

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

Variabilidade climática na análise da vazão na bacia hidrográfica do Córrego Rico

Henrique Balan Pozzi

Orientadora: Prof. Dra. Teresa Cristina Tarlé Pissarra
Coorientadora: Poliana Mara Reis Freire

Trabalho apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
UNESP, Campus de Jaboticabal para a
graduação em ENGENHARIA
AGRONÔMICA.

Jaboticabal – SP
Agosto/2024

P893v Pozzi, Henrique Balan
Variabilidade climática na análise da vazão na bacia hidrográfica
do Córrego Rico / Henrique Balan Pozzi. -- Jaboticabal, 2024
40 p.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia
Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Teresa Cristina Tarlé Pissarra

Coorientadora: Poliana Mara Reis Freire

1. Bacia hidrográfica. 2. Balanço hidrológico. 3. Vazão. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

HENRIQUE BALAN POZZI

**TÍTULO DO TRABALHO ACADÊMICO: VARIABILIDADE CLIMÁTICA NA
ANÁLISE DA VAZÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO CÓRREGO RICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Teresa Cristina Tarle Pissarra

Área de Concentração: Geomática, Manejo e Conservação do Solo e da Água em Agroecossistema

Data da defesa: 21/08/2024

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **TERESA CRISTINA TARLE PISSARRA**
Data: 28/08/2024 12:15:10-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Profa. Dra. Teresa Cristina Tarle Pissarra

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
 **ANILDO MONTEIRO CALDAS**
Data: 29/08/2024 12:24:15-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Prof. Dr. Anildo Monteiro Caldas

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco – Campus Recife

Documento assinado digitalmente
 **TAIS AFFONSO REHDER TANUS**
Data: 29/08/2024 09:46:03-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

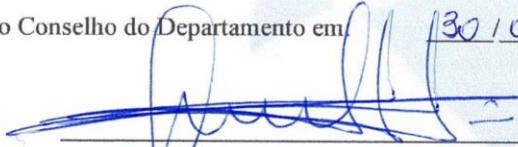
Eng. Agr. Taís Affonso Rehder Tanus

Empresa Syngenta/Brasil

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em

30/08/2024 *

*aprovado "ad
referendum do
Conselho do
Departamento"*


Prof. Dr. Luiz Fabiano Palaretti
Chefe do Departamento

OFERECIMENTOS

Ofereço este trabalho aos meus familiares, em especial a minha mãe Ana Paula, meus pais Ricardo e Alexandre, meu avô Ayrton e minha avó Haydée. Que mesmo diante as dificuldades sempre me orientaram e batalharam para que concluísse a formação profissional dos sonhos. Ofereço também à minha namorada Ellen por todo apoio durante essa reta final da graduação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por todas as oportunidades concedidas a mim, pela força nos momentos de fraqueza e dificuldades nas realizações.

Aos meus familiares, minha mãe Ana Paula, meus pais Ricardo e Alexandre, meu avô Ayrton e minha avó Haydée. Pela atenção que sempre me deram.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), seus docentes e funcionários, que desde 2019 quando ingressei na Engenharia Agrônômica, me acompanham neste percurso acadêmico e que contribuíram para a minha formação.

À Professora Doutora Teresa Cristina Tarlé Pissarra, minha orientadora, pela manifestação de apoio e disponibilidade, que muito contribuíram para aumentar o desafio e melhorar a investigação.

À Banca Examinadora, Prof. Dr. Anildo Monteiro Caldas e Taís Affonso Rehder Tanus, que auxiliaram na correção deste trabalho de investigação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

O presente trabalho foi realizado com apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Bolsa Pesquisador da Orientadora Profa. Teresa Cristina Tarle Pissarra e Projeto Universal Processo: 405976/2021-6 - Título: PROJETO MANANCIAIS: serviços ecossistêmicos de bacia hidrográfica, paradigma para a gestão de recursos hídricos, solo e política de uso do solo.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. Variação e Variabilidade Climática	5
2.2. Bacias Hidrográficas.....	7
2.3. Vazão	9
3. OBJETIVOS	12
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
6. CONCLUSÃO	27
7. REFERÊNCIAS	28

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica – SP....	13
Figura 2. Imagem ilustrativa do site para a coleta de dados	14
Figura 3. Banco de dados hidrológicos do Estado de São Paulo	14
Figura 4. Dados médios de vazão observados entre os anos de 1981 e 1985	16
Figura 5. Dados médios de vazão observados entre os anos de 1986 e 1990	17
Figura 6. Dados médios de vazão observados entre os anos de 1991 e 1995	18
Figura 7. Dados médios de vazão observados entre os anos de 1996 e 2000	19
Figura 8. Dados médios de vazão observados entre os anos de 2001 e 2005	20
Figura 9. Dados médios de vazão observados entre os anos de 2006 e 2010	21
Figura 10. Dados médios de vazão observados entre os anos de 2011 e 2015	22
Figura 11. Dados médios de vazão observados entre os anos de 2016 e 2020	23

Variabilidade climática na análise da vazão na bacia hidrográfica do Córrego Rico

RESUMO

A análise da variabilidade climática na vazão de uma bacia hidrográfica, é essencial para compreender como as mudanças nos padrões climáticos podem influenciar os fluxos de água, a disponibilidade hídrica e a sustentabilidade dos recursos na região. O principal objetivo deste trabalho foi analisar no período de 1981-2020 a variabilidade climática nas mudanças de vazão de um ponto da rede de drenagem da bacia hidrográfica do córrego Rico, localizada no Estado de São Paulo, na qual o manancial produz água para o abastecimento de parte da cidade de Jaboticabal – SP. Os dados de vazão foram obtidos no Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica, no Banco de dados hidrológicos (BDH) do Estado de São Paulo. Os dados foram compilados e tratados em uma análise estatística, obtendo-se os valores médios mensais. As mudanças nos padrões climáticos foram analisadas a partir dos dados de vazão. Durante os quarenta anos analisados ocorreu uma modificação das vazões médias mensais, representando a dinâmica e complexidade dos processos hidrológicos. Os dados trazem períodos de alta vazão, principalmente nas primeiras duas décadas analisadas, após isso, a partir dos anos 2000 seguimos uma tendência de declínio gradual e acentuado quanto as vazões. A análise dos dados históricos representa uma tendência preocupante quanto a vazão da Bacia Hidrográfica do córrego Rico. Para o planejamento de recursos hídricos, a análise da variabilidade climática é fundamental pois pode contribuir para a gestão de reservatórios, a alocação de água para diferentes usos e a mitigação de riscos associados a eventos extremos, trazendo sustentabilidade para a garantia de água visando alternativas para garantia de água frente aos desafios climáticos e ambientais e segurança hídrica.

Palavras-Chave: bacia hidrográfica; balanço hidrológico; vazão.

Climate variability in flow analysis in the Córrego Rico watershed

ABSTRACT

Analyzing climate variability in the flow of a river basin is essential to understanding how changes in climate patterns can influence water flows, water availability and the sustainability of resources in the region. The main objective of this work was to analyze the climate variability in the changes in flow from 1981 to 2020 at a point in the drainage network of the córrego Rico watershed, located in the state of São Paulo, where the spring produces water to supply part of the city of Jaboticabal - SP. The flow data was obtained from the Department of Water and Power's Hydrological Database (BDH) for the state of São Paulo. The data was compiled and treated in a statistical analysis, obtaining the average monthly values. Changes in climate patterns were analyzed using the flow data. During the forty years analyzed, the average monthly flows changed, representing the dynamics and complexity of the hydrological processes. The data shows periods of high flow, especially in the first two decades analyzed, after which, from the 2000s onwards, we see a trend of gradual and sharp decline in flows. The analysis of historical data shows a worrying trend in the flow of the córrego Rico basin. For water resources planning, the analysis of climate variability is fundamental because it can contribute to reservoir management, the allocation of water for different uses and the mitigation of risks associated with extreme events, bringing sustainability to the guarantee of water, aiming at alternatives for guaranteeing water in the face of climatic and environmental challenges and water security.

Keywords: river basin; hydrological balance; water flow.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento e a gestão do recurso hídrico visam garantir a oferta de água, propiciando segurança hídrica para a população. Assim, a análise da vazão em uma bacia hidrográfica se torna essencial para compreensão das mudanças nos padrões climáticos que influenciam os fluxos de água, a disponibilidade hídrica e a sustentabilidade dos recursos na região.

Os padrões de vazão são fatores que indicam o comportamento do fluxo do recurso hídrico em uma área de interesse. A análise da variabilidade deste fluxo ao longo do tempo pode ajudar a identificar tendências, como períodos de seca ou eventos de maior produção de água no ecossistema da bacia hidrográfica. Esses fatores impactam diretamente os níveis de vazão, que por sua vez influencia a quantidade de água disponível para alimentar os rios e córregos.

As alterações sazonais podem ser observadas a partir da análise das mudanças nos padrões de vazão, que podem alterar o regime hidrológico do córrego Rico, afetando o padrão de fluxo do córrego. A variabilidade climática pode aumentar a frequência e a intensidade de eventos extremos como altos ou baixos valores de vazão em períodos prolongados, podendo assim causar flutuações drásticas nos níveis de água.

Neste contexto, a análise estatística de séries temporais de dados de vazão pode ajudar a identificar tendências e padrões de variabilidade climática e verificar cenários de mudança climática, que pode ajudar a prever como diferentes trajetórias de aquecimento global impactariam a vazão do córrego Rico.

Para o planejamento de recursos hídricos, a análise da variabilidade climática é fundamental pois pode contribuir para a gestão de reservatórios, a alocação de água para diferentes usos e a mitigação de riscos associados a eventos extremos.

Compreender a adaptação às mudanças climáticas a partir da compreensão da variabilidade climática, traz a possibilidade de desenvolver

estratégias de adaptação que visem a reduzir os impactos negativos sobre a vazão, como a implementação de práticas de conservação de água e solo.

A análise da variabilidade climática na vazão da bacia hidrográfica do córrego Rico permite uma compreensão mais profunda dos impactos das mudanças climáticas sobre os recursos hídricos. Essa análise é essencial para informar políticas de gestão e estratégias de adaptação que garantam a sustentabilidade dos recursos hídricos na região em face das mudanças climáticas.

Neste trabalho objetivou-se analisar os efeitos do comportamento climático e seus impactos no sistema hídrico e de uso do solo da bacia hidrográfica do córrego Rico, localizado no Estado de São Paulo, a partir da análise dos dados de vazões médias diárias dos anos 1981-2020.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Variação e Variabilidade Climática

Influenciada pelas atividades humanas, a temperatura da superfície global vem se mostrando em elevado nível de alteração, apresentando aumento de 1,1°C durante o período de 2011-2020 comparado ao penúltimo século (1850-1900), decorrente do uso insustentável dos recursos naturais e especialmente através das emissões de gases de efeito estufa, afirma *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2023).

Baccarin (2023) afirma que, desastres naturais, além de eventos mais frequentes como secas e inundações, têm refletido negativamente na produção agrícola, no emprego, na renda e na nutrição das pessoas. Outrossim, principal fator de risco para os recursos hídricos sendo a mudança climática, vivenciamos aumento da demanda pelas atividades humanas e crescimento populacional (ANA, 2022).

Como supracitado, Righi (2011) traz inundações como fenômenos naturais que se apresentam a partir de um elevado microregime de chuvas e em contrapartida, baixa capacidade de drenagem. Esse cenário outorga reduzida vazão do volume de água, resultando no transbordamento e direcionado para planuras de inundação.

A mudança climática, é explicada pela alteração da variabilidade climática a partir das ações humanas, como uso inadequado dos recursos hídricos e do solo. O clima tem grande participação sobre a influência das atividades humanas e seu desenvolvimento que são diversificadas entre as condições climáticas locais e seus eventos extremos (Salgueiro *et al.* 2005).

A variabilidade climática refere-se às flutuações naturais do clima que ocorrem em diferentes escalas de tempo e espaço. Essas variações podem ser causadas por uma combinação de fatores naturais e antropogênicos e são um aspecto fundamental da climatologia. As mudanças e flutuações no clima que ocorrem em escalas temporais e espaciais podem ser desde semanas até

milhares de anos. Estas flutuações são diferentes das mudanças climáticas de longo prazo, que são tendências mais duradouras (Silva *et al.*, 2011).

Nas escalas de tempo, o curto prazo refere-se as flutuações sazonais e anuais, como variações na temperatura e precipitação de um ano para o outro; no médio prazo ocorrem as variações em décadas, como as mudanças associadas a ciclos climáticos, como El niño/La niña; e ao longo prazo, as mudanças que ocorrem ao longo de séculos ou milênios, podem ser como as variações causadas por ciclos orbitais da terra (Loose *et al.*, 2010).

As causas da variabilidade climática podem se concentrar nos fatores naturais, que incluem fenômenos como ciclos solares, erupções vulcânicas, e fenômenos oceânicos como El Niño e La Niña. Os fatores antropogênicos caracterizados pelas atividades humanas, como emissões de gases de efeito estufa e desmatamento, podem alterar padrões climáticos e interagir com a variabilidade natural.

Os tipos de variabilidade climática são caracterizados pelo tempo no que tange a variabilidade sazonal que detecta as mudanças climáticas ocorridas em ciclos anuais, como as variações de temperatura e precipitação associadas às estações do ano. A variabilidade anual é caracterizada pelas flutuações no clima de um ano para o outro, que podem incluir variações na quantidade de precipitação ou temperaturas extremas, no exemplo, das diferenças na intensidade e frequência de eventos climáticos extremos, como secas e invernos rigorosos (Minuzzi *et al.*, 2011).

Os ciclos climáticos são fenômenos climáticos que ocorrem em escalas de tempo mais longas e que influenciam as condições climáticas globais e regionais, como exemplo, El Niño/La Niña (oscilações periódicas na temperatura da superfície do mar no pacífico equatorial que afetam o clima global) e a oscilação sul (so), que caracteriza a flutuação entre os estados de alta e baixa pressão no pacífico sul (Saha *et al.*, 2017).

Os impactos da variabilidade climática são inúmeros e pode-se destacar os efeitos na agricultura, , pois as variações no clima podem afetar o crescimento e a produção de culturas, influenciando a segurança alimentar. Além disso, os padrões podem levar a secas ou inundações, afetando a

disponibilidade de água e o manejo das terras agrícolas (Camargo, 2010). As mudanças nos ecossistemas podem ocorrer no habitat e biodiversidade, quanto às flutuações no clima que podem afetar os habitats naturais e a biodiversidade, alterando a distribuição das espécies e os ecossistemas. Os modelos nas mudanças nas condições climáticas podem afetar os padrões de migração de animais e plantas (Han *et al.*, 2024).

Estes impactos podem causar mudanças econômicas, tendo em vista que os eventos climáticos extremos podem danificar a infraestrutura e levar a altos custos de reparo e adaptação (Ghimire *et al.*, 2023; Wilk-Woźniak *et al.*, 2021). E os aumentos na variabilidade climática e eventos extremos podem impactar o setor de seguros para os sistemas de produção vegetal, com mais reivindicações relacionadas a desastres naturais.

Um dos métodos de estudo e monitoramento é realizado a partir da análise da observação dos dados das estações meteorológicas, que apresentam a coleta de dados sobre temperatura, precipitação, e outras variáveis climáticas em tempo real. A partir do uso de técnicas estatísticas para analisar padrões e tendências na variabilidade climática, incluindo séries temporais e análises de tendência, pode-se inferir os efeitos e apresentar as possíveis causas que influenciaram nos fenômenos extremos (Tadesse *et al.*, 2024; Bojago *et al.*, 2024).

A variabilidade climática é uma parte intrínseca do sistema climático da terra, com implicações significativas para diversos aspectos da vida humana e do meio ambiente (Bilbao-Barrenetxea *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2023). A compreensão e o monitoramento dessa variabilidade são essenciais para a gestão dos impactos climáticos e para o desenvolvimento de estratégias de adaptação e mitigação.

2.2. Bacias Hidrográficas

As bacias Hidrográficas que, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2022), é um espaço geográfico delimitado pelo respectivo divisor de águas cujo escoamento superficial converge para seu interior sendo captado pela rede

de drenagem que lhe concerne. Também conhecida como bacia de drenagem ou bacia fluvial, é uma área geográfica delimitada por divisores de água (ou divisores topográficos) onde a água da precipitação é drenada para os pontos de menores altitudes. Os cursos d'água convergem para um ponto de saída comum, denominado foz, e as águas desaguam em um rio principal, um lago ou o mar (Pissarra *et al.*, 2004). Conforme Carvalho *et al.* (2010), uma bacia hidrográfica é um sistema que abrange um volume de materiais, situados perto da superfície da Terra, e é delimitada interna e externamente por todos os processos que influenciam o fluxo de matéria e energia de um rio ou uma rede de canais fluviais.

Os divisores de água são linhas imaginárias que separam uma bacia hidrográfica de outras bacias. Estes divisores são geralmente formados por elevações topográficas, como montanhas ou colinas. Os componentes de uma bacia hidrográfica são formados pela nascente, a fonte de água; o curso d'água principal que se torna um rio ou córrego que recebe água de afluentes e drena a bacia; os afluentes, que são rios ou córregos menores que se juntam ao curso d'água principal; a área de drenagem, que compõem a área total da bacia; e a foz que é o ponto onde o curso d'água principal deságua em um corpo d'água maior, como um lago ou o oceano (Pissarra *et al.*, 2004; Pissarra *et al.*, 2005).

As definições propostas para bacia hidrográfica são semelhantes ao conceito apresentado por Barrella (2001), que descreve a bacia como uma área de terras drenadas por um rio e seus afluentes. Ela se forma nas partes mais altas do relevo, delimitada por divisores de água, onde as águas das chuvas escoam superficialmente para as áreas mais baixas do terreno, formando riachos e rios, ou infiltram no solo, contribuindo para a formação de nascentes e do lençol freático. As cabeceiras dos rios se formam a partir de riachos que nascem em terrenos íngremes de serras e montanhas e, à medida que descem juntando a outros riachos, aumentam seu volume, formando os primeiros rios. Continuando seus trajetos, recebendo água de outros tributários e se transformam em rios maiores até seu deflúvio no oceano.

As bacias hidrográficas brasileiras apresentam papel crucial na gerência dos recursos hídricos territoriais, abrangendo grande volume de água. Segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2007), as regiões hidrográficas

Amazônica, Tocantins/Araguaia e Paraná são responsáveis por uma vazão média de 131.947 m³/s, 13.624 m³/s e 11.452 m³/s, respectivamente.

Visto a importância das bacias, faz-se importante o estudo daquilo que impacta seu manejo como a análise e compreensão das tendências e mudanças climáticas e modificações no uso e cobertura do solo, (Kumar, *et al.*, 2019; Thomas & Prasannakumar, 2016). Segundo Bhatti *et al.* (2016), esta análise para compreensão das tendências tem se intensificado pela frequência dos eventos extremos que veem alterando a variabilidade do dinamismo hidrológico, entender e gerenciar as bacias hidrográficas é importante na busca por garantir o uso sustentável da água e a proteção dos ecossistemas.

2.3. Vazão

Cassiolato *et al.* (2008), conceituam o termo “vazão” como a quantidade de volume de um fluido capaz de escoar através de um canal por unidade de tempo, representada no Sistema Internacional de Unidades por m³/s. Vazão é um termo amplamente utilizado em hidrologia, engenharia civil, e outras disciplinas relacionadas com a gestão de recursos hídricos.

Os tipos de vazão determinam a diferença entre o volume escoado e o tempo. A vazão instantânea caracteriza-se pela quantidade de água que flui por um ponto em um dado instante e é aplicada para medir o fluxo em tempo real e para monitorar condições de emergência ou eventos climáticos extremos. A vazão média é definida pelo valor da média da vazão em um período de tempo específico, como um dia, mês ou ano e é utilizada para avaliar a disponibilidade de água e para planejamento e gestão de recursos hídricos. A vazão máxima é o maior fluxo registrado em um período, enquanto a vazão mínima é o menor fluxo registrado e são importantes valores para o dimensionamento de infraestruturas, como represas e sistemas de drenagem, e para avaliar os impactos de eventos extremos (Tucci, 1995; Tucci e Clarke, 1997; Pinto *et al.*, 1976; Villela; Mattos, 1975).

Os métodos de medição podem ser divididos em diretos e indiretos. Os métodos diretos caracterizam-se pelos flutuadores, que utilizam objetos

flutuantes para medir a velocidade do fluxo e calcular a vazão. Os medidores de corrente são conformados por dispositivos instalados em canais ou tubos que medem a velocidade da água e, em combinação com a área da seção transversal, determinam a vazão. Os métodos indiretos são medidas realizadas por dispositivos de medição de nível, que medem a altura da água em um determinado ponto, e a vazão é estimada com base em curvas de calibração que relacionam o nível da água com a vazão ou por modelagem computacional, que utiliza modelos hidrológicos e hidráulicos para estimar a vazão com base em dados meteorológicos, características do terreno e outros fatores (Tucci, 1995; Tucci e Clarke, 1997; Pinto *et al.*, 1976; Villela; Mattos, 1975).

Os valores de vazão apresentam grande importância para gestão de recursos hídricos. Contribuem para a avaliação disponibilidade de água para consumo humano, irrigação, e outras necessidades; para o controle de cheias no monitoramento da vazão prevendo e mitigando o impacto de enchentes e inundação; em projetos de engenharia, na infraestrutura hidráulica para o dimensionamento de represas, canais, e sistemas de drenagem; em estudos de qualidade da água; e na manutenção da saúde de ecossistemas aquáticos (Tucci e Clarke, 1997).

A vazão ainda se caracteriza de altíssima importância para o monitoramento climático, uma vez que detectando as alterações na vazão dos rios e córregos pode-se identificar mudanças nos padrões climáticos e hidrológicos.

Há muitos exemplos de aplicação na medição deste fenômeno, principalmente as medidas obtidas em rios e córregos para o processo de monitoramento quando a medição contínua da vazão é determinada para entender padrões sazonais e responder a eventos climáticos; em sistemas de abastecimento de água, no controle no que pode ser o ajuste da vazão em sistemas de distribuição para garantir o fornecimento estável e eficiente; em sistema de hidrelétricas, na operação do ajuste da vazão para otimizar a geração de energia e gerenciar reservatórios (Tucci e Clarke, 1997; Pinto *et al.*, 1976; Villela; Mattos, 1975).

A variação temporal da vazão indica a sazonalidade. Seus valores podem variar significativamente ao longo do ano, devido fatores como precipitação,

derretimento de neve e uso da água. Os impactos ambientais causam alterações no fluxo, e esses fenômenos ocasionam as mudanças na vazão devido a atividades humanas, como construção de represas e desvio de rios, que podem afetar o ecossistema e a qualidade da água.

Na precisão da medição é sempre necessário efetuar a calibração e a manutenção dos medidores e instrumentos, os quais devem ser calibrados e mantidos corretamente para garantir a precisão dos valores de vazão coletados (Tucci, 1995; Tucci e Clarke, 1997; Pinto *et al.*, 1976; Villela; Mattos, 1975).

O padrão de chuvas sobre o Brasil é influenciado por uma grande variedade de mecanismos, impactando de forma direta o regime de vazão de uma bacia hidrográfica. Sazonalmente, há um padrão de vazão das bacias brasileiras conforme as estações do ano e seus índices pluviométricos (Grimm, 2003), trazendo poderio para o fato, conforme Cardoso *et al.* (2011), da interferência representativa no regime de vazão de rios.

Além da precipitação direta nos rios, o regime de chuvas em áreas distantes das bacias hidrográficas contribui de forma significativa para o regime de vazão e seu monitoramento fluviométrico, que, segundo Chow *et al.* (1994), responde de forma não linear ao seu fluxo, influenciado pelo índice pluviométrico.

A contribuição do escoamento subterrâneo é fundamental para manter os rios perenes nos períodos de longa estiagem, sendo este um fator resultante da capacidade de infiltração da água do solo, que depende do tipo e do uso do solo (Tucci e Clarke, 1997). No que se refere à recarga dos aquíferos, os tipos de chuvas e a qualidade da estação chuvosa desempenha um papel fundamental (Tucci, 1995; Tucci e Clarke, 1997; Pinto *et al.*, 1976; Villela; Mattos, 1975). Neste sentido, é evidente a forte relação entre as variabilidades na precipitação e na vazão. Compreender e gerenciar a vazão é crucial para garantir o uso sustentável dos recursos hídricos e a proteção dos ecossistemas aquáticos.

3. OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho foi analisar no período de 1981-2020 a variabilidade climática a partir da avaliação das mudanças de vazão de um ponto da rede de drenagem da bacia hidrográfica do córrego Rico, localizada no Estado de São Paulo, na qual o manancial produz água para o abastecimento de parte da cidade de Jaboticabal – SP.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Bacia Hidrográfica do córrego Rico inserida nos municípios de Jaboticabal, Monte Alto, Taquaritinga, Santa Ernestina e Guariba, situada na região administrativa de Ribeirão Preto, nordeste do Estado de São Paulo. A sua extensão é de aproximadamente 435km² e a posição geográfica é definida pelas coordenadas latitudes 21°10'S e 21°28'S e longitude 48°10'WGr e 48°35'WGr, conforme Folhas da Carta do Brasil, IBGE, de 1971, escala 1:50.000.

Para o acesso aos dados no intuito de atingir a etapa de processamento, foi realizada uma consulta no Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica (pelo endereço de site: daee.sp.gov.br/site/hidrologia) selecionando o item Banco de dados hidrológicos BDH – DAEE (Figura 1).



Figura 1. Portal do Departamento de Águas e Energia Elétrica – SP.

No portal (endereço de site: <http://www.hidrologia.daee.sp.gov.br/>) foi selecionado o Banco de Dados Fluviométricos, efetuando a pesquisa a partir do município, indicando Jaboticabal – SP. Posteriormente, indicando o prefixo 5C-024 (Figura 2), contendo dados dos anos 1980-2020 e possibilitando a escolha dos tipos de dados disponíveis para coleta e posterior análise.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica - Versão: 201029.0

Solicitações de dados e informações: hidrologia@daee.sp.gov.br

Figura 2. Imagem ilustrativa do site para a coleta de dados.

Os dados coletados foram: Cotas Diárias, Vazões Médias Diárias, Vazões Médias Mensais, Vazões Máximas e Mínimas Mensais e Resumo de Medição de Vazão (Figura 3). Neste trabalho as análises foram feitas utilizando os dados de vazões médias mensais.

DAEE - Departamento de Águas e Energia Elétrica - Versão: 201029.0

Solicitações de dados e informações: hidrologia@daee.sp.gov.br

Figura 3. Banco de dados hidrológicos do Estado de São Paulo.

A média do conjunto de dados de vazão obtidos na série histórica de 1980 e 2020 foi calculada somando todos os números do conjunto de dados mensal e dividindo o resultado pelo número de valores do conjunto (Pereira *et al.*, 2007; Pruski *et al.*, 2004).

Os dados médios nas séries de 1981-1985; 1986-1990; 1991-1995; 1995-2000; 2001-2005; 2006-2010; 2011-2015; 2016-2020 foram plotados em gráficos, criados com a ferramenta Excel, para a análise dos dados nas medidas de tendência central.

As medidas de tendência central foram utilizadas para resumir e descrever o conjunto de dados, oferecendo uma visão geral de onde os valores de vazão da rede de drenagem da bacia do córrego Rico se concentram. Essas medidas são fundamentais em estatística porque proporcionam um valor único que representa o "centro" ou ponto típico dos dados, facilitando a interpretação e comparação de diferentes conjuntos de dados (Ribeiro *et al.*, 2021).

Na comparação entre conjuntos de dados médios nas séries foi possível checar diferentes grupos de dados de forma eficaz. Os dados foram analisados para servir de auxílio em políticas públicas para a tomada de decisões, simplificando informações complexas e apoiando ações.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise dos dados dos anos de 1981 a 1985, observa-se que nos meses de janeiro e dezembro os valores das vazões médias diárias foram maiores (Figura 4).

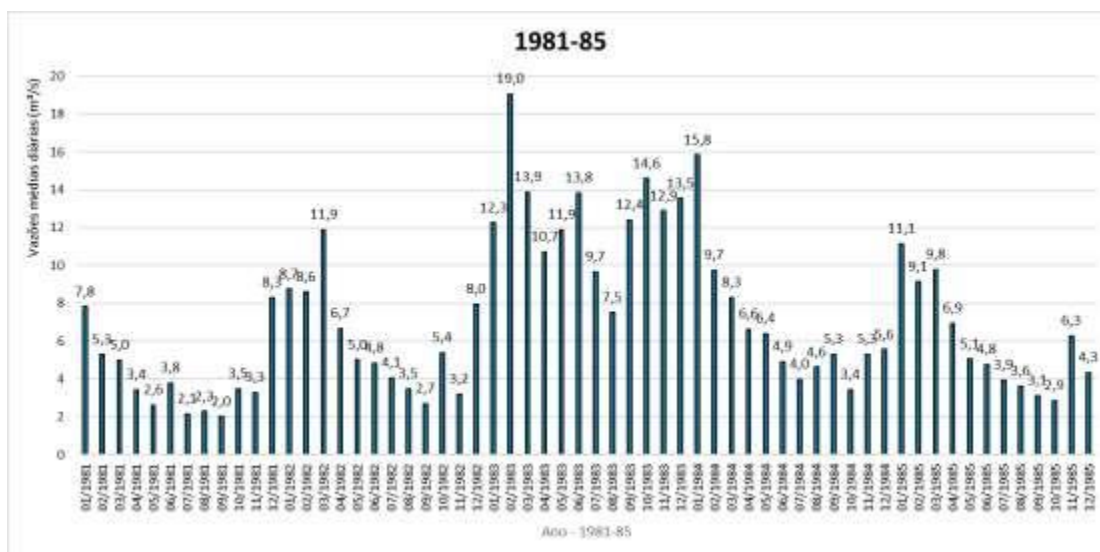


Figura 4. Dados médios de vazão observados entre os anos de 1981 e 1985.

No ano de 1981, observa-se que nos meses de janeiro e dezembro os valores das vazões médias diárias foram maiores. No ano de 1982, o primeiro trimestre apresentou valores superiores ao ano anterior, destacando o mês de março com $11,9 \text{ m}^3/\text{s}$. Dezembro manteve-se parcialmente a vazão.

Em 1983, observou-se uma alta em relação as vazões médias diárias, apresentando o menor valor próximo aos de alta do biênio 1981-82. A faixa média ficou acima dos $10 \text{ m}^3/\text{s}$, sendo janeiro, setembro e novembro na casa dos $12 \text{ m}^3/\text{s}$. Os meses de março, junho e dezembro mostraram uma vazão dentro dos $13 \text{ m}^3/\text{s}$. Os dois meses destaque, estão fevereiro e outubro representando 19 e $14,6 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente.

No ano seguinte, 1984 trouxe uma alteração drástica quanto as vazões, na qual os meses apresentaram vazões abaixo de $10 \text{ m}^3/\text{s}$, destacando os meses de julho e outubro com 4 e $3,4 \text{ m}^3/\text{s}$. Observou-se uma tendência de aumento no

mês de janeiro que, no triênio 1981-83 saiu de 7,8 m³/s para 12,3 m³/s, atingindo 15,8 m³/s no quarto ano analisado, trazendo um acréscimo de 102%

Analisando o ano de 1985, os meses que apresentaram de fato mudança foram janeiro e março, com decréscimo para 11,1 m³/s e aumento para 9,8 m³/s, respectivamente.

Durante os cinco anos analisados, destacaram basicamente à época das águas, outubro de 1982 à março de 1984, período foi caracterizado por um aumento considerável nos níveis de vazões médias, representando 11,3 m³/s.

Para o período de 1986 a 1990, observa-se na Figura 5 o comportamento dos dados observados.

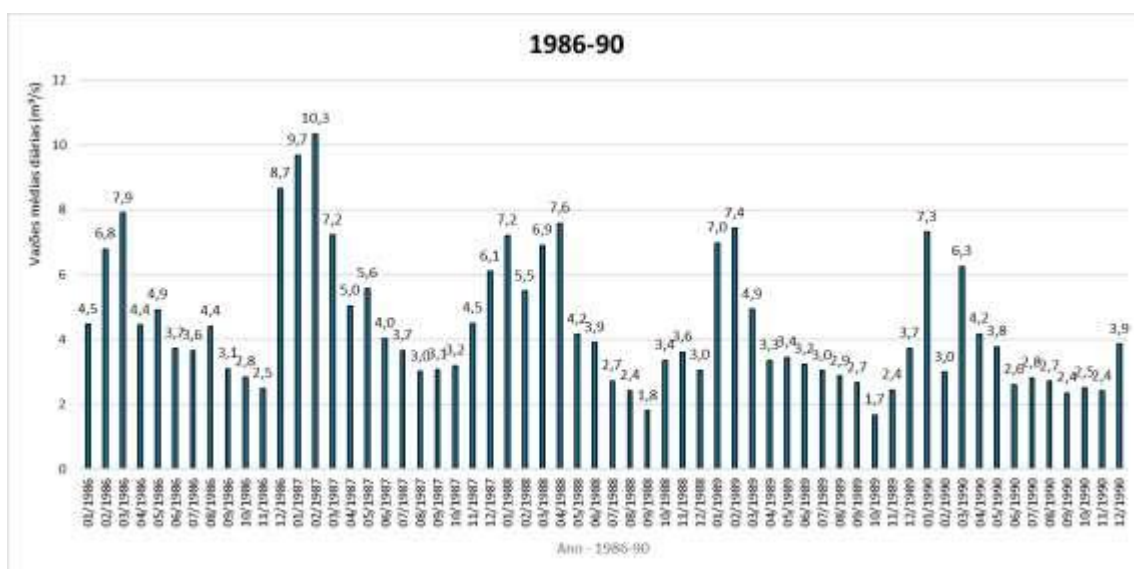


Figura 5. Dados médios de vazão observados entre os anos de 1986 e 1990.

No ano de 1986, observa-se uma média de vazão anual mais baixa quando comparada aos cinco anos anteriores, apresentando apenas pequena alta nos meses de fevereiro trazendo 6,8 m³/s, e março, 7,9 m³/s. O mês com maior índice foi o de dezembro, com 8,7 m³/s. Contudo, os próximos meses, janeiro e fevereiro de 1987, tiveram um acréscimo para 9,7 e 10,3 m³/s, respectivamente. O trimestre analisado foi destaque durante os anos de 1986-1990.

Com isso, a época das águas, sendo analisado como demarcada pelos meses de outubro à março dos anos 1987-90, com tendência de queda apresentaram as médias 5,5 (1987-88), 4,8 (1988-89) e 4m³/s (1989-90).

A partir da análise dos dados entre 1991 e 1995 (Figura 6), observa-se o padrão de comportamento da vazão, com destaque em fevereiro de 1995.

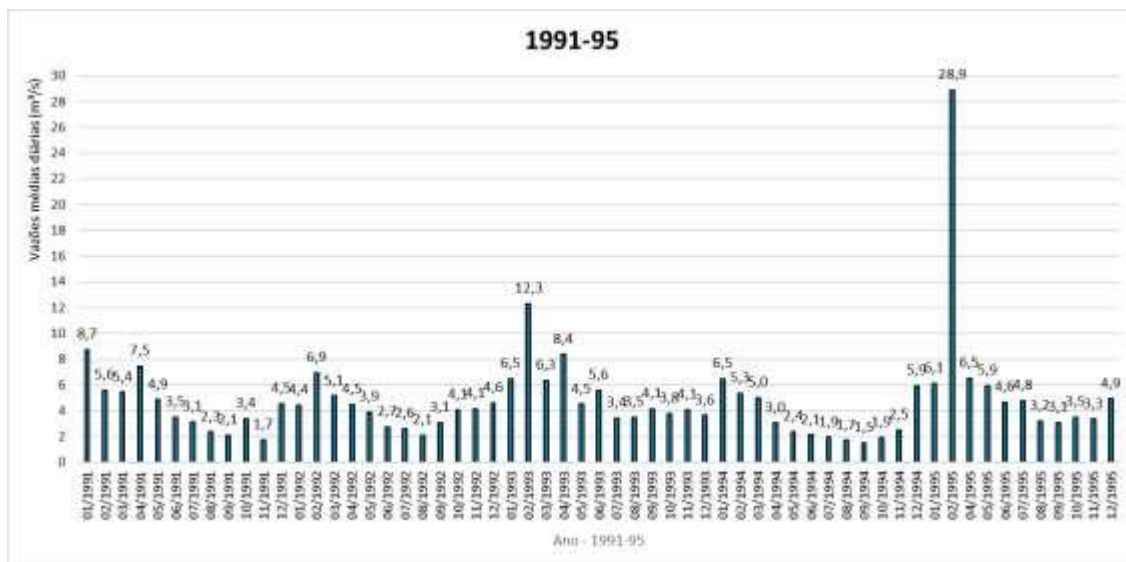


Figura 6. Dados médios de vazão observados entre os anos de 1991 e 1995.

Já no quinquênio 1991-95, observamos uma queda geral nas vazões médias diárias comparadas aos dez anos anteriores, tendo apenas uma pequena alta em fevereiro de 1993, representado por 12,3 m³/s. Após dois anos, o segundo mês de 1995 apresentou o maior valor de vazão média diária dentre os quinze anos analisados, tendo como valor 28,9 m³/s.

Na análise dos dados entre 1996 e 2000, na Figura 7, observa-se o padrão de comportamento da vazão, com destaque em fevereiro de 1999.

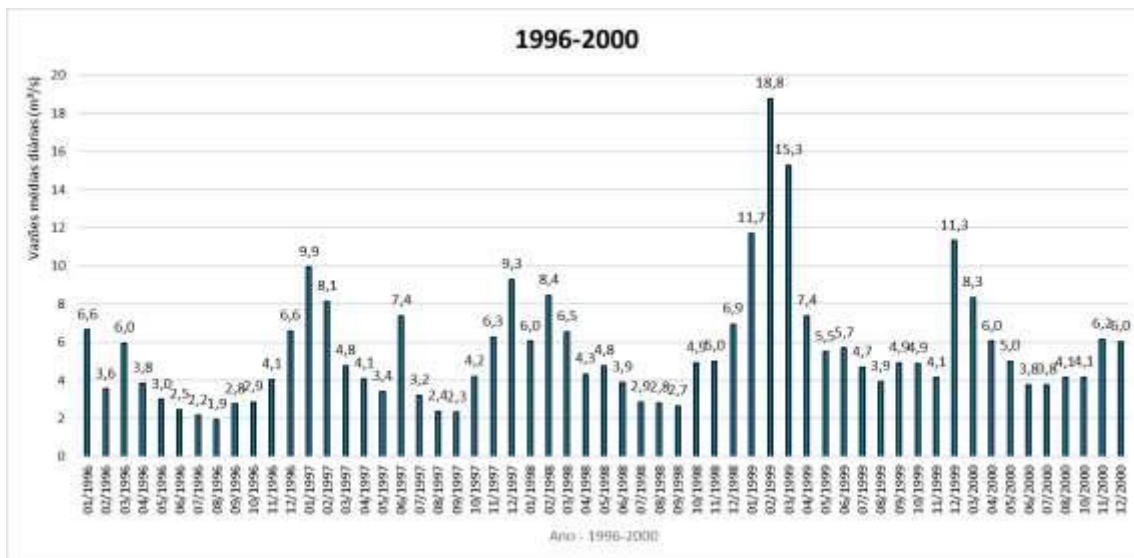


Figura 7. Dados médios de vazão observados entre os anos de 1996 e 2000.

Quando observamos o gráfico do quinquênio 1996-2000, trazemos alguns picos de vazão significativos indicados no primeiro trimestre de 1999, representando uma média diária de $11,7 \text{ m}^3/\text{s}$, uma alta no segundo mês de $18,8 \text{ m}^3/\text{s}$ e março com uma queda parcial para $15,3 \text{ m}^3/\text{s}$. Isoladamente, estão os meses de janeiro de 1997 e dezembro de 1999, apresentando $9,9 \text{ m}^3/\text{s}$ e $11,3 \text{ m}^3/\text{s}$.

Os anos de 1996-98 apresentam baixa variação quanto as vazões médias diárias, mostrando certa estabilidade. Em contraste, foram os anos que apresentaram os meses de menor vazão, sendo junho, julho e agosto de 1996 com $2,5$, $2,2$ e $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, respectivamente. No ano de 1997, julho representou uma vazão de $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$, agosto $2,4 \text{ m}^3/\text{s}$ e setembro $2,3 \text{ m}^3/\text{s}$. No ano seguinte, o trimestre julho-setembro se manteve alinhado com o ano anterior, apresentando baixa vazão nos valores de $2,9$, $2,8$ e $2,7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nos anos de 2001 a 2005 (Figura 8), observa-se um valor extremo em fevereiro de 2002.

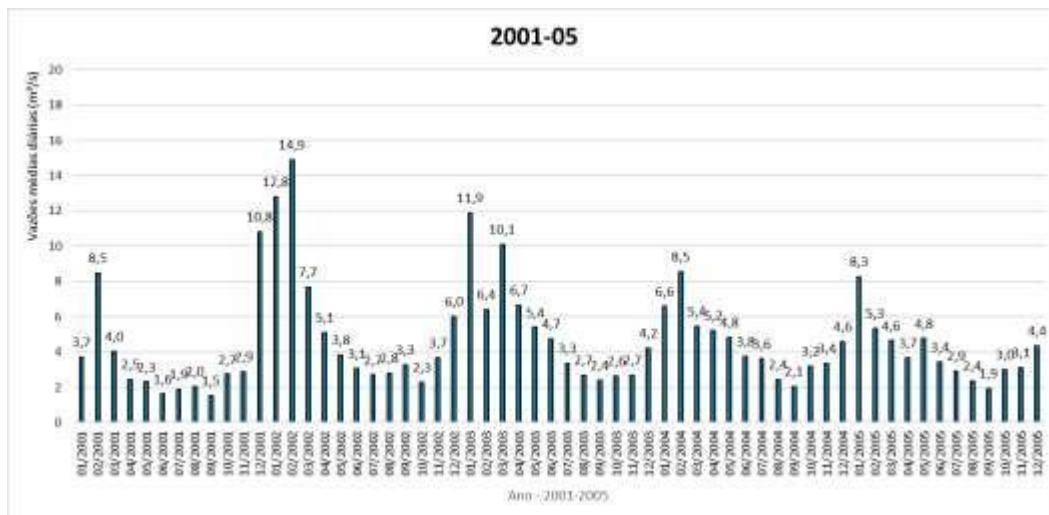


Figura 8. Dados médios de vazão observados entre os anos de 2001 e 2005.

Ao longo dos cinco anos analisados, de janeiro de 2001 a dezembro de 2005, pode-se observar uma variabilidade considerável, contendo nela picos de alta e baixa vazão. Os meses de fevereiro de 2001 e 2004 e janeiro de 2005, apresentaram vazão mais alta quando comparadas aos outros meses de 2001-2005, na casa dos 8,5 m³/s.

A época das águas do ano de 2001-02, trouxe grande variação, trazendo dezembro com 10,8 m³/s, janeiro com 12,8 m³/s e fevereiro, pico mais alto do quinquênio, com 14,9 m³/s. Após isso, apenas os meses de janeiro e março de 2003 apresentaram pico considerável, sendo 11,9 m³/s e 10,1 m³/s, respectivamente.

Com relação aos meses de maior escassez, temos o inverno de 2001, trazendo junho, julho, agosto e setembro com 1,6, 1,9, 2 e 1,5 m³/s respectivamente. Nos quatro anos seguintes, destacam-se o mês de outubro de 2002 com 2,3 m³/s, setembro de 2003 e 2004 com 2,4 m³/s e 2,1 m³/s, respectivamente. O ano de 2005 nos trouxe uma vazão média diária de 1,9 m³/s no mês de setembro.

Nos anos de 2006 a 2010 (Figura 9), observa-se um valor extremo em janeiro de 2010.

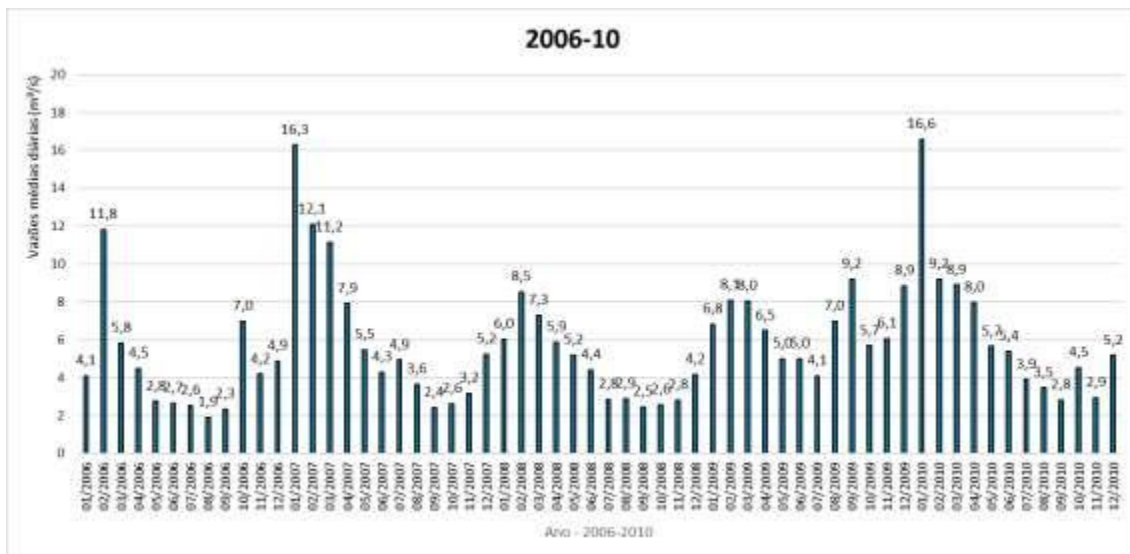


Figura 9. Dados médios de vazão observados entre os anos de 2006 e 2010.

No período analisado, observa-se certa variação quanto as vazões médias diárias dos meses registrados de 2006-10, alterando picos de alta e baixa. No ano de 2006, o mês de fevereiro resultou em $11,8 \text{ m}^3/\text{s}$, representando o quarto maior pico, seguido de uma queda significativa, trazendo o mês de agosto como a menor vazão registrada no quinquênio, com $1,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Os três primeiros meses de 2007, registraram uma alta significativa, tendo janeiro com $16,3 \text{ m}^3/\text{s}$, segundo maior pico dentre os meses dos cinco anos. Fevereiro e março seguiram a tendência de alta, porém houve uma leve redução quanto suas vazões, $12,1 \text{ m}^3/\text{s}$ e $11,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

Os meses de setembro e outubro de 2007-08, por conta da escassez do regime de chuvas, apresentaram uma média de $2,5 \text{ m}^3/\text{s}$. Os picos de alta dos anos analisados não tiveram aumento significativo.

Em 2009, observamos a menor vazão durante os meses relativamente maiores que dos outros anos, sendo $4,1 \text{ m}^3/\text{s}$ no mês de julho. As variações durante todo o ano foram de baixa alteração.

Já no ano de 2010, janeiro registrou uma vazão média diária de $16,6 \text{ m}^3/\text{s}$, representou o maior índice do quinquênio analisado, seguindo de uma forte queda de $7,4 \text{ m}^3/\text{s}$ no segundo mês e a tendência se permaneceu até o mês de setembro, que trouxe a menor vazão do ano, com $2,8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Dentre as vazões anuais, destacaram-se os anos de 2007 e 2010 com as maiores variações.

Para os anos 2011 e 2015, os dados médios indicam o mês de março do ano 2011 com o valor extremo (Figura 10).

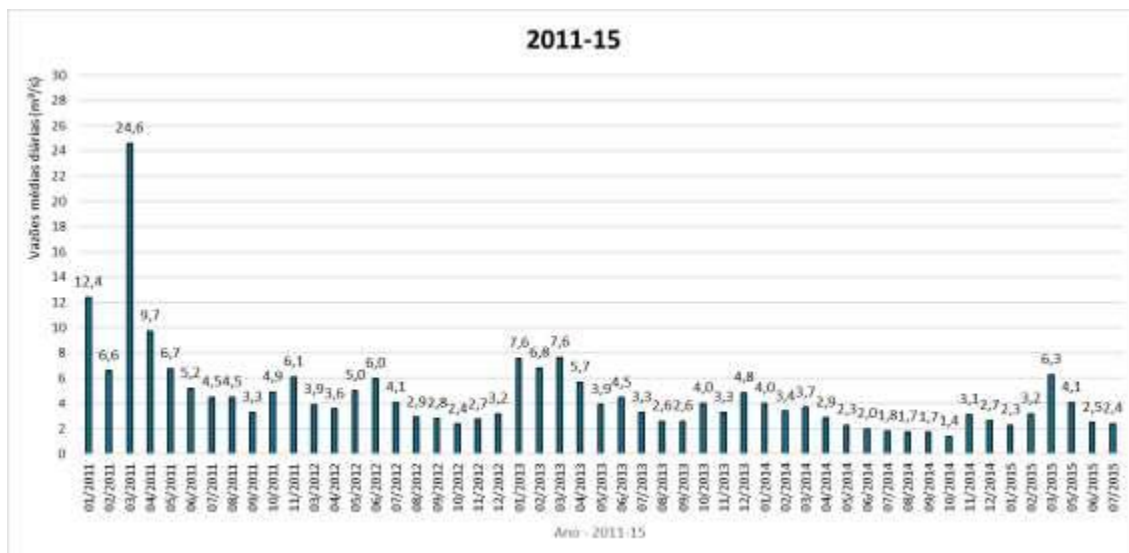


Figura 10. Dados médios de vazão observados entre os anos de 2011 e 2015.

No quinquênio subsequente, pode-se observar uma média das vazões médias diárias consideravelmente menor que as dos trinta e cinco anos analisados anteriormente.

Destacou-se o ano de 2011, trazendo o primeiro, terceiro e quarto mês com um pico quanto as vazões, apresentando 12,4, 24,6 e 9,7 m^3/s , respectivamente. O mês de março de 2011, destoa quando comparado com os meses dos cinco anos analisados e está entre uma das maiores vazões dentre o período de 1981-2015.

Nos quatro anos subsequentes, observamos uma distribuição uniforme quanto as vazões, com um pico relativamente baixo de 7,6, 6,8 e 7,6 m^3/s no primeiro trimestre de 2013 e apenas em março de 2015, que registrou 6,3 m^3/s .

O ano de 2014 foi caracterizado por uma escassez hidrológica da bacia, tendo na época das águas, janeiro com o maior pico de 4 m^3/s , com tendência à queda até o mês de outubro que atingiu seu ápice com 1,4 m^3/s , caracterizando o mês de menor vazão dentre os anos de 2011-15.

Para os anos 2016 e 2020, os dados médios indicam o mês de fevereiro de 2016 com o valor extremo (Figura 11).

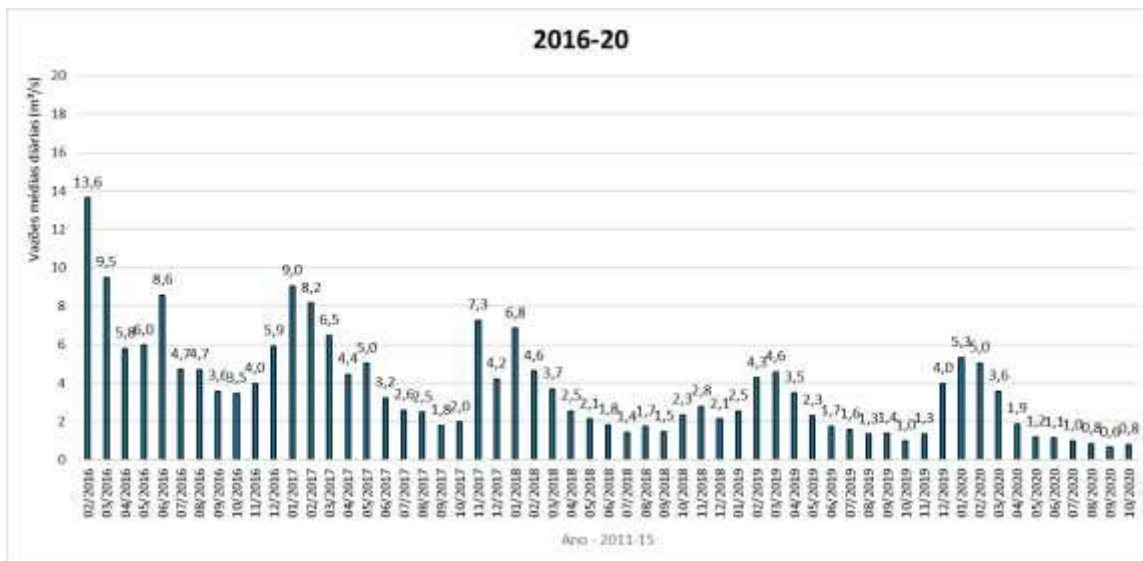


Figura 11. Dados médios de vazão observados entre os anos de 2016 e 2020.

No último quinquênio de dados coletados, observamos uma forte queda nas vazões médias diárias, a partir do início de 2018. No qual, dentre todo o período analisado registrou a menor média de vazão média diária nos últimos quarenta anos.

Em fevereiro de 2016, está apresentado o maior pico dos cinco anos do gráfico, com $13,6 \text{ m}^3/\text{s}$ e em sequência, março com $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$. O mês de junho registrou $8,6 \text{ m}^3/\text{s}$.

No primeiro trimestre de 2017, observamos um pico de $9 \text{ m}^3/\text{s}$ que decresce para $8,2$ e $6,5 \text{ m}^3/\text{s}$. A tendência de queda se manteve até setembro, registrando $1,8 \text{ m}^3/\text{s}$, mês de menor vazão média diária do ano.

No começo do período das águas, em dezembro de 2017 observamos um pico de alta de $7,3 \text{ m}^3/\text{s}$, apresentando decréscimo em dezembro e voltando a subir em janeiro de 2018, registrando $6,8 \text{ m}^3/\text{s}$. Após isso, houve queda uniforme até o mês de julho que, no trimestre representou uma média de vazões médias diárias de $1,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

Nos dois anos subsequentes, a vazão média diária se manteve baixa, trazendo os maiores picos em fevereiro e março de 2019, com $4,3$ e $4,6 \text{ m}^3/\text{s}$,

respectivamente, e janeiro de 2020 com 5,3 m³/s e fevereiro com 5 m³/s. O ano de 2020 apresentou a menor vazão média diária analisada das quatro décadas, trazendo os meses de agosto-outubro abaixo de 1 m³/s, com ênfase em setembro, que registrou 0,6 m³/s.

O comportamento da vazão, que infere as variabilidades e mudanças no clima, apresentou impactos significativos no sistema hídrico. Estes efeitos podem variar dependendo da região e da natureza dos fenômenos climáticos (Bilbao-Barrenetxea *et al.*, 2024; Wang *et al.*, 2023). Quando ocorrem as mudanças na vazão, observa-se um aumento dos valores acentuados, o que altera os padrões, podendo levar a um aumento ou diminuição da disponibilidade de água na bacia do córrego Rico.

Nos períodos que experienciam maiores valores de vazão podem ocorrer inundações, enquanto áreas com redução na precipitação podem sofrer com secas. A intensificação de eventos extremos, como chuvas torrenciais e tempestades, pode ter provocado os altos valores observados, principalmente nos meses de fevereiro e março, o que gera um aumento da erosão do solo (Wang *et al.*, 2023).

As alterações nos dados de vazão ocasionaram uma modificação no fluxo de água da bacia, tendo em vista que o aumento pode intensificar a evaporação da água dos corpos d'água e do solo, afetando a disponibilidade de água. Isso também pode contribuir para a redução do volume de água em rios e lagos, tendo em vista que os períodos de menores valores reduzem o fluxo de água, alterando o regime de fluxo dos rios que dependem da precipitação sazonal (Wang *et al.*, 2023; Wilk-Woźniak *et al.*, 2021).

Já os eventos climáticos extremos como secas prolongadas, podem reduzir significativamente a disponibilidade de água, afetando a agricultura, o abastecimento de água e os ecossistemas aquáticos (Carvalho *et al.*, 2012; Porto, 2009). Eventos climáticos extremos podem causar ainda inundações repentinas, afetando a infraestrutura, a qualidade da água e os habitats naturais (Han *et al.*, 2024).

As mudanças no regime de vazão apresentaram alterações nos padrões de fluxo, o que ocasionou as mudanças nos padrões e alterou o regime de vazão dos afluentes, influenciando a quantidade e a sazonalidade do fluxo de água. O nível de operação de reservatórios e represas pode ser afetado, que influencia a geração de energia hidrelétrica e o fornecimento de água, o que não é o caso

da bacia em estudo, mas a análise de dados pode ser usada para este fim.

As mudanças nos ciclos hidrológicos apresentam as alterações no ciclo da água e as mudanças no clima podem afetar o ciclo hidrológico, incluindo a evaporação, a condensação, a precipitação e a infiltração (Tucci, 1995; Tucci e Clarke, 1997; Pinto *et al.*, 1976; Villela; Mattos, 1975). Isso pode alterar a quantidade e a distribuição da água no solo e em corpos d'água da bacia do córrego Rico.

Os impactos no sistema hídrico são inúmeros, dos quais pode-se destacar disponibilidade de água para o abastecimento, pois mudanças na precipitação e no regime de vazão impactam o fornecimento de água para consumo de diferentes setores, a recarga de aquíferos, e a qualidade da água (Bhatti *et al.*, 2016; Bilbao-Barrenetxea *et al.*, 2024; Bojago *et al.*, 2024). Com o aumento da vazão pode-se afetar a solubilidade de poluentes e a capacidade dos ecossistemas aquáticos de lidar com substâncias tóxicas. As mudanças nos regimes de fluxo da água podem alterar os habitats aquáticos, impactando a biodiversidade e as espécies de peixes e plantas aquáticas. Os ciclos de vida das espécies sofrem alterações nos ciclos de água e podem afetar os períodos de desova e a migração (Bilbao-Barrenetxea *et al.*, 2024; Bojago *et al.*, 2024).

Quanto a infraestrutura hídrica, as alterações na vazão podem impactar a operação e a segurança de represas e barragens, exigindo ajustes na gestão e no monitoramento. Os eventos extremos e mudanças nos padrões de vazão podem sobrecarregar sistemas de drenagem e esgoto, levando a inundações urbanas e problemas de saúde pública (Ghimire *et al.*, 2023; Grimm, 2003).

Na agricultura, as mudanças na disponibilidade de água e no regime de vazão podem impactar a produção agrícola, afetando a segurança alimentar e os rendimentos das colheitas (Grimm, 2003). A necessidade de sistemas de irrigação pode aumentar ou diminuir, dependendo das mudanças dos valores.

Na gestão de recursos hídricos, o planejamento e políticas pode ser pautado nas mudanças de valores de vazão e na variabilidade climática e podem exigir ajustes nas políticas e no planejamento de recursos hídricos, incluindo a gestão de águas superficiais e subterrâneas, e a adaptação a novas condições climáticas.

A compreensão e o gerenciamento dos impactos do comportamento climático no sistema hídrico são cruciais para garantir a disponibilidade de água, proteger os ecossistemas aquáticos e adaptar-se às mudanças climáticas futuras (Kumar *et al.*, 2019; Loose *et al.*, 2010).

Analisar o impacto do comportamento da vazão na bacia hidrográfica do córrego Rico foi crucial para garantir a sustentabilidade dos recursos hídricos e a resiliência das paisagens naturais e humanas. As mudanças climáticas introduzem variabilidade e incerteza, tornando essencial a adoção de abordagens integradas de planejamento e gestão, que considerem tanto os fatores ambientais quanto os socioeconômicos.

6. CONCLUSÃO

Durante os quarenta anos analisados, houve uma mudança nos padrões das vazões médias mensais dos quinquênios, representando a dinâmica e complexidade dos processos hidrológicos. Os dados trazem períodos de alta vazão, principalmente nas primeiras duas décadas analisadas, após isso, a partir dos anos 2000 seguimos uma tendência de declínio gradual e acentuado quanto as vazões.

No início do século XXI, foi marcado por uma variabilidade alta, apresentando picos tanto de alta vazão, quanto baixa, especialmente nos meses de inverno. Na década subsequente, podemos ver um cenário hidrológico preocupante, visto que a partir de 2011, se identificou uma queda e tendência significativa à escassez hídrica. A partir de 2018, foram registrados os menores índices de valores médios diários de vazão.

A análise dos dados históricos representa uma tendência preocupante quanto a vazão da Bacia Hidrográfica do córrego Rico, com isso, demanda-se atenção quanto a gestão dos recursos hídricos, trazendo sustentabilidade para a garantia de água frente aos desafios climáticos e ambientais.

Para uma continuidade de análise da variabilidade climática da bacia hidrográfica do córrego Rico, adicionaríamos uma correlação quanto a mudança na cobertura de solo de 1981-2020, a partir da avaliação de imagens de satélite, trazendo a alteração da cobertura de solo de uma bacia que é caracterizada como bacia agrícola na região. Os estudos poderão ser realizados considerando a correlação com cobertura de solo obtida por imagem de satélite e a aplicação prática do trabalho pode ser replicada.

7. REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **LISTA DE TERMOS PARA O THESAURUS DE RECURSOS HÍDRICOS DA AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS.** Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/imprensa/noticias/20150406_034300_Portaria_149-2015.pdf. Acesso em: 5 ago. 2024.

BACCARIN, J. G. **Sistema de Produção Agrícola do Brasil: Características e Desempenho:** Causas e Enfrentamento da Desnutrição. Jaboticabal: [s. n.], 2023. 110 p.

BARRELLA, W. et al. **As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes.** In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) Matas ciliares: conservação e recuperação. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.

BHATTI, A. M.; KOIKE, T.; SHRESTHA, M. Climate change impact assessment on mountain snow hydrology by water and energy budget-based distributed hydrological model. **Journal of Hydrology**, v.543, B, p. 523-541, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.10.025>

BILBAO-BARRENETXEA, N., JIMENO-SÁEZ, P., SEGURA-MÉNDEZ, F. J., CASTELLANOS-OSORIO, G., LÓPEZ-BALLESTEROS, A., FARIA, S. H., & SENENT-APARICIO, J. Declining water resources in the Anduña River Basin of Western Pyrenees: Land abandonment or climate variability?. **Journal of Hydrology: Regional Studies**, v. 53, p. 101771, 2024.

BOJAGO, E.; TESSEMA, A.; NGARE, I. GIS-based spatio-temporal analysis of rainfall trends under climate change in different agro-ecological zones of Wolaita zone, south Ethiopia. **Heliyon**, v. 10, n. 13, 2024.

CAMARGO, M. B. P. de. Impacto da variabilidade e da mudança climática na produção de café arábica no Brasil. **Bragantia**, v. 69, p. 239-247, 2010.

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**, [S. l.], p. 245-245, 2 jan. 2017.

CARDOSO, A.O.; HAMBURGER, D.S.; FERRAZ, S.T.E. Critérios para regionalização de vazão de rios ao longo do Brasil. **Ciência e Natura**, Ed. Suplementar, p. 343-346, 2011.

CARVALHO, K. F. al. Análise espacial e temporal de eventos de secas na região hidrográfica alto rio paraná de 1990 a 2020. **Revista Geonorte**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 138-149, 12 nov. 2012.

CASSIOLATO, César et al. **Medi o de Vazão**. Controle e instrumenta o, [S. l.], p. 1-13, 1 jan. 2008.

CHOW, V.T.; MAIDMENT, D.R.M.; SALDARRIAGA, L.W.; JUAN, G. **Hidrologia aplicada**. McGraw-Hill, Santaf  de Bogotá, Colombia, 1994.

CARVALHO, A. F. de et al, (ed.). **Bacia Hidrográfica: Conceito e Processos envolvidos**. In: GEOGRAFIA: práticas de campo, laboratório e sala de aula. [S. l.: s. n.], 2010. cap. Técnicas de Hidrografia, p. 57-84.

GHIMIRE, A. B., FARUK, O., SHADIA, N., PARAJULI, U., & SHIN, S. Correlation of drought indices with climatic and socio-economic factors in San Diego, USA. **Journal of Environmental Engineering and Science**, v. 40, n. XXXX, p. 1-12, 2023.

GRIMM, A.M. The El Nino impact on the summer monsoon in Brazil: Regional processes vs. remote influences. *Journal of Climate*, v. 16, n. 2, p. 263-280, 2003.

HAN, Q.; KUMAR, R.; KUMAR, A. Climate change and human migration: Perspectives for environmentally sustainable societies. **Journal of Geochemical Exploration**, v. 256, p. 107352, 2024.

IPCC, 2023: Sections. In: **Climate Change 2023: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, pp. 35-115, doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647

KUMAR, P.; LIU, W.; CHU, X.; ZHANG, Y.; LI, ZHIHUI. Integrated water resources management for an inland river basin in China. **Watershed Ecology and the Environment**, Beijing, v. 1, 2019, p. 33-38, 2019.

LOOSE, L. H., LONG, M. E. F., CARNELOS, D. A. N. I. L. O., & MURPHY, G. M. Variabilidade dos rendimentos de girassol na Argentina em função da variabilidade climática interanual. **Revista de la Facultad de Agronomía-UBA**, v. 30, p. 169-178, 2010.

MINUZZI, Rosandro Boligon; CARAMORI, Paulo Henrique; BORROZINO, Edmirson. Tendências na variabilidade climática sazonal e anual das temperaturas máxima e mínima do ar no Estado do Paraná. **Bragantia**, v. 70, p. 471-479, 2011.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (Brasil). Agencia Nacional de Águas. Disponibilidade e Demandas de Recursos Hídricos no Brasil. **Caderno de Recursos Hídricos**, Brasília - DF, v. 2, p. 34-34, 1 maio 2007.

PEREIRA, S.B.; ALVES SOBRINHO, T.; FEDATTO, E.; PEIXOTO, P.P.P.; BONACINA, R. 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, 2007.

PINTO, N. S. et al, **Hidrologia Básica**, Editora Edgard Blücher Ltda., São Paulo - SP, 1976.

PISSARRA, T. C. T.; POLITANO, W.; FERRAUDO, A. S. Avaliação de características morfométricas na relação solo-superfície da Bacia Hidrográfica do Córrego Rico, Jaboticabal (SP). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 297-305, 2004.

PISSARRA, T. C., GALBIATTI, J. A., BORGES, M. J., ROSALEN, D., & IHA, D. Avaliação por fotointerpretação do uso/ocupação do solo e erosão acelerada em microbacias hidrográficas utilizando sistemas de informação geográfica. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 12, 2005.

PORTO, Monica F. A. et al. **Gestão de bacias hidrográficas**. Scielo, [S. l.], p. 47, 12 maio 2009.

PRUSKI, F.F.; PEREIRA, S.B.; NOVAES, L.F.; SILVA, D.D.; RAMOS, M.M. Precipitação média anual e vazão específica média de longa duração, na Bacia do São Francisco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.8, n.2-3, p.247-253, 2004.

RIBEIRO, M. E., BORTOLIN, T. A., MENDES, L. A., & SANTA RITA, L. D. C. S. Análise de Séries Hidrológicas na Bacia Hidrográfica afluenta à Usina Hidrelétrica Castro Alves, RS. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, p. 2042-2058, 2021.

RIGHI, E. **Risco à Inundação em Médio Curso do Rio Uruguai: Um Estudo de Caso nos Municípios de Porto Lucena e São Borja**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: UFRGS/POSGea, 2011. 222 p.

SAHA, U., SIINGH, D., MIDYA, S. K., SINGH, R. P., SINGH, A. K., & KUMAR, S. Spatio-temporal variability of lightning and convective activity over South/South-

East Asia with an emphasis during El Niño and La Niña. **Atmospheric Research**, v. 197, p. 150-166, 2017.

SALGUEIRO, J. H. P. de B. et al. **AVALIAÇÃO DE REDE PLUVIOMÉTRICA E ANÁLISE DE VARIABILIDADE ESPACIAL DA PRECIPITAÇÃO: ESTUDO DE CASO NA BACIA DO RIO IPOJUCA EM PERNAMBUCO**. Universidade Federal do Pernambuco, Recife - PE, p. 7-7, 1 ago. 2005.

SILVA, D. F. da; GALVÍNCIO, J. D.; NÓBREGA, R. S.. Influência da variabilidade climática e da associação de fenômenos climáticos sobre sub-bacias do rio São Francisco. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais** (RBCIAMB), n. 19, p. 46-56, 2011.

TADESSE, S.; MEKURIAW, A.; ASSEN, M. Spatiotemporal climate variability and trends in the Upper Gelana Watershed, northeastern highlands of Ethiopia. **Heliyon**, v. 10, n. 5, 2024.

TEODORO, V. L. I. et al. O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local. **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 11, n. 1, p. 137, 7 jan. 2007.

THOMAS, J.; PRASANNAKUMAR, V. Temporal analysis of rainfall (1871-2012) and drought characteristics over a tropical monsoon-dominated State (Kerala) of India. **Journal of Hydrology**, v. 534, 2016, p. 266-280 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.01.013>.

TOKUDA, E. N. et al. Análise espacial e temporal de eventos de secas na região hidrográfica alto rio paraná de 1990 a 2020. **Mercator**, Fortaleza, v. 23, p. 1-22, 1 jan. 2024.

TUCCI, C. E. M., **Hidrologia**: Ciência e Aplicação, Editora UFRGS, Porto Alegre - RS, 1995.*

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. RBRH - **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre - RS, v. 2, ed. 1, p. 135-152, 1 jun. 1997.

VILLELA, S.M. e MATTOS, A., **Hidrologia Aplicada**, McGraw-Hill, São Paulo - SP, 1975.

WANG, D., QIN, W., XU, H., SHAN, Z., & YU, X. WANG, DANDAN et al. Assessing the response of water use efficiency to climate variability and land-use changes in the mountainous area of North China. **Forest Ecology and Management**, v. 530, p. 120780, 2023.

WILK-WOŹNIAK, Elżbieta; KRZTOŃ, Wojciech; GÓRNIK, Marek. Synergistic impact of socio-economic and climatic changes on the ecosystem of a deep dam reservoir: Case study of the Dobczyce dam reservoir based on a 30-year monitoring study. **Science of the Total Environment**, v. 756, p. 144055, 2021.