

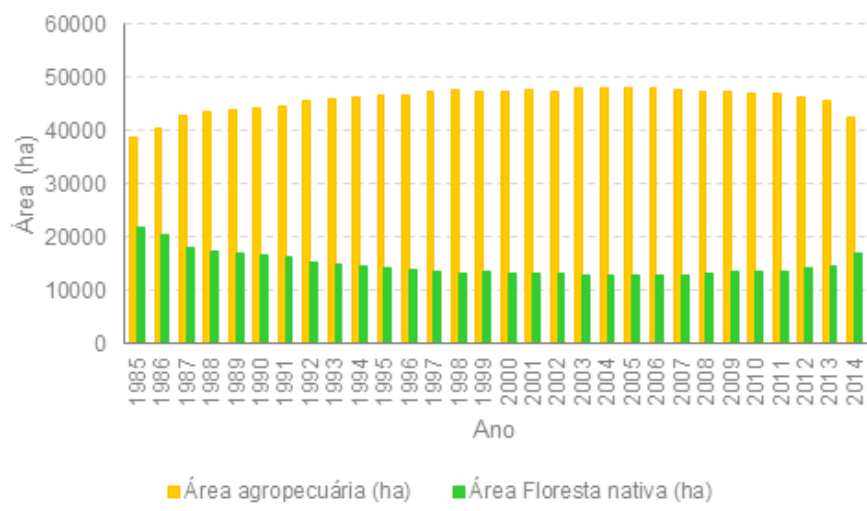
**Figura 2** — Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Sargento / SC, durante o período analisado de 30 anos.



Fonte: Autores (2022)

Neste estudo, as maiores mudanças de uso do solo ocorreram em 2003, quando a classe de floresta nativa apresentou a menor área de cobertura durante os 30 anos (12.681,54 ha), e em contrapartida, neste mesmo ano, a área de agropecuária apresentou a maior abrangência do período analisado (47.983,86 ha). Este fator chama a atenção quando se trata de preservação ambiental, pois o aumento das áreas com monoculturas pode causar impactos negativos no ambiente, ao compactar solos, reduzir taxas de infiltração e tempo de permanência da água na bacia, provocando sérias consequências, principalmente em relação à qualidade e quantidade da água disponível nos mananciais (SILVA; MARCOLA, 2011; SANTOS, 2018; ALMEIDA et al., 2020; SILVA et al., 2021; COSTA; MEDEIROS, 2021).

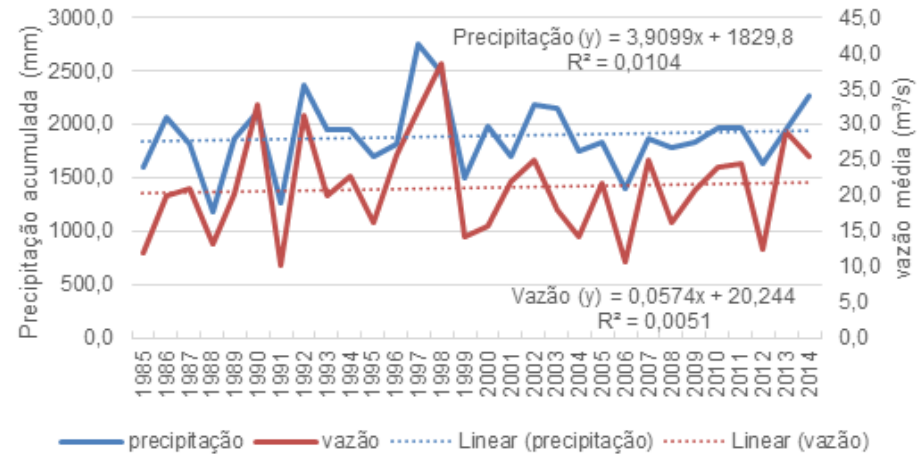
**Figura 3** — Perfil temporal referente ao comportamento das classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Rio Sargento / SC.



Fonte: Autores (2022)

Quanto aos dados hidrológicos, observou-se que o total precipitado em 2014 foi superior ao observado em 1985, porém, sem diferença estatística quanto a significância de 5%. Assim, pela análise da linha de tendência (Figura 4) foi verificado comportamento positivo nos valores acumulados de precipitação entre os anos analisados, com aumento de 35,7% em relação à média de precipitação (1890,5 mm) para a bacia no período estudado. Gotardo et al. (2018), também observaram um aumento da precipitação na região Extremo Oeste catarinense no período que compreende os anos de 1975 a 2014, corroborando com as análises realizadas.

**Figura 4** — Distribuição temporal e tendência dos dados hidrológicos obtidos na bacia hidrográfica do Rio Sargento / SC, para os 30 anos de estudo.



Fonte: Autores (2022)



Em relação à análise estatística realizada para a série temporal de vazão, foi possível observar que houve diferença entre os dados de 1985 e 2014, quanto a significância de 5%; para tanto, a hipótese de igualdade de média foi rejeitada. Tal diferença estatística possivelmente se deu, devido à média do fluxo volumétrico observada em 2014 (25,4 m<sup>3</sup>/s) ser 2,1 vezes maior que aquela obtida em 1985 (11,9 m<sup>3</sup>/s).

De tal modo, a tendência dos valores de disponibilidade hídrica também foi positiva, apresentando aumento de 64,0% em relação à média de vazão da microbacia para o período em questão. Esse aumento observado nos dados de vazão entre 1985 e 2014 possivelmente está relacionado ao aumento das áreas agrícolas e pecuárias, que pode diminuir a infiltração da água da chuva no solo e, conseqüentemente, aumentar o escoamento superficial. A declividade da microbacia pode contribuir para o aumento da velocidade deste escoamento, uma vez que a precipitação também aumentou ao longo dos anos.

Além disso, a dinâmica observada entre estas duas variáveis no ano de 2014, em que se visualiza o aumento da precipitação e diminuição da vazão, sugere que ocorreram precipitações mais intensas em curtos períodos de tempo nesta bacia, fazendo com que as vazões mínimas permanecessem mais baixas na maior parte do decurso deste ano.

O valor médio anual de vazão encontrado para os 30 anos analisados foi de 21,13 m<sup>3</sup>/s, superior à média encontrada por Freitas *et al.* (2002) para esta mesma estação fluviométrica, a qual se deu em 19,1 m<sup>3</sup>/s. Esta diferença entre os valores encontrados nos dois trabalhos provavelmente está associada à variação no tempo, uma vez que a vazão da bacia apresentou um aumento ao longo do período que compreende o ano de 2002 e 2014.

A análise quantitativa realizada para avaliar a associação do comportamento das vazões em relação à precipitação e à cobertura por floresta nativa, por meio da regressão linear múltipla, mostrou que existe relação significativa entre a variável dependente e as variáveis independentes, ao nível de significância de 5%. O modelo estimado para os dados é representado pela equação 1, em que Y = vazão; X1 = precipitação e X2 = vegetação florestal nativa.

$$Y = -9,4679 + 0,0171 * X1 - 0,00011 * X2 + 4,2372 \quad (1)$$

Para esta análise, os valores previstos e os observados da variável dependente apresentaram alta correlação, uma vez que o R múltiplo obtido foi de 0,8177. Já a relação existente entre as variáveis independentes e a dependente é positiva e forte, pois o resultado do R<sup>2</sup> foi de 0,6687, evidenciando que o aumento de X1 e X2 explica em 66,9%, o aumento de Y.

O erro padrão encontrado foi de 4,2372, e refere-se à diferença existente entre a variável dependente observada e a estimada, mostrando que é possível existirem outros fatores que não estão sendo consideradas no modelo proposto, como por exemplo, variações climáticas (CAPOZZOLI *et al.*, 2017), aumento das áreas com plantios florestais (GUANDIQUE; MORAIS, 2015), o manejo realizado nas áreas de agricultura e a urbanização (MAGALHÃES, 2017; SEGNOR; SPINELLI, 2020), aumento das áreas de represamento (SANTOS, 2010), assim como as águas subterrâneas que podem alterar a disponibilidade hídrica do rio, uma vez que mantém a estabilidade da vazão e retardam a resposta em relação às demais variáveis (HIRATA *et al.*, 2019).

Entretanto, o teste F aponta que o modelo gerado pode ser utilizado para explicar a variável dependente, visto que o F de significação obtido foi menor que 0,05. Quanto à significância individual de X1 e X2, observa-se que apenas a precipitação possui relação significativa com a variável dependente, pois esta apresentou valor de P < 0,05; em contrapartida, a cobertura do solo referente à floresta nativa apresentou valor de P de 0,7429, não existindo significância estatística na relação com a vazão, em um intervalo de 95% de confiança.

A partir da análise realizada por meio do teste de Pearson, nota-se que houve relação significativa a 5% de probabilidade entre a precipitação e a vazão média, apresentando uma correlação alta que corresponde a 81,7% (p-valor < 0,001), positiva e forte. Essa correlação já era esperada, pois Schmidt e Mattos (2013) afirmam que a vazão sofre influência direta da precipitação.

Observa-se que os valores encontrados nesta correlação se assemelham muito aos resultados obtidos na análise de regressão múltipla realizada; isso se deve à precipitação, que foi a variável que apresentou influência significativa sobre a vazão. Desta forma, o mesmo foi observado por meio da análise de correlação não paramétrica realizada com todas as variáveis em questão, onde não foi encontrada correlação significativa entre a cobertura do solo com florestas nativas e as vazões, através da correlação de Spearman ( $\rho$  -0,041 e p-valor

0,831); nem mesmo entre a vegetação florestal nativa e a precipitação ( $\rho$  -0,083 e p-valor 0,665). No entanto, encontrou-se correlação significativa entre as variáveis precipitação e vazão, uma vez que o teste determinou valores de  $\rho$  de 0,753 e p-valor  $< 0,001$ .

Sales Filho *et al.* (2021) também verificaram que a cobertura natural apresentou baixa correlação com os dados de vazão do rio Irani, em Chapecó – SC, mas observaram correlações significativas entre precipitação e vazão. Schaefer-Santos (2003) também observou fraca correlação entre os dados da tipologia florestal de uso do solo com as variações na vazão do rio Itajaí; enquanto Perazzoli, Pinheiro e Kaufmann (2013) verificaram que o tipo de cobertura do solo interferiu no regime de vazões do Ribeirão Concórdia – SC.

A não ocorrência de correlações significativas entre a vegetação florestal nativa e as vazões não deve ser considerada um indicativo de ausência de relação entre as classes de uso do solo e o comportamento hidrológico da bacia estudada (FARIAS *et al.*, 2021; FIORESE, 2021). Entretanto, torna-se necessário avaliar com mais detalhes os usos e ocupações do solo, e levar em consideração outras variáveis que possam ter influenciado a resposta hidrológica (SILVA, 2019), principalmente em relação às características da bacia que podem estar amenizando os efeitos da cobertura do solo nas variáveis hidrológicas (SOUZA *et al.*, 2019).

## Considerações finais

A análise da influência que o uso e cobertura do solo exercem sobre a disponibilidade hídrica na microbacia hidrográfica do Rio Sargento, no Estado de Santa Catarina, permite estabelecer as seguintes considerações:

- As formas de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica passaram por modificações no decorrer do período de 30 anos estudado, principalmente pela alta redução das áreas com vegetação florestal nativa associada ao crescimento das atividades agrícolas.

- As variáveis hidrológicas apresentaram tendência positiva de crescimento ao longo do tempo, sendo a precipitação a variável que está diretamente relacionada às alterações da disponibilidade hídrica da microbacia estudada, enquanto a vegetação florestal nativa possui pouca influência.

- Não foi encontrada relação de causalidade entre as variações da cobertura do solo por florestas nativas e a disponibilidade hídrica. No entanto, esta análise carece de investigações mais detalhadas, pois a influência que a alteração no uso do solo possui sobre a vazão de uma bacia hidrográfica é percebida com um lapso de tempo, devido à ação que as reservas subterrâneas exercem sobre a disponibilidade hídrica dos cursos da água, as quais podem causar um atraso na resposta hidrológica.

- É perceptível que há necessidade de realização de análises referentes à dinâmica que os dados hidrológicos apresentaram, assim como novos estudos voltados à temática sobre a relação da precipitação e uso do solo, nas vazões desta microbacia hidrográfica, visto que provavelmente existem outros fatores e variáveis também importantes, que atuam de maneira significativa sobre a disponibilidade hídrica, as quais não foram abordadas nesta pesquisa.

## Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. **Sistema de informações hidrológicas** (Hidroweb). Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em: 25 jul. 2022.

ALMEIDA, L. T.; *et al.* Análise do comportamento da vazão e precipitação na influência de enchentes na bacia hidrográfica a montante da cidade de Itajubá. **Revista Augustus**, Rio de Janeiro, v. 24, n. 49, p. 124-145, nov. 2019/fev. 2020. Disponível em: <https://www.encurtador.com.br/url-encurtada.php>. Acesso em: 15 mar. 2024.

ARAUJO, P. L.; *et al.* Relação entre a qualidade da água e o uso do solo em microbacias do reservatório Billings, na Região Metropolitana de São Paulo – SP. **REGA**, Porto Alegre, v. 15, ed. 2, 2018. Disponível em: <https://www.abrh.org.br/OJS/index.php/REGA/article/view/73>. Acesso em: 16 mar. 2024.





BESERRA, P. S. **Avaliação dos efeitos das alterações na cobertura e uso do solo sobre o regime de vazões via modelagem hidrológica considerando incerteza paramétrica**. 2016. 128 p. Dissertação de Mestrado (Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) / Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://encurtador.com.br/eguz2>. Acesso em: 18 mar. 2024.

BRITO, M. A. **As atividades econômicas brasileiras: São Paulo (1889-1913)**. 2015. 47 p. Monografia (Licenciatura em História) / Universidade de Brasília, DF, 2015. Disponível em: <https://encurtador.com.br/IGPT2>. Acesso em: 16 mar. 2024.

CAPOZZOLI, C. R.; *et al.* Padrões de variabilidade de vazão de rios nas principais bacias brasileiras e associação com índices climáticos. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, n. 2, p. 243-254, 2017. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/H6MsDqSqvBvX8xYnKjgGWk/?lang=pt>. Acesso em: 19 mar. 2024.

COSTA, N. B.; MEDEIROS, P. R. P. Variabilidade da precipitação no rio Paraíba do Meio (AL): influência na vazão e nas cargas de fósforo dissolvido. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 39, p. 86-105, 2021. Disponível em: <https://periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/view/59347>. Acesso em: 16 mar. 2024.

CRISPIM, A. B.; SOUZA, M. N. Degradação, impacto ambiental e uso da terra em bacias hidrográficas: o contexto da Bacia do Pacoti/CE. **ACTA Geográfica**, v. 10, n. 22, p. 17-33, jan./abr. 2016. Disponível em: <https://revista.ufrbr/actageo/article/view/2578>. Acesso em: 18 mar. 2024.

DUARTE, M. L.; *et al.* Dinâmica do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio pimenta, região sudeste do estado de Rondônia: avaliação e cenários futuros. **Sociedade e Território**, v. 33, n. 1, p. 54-71, jan./abr. 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/22270/14214>. Acesso em: 25 set. 2022.

FARIAS, E. S.; *et al.* Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 02, p. 1175-1193, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/rbge/article/view/248958>. Acesso em: 18 mar. 2024.

FIORESE, C. H. U. Dinâmica do uso e ocupação da terra na bacia hidrográfica do Rio Fruteiras, Estado do Espírito Santo, Brasil. **Labor & Engenho**, v. 15, p. 1-12, 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/labore/article/view/8659875/27019>. Acesso em: 25 set. 2022.

FIORESE, C. H. U.; LEITE, V. R. Dinâmica do uso e cobertura do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Estrela do Norte no município de Castelo, estado do Espírito Santo. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer, v. 5, n. 10, p. 52-65, 2018. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/agrarian/article/view/5008>. Acesso em: 16 mar. 2024.

FOLHA DO OESTE. **Os desafios da Bacia do Rio das Antas**. 2019. Disponível em: <http://folhadooeste.com.br/cidades/os-desafios-da-bacia-do-rio-das-antas-1.2130751>. Acesso em: 16 ago. 2021.

FRANÇA, B. T.; *et al.* Dinâmica do uso do solo e alterações na vazão na bacia do Rio São Francisco no início do Séc. XXI. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 18, ed. 11, 2021. Disponível em: <https://encurtador.com.br/gikUZ>. Acesso em: 17 mar. 2024.

FREITAS, M. A.; *et al.* (Orgs.). **Diagnóstico dos recursos hídricos subterrâneos do oeste do Estado de Santa Catarina** / Projeto Oeste de Santa Catarina. CPRM / Serviço Geológico do Brasil Superintendência Regional de Porto Alegre. 2002. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/4957>. Acesso em: 17 mar. 2024.

FRUTUOSO, F. K. A.; *et al.* Avaliação da degradação da qualidade da água dos corpos hídricos do Estado da Paraíba e identificação de fatores causadores. In: Congresso Internacional de Meio Ambiente e Sociedade. **Anais [...]**, 2019.

GARCIA, J. M.; *et al.* Degradação ambiental e qualidade da água em nascentes de rios urbanos. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, MG, v.30, n.1, p. 228-254, jan./abr. 2018. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/sn/a/DvNMBqxxQbSvQ4xhtQv36Ts/?format=pdf>. Acesso em: 19 mar. 2024.

GOTARDO, R.; *et al.* Distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. **Geosul**, Florianópolis, v. 33, n. 67, p. 253-276, mai./ago. 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/download/2177-5230.2018v33n67p253/36740/193385>. Acesso em: 16 mar. 2024.

GUANDIQUE, M. E. G.; MORAIS, L. C. Estudo de variáveis hidrológicas e do balanço hídrico em bacias hidrográficas. In: POMPÊO *et al.* (Orgs.). **Ecologia de reservatórios e interfaces**, São Paulo: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, p. 434-447, 2015. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap.\\_29\\_Variaveis\\_hidrologicas.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://ecologia.ib.usp.br/reservatorios/PDF/Cap._29_Variaveis_hidrologicas.pdf). Acesso em: 16 mar. 2024.

HIRATA, R.; *et al.* **As águas subterrâneas e sua importância ambiental e socioeconômica para o Brasil**. São Paulo: Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo, 2019. Disponível em: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://igc.usp.br/igc\\_downloads/Hirata%20et%20al%202019%20Agua%20subterranea%20e%20sua%20importancia.pdf](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://igc.usp.br/igc_downloads/Hirata%20et%20al%202019%20Agua%20subterranea%20e%20sua%20importancia.pdf). Acesso em: 19 mar. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malha municipal**: Banco de Dados dos municípios de Santa Catarina, 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em 20 set. 2022.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Topodata**: Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil. 2022. Disponível em: <http://www.webmapit.com.br/inpe/topodata/>. Acesso: 15 set. 2022.

KLEIN, R. M. Mapa Fitogeográfico do Estado de Santa Catarina. In: REITZ, R. **Flora Ilustrada Catarinense**, Itajaí, 1978. parte V.

MAGALHÃES, S. F. C. **Avaliação dos fatores que influenciam na dinâmica de nutrientes, material particulado e vazão em pequenas bacias hidrográficas**. 2017, 79 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Macaé, RJ, 2017. Disponível em: [https://ppgciac.macaee.ufrj.br/images/Disserta%C3%A7%C3%B5es/Stephanie\\_Freitas\\_Couto\\_de\\_Magalh%C3%A3es.pdf](https://ppgciac.macaee.ufrj.br/images/Disserta%C3%A7%C3%B5es/Stephanie_Freitas_Couto_de_Magalh%C3%A3es.pdf). Acesso em: 15 mar. 2024.

MAPBIOMAS. (2019). **Coleção 6.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em: 25 jul. 2022.

MENEZES, J. P. C.; *et al.* Relação entre padrões de uso e ocupação do solo e qualidade da água em uma bacia hidrográfica urbana. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 21, n. 3, p. 519-534, jul./set. 2016. Disponível em: <https://encurtador.com.br/cANT0>. Acesso em: 17 mar. 2024.

MESQUITA, M. A. **Análise de uso da terra e sua interferência em enchentes na região do córrego Lavapés, Rio Claro (SP)**. 2015. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Geologia) / Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Rio Claro, SP, 2015. Disponível em: [https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNSP\\_884a8eed122015120c306b19aa10a348](https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNSP_884a8eed122015120c306b19aa10a348). Acesso em: 16 mar. 2024.



MORAES, R. A.; ARRAES, C. L. Análise de uma metodologia para preenchimento de valores faltantes em dados de precipitação, para o Estado do Paraná. **Científica Ciências Exatas Tecnológicas**, v. 11, n. 1, p. 25-30, 2012.

NUNES, J. F., ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo da bacia do alto do descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras e lógica nebulosa. **Revista Árvore** [online], v. 39, 2015. Disponível em: [https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622015000100003&script=sci\\_abstract&tlng=pt](https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-67622015000100003&script=sci_abstract&tlng=pt). Acesso: 25 set. 2022.

ONGHERO JUNIOR, O. (coord.). **Avaliação integrada de bacia hidrográfica do rio das Antas/SC**. Relatório técnico. Desenvolver Engenharia e Meio Ambiente. 2021. Disponível em: [https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib\\_top/Comite%20Rio%20das%20Antas/Relatorios/AIBH%20Rio%20das%20Antas\\_ass\\_VF\\_08.06.pdf](https://www.aguas.sc.gov.br/jsmallfib_top/Comite%20Rio%20das%20Antas/Relatorios/AIBH%20Rio%20das%20Antas_ass_VF_08.06.pdf). Acesso em: 19 set. 2022.

PASQUALOTTO, M. C. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água e no processo erosivo da bacia de captação do Rio Barro Preto, Coronel Vivida (PR)**. 2016. 214 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2016.

PAULINO, M. B. **Diagnóstico da relação entre o uso do solo e a qualidade da água na bacia hidrográfica do Rio dos Sinos** – Novo Hamburgo – RS, com o auxílio de técnicas de geoprocessamento. 2014. 172 p. Dissertação (Mestrado) / Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2014. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/36892>. Acesso em: 16 mar. 2024.

PERAZZOLI, M.; PINHEIRO, A.; KAUFMANN, V. Efeitos de cenários de uso do solo sobre o regime hídrico e produção de sedimentos na bacia do Ribeirão Concórdia – SC. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 5, p. 859-869, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/xYmXxcSF8WsHzYSsBPbG9nJ/?lang=pt>. Acesso em: 18 mar. 2024.

PEREIRA, A. R.; ALMEIDA, A.; KOIDE, S. Avaliação da influência do uso e cobertura do solo e da retirada de água subterrânea sobre a vazão do Ribeirão Tortinho–DF. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, v. 9, n. 3, p. 62-91, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/view/45234>. Acesso em: 18 mar. 2024.

PEREIRA, S. B.; *et al.* Variação temporal do comportamento hidrológico na bacia do Rio Dourados no período de 1973 a 2002. **Engenharia Agrícola**, v. 27, n. 2, p. 560-568. Jaboticabal, mai./ago. 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eagri/a/zmy38hKXWN98rXT4TCr7tyJ/>. Acesso em: 15 mar. 2024.

RHODEN, A. C. (coord. Geral). **Plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio das Antas, bacias contíguas e afluentes do Peperi-Guaçu**. Etapa B – diagnóstico socioeconômico e ambiental da bacia. Itapiranga, SC, 2018. Disponível em: <https://encurtador.com.br/qwCH2>. Acesso em: 15 mar. 2024.

RODRIGUES, M. P. N. **Recuperação de corpos hídricos degradados por poluição: uma revisão sistemática**. 2019. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) / Universidade Federal de Pernambuco, Caruaru, PE, 2019. Disponível em: <https://encurtador.com.br/mwDKM>. Acesso em: 16 mar. 2024.

SALES FILHO, P. C.; *et al.* Relação entre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Irani, localizada no oeste de Santa Catarina, região Sul do Brasil e a cobertura vegetal dos biomas Amazônia, Pantanal e Mata Atlântica. **Revista Metodologias e Aprendizado**, v. 1, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.ifc.edu.br/index.php/metapre/article/view/1499>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SANTOS, C. A. **Impactos da precipitação e do uso do solo nas tendências das vazões na bacia hidrográfica do Rio Grande**. 2018. 117 p. Dissertação (mestrado) / Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2018.

sa, MG, 2018. Disponível em: <https://encurtador.com.br/xDINS>. Acesso em: 17 mar. 2024.

SANTOS, E. A. **Influência do uso do solo no regime hidrológico da bacia do Rio Lontra**. 2010, 83 p. Dissertação (Mestrado) / Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

SANTOS, J. S.; RIZZI, N. E. Dinâmica de uso do solo da bacia hidrográfica do rio Luís Alves, sub-bacia do rio Itajaí, Santa Catarina, Brasil. **Floresta**, v. 40, n. 2, p. 335-344, abr./jun. 2010.

SCHAEFER-SANTOS, J. **Ocupação do solo e comportamento hidrológico da sub-bacia do rio Luis Alves, bacia do rio Itajaí, Santa Catarina**. 2003. 193 p. Dissertação (Mestrado) / Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2003.

SCHMIDT, D. M.; MATTOS, A. Dinâmica dos regimes de precipitação e vazão da bacia hidrográfica do Alto Piranhas-Açu / PB. **Sociedade e Território**, v. 25, n. 2, p. 67-77, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufrn.br/sociedadeeterritorio/article/view/3590>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SEGNOR, C. R.; SPINELLI, J. A hidrologia de Chapecó/SC: alterações nas bacias hidrográficas urbanas a partir do processo de urbanização do município. **Geografia, Ensino e Pesquisa**, v. 24, n. 56, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/geografia/article/view/47957>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SILVA, D. A. O.; *et al.* Impacto da alteração do uso do solo usando dados orbitais no baixo São Francisco. **Revista Ambientale**, v. 10, n. 3, p. 71-85, 2018. Disponível em: <https://periodicosuneal.emnuvens.com.br/ambientale/article/view/60>. Acesso em: 17 mar. 2024.

SILVA, G. J. F.; MARCOLA, M. B. Avaliação espaço-temporal da cobertura vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Miriri (PB). In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, Curitiba, PR. INPE. p. 1803-1810. 2011. Disponível em: <https://encurtador.com.br/asLV7>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SILVA, G. M. F. **Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica do Rio Buranhém**. 2019. 85 p. Dissertação (Mestrado) / Universidade Federal do Sul da Bahia, Porto Seguro, BA, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ifba.edu.br/jspui/handle/123456789/195>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SILVA, K. N.; *et al.* Influência da precipitação e do uso do solo nas vazões da Sub-Região Hidrográfica Itacaiúnas (SRHI). **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, 2021. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/22520/20023/272456>. Acesso em: 18 mar. 2024.

SILVA, L. L. F.; MORAES, M. F.; SILVA, R. B. **Influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água em bacias de captação para o abastecimento público**. 2016. 60 p. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária) / Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 2016. Disponível em: <https://encurtador.com.br/cwDQ7>. Acesso em: 15 mar. 2024.

SOARES, G. C. S. **Cadeia causal da degradação de nascentes na Bacia Hidrográfica do Rio Gramame / Paraíba**. 2015. 125 p. Dissertação (Mestrado) / Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, PB, 2015.

SOUZA, K. B.; *et al.* Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Uruçuí-Preto, Piauí. **Nativa**, v. 7, n. 5, p. 567-573, set./out. 2019.

SOUZA, N. S.; SOUZA, W. J.; CARDOSO, J. M. S. Caracterização hidrológica e influência da cobertura do solo nos parâmetros de vazão do Rio das Fêmeas. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 22, n. 3, mai./jun., 2017. Disponível em: <chrome-extension://efaidnbmninnbpcajpcgclclefindmkaj/https://www.scielo.br/j/esa/a/jKBdnLybP3rCWK7rdmftPy/?format=pdf>. Acesso em: 15 mar. 2024.



TORMAN, V.B.L.; et al. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não paramétricos por simulação. **Revista HCPA: Bioestatística**, v. 32, n. 2, p.227-244, 2012.

VIANA, J. F. S. **Impactos das mudanças do uso da terra sobre o balanço hidrossedimentológico: bases para o gerenciamento dos recursos hídricos na Bacia do Rio Pirapama**. 2019. 193 p. Tese de Doutorado (Engenharia Civil) / Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/35117>. Acesso em: 17 mar. 2024.

VESSONI, R. H. **Conservação de nascentes e a degradação ambiental por ocupação do solo no Bairro Nascente Imperial em Contagem (MG)**. 2019. 49 p. Monografia (Especialização em Gerenciamento de Recursos Hídricos) / Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2019. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUOS-BDAN4C>. Acesso em: 17 mar. 2024.