



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ – CAMTUC
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

GABRIEL ALVES AMORIM
JOABSON ALMEIDA RIBEIRO

**ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO FORMOSO, ESTADO DO
TOCANTINS**

Tucuruí – PA
2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ – UFPA
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE TUCURUÍ – CAMTUC
FACULDADE DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

GABRIEL ALVES AMORIM
JOABSON ALMEIDA RIBEIRO

**ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO FORMOSO, ESTADO DO
TOCANTINS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal do Pará como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro
Sanitarista e Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara

Tucuruí – PA
2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

A524a Amorim, Gabriel Alves.
ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO FORMOSO, ESTADO DO TOCANTINS / Gabriel Alves Amorim, Joabson Almeida Ribeiro . — 2022.
75 f. : il. color.

Orientador(a): Prof. Dr. Junior Hiroyuki Ishihara
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Pará, Campus Universitário de Tucuruí, Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, Tucuruí, 2022.

1. Curvas de Permanência. 2. Períodos Críticos. 3. Vazão de Referência. 4. SisCaH. I. Título.

CDD 333.91

GABRIEL ALVES AMORIM

JOABSON ALMEIDA RIBEIRO

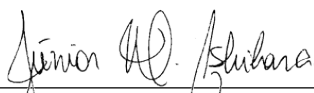
**ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO FORMOSO, ESTADO DO
TOCANTINS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental, do Campus Universitário de Tucuruí, da Universidade Federal do Pará, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental


Data da aprovação: 31 / 05 / 2022

Conceito: EXCELENTE

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Júnior Hiroiyuki Ishihara
Orientador – FAESA/UFPA



Prof. Dr. Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa
Examinador Interno – FAESA/UFPA

Me. Denilson Freitas Almeida
Examinador Externo – SEMAS-PA

AGRADECIMENTOS

Discente: Gabriel Alves Amorim

Primeiramente agradecer a Deus, que me ajudou a chegar até o fim desta etapa, me dando força e sabedoria em cada decisão tomada.

Agradecer também aos meus pais, Aldenora Alves Amorim e Raimundo Souza Amorim que sempre me incentivaram ao estudo e por sempre terem me ajudado nessa trajetória e por nunca medir esforços para eu conseguir finalizar este ciclo, foi tudo graças a vocês.

Aos meus irmãos, Simone Amorim, Sidney Amorim, e principalmente ao Samuel Amorim e Ismael Amorim que me ajudaram várias vezes com transporte, ajuda financeira e com a elaboração deste trabalho.

Agradecer minha amada namorada Maria Oneide, por ter me ajudado de várias formas a ter êxito nessa jornada, e me aconselhar a sempre buscar algo maior, foi muito importante nessa caminhada que durou 5 anos.

Agradecer a Assistente social e também à psicóloga do Campus, Daniela e Wivian respectivamente, que através da Saest puderam me proporcionar uma moradia e uma bolsa que durante essa jornada foi crucial para minha formação, ambas efetuam um trabalho excepcional que dão condições para que pessoas em vulnerabilidade socioeconômica possam concluir seus estudos, a vocês digo muito obrigado por toda ajuda.

E aos meus amigos que fiz na faculdade, Rangel Cavalcante, Caio Yan, Valdney Abreu, Maycon Batista e Joabson Ribeiro, o nosso grupo que passou por muita coisa, mas que no final todos poderemos celebrar essa vitória.

Ao professor Junior Ishihara que apesar de todos seus compromissos, se dispôs a nos ajudar e orientar, e dando todo apoio que era preciso.

E finalizo agradecendo a Universidade Federal do Pará, que ofereceu toda a estrutura para podermos agregar conhecimento.

Discente: Joabson Ribeiro

Primeiramente ao senhor Jesus Cristo, que me conduziu e me abençoou em todos os momentos até aqui, à minha mãe Edileia, ao meu Pai João que colocaram sempre a educação como em primeiro lugar na minha vida, á minha esposa amada Flaviane que quando eu estava dormindo em casa ela chegava me acordando para estudar para o vestibular ela sem dúvidas foi decisiva nessa trajetória e para meu filho o amor da minha vida que me motiva a ser melhor cada dia. Às minhas irmãs Janaina, Jackeline e Jaine que também fizeram parte dessa jornada

A todos os amigos feitos na universidade Gabriel Amorim, Valdiney Abreu, Caio Yan, Maycon Souza e Rangel Cavalcante, esses amigos de trabalhos realizados e grandes perrengues nessa trajetória.

Ao Junior Hiroyuki Ishihara pela orientação, pelo incentivo e pela disponibilidade e compreensão.

À Universidade Federal do Pará (UFPA) e à Faculdade de Engenharia Sanitária Ambiental, pela oportunidade.

RESUMO

O presente estudo foi produzido de modo a saber detalhadamente sobre as questões hídricas no estado de Tocantins, devido ao volume hídrico mudar durante o ano e determinadas atividades da região ficarem prejudicadas, como a irrigação de algumas culturas. Então, baseado no estudo sobre a disposição hídrica do Rio Formoso, esta pesquisa teve como objetivo principal analisar sua disponibilidade hídrica, caracterizando morfologicamente e morfometricamente a bacia hidrográfica que compreende este rio, sistematizando e analisando os dados fluviométricos, para a compreensão do seu regime fluviométrico através de variáveis hidrológicas. Para isso, foram utilizados dados de estações fluviométricas da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), analisando-os por meio do software SisCaH 1.0 e planilha eletrônica. A partir da criação de gráficos, foi possível identificar os meses em que as vazões médias se encontraram acima do valor de referência, conforme estabelecido pelo Naturatins, inferindo-se que os períodos críticos do Rio Formoso entre os anos de 2004 a 2019 são percebidos no período seco do rio, entre maio e novembro, sendo esta, a época em que o rio fica mais vulnerável às retiradas, ocasionando redução ou mesmo intervenção de atividades consuntivas. Perante todos os anos analisados da estação 26730000, os mais críticos foram os anos de 2013, 2016 e 2017, estes tiveram vazões significativamente abaixo dos demais. Para a estação 26720000 os anos mais críticos foram os de 2002 a 2019, com exceção dos anos de 2004, 2009, 2012, 2015, 2017, nesses anos a disponibilidade hídrica do rio foi comprometida ou ficou no limite máximo permitido, como o local é uma área muito crítica em relação ao quantitativo hídrico, conseqüentemente o balanço hídrico da região fica bastante sensível às captações, acarretando o surgimento de muitos anos críticos como os citados. Por meio da sistematização para organizar, validar, verificar a consistência e processar os dados, foi crucial para a escolha das estações que tinham a série histórica com dados mais consistentes para as análises no SisCaH, essa etapa de tratamento de dados se demonstrou satisfatória, pois foi possível escolher as melhores séries históricas para analisar a disponibilidade hídrica do rio Formoso. As análises fluviométricas realizadas com o SisCaH, tornam-se bem práticas e eficientes, pois o software possui uma interface simples e com as variáveis hidrológicas bem acessíveis, possibilitando um pré-processamento dos dados antes de serem analisados, minimizando possíveis erros causados por dados não registrados.

Palavras chave: curvas de permanência, períodos críticos, vazão de referência, SisCaH

ABSTRACT

The present study was produced in order to know in detail about the water issues in the state of Tocantins, due to the water volume changing during the year and certain activities in the region being harmed, such as the irrigation of some crops. So, based on the study on the water availability of the Formoso River, this research had as main objective to analyze its water availability, morphologically and morphometrically characterizing the watershed that comprises this river, systematizing and analyzing the fluviometric data, for the understanding of its fluviometric regime. through hydrological variables. For this, data from fluviometric stations of the National Agency for Water and Basic Sanitation (ANA) were used, analyzing them through the SisCaH 1.0 software and electronic spreadsheet. From the creation of graphs, it was possible to identify the months in which the average flows were above the reference value, as established by Naturatins, inferring that the critical periods of the Formoso River between the years 2004 to 2019 are perceived in the dry period of the river, between May and November, which is the time when the river is more vulnerable to withdrawals, causing a reduction or even intervention of consumptive activities. In view of all the analyzed years of the 26730000 station, the most critical were the years 2013, 2016 and 2017, these had flows significantly below the others. For station 26720000, the most critical years were from 2002 to 2019, with the exception of the years 2004, 2009, 2012, 2015, 2017, in these years the water availability of the river was compromised or remained at the maximum allowed limit, as the place is a very critical area in relation to the amount of water, consequently the water balance of the region is very sensitive to abstractions, causing the emergence of many critical years such as those mentioned. Through the systematization to organize, validate, verify the consistency and process the data, it was crucial to choose the stations that had the historical series with more consistent data for the analyzes in SisCaH, this data processing step proved to be satisfactory, since it was possible to choose the best historical series to analyze the water availability of the Formoso River. The fluviometric analyzes carried out with SisCaH, become very practical and efficient, as the software has a simple interface and with the hydrological variables very accessible, allowing a pre-processing of the data before being analyzed, minimizing possible errors caused by data not registered.

Keywpords: permanence curves, critical periods, reference reference, SisCaH.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Balanço hídrico quantitativo por região hidrográfica	21
Figura 2- balanço hídrico quantitativo por curso d'água.	22
Figura 3- Balanço hídrico quantitativo por curso d'água.....	23
Figura 4- Demandas de uso da água no Brasil em 2021, por finalidade de uso.....	25
Figura 5- Demandas de uso da água na bacia Tocantins-Araguaia.	26
Figura 6- Sub-bacias hidrográficas do Rio Formoso: A) Rio Formoso; B) Rio Piaus; C) Rio Urubu; D) Rio Dueré; E) Rio Xavante ; F) Rio Pau Seco.....	33
Figura 7- Divisão municipal da Bacia do Rio Formoso.....	34
Figura 8- Chave para a classificação climática de Koppen-Geiger simplificada.	35
Figura 9-Anos válidos das estações fluviométricas do rio Formoso	40
Figura 10- Localização das estações fluviométricas na Bacia hidrográfica do rio formoso.....	41

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Vazões Máximas Mensais da Estação Projeto Rio Formoso (2673000).....	47
Gráfico 2- Vazões Máximas Mensais Estação Praia Alta (2672000).....	48
Gráfico 3-Vazões mínimas anuais, estação 26730000.....	49
Gráfico 4-Vazões mínimas anuais, estação 26720000.....	50
Gráfico 5-Vazões médias mensais de longa duração da estação Projeto Rio Formoso (26730000).	52
Gráfico 6-Vazões médias mensais de longa duração da estação Projeto Rio Formoso (26720000).	52
Gráfico 7-Curva de permanência do Período Seco da estação 26730000.	53
Gráfico 8-Curva de permanência do Período Chuvoso da estação 26730000.	54
Gráfico 9- Curva de permanência do período seco da estação 26720000.....	55
Gráfico 10-Curva de permanência do Período Chuvoso da estação 26720000	55
Gráfico 11-Análise dos períodos críticos (2004- 2008), estação 26730000.	66
Gráfico 12-Análise dos períodos críticos (2009- 2013), estação 26730000.	67
Gráfico 13-Análise dos períodos críticos (2014- 2019), estação 26730000.	68
Gráfico 14 -Análise dos períodos críticos (1986 - 1990), estação 26720000.....	69
Gráfico 15- Análise dos períodos críticos (1991- 1995), estação 26720000.	70
Gráfico 16- Análise dos períodos críticos (1996- 2000), estação 26720000.....	71
Gráfico 17-Análise dos períodos críticos (2001- 2005), estação 26720000.	72
Gráfico 18- Análise dos períodos críticos (2006- 2010), estação 26720000.....	73
Gráfico 19 - Análise dos períodos críticos (2011- 2015), estação 26720000.....	74
Gráfico 20 - Análise dos períodos críticos (2016- 2019), estação 26720000.....	75

LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Fator forma.....	37
Tabela 2 – Coeficiente de compacidade.....	38
Tabela 3– Coeficiente de compacidade.....	39
Tabela 4- Características da bacia hidrográfica do Rio Formoso, TO.....	44
Tabela 5 - Variáveis Hidrológicas Anuais Estação Projeto Rio Formoso (26730000).	45
Tabela 6- Variáveis Hidrológicas Anuais Estação Projeto Rio Formoso (26720000).	46
Tabela 7- Cálculo de identificação dos períodos com déficit hídrico para estação 26720000.	58
Tabela 8- Cálculo de identificação dos períodos com déficit hídrico para estação 26730000.	58

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1- Cálculo do fator forma.....	38
Equação 2– Cálculo do coeficiente de compacidade.....	38
Equação 3 – Cálculo do índice de circularidade.....	38
Equação 4– Cálculo da densidade de drenagem.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
CBHRF	Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CRHB	Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil
DD	Densidade de Drenagem
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GPRH	Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos
IAT	Instituto Água e Terra
IC	Índice de Circularidade
KC	Coefficiente de compacidade
PCH	Pequenas Centrais Hidrelétricas
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos
QMAX	Vazão Máxima
QMED	Vazão Média
QMIN	Vazão Mínima
SEPLAN	Secretaria de Estado do Planejamento
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISCAH	Sistema Computacional Para Análises Hidrológicas
UFPA	Universidade Federal do Pará
UHE	Usina Hidrelétrica

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	15
2 - OBJETIVOS	18
2.1 - Objetivo Geral.....	18
2.2 - Objetivos Específicos	18
3 - REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1 - Disponibilidade hídrica.....	19
3.2 - Usos Múltiplos da Água	24
3.3 - Política Nacional de Recursos Hídricos.....	27
3.4 - Política Estadual de Recursos Hídricos	29
3.5 - Vazão de Referência.....	30
3.6 - Curvas de Permanência	31
4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	33
4.1 - Características Ambientais e Climáticas	34
4.2 - Comitê da Bacia Hidrográfica e o Plano de Bacia do Rio Formoso	36
5 - METODOLOGIA.....	37
5.1 - Caracterização Morfológica da Bacia do Rio Formoso	37
5.2 - Levantamento de dados	39
5.3 - Análise dos dados fluviométricos do rio Formoso.....	41
5.4 - Análise do regime fluviométrico	42
6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	44
7 - CONCLUSÕES.....	60
REFERÊNCIAS.....	62
PÊNDICE A	66

1 - INTRODUÇÃO

A água encontra-se disponível no planeta em diferentes estados físicos, uma das substâncias mais comuns na natureza. Ela é caracterizada como um recurso natural renovável, que ocorre por meio do ciclo hidrológico, apresentando-se como uma substância fundamental à sobrevivência de todos os organismos (BRAGA et al., 2005).

Nesse sentido, a disponibilidade da água é um dos fatores mais importantes, tanto para a manutenção dos ecossistemas, quanto para organizar espacialmente as sociedades e suas respectivas atividades, que na maioria dependem deste recurso. Neste sentido, gerir os recursos hídricos de maneira eficiente e eficaz, torna-se muito importante.

A lei 9.433/1997 que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos tem um papel importantíssimo, no que diz respeito ao planejamento e a promoção da administração desses recursos (BRASIL, 1997). Fazer a gerência dos recursos hídricos é uma forma de analisar e procurar resolver os problemas de escassez de água, fomentando seu uso adequado (SETTI et al., 2001), no entanto, para Filho et al. (2015) mesmo com o uso dos ideais da política de recursos hídricos percebe-se que instrumentos de controle por si só não promovem os objetivos da política, pois predominam conflitos por quantidade de água tendo em vista os grandes projetos de irrigação instalados na Bacia que consomem a grande maioria da disponibilidade hídrica.

Considerando os usos da água em uma bacia hidrográfica, os conflitos começam a surgir em ocasiões onde há muita demanda e pouca disponibilidade de recursos hídricos. É o que acontece na bacia hidrográfica do rio Formoso, que possui historicamente grande disponibilidade hídrica para empreendimentos de grande porte e atualmente passa por situações adversas (MARQUES et al., 2019). Filho et al. (2015) relatam que a bacia hidrográfica do rio Formoso está situada no sudoeste do estado do Tocantins, região norte do Brasil, a bacia hidrográfica do rio Formoso oferece uma vasta importância econômica para o estado, visto que, a mesma possui grandes projetos agrícolas voltados para a produção do arroz, feijão, soja, milho e melancia.

Partindo de uma perspectiva qualitativa e quantitativa da água, para a manutenção dos sistemas ambientais e os diversos usos em uma bacia hidrográfica, nessa linha, torna-se interessante o conhecimento a respeito da disponibilidade hídrica, pois auxilia na tomada de decisões na gestão dos recursos hídricos, como a outorga para os usos da água.

Este instrumento fornece a garantia de que a captação e os lançamentos não interfiram na qualidade da água, comprometendo assim, seus usos preponderantes. Porém, para ocorrer um processo de outorga, é necessário o conhecimento da disponibilidade hídrica dos corpos d'água, adotando para isso, uma vazão de referência para sua utilização (OSTJEN, 2016).

A disponibilidade hídrica de uma bacia pode ser compreendida pela análise da variabilidade das precipitações e das vazões mínimas, médias, máximas conforme descritas por Araújo; Rocha (2010). As vazões mínimas são definidas por valores numéricos que representam a quantidade de água que permanece no leito do rio em épocas de estiagem, ou a água que permaneceu no corpo hídrico após retiradas para diversos fins externos (ALMEIDA et al., 2014).

A vazão média expressa a máxima disponibilidade hídrica de uma bacia, pois esta é a maior vazão que pode ser regularizada em um curso de água (MOREIRA et al., 2014). As vazões máximas são de extrema importância para a estimativa de cheias e para o dimensionamento de obras hidráulicas (TUCCI, 2009). No que lhe concerne, as vazões de referência são índices de vazão adotados para fins de outorga pelos órgãos gestores de recursos hídricos, influenciando diretamente no total disponível para outorga (SILVA et al., 2015b)

Ainda segundo Ostjen (2016) as vazões de referência são os principais obstáculos em casos de outorgas, dado que ao ser estabelecido um valor de vazão, se estabelece também a utilização da água em um corpo hídrico. Estas vazões são obtidas através da realização das curvas de permanência, sendo que as mais utilizadas são a Q_{90} e Q_{95} , ambas correspondem à porcentagem de tempo em que a vazão é igualada ou supera em 90% e 95% respectivamente.

Lanna (2004) classifica e exemplifica os conflitos de uso das águas da seguinte maneira:

- Conflitos de destinação de uso: ocorre quando a água utilizada possui destinos que não correspondem ao estabelecido por decisões políticas, por exemplo: retirada de água de uma Unidade de Conservação para a irrigação;

- Conflitos de disponibilidade quantitativa: condição proveniente da escassez de água superficial ou subterrâneas devido aos usos intensos, por exemplo: uso intensivo da água para irrigação impedindo a captação para abastecimento humano.

- Conflitos de disponibilidade qualitativa: usos que contaminam o manancial, ampliado pelo consumo exagerado reduzem a vazão dos rios, deteriorando a qualidade da água já comprometida, anteriormente, pelo lançamento de poluentes. Por exemplo, despejo de esgotos in natura.

Marques et al. (2019) relatam que no ano de 2016, as comunidades locais anunciavam que a situação estava crítica, e representava alto risco ao desenvolvimento da região e exigiram medidas de gerenciamento emergenciais para evitar os graves conflitos entre os usuários de recursos hídricos, comuns em situações de escassez hídrica e prevenir possíveis efeitos no ecossistema. Entretanto, na ausência de um estudo detalhado, que poderia ser realizado por especialistas para avaliar a região, não era possível mensurar o tamanho real do problema para identificar a verdadeira origem dos impactos para a região.

Em virtude disso, observou-se a preocupação em analisar a disponibilidade hídrica do rio Formoso, por meio da análise de dados fluviométricos com a utilização do programa SiscaH 1.0. Neste contexto, o presente trabalho vem contribuir com o conhecimento da relevância de estudos na bacia do rio formoso em virtude dos múltiplos usos da água, por se tornarem intensos, mediante as grandes demandas pela água, acabam comprometendo outros, surgindo possíveis conflitos.

2 - OBJETIVOS

2.1 - Objetivo Geral

- Analisar a disponibilidade hídrica do Rio Formoso situado no Estado do Tocantins

2.2 - Objetivos Específicos

- Caracterizar morfologicamente a bacia hidrográfica do rio Formoso
- Sistematizar e analisar os dados fluviométricos do rio Formoso
- Analisar o regime fluviométrico do Rio Formoso através das variáveis hidrológicas

3 - REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 - Disponibilidade hídrica

Vestena (2012) afirma que o conhecimento dos aspectos quantitativos e qualitativos de recursos hídricos são muito importantes, visto que, é essencial à manutenção do equilíbrio ambiental, mas alguns fatores como: crescimento da demanda, avanço da poluição e a grande variabilidade temporal e espacial da água, gradativamente agravam as condições dos mananciais, nos grandes centros urbanos tornando ainda mais alarmante, devido às grandes demandas por água.

Diante disso, o planejamento e o gerenciamento de recursos hídricos são fundamentais para prevenir e minimizar problemas ambientais, à medida que garante uma quantidade mínima de vazão ecológica, fundamental à conservação do ecossistema fluvial. A vazão ecológica também possibilita identificar a disponibilidade hídrica real nos mananciais de uma determinada região, com potencialidade de serem captados e aproveitados (VESTENA, 2012).

A disponibilidade hídrica assume outro papel importante, que diz respeito, aos usos de recursos hídricos outorgados. No Brasil, para o aproveitamento dos recursos hídricos, são estabelecidos os valores máximos de retirada de volumes de água de um corpo hídrico, outorgadosa usuários, a partir da disponibilidade hídrica real. “A Outorga é o ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o poder público permite, por prazo determinado, o uso de recursos hídricos”, visa assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e disciplinar o exercício dos direitos de acesso a ela (IAT, 2021).

Alcântara (2016) destaca que existem vários conceitos para disponibilidade hídrica e que seu conhecimento contribui na gestão dos recursos hídricos, amparando o planejamento das políticas públicas. Por meio dos estudos realizados sobre a disponibilidade hídrica, pode-se apontar e minimizar conflitos motivados pelos usos múltiplos da água.

Segundo o Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte (2014) disponibilidade hídrica de água na bacia é o equilíbrio entre potencial de produção de água e demanda para vários fins de consumo, por exemplo, abastecimento público, produção atividades alimentícias e industriais.

O Atlas Brasil (2010) ressalta que a gigantesca variabilidade climática que caracteriza o Brasil se reflete em uma distribuição territorial bastante desigual dos recursos hídricos disponíveis. Nesse sentido, a disponibilidade hídrica está diretamente relacionada com a variação do clima, tornando-se um grande indicador da ocorrência de maior ou menor disponibilidade de água das regiões hidrográficas brasileiras.

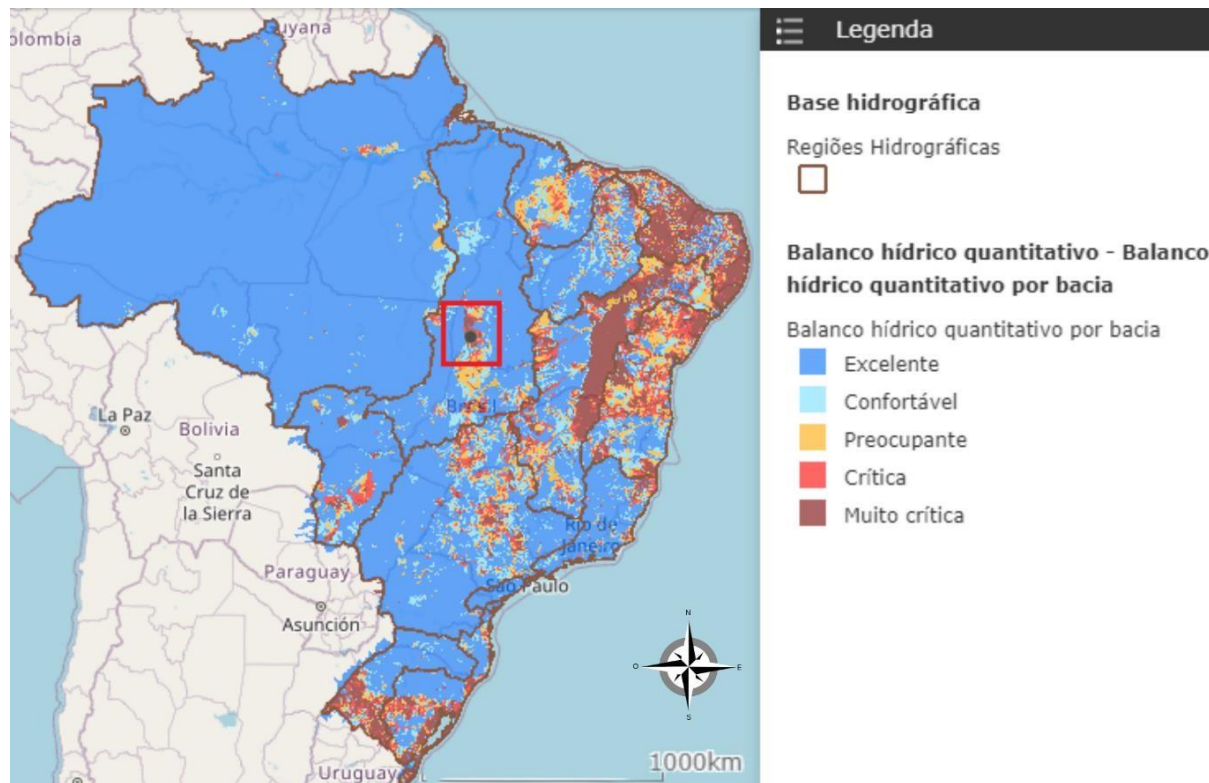
No caso do Rio Formoso, além das mudanças climáticas, outro fator afeta a disponibilidade de recursos hídricos, como a intensidade dos usos. em época de estiagem, a disponibilidade hídrica na Bacia do Rio Formoso fica comprometida em razão das elevadas demandas hídricas que a irrigação por inundação exige. Segundo relatos de moradores e produtores rurais que dependem dos rios da região, ano após ano, vêm se agravando os processos de degradação ambiental (BARCELLOS, 2017).

Vanzela (2010) ressalta que o desenvolvimento agrícola é um dos fatores que sobrecarregam os recursos hídricos, dado que, devido ao desmatamento intensificado para dar lugar a grandes monoculturas, os solos ficam suscetíveis a chuva e ao vento, provocando carreamento abundantemente deste meio físico, matéria orgânica e insumos agrícolas para o leito dos cursos d'água no período chuvoso, colaborando para o aumento de concentração de sólidos e nutrientes na água dos mananciais. Este impacto causa assoreamento que, além de modificar e deteriorar a qualidade da água e o meio biótico, diminui a velocidade do escoamento na calha do rio, reduzindo a disponibilidade hídrica a jusante.

A Bacia Hidrográfica do Rio Formoso sempre foi considerada uma região estratégica e prioritária para o desenvolvimento econômico do Estado do Tocantins. A posição de destaque nacional na produção de arroz irrigado, soja e melancia, tanto para abastecimento do mercado interno como internacional, que até pouco tempo ostentava grande potencial para expansão das áreas produtivas (BARCELLOS, 2017)

Conforme estudos elaborados pela ANA avaliaram a relação entre demandas consuntivas e a oferta hídrica das regiões hidrográficas brasileiras utilizando uma escala de balanço hídrico quantitativo que varia de excelente a muito crítica. A região Araguaia/Tocantins foi considerada excelente, porém, na bacia do Rio Formoso a situação foi avaliada como sendo muito crítica em função do crescimento das atividades de irrigação nos últimos anos (PANORAMA DAS ÁGUAS, 2021), como mostram as Figuras 1, 2 e 3.

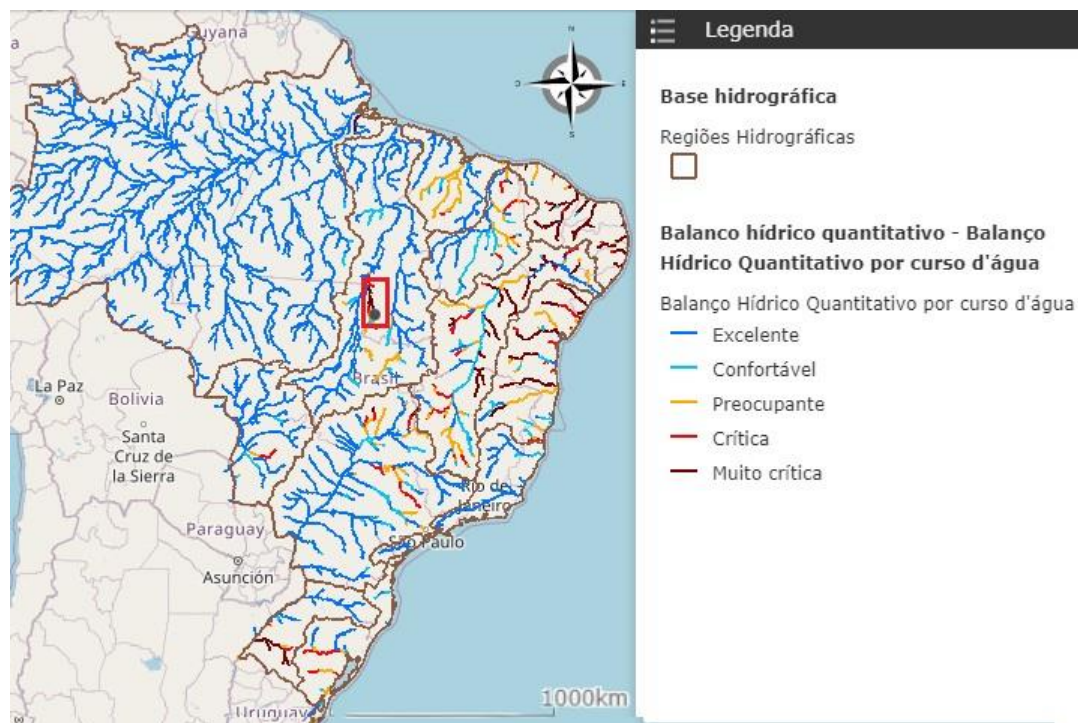
Figura 1- Balanço hídrico quantitativo por região hidrográfica



Fonte: Panorama das águas 2021 (ANA, 2021)

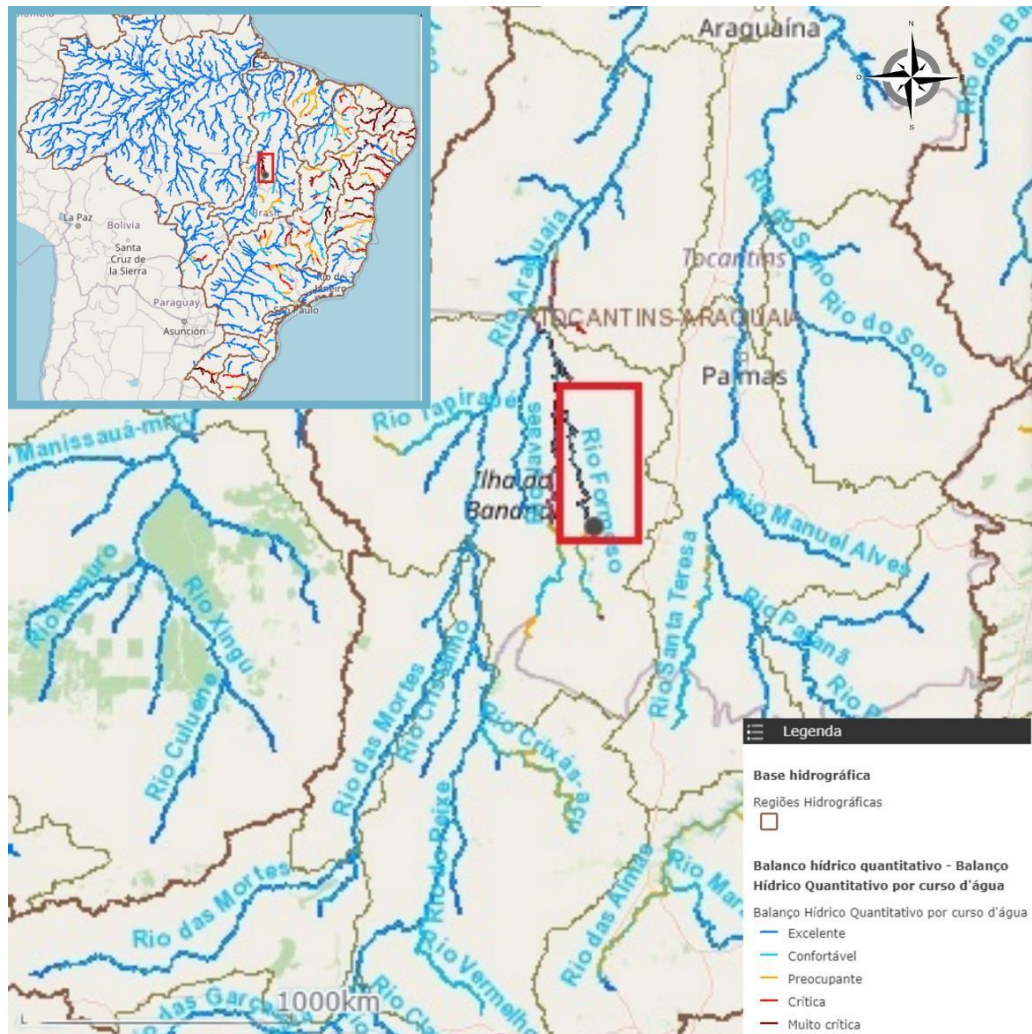
Vale ressaltar que balanço hídrico nada mais é do que o computo das entradas e saídas de água de um sistema. Várias escalas espaciais podem ser consideradas para se contabilizar o balanço hídrico. Na escala macro, 'balanço hídrico' é o próprio 'ciclo hidrológico', cujo resultado nos fornecerá a água disponível no sistema (no solo, rios, lagos, vegetação úmida e oceanos), ou seja, na biosfera (GUIMARÃES, 2019). Nesse sentido, é de suma importância conhecer o balanço hídrico, com intuito de entender a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica, e assim atender às demandas.

Figura 2- balanço hídrico quantitativo por curso d'água.



Fonte: Panorama das águas 2021 (ANA, 2021)

Figura 3- Balanço hídrico quantitativo por curso d'água.



Fonte: Panorama das águas 2021 (ANA, 2021)

A partir das Figuras 1 e 2 é possível inferir que o curso d'água do rio Formoso é o único na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia com balanço hídrico quantitativo considerado muito crítico. o Brasil concentra grande parte dos recursos hídricos disponíveis no mundo, das regiões brasileiras, o Norte é a que apresenta maior abundância desse recurso, entretanto, isso não significa que o país não passe por problemas causados pela baixa garantia hídrica, em especial esse trecho do rio formoso no estado do Tocantins.

Barcellos (2017) ressalta que a Bacia Hidrológica do Rio Formoso é uma área estratégica e prioritária para o desenvolvimento da região, por sua posição de destaque na produção de arroz irrigado, soja e melancia fornecidos para o mercado internacional, a região tem grande potencial para expansão da área de produção, entretanto, o potencial do desenvolvimento socioeconômico

da Bacia do Rio Formoso estão enfrentando uma situação de escassez de água que se repetiu na última década, que se tornou uma emergência em 2016, exigindo até mesmo que o órgão gestor dos Recursos hídricos, o Naturatins, suspendesse outorgas de bombeamento por 120 dias. Nesse sentido, as grandes demandas que pressionam o rio diariamente contribuem para a diminuição do quantitativo hídrico na região, situação que se torna mais alarmante em períodos de estiagem.

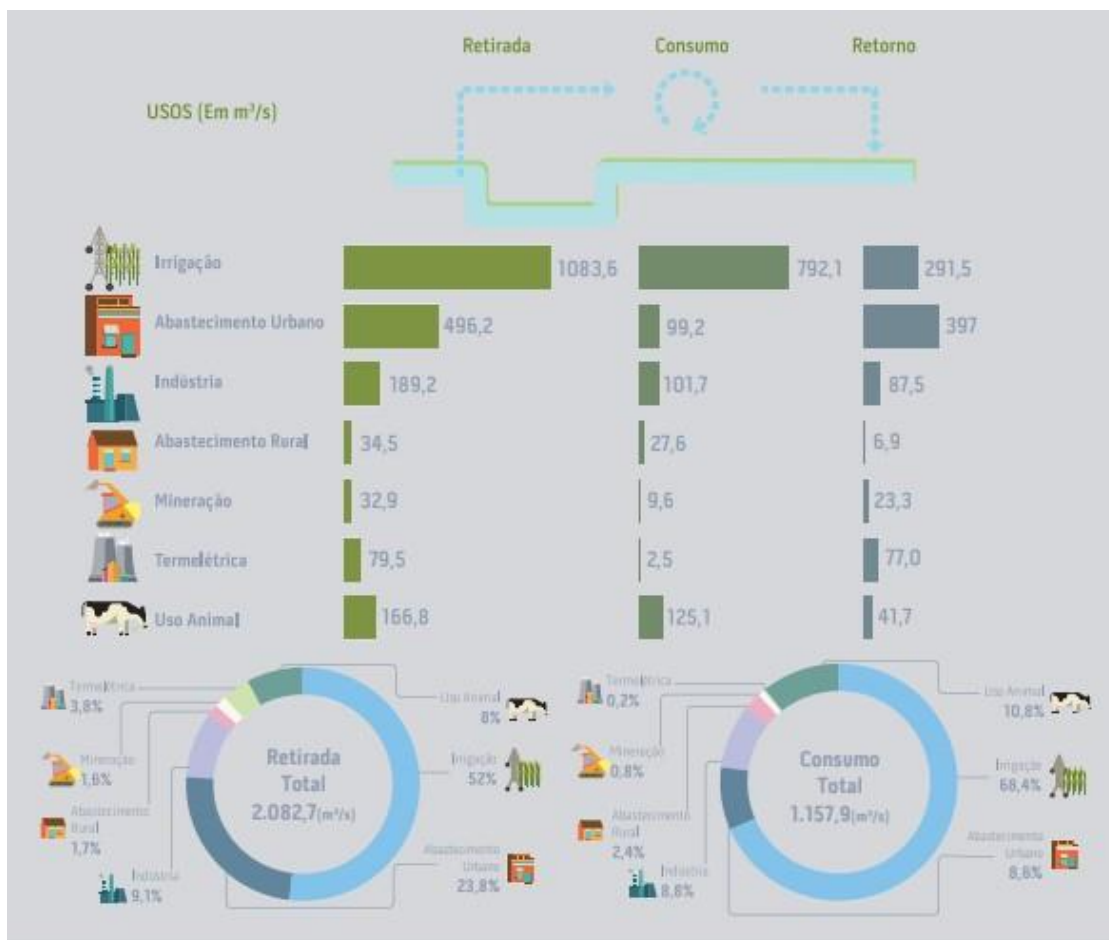
3.2 - Usos Múltiplos da Água

Segundo a ANA (2017), o Brasil é muito privilegiado quanto à disponibilidade hídrica, porém, a água ocorre de maneira desigual em boa parte do território, assim como a demanda por sua utilização e a infraestrutura hídrica adequada para o seu aproveitamento e conservação.

Existe uma diversidade imensa dos usos dos recursos hídricos, podendo ser denominados usos consuntivos e não consuntivos, um uso é considerado consuntivo quando a água retirada é consumida, parcial ou totalmente, no processo a que se destina, não retornando diretamente ao corpo d'água, dentre os principais usos consuntivos no Brasil destacam-se: abastecimento humano, dessedentação de animais, indústria, termelétricas, mineração e irrigação.

No Brasil, no ano de 2019, as demandas consuntivas retiradas foram de 2.082,7m³/s, com um consumo total de 1.157,9 m³/s por esses usos, sendo que 68,4 % foram consumidos pela irrigação (MANUAL DE USOS CONSUNTIVOS DA ÁGUA NO BRASIL, 2021), adiante a Figura 4 mostra as demandas de uso da água no Brasil em 2021.

Figura 4- Demandas de uso da água no Brasil em 2021, por finalidade de uso



Fonte: Manual de usos consuntivos da água no Brasil (2021)

O Atlas irrigação (2021) ratifica que a irrigação é o maior uso da água no Brasil, segundo o mesmo, a intensificação da atividade no país ocorreu a partir das décadas de 1970 e 1980 logo alguns fatores contribuem para a necessidade da irrigação tais como: a expansão da agricultura para outras regiões onde há escassez de água sendo necessária aplicação artificial de água, em outras regiões em que ocorrem estiagens específicas ou que a terceira safra só viabiliza com aplicação suplementar de água.

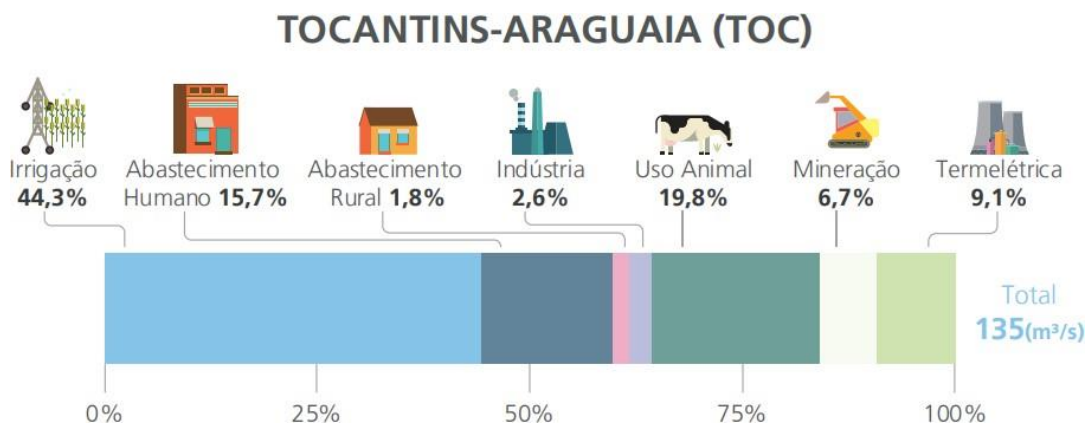
O estado do Tocantins acompanhou o crescimento da irrigação como ressalta Vergara (2013), relatando que o Tocantins possui uma imensa área de várzea, com mais de 500 mil hectares entre o rio Araguaia e seus afluentes: urubu, javaés e formoso, por esse motivo a região é considerada de grande potencial para a expansão da cultura irrigada, possuindo um desenvolvimento expressivo do cultivo agrícola.

Vergara et al. (2013) ainda destaca que os usos mais intensos na bacia do Rio Formoso são abastecimento populacional, a dessedentação animal e a irrigação, intensificando-se nos últimos anos, esta que possui um maior consumo, cerca de 98,5% da demanda total de água na região.

Vale ressaltar que para a correta estimativa da quantidade de água que será utilizada na irrigação, deve-se conhecer o tipo de cultura, o tamanho da área irrigada, a demanda de água disponível por meio da precipitação, as perdas por evapotranspiração e as perdas envolvidas na irrigação, vale ressaltar que essa demanda de água oscila de região para região. Além de considerartodos esses fatores que devem ser analisados, devem haver também o monitoramento de forma contínua (ALCÂNTARA, 2016).

A Figura 5 apresenta a demanda de água na bacia Tocantins-Araguaia, destacando-se o grande consumo de água pela irrigação na região, onde está situada a Bacia Hidrográfica do rio Formoso.

Figura 5- Demandas de uso da água na bacia Tocantins-Araguaia.



Fonte: Manual de usos consuntivos da água no Brasil (2021)

Já os usos não consuntivos são aqueles que não retiram água do manancial nesse sentido, destacam-se: as hidrelétricas, navegação, aquicultura e lazer. Segundo a EPE (2022), a energia hidrelétrica é a principal fonte de geração de energia no sistema elétrico brasileiro, não apenas por sua competitividade econômica, mas também por seus abundantes recursos energéticos ao nível nacional.

Ainda segundo a EPE (2022), o sistema gerador do Brasil tem capacidade instalada de mais de 150 GW, principalmente hidrelétrica, essa vantagem decorre do vasto território do país, com muitos planaltos e rios poderosos, o potencial hidrelétrico do Brasil é estimado em 172 GW, dos quais cerca de 60% já foram usados, cerca de 70% do potencial inexplorado está localizado na

Bacia Hidrográfica do Amazonas e Tocantins-Araguaia.

A ANEEL (2022) ressalta que o estado do Tocantins conta com 24 (quatro UHEs, 13 PCHs e sete CGHs) empreendimentos em operação, uma UHE em implantação e 22 projetos (PCHs) protocolados, totalizando 47 empreendimentos. A potência instalada no estado consegue suprir as necessidades relacionadas ao consumo de energia elétrica para o Tocantins, considerado então um estado auto-suficiente em produção de energia, considerando suas dimensões e população.

Com relação à navegação, uso não-consuntivo para exportações, importações e condução de pessoas, tem-se que conforme o relatório da Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (CRHB), no país existem 28.834 km de rios que podem ser navegados (MENDES, 2012). Colocando em questão o lazer, boa parcela dos pontos turísticos que possuem algum corpo hídrico, é utilizada para recreação (PARANÁ, 2011), esta é uma atividade bastante lucrativa com possibilidade explorar os pontos turísticos e gerar empregos tanto em período de veraneio quanto em períodos de cheia. Com intuito de perdurar essa atividade é necessária a conscientização da população sobre a preservação deste recurso natural que gera receita para a comunidade e para o município através do turismo.

3.3 - Política Nacional de Recursos Hídricos.

Com os avanços tecnológicos e com as demandas hídricas aumentando drasticamente, houve a reflexão em relação ao meio ambiente, e paralelo a isso, se constata a necessidade de gestão dos recursos hídricos, cuja finalidade é gerenciar e planejar atividades buscando assegurar a distribuição de água para atender os usos múltiplos (REIS, 2016). Desse modo, foi criada em 1997 a lei nº 9.433/97, chamada Lei das Águas que estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e instituiu o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).

A PNRH visa assegurar que os recursos hídricos sejam utilizados conscientemente e integrado, visando o desenvolvimento sustentável, a disponibilidade de água para as futuras gerações em padrões de qualidade e quantidades adequados, a prevenção e defesa contra eventos hidrológicos críticos naturais ou causado pelo mau uso dos recursos naturais (BRASIL, 1997). Tal lei possui princípios que expressam a água como um bem de domínio público, que possui limite e valor econômico, e ainda diz que em ocasiões onde haja escassez, a prioridade é do abastecimento humano e animal.

Junto as diretrizes gerais de ação para implementação da PNRH estão: o gerenciamento sistemático dos recursos hídricos, sem abdicar dos aspectos de quantidade e qualidade; a adaptação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das várias regiões do território nacional; a união do gerenciamento de recursos hídricos com o controle ambiental, entre outros. Para serem colocadas em prática e não serem excluídas do cotidiano do gerenciamento hídrico, as diretrizes precisam estar inseridas nas várias etapas dos procedimentos de outorga do direito de uso das águas, na elaboração dos Planos de Recursos Hídricos e na efetivação do sistema de cobrança pelo uso das águas, 2002).

Para a lei 9433/1997 conseguir cumprir com seus objetivos estabelecidos, ela possui alguns instrumentos que a auxiliam na busca do seu objetivo, são eles:

I - Planos de Recursos Hídricos: que conforme a lei são planos diretores que se baseiam e norteiam a execução da PNRH e sua gestão, é um instrumento de prevenção e de minimização de possíveis atritos devido ao uso da água. A criação deste plano é de responsabilidade da ANA e a sua aprovação é competência do comitê de bacias.

II- Enquadramento dos corpos de água em classes: essa classificação quer dizer que será estabelecido níveis de qualidade que devem ser alcançados ou pelo menos mantidos em uma determinada parte de um corpo hídrico ao decorrer do tempo, ou seja, o intuito não é classificar a água presente no momento, mas sim fazer com que a mesma atinja ou continue com certo nível de qualidade.

III- Outorga de direito de uso da água: é um ato administrativo de autorização, consentimento ou permissão do direito de usar um recurso hídrico aprovado pela autoridade competente da União, ou dos Estados, esse direito é dado por tempo determinado mediante a disponibilidade hídrica.

IV- Cobrança pelo uso dos recursos hídricos: tem por finalidade instigar a regulação do uso da água, resgatar e manter em quantidade e qualidade e conseguir recursos para criação de melhorias relacionadas aos recursos hídricos e saneamento básico.

V- Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos: é um sistema que coleta, trata, guarda e resgata informações e condições intervenientes sobre os recursos hídricos, com tal sistema busca-se fundamentar e propagar informações relacionadas a qualidade e quantidade da água.

3.4 - Política Estadual de Recursos Hídricos

A Política Estadual de Recursos Hídricos de Tocantins foi instituída por meio da lei nº 1.307/2002, e tem objetivos e princípios semelhantes à Política Nacional de Recursos Hídricos, tais como, assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade e quantidade adequados aos respectivos usos; incentivar a racionalização do uso dos recursos hídricos e reforçam que a água é de domínio público tendo valor ambiental, social e econômico.

O estado do Tocantins está inserido na Região Hidrográfica do Tocantins - Araguaia. O sistema hidrográfico do Tocantins, totalizando 172.828,2 km², representa 62,3% da superfície do Estado. Esse sistema é formado por 14 bacias hidrográficas, com destaque para a bacia do Rio Tocantins, que ocupa cerca de 21% do território tocantinense. Além da bacia homônima, integram o sistema hidrográfico do Tocantins as terras situadas nas sub bacias dos rios Santa Teresa, Parana, Palma, Manuel Alves da Natividade, São Valério, Santo Antônio, Crixás, das Balsas, Sono, Perdida, Manuel Alves Grande, Manuel Alves Pequeno e no ribeirão dos Mangues (TOCANTINS, 2011).

Assim como a PNRH possui seus instrumentos, a Política de Recursos Hídricos no âmbito Estadual também possui os seus, sendo:

- Plano Estadual de Recursos Hídricos
- Planos de bacia hidrográfica, incluindo-se o enquadramento dos corpos de água em classe de uso preponderante
- Outorga de direito de uso dos recursos hídricos
- Cobrança de taxa pelo uso dos recursos hídricos
- Compensação aos municípios
- Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos
- Educação ambiental.

Desde agosto de 2000, através do Decreto 1015, é de competência do Instituto Natureza do Tocantins – Naturatins, através da Coordenadoria de Controle e Uso dos Recursos Hídricos, a execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, interessar-se garantir a implementação de seus instrumentos (NATURATINS, 2018). Através de dois setores que são, Outorga e Cadastro de Usuários de Recursos Hídricos, o Naturatins tem a competência de regular e controlar o uso dos Recursos Hídricos, executando e fiscalizando os instrumentos presentes na política,

incentivando a elaboração, realização e a execução do Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado.

Um estado com um potencial enorme para lavouras que necessitam de irrigação, é necessário ter políticas para que tal atividade não entre em um uso desenfreado e inadequadamente, devido a esses fatores surgem a reflexão do quão importante é manter e executar todas as leis relacionadas aos recursos hídricos, pois muitas vezes apenas o lado econômico e lucrativo é posto na balança, enquanto as questões socioambientais são deixadas de lado, trazendo futuramente problemas para toda a sociedade.

3.5 - Vazão de Referência

Para Ribeiro (2000) “A vazão de referência é o estabelecimento de um valor de vazão que passa a apresentar o limite superior de utilização da água em um curso d’água e é, também, um dos principais entraves à implementação de um sistema de outorga”. Então é possível perceber que a vazão de referência serve para travar os usos desenfreados em um corpo hídrico e para ter um controle sobre os mesmos, pois é estabelecido uma espécie de limite de uso e esse limite é um dos principais obstáculos para realização de outorga. Segundo Cruz (2009) a vazão de referência é caracterizada por possibilitar a determinação dos limites de utilização do curso d’água. A resolução CONAMA 357/2005 define vazão de referência como sendo a vazão do corpo hídrico utilizada como base para o processo de gestão.

No Brasil adota-se como referência a vazão mínima, buscando assim diminuir os possíveis riscos de escassez por usos desordenados. Desse modo para definir a vazão de referência a ser implantada é necessário considerar os usos que serão executados em determinada bacia, as vazões mínimas definidas como referências possuem alta permanência, encontradas por cálculos estatísticos, por exemplo, a Q_{95} ou Q_{90} . (DINIZ 2006)

Considera a adoção de vazões mínimas como um ofensor à aplicação do PNRH, por essas vazões corresponderem às condições anuais de maior escassez hídrica, e dessa forma estaria se restringindo os usos nos períodos chuvosos onde os mananciais têm capacidade de suportar uma maior demanda, nesse contexto, a adoção de uma vazão anual dificulta ainda mais o acesso aos recursos. É

importante destacar que o uso da vazão de referência serve como instrumento para ter o controle dos possíveis erros durante a gestão dos recursos hídricos. (MARQUES 2009)

De acordo com Silva (2006) “A vazão de referência está susceptível as variações conforme as características da bacia, respeitando as particularidades de cada local”. No Estado do Tocantins, para os processos de outorga, foi estabelecido como vazão de referência a Q_{90} , mesmo sem detalhes específicos para tal adoção, mas segundo o decreto-lei 2.432 de junho de 2005 as vazões devem corresponder com os limites de captação onde ficou declarado até 75% quando for a fio d’água, 90% em reservatório de barragem e em ocasiões onde os corpos hídricos são intermitentes esse limite de captação poderá ser até 95%.

Para Camara (2003) ao ser outorgada uma vazão Q_{90} , limita-se consideravelmente a expansão dos sistemas de usos da água, não permitindo que os excessos hídricos sobre a vazão de referência sejam utilizados, embora que a princípio os valores outorgados possam ser supridos em 90% do tempo.

Consoante a Lei Estadual Nº 1.307 de 22 de março de 2002, a vazão outorgável representa 75% da vazão Q_{90} , que é quando em 90% do tempo podemos garantir que o recurso hídrico terá uma vazão igual ou maior que esse valor. Tais valores dependem da série histórica de vazões calculadas no corpo hídrico, quanto maior a quantidade de observações e do período observado, mais precisão terá esse valor.

Para conseguir definir a vazão de referência são necessárias as condições das fontes de contaminação para um trecho de um rio, quando essas fontes são pontuais, as cargas são fixas e denominada condição “sanitária”. Sabendo disso, a vazão mais prejudicial é de estiagem, pois nesse período o rio perde boa parte da sua capacidade de diluição.

3.6 - Curvas de Permanência

Uma curva de permanência de vazões, também chamada curva de duração, relaciona a vazão e a porcentagem do tempo onde ela é superada ou igualada sobre todo o período histórico utilizado para sua construção.

Além dos resultados diretos que fornecem para o estudo do aproveitamento das disponibilidades do curso d’água, constituem um instrumento valioso de comparação entre bacias hidrográficas, representando os efeitos do relevo, da vegetação e uso do solo e da precipitação na distribuição das vazões (EUCLYDES et al., 2001b). As curvas de permanência sintetizam, de maneira simples, o regime hidrológico de uma bacia hidrográfica. A sua forma e

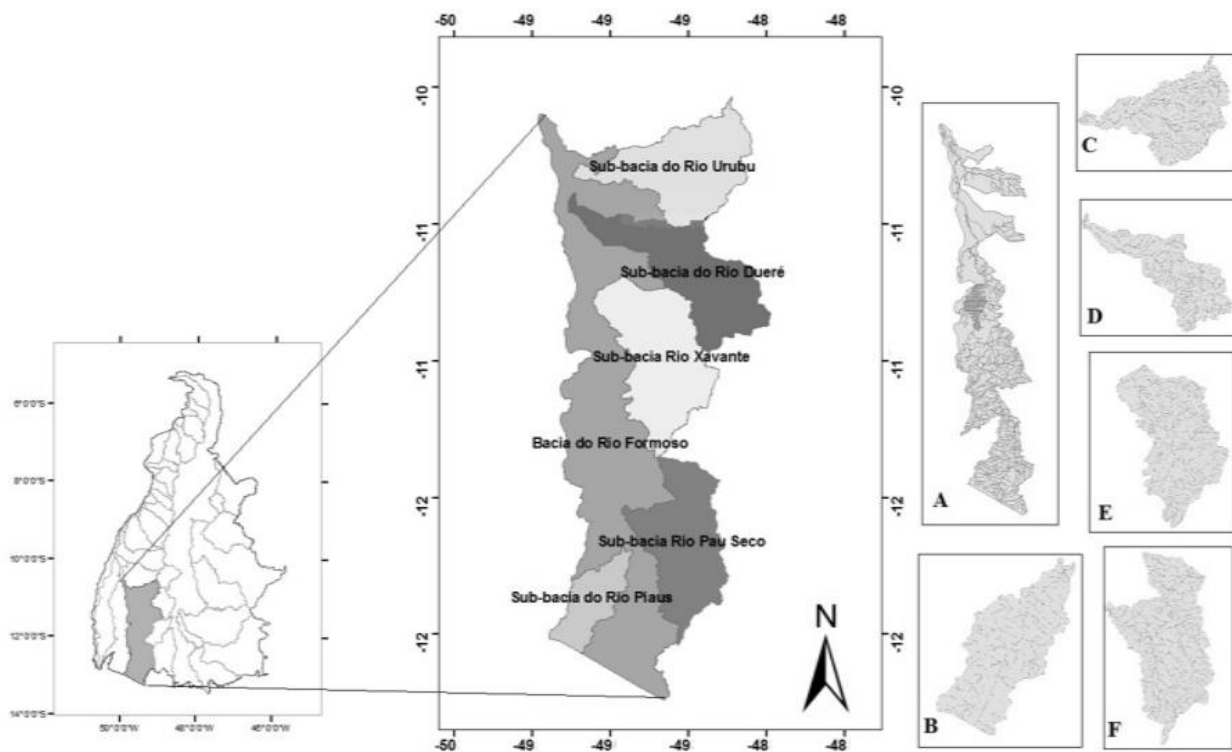
declividade expressam a variabilidade das vazões determinadas por características físicas, climáticas, morfológicas e de cobertura vegetal da bacia em questão. Além disso, as curvas de permanência são importantes no que diz respeito ao processo de outorga de recursos hídricos.

4 - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Rio Formoso ainda abrange parte do território de 21 municípios, embora 3 pertençam ao Estado de Goiás, porém, a participação Goiana é desconsiderada na área da bacia. Logo, para o gerenciamento de recursos hídricos a bacia do rio formoso é de total domínio do Estado de Tocantins, para fins de planejamento (FILHO et al., 2015).

A bacia do Rio Formoso pertence à Região Hidrográfica do Araguaia-Tocantins. A área de drenagem dessa bacia é de 21.328,57 km², cerca de 7,7% da extensão territorial do Estado de Tocantins e 5,6% da bacia do rio Araguaia. Está localizada na região sudoeste daquela Unidade da Federação, abrangida pelos paralelos 10°28' e 13°16' de latitude sul e os meridianos 48°50' e 49°57' de longitude oeste (Figura 6), estabelecendo uma divisão de 6 sub-bacias, sendo: Rio Formoso, Rio Pias, Rio Urubu, Rio Xavante, Rio Dueré, Rio Pau Seco (ANA, 2017). As sub-bacia podem ser verificadas na figura 6.

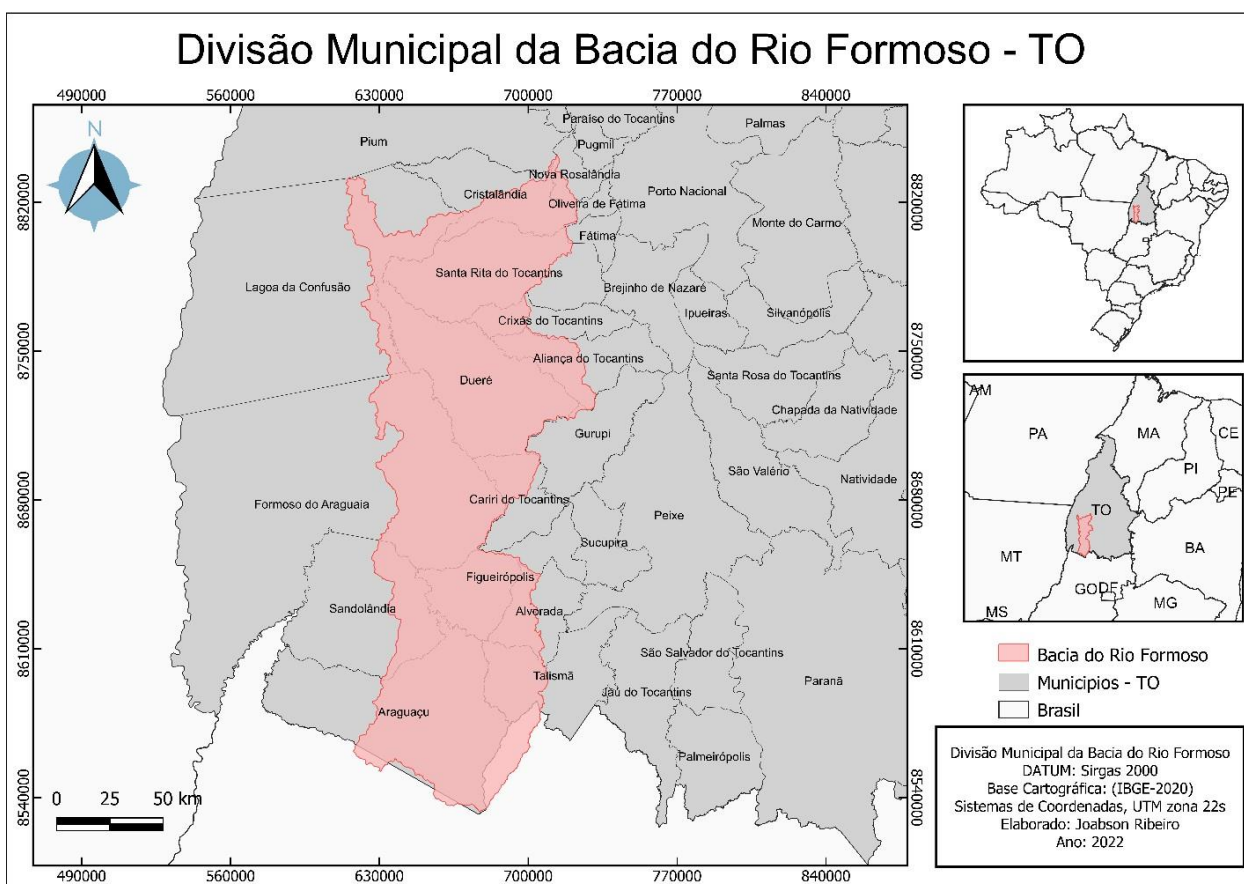
Figura 6- Sub-bacias hidrográficas do Rio Formoso: A) Rio Formoso; B) Rio Pias; C) Rio Urubu; D) Rio Dueré; E) Rio Xavante ; F) Rio Pau Seco.



Fonte: Vergara et al (2013)

Outros 3 municípios Tocantinenses (Fátima, Oliveira de Fátima e Pium) têm seus limites próximo ao divisor da bacia, possuindo áreas irrelevantes dentro dela (cerca de 0,02%). Essas unidades territoriais também podem ser desconsideradas para fins de gestão da bacia do rio Formoso, tendo em vista que seus interesses estarão possivelmente voltados para as bacias hidrográficas nas quais estão inseridas efetivamente (TOCANTINS, 2007). Portanto, a bacia hidrográfica do rio Formoso possui 15 municípios que representam mais de 97% da área da bacia, como é mostrado na Figura 7.

Figura 7- Divisão municipal da Bacia do Rio Formoso.



Fonte: Autores (2022).

4.1 - Características Ambientais e Climáticas

O Estado de Tocantins tem um clima chuvoso padronizado, apresentando um período seco e outro úmido, a seca é comum em todo o território estadual de maio a novembro, e a chuva se apresenta nos meses de dezembro a abril. “Os solos predominantes na bacia do Formoso são o plintossolo, solos concrecionários, latossolo vermelho-amarelo, hidromórfico gleizado, pódzólico, areias quartzozas e solos litólicos, a maioria desses apresentam baixa saturação, acidez

elevada, fertilidade e permeabilidade baixa” (SEPLAN, 2009).

A região possui uma cobertura vegetal de cerrado, apresentando uma savana arbórea densa (cerradão), situadas em locais sem influência de inundação, ocorrendo também fragmentos florestais naturais denominados como “ipucas”, na região há uma grande heterogeneidade florística (REIS, 2010).

Conforme a classificação de Köppen-Geiger, o clima predominante no Estado do Tocantins é o clima tropical com inverno seco, esse clima possui uma estação chuvosa no verão e uma notável estação seca no inverno, na Figura 8 é possível verificar o esquema da classificação.

Figura 8- Chave para a classificação climática de Köppen-Geiger simplificada.

Temperatura média Normal		Total de chuva do mês mais seco (Pms)	Total de chuva anual (P)	Descrição do Tipo de Clima segundo Köppen (Climas Úmidos)		Símbolo	
do mês mais frio	do mês mais quente						
≥ 18°C	≥ 22°C	≥ 60mm		TROPICAL	sem estação seca	Af	
		< 60mm	< 2500 - 27,27. Pms		Inverno Seco	Aw	
			≥ 2500 - 27,27. Pms	TROPICAL com chuvas excessivas		Am	
< 18°C	< 22°C	< 30mm		SUBTROPICAL	Quente	Cwa	
					Temperado	Cwb	
	≥ 22°C	≥ 30mm			Quente	sem estação seca	Cfa
					Temperado	Cfb	

Fonte: SETZER (1966).

Classificação Aw: É um clima tropical, com inverno seco. Possui estação chuvosa no verão, de novembro a abril, e nítida estação seca no inverno, de maio a outubro (tendo julho como mês mais seco). A temperatura média do mês mais frio é superior a 18°C. Este tipo de clima predomina no norte e noroeste de vários estados, principalmente no Estado de Tocantins.

Classificação Am: Diz respeito a um clima tropical úmido ou subúmido. É uma transição entre o tipo climático Af e Aw. Caracterizado por ter temperatura média do mês mais frio sempre superior a 18°C com uma estação seca de pequena duração.

4.2 - Comitê da Bacia Hidrográfica e o Plano de Bacia do Rio Formoso

O Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso - CBH-RF foi instituído em março de 2011 por meio do decreto estadual nº 4252, sendo o pioneiro no Estado de Tocantins. O comitê é o órgão colegiado normativo, consultivo e deliberativo, dessa forma, os membros do Comitê de gestão da Bacia do rio Formoso têm representação e poder de decisão sobre a gestão da bacia. Com relação ao gerenciamento de recursos hídricos, possui o intuito de alavancar a viabilização técnica e econômico-financeira de políticas de investimento e fixação de programas de desenvolvimento urbano e rural da região, buscando desenvolver tanto no âmbito econômico quanto no ambiental da bacia hidrográfica do RioFormoso.

Responsável pela execução da política estadual dos Recursos Hídricos no Estado, o Naturatins – Instituto Natureza do Tocantins é uma das instituições que compõem o comitê, além do instituto, participam também a Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável, os usuários e sociedade civil organizada da região.

5 - METODOLOGIA

5.1 - Caracterização Morfológica da Bacia do Rio Formoso

Para alcançar o objetivo proposto e realizar a caracterização morfológica da bacia do rio formoso, foi realizada uma revisão bibliográfica profunda referente à área de estudo, que teve por base artigos científicos, estudos conduzidos pela agência nacional de águas, dados da Secretaria de Planejamento Estadual e também por artigos científicos de diversos autores.

Essa revisão teve intuito de adquirir detalhes mais amplos da bacia para poderem ser expostos de forma que melhorasse a compreensão. Para descrever as características da bacia foram utilizados estudos da ANA, onde a mesma expõe dados sobre a região onde está localizada, desde coordenadas até municípios pertencentes ao território da bacia.

Para avaliação sobre as características ambientais e climáticas foi utilizado tantos dados da Secretaria de Planejamento Estadual, onde mostravam as categorias de solos existentes na região, assim como artigos científicos onde explicavam sobre algumas das vegetações encontrada no local. Também foi usado a classificação de Koppen para descrever a categoria de clima que predomina no estado, essa escala é o sistema de classificação global dos tipos climáticos. Foi discutido também sobre a atuação do Comitê da Bacia hidrográfica e o Plano de Bacia do Rio Formoso, onde foi usado como base para tal, a literatura que explica como se deu o início do comitê, a sua criação e todos os detalhes do seu funcionamento e como o órgão fiscalizador se mantém nessa função.

Para a caracterização morfométrica da bacia foram usados alguns índices, tais como:

Fator de forma (F): relaciona a forma da bacia com a de um retângulo, correspondendo à razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia (da foz ao ponto mais longínquo do espigão). Segundo Villela e Mattos (1975) uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior. A classificação ocorre segundo a Tabela 1.

Tabela 1– Fator forma

F	Características da Bacia
1,00 -1,75	Bacias com alta propensão a grandes enchentes
0,75 -0,50	Bacias com tendência mediana a grandes enchentes
<0,50	Bacias não sujeitas a grandes enchentes

Fonte: unesp (2022)

O fator de forma (F) foi determinado utilizando a seguinte equação 1:

Equação 1- Cálculo do fator forma

$$F = A/L^2 \quad (1)$$

Sendo: “F” o fator de forma; “A” a área de drenagem (m²) e “L” o comprimento do eixo da bacia (m).

Coefficiente de compacidade (Kc): relaciona o formato da bacia com um círculo. Constitui a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia. O número calculado independe da área considerada, dependendo apenas da forma da bacia.

De acordo com Villela e Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional, que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. A classificação ocorre segundo a Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficiente de compacidade

KC	Características da Bacia
1,00 -1,25	Bacias com alta propensão a grandes enchentes
1,25 -1,50	Bacias com tendência mediana a grandes enchentes
>1,50	Bacias não sujeitas a grandes enchentes

Fonte: unesp (2022)

O Kc é determinado pela seguinte equação 2:

Equação 2– Cálculo do coeficiente de compacidade.

$$Kc = 0,28 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}}\right) \quad (2)$$

sendo: “Kc” o coeficiente de compacidade; “P” o perímetro (m) e “A” a área de drenagem (m²)

Simultaneamente ao coeficiente de compacidade, o **índice de circularidade (IC)** tende para a unidade à medida que a bacia se aproxima da forma circular. É determinado pela seguinte equação 3:

Equação 3 – Cálculo do índice de circularidade.

$$IC = 12,57 * A/P^2 \quad (3)$$

sendo: “IC” = Índice de Circularidade, adimensional; “A” = Área da bacia em km²; P = Perímetro da bacia em km.

Densidade de Drenagem (Dd): de acordo com Christofolletti (1970), A densidade de drenagem relaciona o comprimento total de um canal ou rio à área de captação". A densidade de drenagem é um fator importante que indica o quão bem desenvolvido é um sistema de drenagem em uma bacia hidrográfica. Portanto, este índice fornece um indicador da eficiência de drenagem de uma bacia hidrográfica. A classificação ocorre segundo a Tabela 3.

Tabela 3– Coeficiente de compacidade

Dd	Características da Bacia
Dd < 0,5 km/km²	Bacias com drenagem pobre
0,5 ≤ Dd < 1,5 km/km²	Bacias com drenagem regular
1,5 ≤ Dd < 2,5 km/km²	Bacias com drenagem boa
2,5 ≤ Dd < 3,5 km/km²	Bacias com drenagem muito boa
Dd ≥ 3,5 km/km²	Bacias excepcionalmente bem drenadas

Fonte: unesp (2022)

Este índice foi calculado pela equação 4:

Equação 4– Cálculo da densidade de drenagem.

$$Dd = L'/A \quad (4)$$

Sendo: “Dd” a densidade de drenagem; “A” a área de drenagem (m²) e “L” o comprimento total dos cursos d'água (m).

5.2 - Levantamento de dados

Mediante a escolha da área de estudo, posteriormente ocorreu a pesquisa, seleção dos dados utilizados no presente estudo, devido às análises serem direcionadas ao estudo de vazões, utilizou-se dados fluviométricos, obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (Hidroweb), da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), os mesmos foram baixados no formato.txt, sendo que este é um dos formatos de entrada de dados aceito pelo software SisCaH 1.0.

Primeiramente foi realizado um mapeamento pelo Hidroweb de todas as estações fluviométricas existentes no rio formoso, em seguida, foram baixadas e verificado a consistência

dos dados de vazão com auxílio de planilha eletrônica, os códigos das estações fluviométricas baixadas e analisadas foram: **26730000**, **26720000**, **26750000**, **26721000**, **26797000**, **26798000**, **26799000**, **26798100**. Com intuito de verificar a consistências dos dados após baixados, verificou-se quais estações tinham dados concisos, ou seja, as que tinham maior período de registros de vazões, nesse sentido foram as estações de código **26730000** e **26720000**, cujo os nomes são respectivamente Projeto Rio Formoso e Praia Alta, as demais por serem estações instaladas recentemente ou por não terem dados consistentes foram descartadas. A seguir é apresentada a Figura 9 estações fluviométricas e suas disponibilidades de dados.

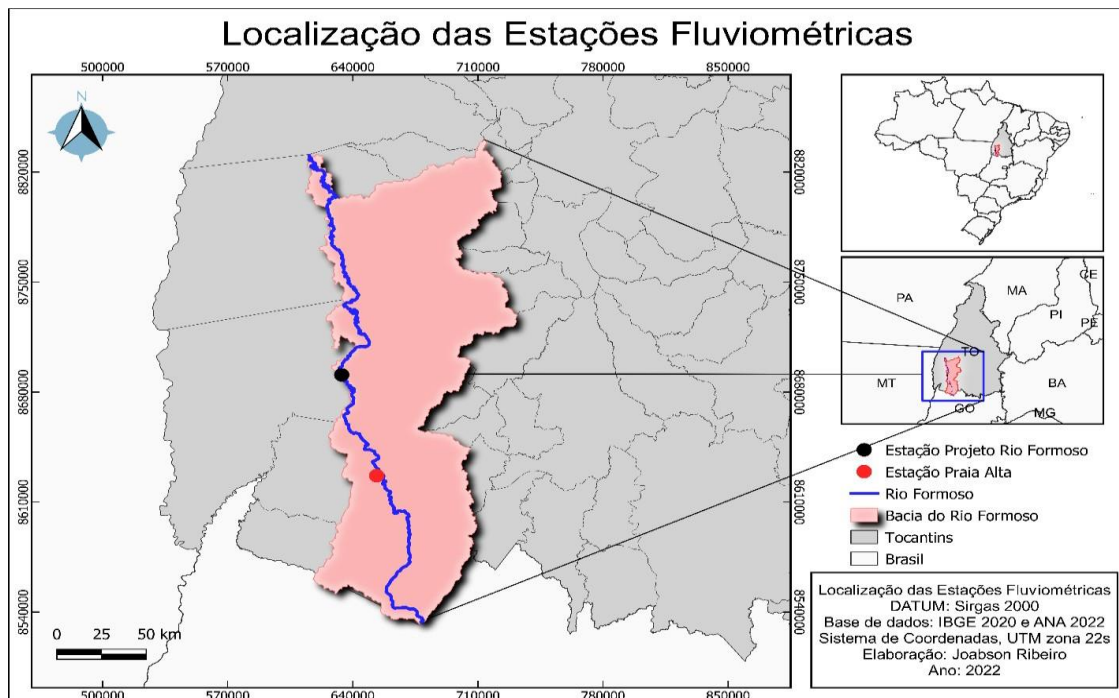
Figura 9-Anos válidos das estações fluviométricas do rio Formoso

Código	1980									1990									2000									2010									2020				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1
26730000																																									
26720000																																									
26750000																																									
26721000																																									
26797000																																									
26798000																																									
26799000																																									
26798100																																									

Fonte: Autores (2022).

A característica comum de quase todas as estações fluviométricas selecionadas é um grande número de falhas na série histórica ou até mesmo nem apresentam dados de vazão. Exceto a estação Praia Alta (26720000) e a estação Projeto Rio Formoso (26730000) as quais apresentam 15 anos e 33 anos de série histórica, respectivamente, sendo elas, as selecionadas mediante a consistências dos dados para o estudo da disponibilidade hídrica do rio Formoso. Na figura 10 estão as localizações das estações fluviométricas na bacia do rio Formoso utilizadas no estudo.

Figura 10- Localização das estações fluviométricas na Bacia hidrográfica do rio formoso.



Fonte: Autores (2022).

5.3 - Análise dos dados fluviométricos do rio Formoso

No presente estudo, as análises fluviométricas foram realizadas pelo Sistema Computacional para Análise Hidrológica (SisCaH), software desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos (GPRH), do departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, o mesmo efetua realização de análises hidrológicas de séries históricas de vazão. No software foi efetuado um pré-processamento com intuito de descartar períodos em que ocorreram 100% falhas, ou seja, períodos nos quais vazões não foram registradas.

5.4 - Análise do regime fluviométrico

Esta caracterização do regime fluviométrico foi realizada para identificar os períodos úmidos, secos, variabilidade sazonal, períodos críticos, meses críticos e momentos em que ocorrem déficit hídrico. Para a avaliação do regime do rio Formoso, analisou-se a variação na vazão na sua bacia, a partir das séries históricas das estações “Projeto rio formoso” e “Praia Alta”, obtiveram-se as máximas (Q_{max}), vazões médias (Q_{med}), mínimas (Q_{min}) anuais, média mensais de longa duração, a vazão mínima com sete dias de duração e tempo de retorno de 10 anos ($Q_{7,10}$), e as vazões associadas às permanências de 90% (Q_{90}) e 95% (Q_{95}) de cada ano. As vazões associadas à permanência de 90% e 95% anuais foram obtidas por meio das estações fluviométricas com base em dados diários de cada ano. Estes dados foram processados utilizando-se o software SisCaH 1.0 com auxílio de planilha eletrônica.

A vazão de um determinado rio tem como característica básica uma grande variabilidade temporal e espacial, dessa forma, para analisar uma determinada série histórica de dados fluviométricos de um rio é necessário utilizar alguns valores estatísticos que resumem, na maioria, o seu comportamento hidrológico (VESTENA, 2012). No presente estudo, a série histórica de vazões considerou o ano civil, de modo a garantir a independência dos valores amostrais de vazão, como apontado por Tucci (2000). Desse modo, as avaliações estatísticas dos dados de vazão do rio Formoso foram determinadas por meio da aplicação dos seguintes métodos hidrológicos:

I – As vazões mínimas, média, máxima anuais e a média mensal de longa duração foram obtidas por meio do SisCaH, a partir daí concretizado o pré-processamento para eliminar falhas significativas, tais investigações foram realizadas com intuito de verificar a sazonalidade do rio Formoso, identificando os anos e meses que ocorreram período chuvoso ou estiagem.

II– Vazão de permanência Q_{90} após o pré-processamento para estimar a $Q_{7,10}$, foi realizado através do software SisCaH a determinação da vazão de permanência Q_{90} , usada para o planejamento de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, para avaliar o atendimento aos padrões ambientais do corpo receptor, etc. Ao inserir dados fluviométricos, contidos em séries históricas de corpos hídricos é possível calcular a Q_{90} de maneira automática usando o programa.

III– Vazão de permanência Q_{95} , a mesma indica que as vazões são maiores ou iguais a ela durante 95% do tempo. Para obtê-la foi feito o mesmo procedimento da Q_{90} , por meio do programa SisCaH, utilizando as séries históricas, abrangendo todas as medições diárias.

IV– Vazão outorgável representada como 75% da Q_{90} foi estimada para determinar as vazões de outorgas de cada ano, bem como identificar períodos críticos, serão organizadas em intervalos de 5 anos de cada estação para melhorar a compreensão.

V– Por último foi calculado o déficit hídrico relacionando a vazão média de longa duração com a Q_{90} do período seco e chuvosos.

6 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na tabela a seguir são caracterizadas as informações morfométricas da bacia do Rio Formoso, localizada no sudoeste do estado do Tocantins.

Tabela 4- Características da bacia hidrográfica do Rio Formoso, TO.

Características Morfométricas	Valores
Área de drenagem (km²)	21.328,57
Perímetro total (km)	1151,38
Comprimento do curso d'água principal (km)	492,85
Comprimento total dos cursos d'água (km)	11.338,77
Comprimento do eixo da bacia (km)	308,22
Densidade de drenagem (Dd)	0,53
Fator de forma (F)	0,22
Coefficiente de compacidade (Kc)	2,21
Índice de circularidade (IC)	0,20

Fonte: Autores (2022).

O valor do coeficiente de compacidade $K_c=2,21$ está em um intervalo com indicativo de que a bacia hidrográfica não é propensa a grandes enchentes características de bacias alongadas, e seu fator de forma $F=0,22$ apresentou-se com um valor pequeno, esses valores indicam que a bacia não possui formato circular, portanto, corresponde a uma bacia alongada.

Levando-se em conta os resultados, pode-se inferir que a Bacia do Rio Formoso tem menor risco de inundação em condições normais de chuva, enquanto que em uma bacia circular há maior probabilidade chuvas simultâneas e enchentes. A densidade de drenagem da Bacia do Rio Formoso é de 0,53 km/km².

Essa densidade de drenagem indica que a bacia em estudo possui drenagem regular Segundo Tonello et al. (2006), valores de baixa densidade de drenagem são frequentemente associados a áreas de rocha permeável e regimes pluviométricos caracterizados por chuvas de baixa intensidade ou baixas concentrações de precipitação. Em um segundo momento, calcularam-se as vazões mínimas, médias e máximas anuais para cada estação Projeto Rio Formoso (26730000) e Praia Alta (26720000), cujos valores estão representados nas tabelas

5 e 6 e discutidos nos gráficos 1 a 4 abaixo:

Tabela 5 - Variáveis Hidrológicas Anuais Estação Projeto Rio Formoso (26730000).

Estação Projeto Rio Formoso 26730000 - Área de drenagem = 9040Km²							
Ano	Vazões (m³/s)			Vazões mínimas de Referência (m³/s)			
	Mínimas	Médias	Máximas	Q_{7,10}	Q₉₅	Q₉₀	75% da Q₉₀
2004	1,860	162,430	955,010	1,960	2,269	2,498	1,874
2005	2,180	123,740	599,240	2,200	2,377	2,498	1,874
2006	1,900	54,180	312,650	1,900	1,979	2,050	1,538
2007	1,510	81,360	836,600	1,520	1,635	1,762	1,322
2008	1,210	61,730	324,550	1,280	1,455	1,513	1,135
2009	1,400	77,360	342,950	1,470	1,828	1,979	1,484
2010	1,240	53,870	345,040	1,250	1,399	1,455	1,091
2011	1,480	138,430	642,540	1,550	1,769	1,828	1,371
2012	0,720	82,430	430,760	0,750	0,910	1,290	0,968
2013	0,680	45,250	442,990	0,690	0,734	0,809	0,607
2014	2,040	173,980	784,860	2,180	2,633	2,888	2,166
2015	0,570	86,430	485,200	0,610	1,096	1,770	1,328
2016	0,640	52,120	626,440	0,770	0,829	0,981	0,735
2017	0,140	34,640	203,890	0,160	0,235	0,287	0,215
2018	0,790	81,590	571,290	0,890	1,327	1,638	1,229
2019	2,000	39,910	274,330	2,610	3,130	3,441	2,580
2020	3,400	147,300	346,250	4,980	7,481	8,429	6,322

Fonte: Autores (2022).

Tabela 6- Variáveis Hidrológicas Anuais Estação Projeto Rio Formoso (26720000).

Estação Praia Alta 26720000 - Área de drenagem = 9040Km²							
Ano	Vazões (m³/s)			Vazões mínimas de referência (m³/s)			
	Mínimas	Médias	Máximas	Q_{7,10}	Q₉₅	Q₉₀	75% da Q₉₀
1986	2,510	20,090	107,010	2,530	2,782	2,997	2,247
1987	1,890	49,190	330,290	1,940	5,537	2,251	1,688
1988	1,770	70,580	388,020	1,770	1,803	2,189	1,641
1989	1,560	100,870	529,380	2,080	2,51	3,369	2,527
1990	2,780	82,840	500,480	2,840	3,069	3,369	2,527
1991	2,250	90,290	552,620	2,590	3,369	3,683	2,762
1992	2,250	92,250	565,170	2,400	2,924	3,369	2,527
1993	2,010	57,700	347,360	2,020	2,251	2,251	1,688
1994	1,560	61,050	434,820	1,570	1,664	1,774	1,331
1995	1,770	61,940	243,990	1,770	1,888	2,126	1,595
1996	1,660	56,120	269,630	1,700	1,888	1,888	1,416
1997	4,710	135,000	1367,210	4,710	5,537	6,686	5,015
1998	1,660	34,800	334,070	1,660	1,664	1,774	1,331
1999	5,380	35,090	554,190	5,380	5,382	5,382	4,037
2000	6,480	110,650	565,170	6,540	7,07	7,784	5,838
2001	5,920	65,770	453,100	5,920	6,106	6,56	4,92
2002	0,470	80,000	679,420	0,470	0,537	0,608	0,456
2003	0,470	47,310	243,120	0,510	0,608	0,683	0,512
2004	0,760	100,470	581,010	0,760	0,934	1,222	0,917
2005	0,610	89,900	420,740	0,610	0,683	0,762	0,572
2006	0,540	38,810	185,720	0,540	0,683	0,846	0,635
2007	0,470	54,470	558,890	0,470	0,537	0,537	0,403
2008	0,410	60,130	302,330	0,410	0,537	0,537	0,403
2009	1,030	68,910	286,770	1,030	1,222	1,595	1,196
2010	0,540	48,270	337,850	0,550	0,683	0,683	0,512
2011	0,350	89,520	330,290	0,350	0,407	0,47	0,353
2012	0,350	55,420	334,070	0,380	0,47	0,537	0,403
2013	0,290	57,550	592,190	0,330	0,349	0,349	0,262
2014	0,290	97,700	503,490	0,320	0,537	0,608	0,456
2015	0,980	62,760	305,520	0,980	1,055	1,111	0,833
2016	0,710	43,840	519,640	0,710	0,706	0,77	0,578
2017	0,247	29,150	194,190	0,247	0,247	1,393	1,045
2018	1,059	53,570	376,430	1,436	0,378	1,199	0,899
2019	0,119	24,850	251,540	0,119	0,247	0,581	0,436

Fonte: Autores (2022).

A variação da $Q_{7,10}$ para ambas estações foi um indicativo da flexibilidade das vazões de referência, não houve flexibilidade considerável entre a $Q_{7,10}$ e as vazões mínimas anuais, foi notório a diminuição da $Q_{7,10}$ ao longo do tempo, sendo que as menores ocorreram na estação

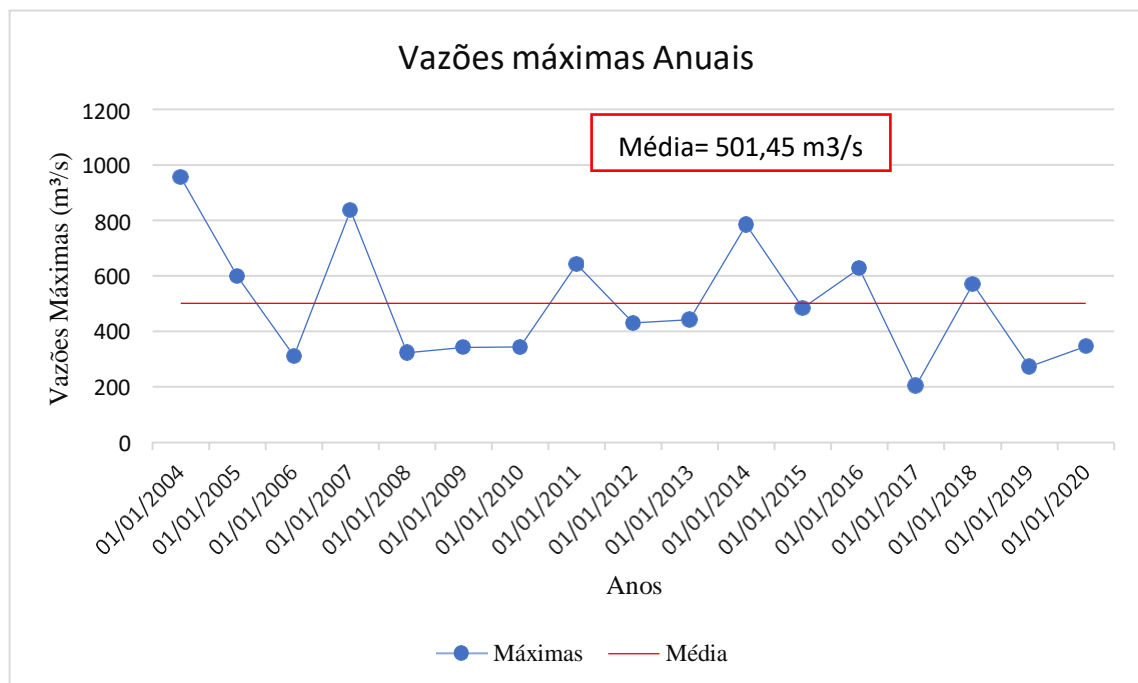
PraiaAlta (26720000), nessa as vazões começaram a diminuir significativamente a partir do ano de 2002, já a estação Projeto rio formoso (26730000) a partir de 2015, ocorrendo também com a Q_{95} .

Geralmente, observa-se que na estação Praia Alta (26720000), localizada mais próximo à cabeceira, e com menor área de drenagem, possui valores de vazões mínimas de referência inferiores, se comparados com as vazões da estação Projeto rio formoso (26730000), expressando continuidade de vazões com o aumento das áreas de drenagem.

Para a vazão de permanência Q_{90} o comportamento foi de aumento das vazões no sentido da foz, como o esperado, dado que a área de contribuição aumenta. Esse fato das vazões $Q_{7,10}$ e da Q_{95} serem maiores nas estações de cabeceira pode ser justificado em função da geologia local e da recarga dos aquíferos.

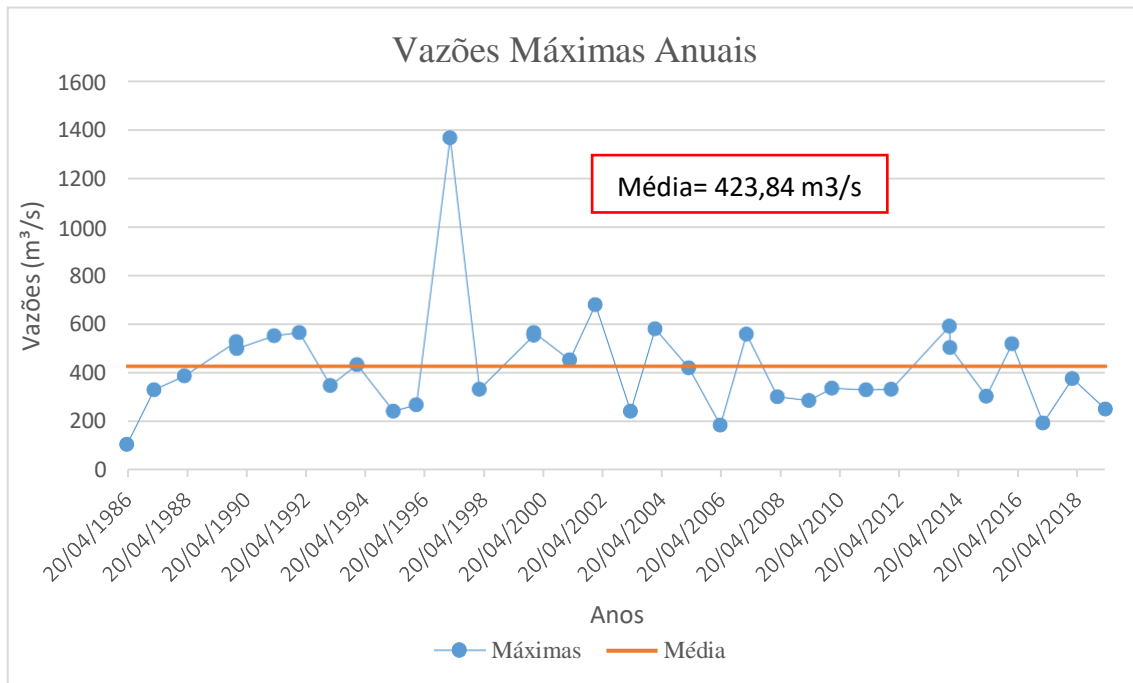
As vazões outorgáveis representadas por 75% da Q_{90} , conseqüentemente aumentam mediante uma maior área de contribuição, nesse sentido, as vazões de retiradas no sentido da foz do rio serão maiores, portanto, nesses trechos o Rio formoso apresentará estágios mais críticos.

Gráfico 1- Vazões Máximas Mensais da Estação Projeto Rio Formoso (2673000).



Fonte: Autores (2022).

Gráfico 2- Vazões Máximas Mensais Estação Praia Alta (2672000).



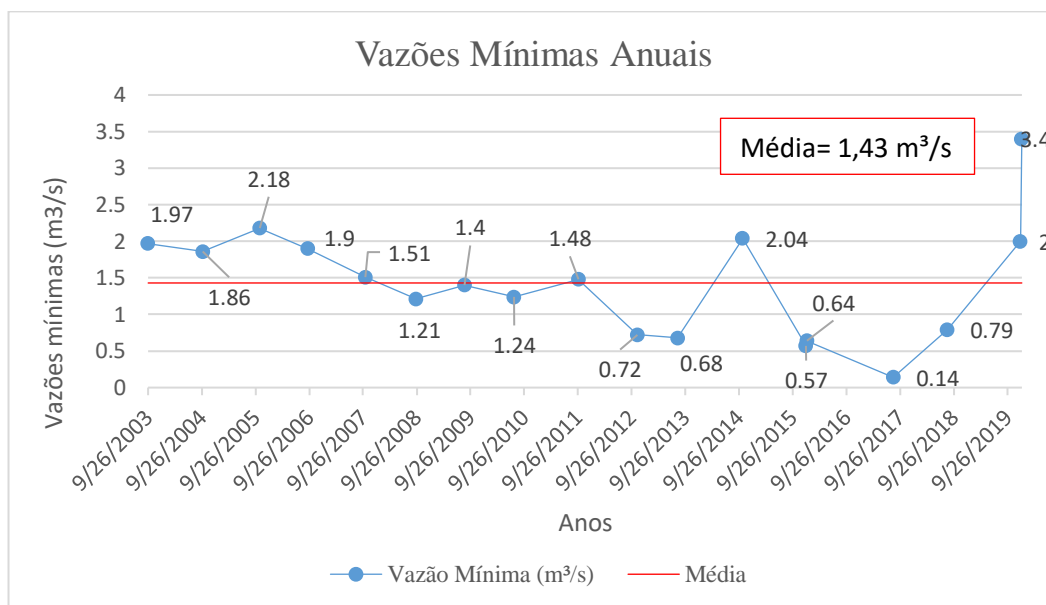
Fonte: Autores (2022).

A partir dos gráficos anteriores de cada estação, nota-se que os picos de vazão do rio Formoso são bem distribuídos ao longo da série, a menor vazão registrada da estação projeto rio formoso ocorreu em 2017 com 203,89 m³/s, já a maior vazão registrada ocorreu em 2004, logo é notório que gradativamente as vazões máximas diminuem a partir de 2005, cerca de 55,5% das vazões ficaram abaixo da média, sendo que as médias de ambas estações estão bastante próximas, ou seja, os maiores picos já registrados ocorreram em intervalos de tempos bem maiores do que as vazões máximas que ficaram abaixo da média, sendo um parâmetro muito importante, quando se trata de dimensionamento de áreas de drenagem, de vertedouros, pontes, análise de riscos de inundação, entre outros.

Nas séries históricas, observa-se que as vazões médias máximas ficaram próximas, indicando que em ambas, os valores das vazões máximas observadas estão próximos. A menor vazão máxima registrada pela estação Praia Alta foi de 107,01 m³/s e a maior de 1367,21 m³/s, observa-se que o rio apresentou uma certa estabilidade de vazões máximas, no período de 1990 a 1993 e de 2008 a 2014. No ano em que ocorreu a maior vazão já registrada o País enfrentava um El Niño intenso é um fenômeno atmosférico-oceânico que provoca o aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico tropical, influenciando bastante a distribuição da temperatura da

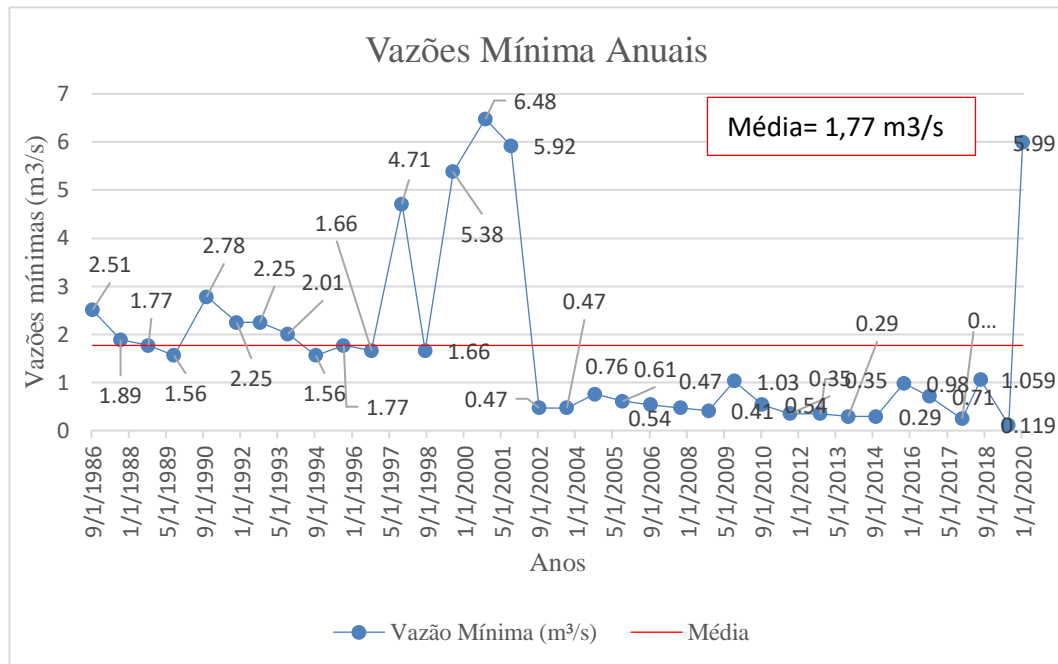
superfície da água e, conseqüentemente, o clima de várias regiões do mundo (Philander, 1989). Essa pico alto de vazão seguido e fortes períodos de estiagem a partir de 1998 possivelmente são efeitos da intensidade desse evento atmosférico nesse período.

Gráfico 3-Vazões mínimas anuais, estação 26730000.



Fonte: Autores (2022).

Gráfico 4-Vazões mínimas anuais, estação 26720000



Fonte: Autores (2022).

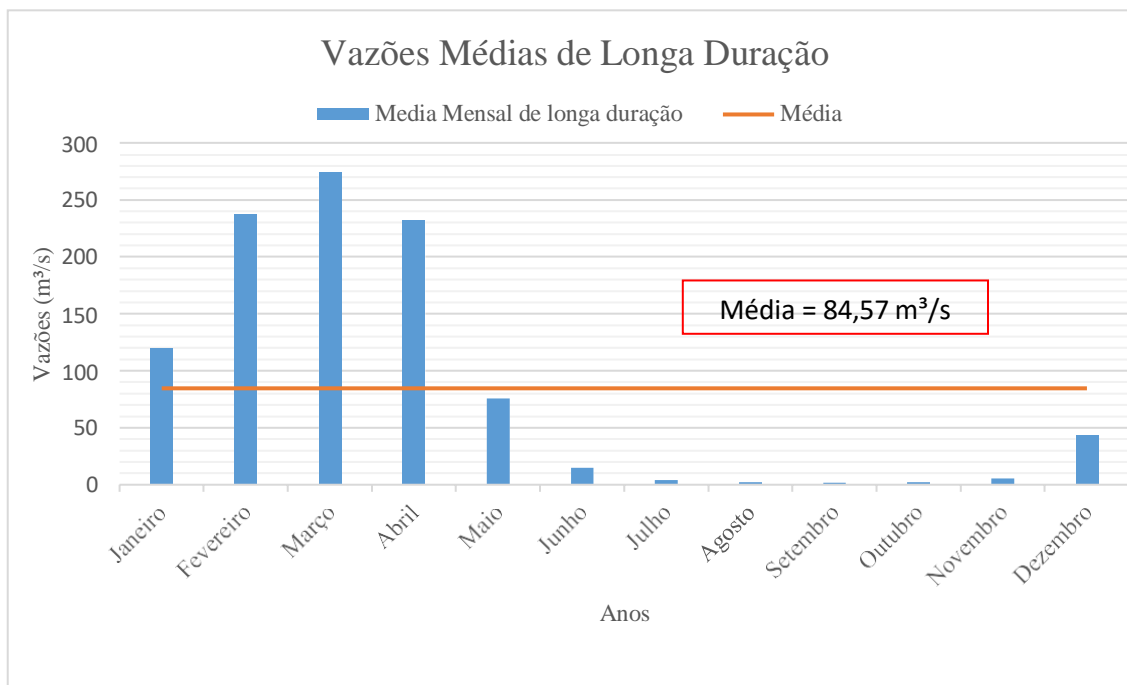
Em ambas estações houve diminuição das vazões mínimas a partir do ano 2000, ficando abaixo da média, podendo ser explicado segundo o Mapbiomas (2020) pelo crescente uso e ocupação do solo que se intensificaram a partir desse período no estado do Tocantins. Observa-se, na estação Projeto Rio Formoso, que as menores vazões ocorreram nos anos de 2012, 2013, 2015, 2016 e 2017, já com relação à estação Praia Alta, as vazões mínimas mais críticas foram identificadas no período de 2002 a 2017 com destaque para o ano de 2017, que em ambos períodos analisados, apresentaram os menores valores já registrados, essa variável hidrológica é de suma importância quando se quer descobrir a disponibilidade hídrica em períodos críticos.

Em uma análise mais acentuada, das tabelas 5 e 6, pode-se fazer uma relação entre as vazões mínimas e 75% da Q_{90} (Vazão outorgável) para identificar os anos em que a disponibilidade hídrica foi crítica no período seco ou ficou no limite. Para estação 2673000, 47,1% dos anos as vazões mínimas registradas ficaram abaixo da vazão outorgável, o que tornaria inviável retiradas nesses anos, já na estação 26720000, em 38,2% dos anos as vazões mínimas ficaram abaixo da vazão outorgável, ocorreu ainda, períodos que coincidiram, ou seja, foram críticos em ambas estações, esses anos foram: 2004, 2009, 2012, 2014 e 2017, portanto esses anos foram os que tiveram vazões notoriamente reduzidas.

As reduções das vazões de um rio estão relacionados a outros fatores além de seus usos como, por exemplo, as mudanças de temperatura da atmosfera, e sua influência no ciclo hidrológico. Segundo Pelinson (2019) as alterações nesse ciclo aumentam os níveis de vapor de água na atmosfera e tornam a disponibilidade desse recurso menos previsível. Isso significa que a evaporação aumenta, alterando a umidade do solo, o escoamento, o regime de chuvas e, conseqüentemente, a disponibilidade de água para o consumo humano. Isso pode causar, entre outros fatores, chuvas torrenciais em algumas regiões, ao passo que outras podem enfrentar condições de seca graves, especialmente durante o verão.

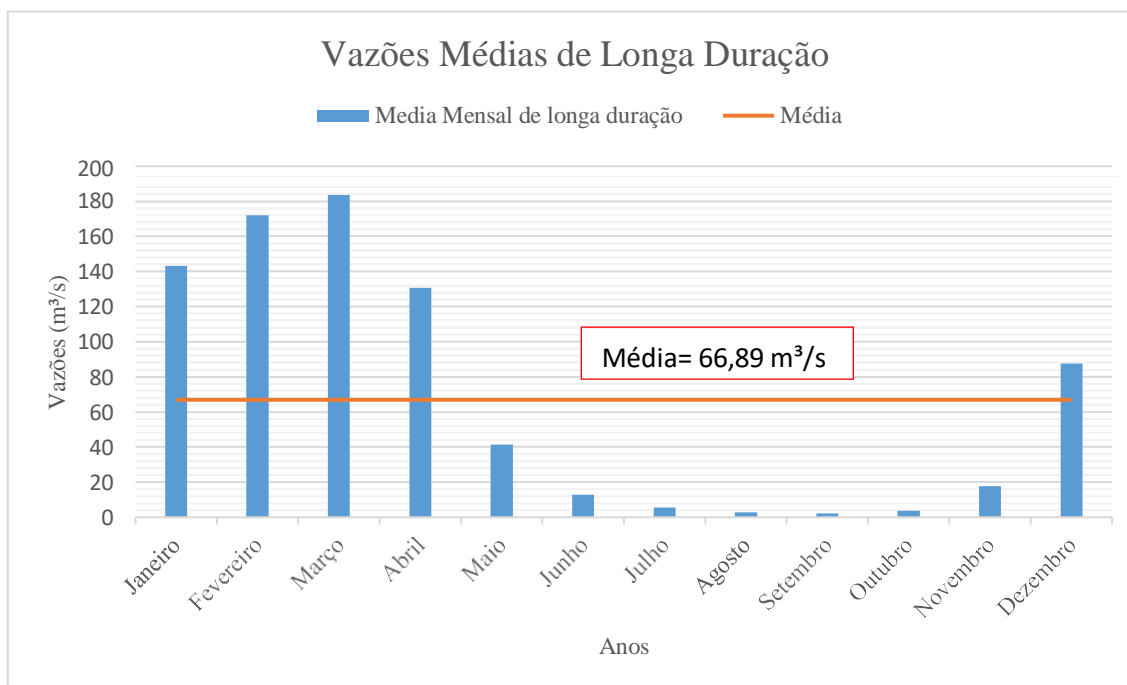
O presente estudo propôs, inicialmente, identificar as vazões máximas e mínimas para posteriormente estabelecer a sazonalidade das vazões do Rio Formoso, por meio dos hidrogramas de vazões médias mensais de longa duração feitas para cada estação. Para Barcellos (2017) o rio apresenta dois períodos distintos de disponibilidade hídrica bem distintos, portanto, dois períodos sazonais. A importância de se conhecer eles está na possibilidade de auxiliar a flexibilização na outorga de direitos de uso da água para a bacia hidrográfica, oferecendo aos usuários a chance de utilizar mais água quando o recurso está em abundância e menos nos períodos críticos, com intuito de manter as quantidades mínimas para a manutenção do ecossistema. Portanto, foram estabelecidos períodos sazonais: período chuvoso (dezembro a abril) e Período seco (maio a novembro), como pode ser analisado nos gráficos 5 e 6.

Gráfico 5-Vazões médias mensais de longa duração da estação Projeto Rio Formoso (26730000).



Fonte: Autores (2022).

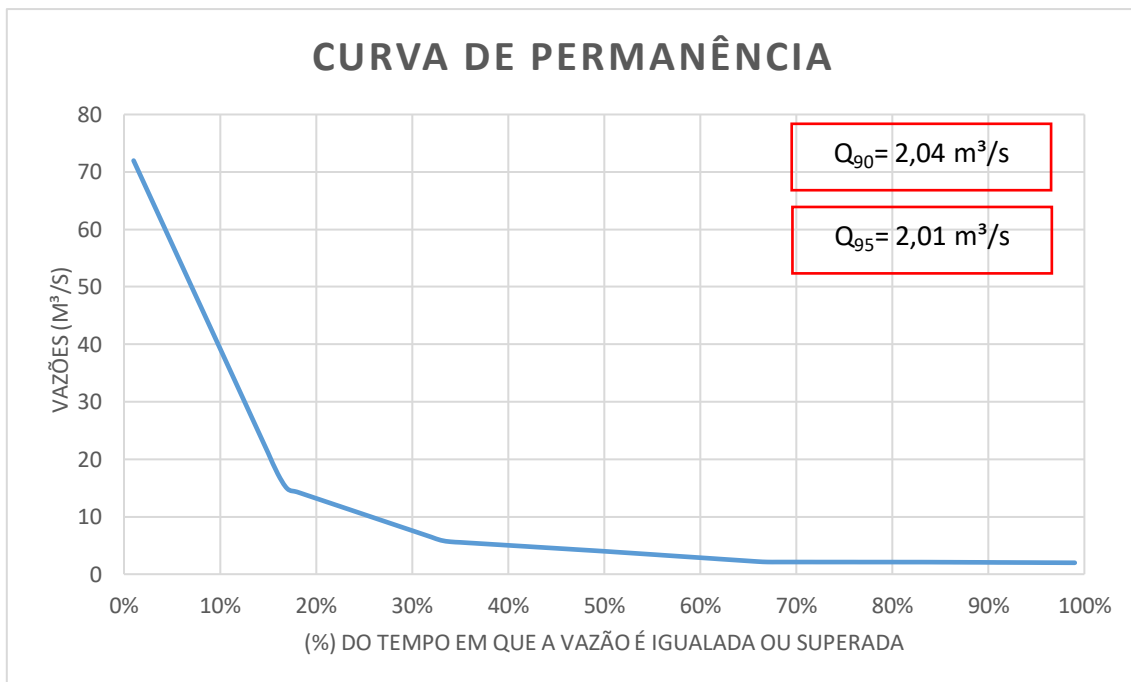
Gráfico 6-Vazões médias mensais de longa duração da estação Projeto Rio Formoso (26720000).



Fonte: Autores (2022).

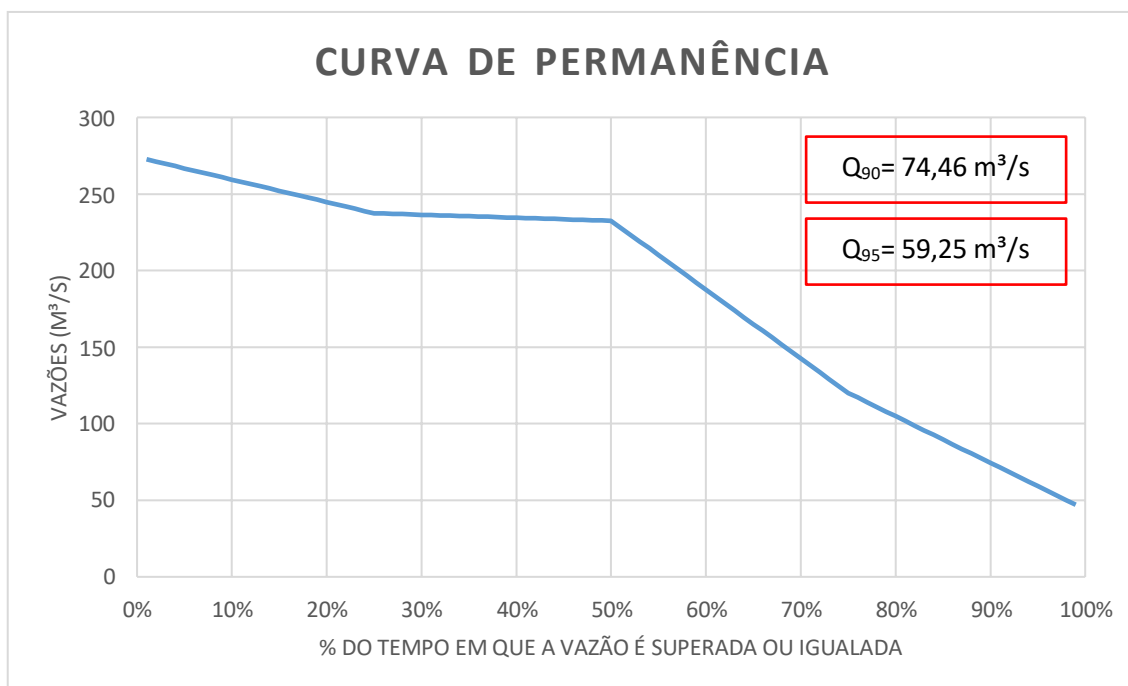
A partir dos gráficos pode ser visualizado a sazonalidade do rio formoso sendo possível identificar os meses em que ocorrem os períodos chuvoso e seco, essa análise pode ser feita identificando os valores que estão acima ou abaixo da média, logo, pode-se concluir que o período chuvoso começa em dezembro e se estende até abril, já o período seco, começa em maio e se estende até novembro. Posteriormente a definição do período sazonal, o estudo partiu para a definição das curvas de permanência para o período seco e chuvoso de cada estação, como pode ser visualizado nos gráficos 7 a 10:

Gráfico 7-Curva de permanência do Período Seco da estação 26730000.



Fonte: Autores (2022).

Gráfico 8-Curva de permanência do Período Chuvoso da estação 26730000.

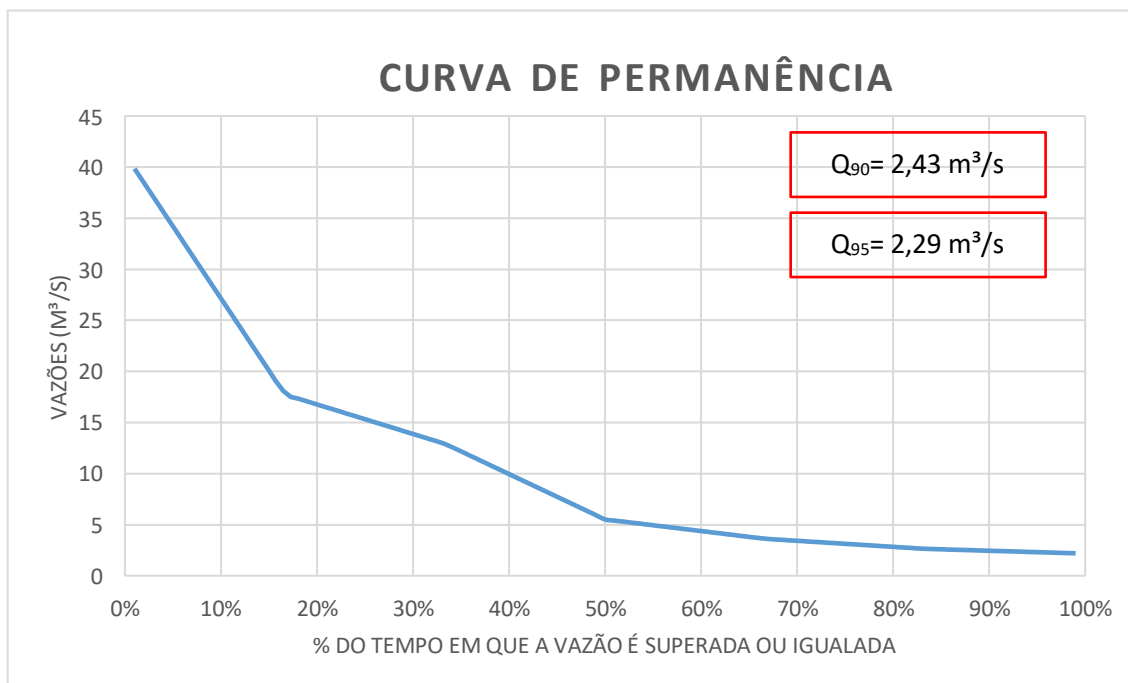


Fonte: Autores (2022).

A curva de permanência da estação projeto rio formoso para o período seco apresentaram Q_{90} e Q_{95} de $2,04 \text{ m}^3/\text{s}$ e $2,01 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente, em casos de outorga a somatória das vazões outorgadas não podem ultrapassar $2,04 \text{ m}^3/\text{s}$ essa é a vazão correspondente a 90% do tempo do rio.

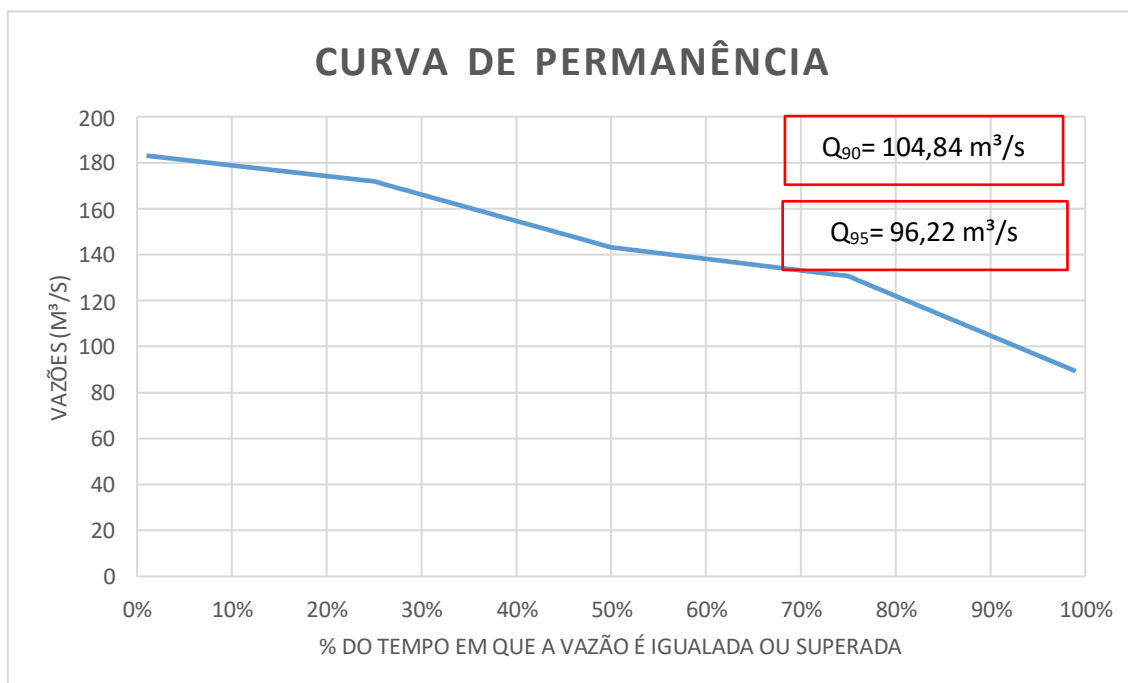
Nota-se que durante a estiagem as vazões ficam em 100% do tempo as vazões ficam abaixo da média de longa duração para essa estação, a curva de permanência para o período chuvoso em média a partir de 85% do tempo já se comporta acima da média.

Gráfico 9- Curva de permanência do período seco da estação 26720000



Fonte: Autores (2022).

Gráfico 10-Curva de permanência do Período Chuvoso da estação 26720000.



Fonte: Autores (2022).

A curva de permanência da estação projeto rio formoso para o período seco apresentaram Q_{90} e Q_{95} de 2,43 m³/s e 2,29 m³/s respectivamente, em casos de outorga a somatória das vazões outorgadas não podem ultrapassar 2,43 m³/s essa é a vazão correspondente a 90% do tempo do rio, nas curvas de permanência para cada estação a Q_{90} e Q_{95} permaneceram a abaixo de 10 m³/s, na estação Praia Alta tanto a Q_{90} quanto a Q_{95} foram maiores que na estação Projeto rio Formoso, o que significa, que a disponibilidade hídrica se torna mais crítica no sentido da foz do rio, justamente porque as demandas aumentam nesse sentido.

No período chuvoso ambas estações apresentaram grandes variedades no seu comportamento, entretanto vazões maiores ocorreram na estação fluviométrica Praia Alta, sendo esta mais próxima a cabeceira do Rio Formoso.

Os períodos críticos de cada estação em questão, podem ser identificados na coluna 75% da Q_{90} das tabelas 5 e 6, dessa forma, os resultados apresentados para 75% da Q_{90} demonstram a vazão máxima permitida outorgável para diferentes fins analisados para cada ano. Vazões acima da calculada representam que a disponibilidade hídrica do Rio Formoso possa ficar comprometida. Para analisar mais detalhadamente o período crítico e determinar os momentos em que a disponibilidade hídrica ficou no limite, foi realizada uma análise mensal com base na vazão média. Essa análise é mostrada nos gráficos do Apêndice A.

A partir dos gráficos, é possível identificar os meses em que as vazões médias apresentadas encontram acima do valor correto, conforme ao estabelecido pelo Naturatins, nesse sentido, infere-se que os períodos críticos do Rio Formoso entre os anos de 2004 a 2019 são percebidos no período seco do rio entre maio e novembro, sendo esta a época em que o rio está mais vulnerável às captações sendo necessário a diminuição ou até mesmo a intervenção das mesmas.

Mediante a todos anos analisados da estação 26730000, os que se demonstraram mais críticos foram os anos de 2013, 2016 e 2017 estes apresentaram vazões nas faixas decimais e ficaram muito abaixo dos demais, para estação 26720000 os anos mais críticos foram os anos de 2002 a 2019, no intervalo mencionado a disponibilidade hídrica do rio ficou mais comprometida ou no limite da vazão outorgável, como o mesmo está localizado em uma área muito crítica no que diz respeito ao quantitativo hídrico, conseqüentemente o balanço hídrico da região fica bastante sensível às captações o que colabora com o surgimento de muitos anos críticos como os já mencionados, observou-se ainda que esses períodos acontecem em 100% dos casos no período de estiagem.

Nesse sentido, as vazões de referência são muito importantes, uma vez que é possível determinar a disponibilidade hídrica analisando os períodos críticos, isso faz com que os usos múltiplos da água não sobrecarreguem os recursos hídricos nos seus momentos de maior vulnerabilidade, minimizando os danos referentes à qualidade e quantidade de água nos corpos hídricos.

Ostjen (2016) salienta que para atender às necessidades dos organismos do ecossistema, a quantidade e a qualidade da água devem ser suficientes, pois os dois dependem um do outro, pois a qualidade da água depende da quantidade de água existente que dissolve, dilui e transporta substâncias.

Portanto, as vazões de referência visam oferecer garantia dos usos múltiplos, bem como a proteção dos corpos hídricos, impedindo que os volumes outorgados comprometam as condições necessárias a manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos (GRANZLER, 2013). Da mesma maneira, também são importantes para o enquadramento dos corpos hídricos que visam definir classes de qualidade da água para seus usos preponderantes.

Após conhecer as vazões máximas, médias, mínimas, e as vazões Q_{95} , Q_{90} , e $75\% Q_{90}$ já calculadas anteriormente, foi possível identificar os períodos em que há déficit na disponibilidade hídrica, ou seja, em que ficou próxima ao limite, essa etapa foi realizada por meio do cálculo da subtração entre as vazões médias mensal de longa duração e a Q_{90} dos momentos seco e chuvoso de cada série histórica já calculados, a partir daí foi possível determinar os meses mais críticos do Formoso. Os períodos podem ser visualizados nas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7- Cálculo de identificação dos períodos com déficit hídrico para estação 26720000.

Período	Mês	Vazão média de Longa duração (m³/s)	Q ₉₀ (m³/s)	Saldo (m³/s)
Chuvoso	Janeiro	143,24	104,84	38,4
	Fevereiro	171,91	104,84	67,07
	Março	183,57	104,84	78,73
	Abril	130,68	104,84	25,84
seco	Maio	41,25	2,43	38,82
	Junho	12,9	2,43	10,47
	Julho	5,5	2,43	3,07
	Agosto	2,62	2,43	0,19
	Setembro	2,15	2,43	-0,28
	Outubro	3,6	2,43	1,17
	Novembro	17,72	2,43	15,29

Fonte: Autores (2022).

Tabela 8- Cálculo de identificação dos períodos com déficit hídrico para estação 26730000.

Período	Mês	Vazão média de Longa duração (m³/s)	Q ₉₀ (m³/s)	Saldo (m³/s)
Chuvoso	Janeiro	120,09	74,46	45,63
	Fevereiro	237,46	74,46	163
	Março	274,12	74,46	199,66
	Abril	232,58	74,46	158,12
seco	Maio	75,6	2,04	73,56
	Junho	15,07	2,04	13,03
	Julho	3,99	2,04	1,95
	Agosto	2,1	2,04	0,06
	Setembro	1,97	2,04	-0,07
	Outubro	2,12	2,04	0,08
	Novembro	5,71	2,04	3,67
Chuvoso	Dezembro	44,05	74,46	-30,41

Fonte: Autores (2022).

Mediante às tabelas, nota-se que os meses com menor quantitativo hídrico do Rio Formosoé julho, agosto, setembro e outubro, em destaque ao mês de setembro, pois se constatou ser o mais crítico do rio. O déficit hídrico pode ser percebido quando ocorre saldo negativo, nesse caso configura uma situação onde o rio não teria água disponível o suficiente para ser outorgada, logo

as captações de água poderiam causar a indisponibilidade hídrica comprometendo outros usos bem como as condições necessárias para manter a qualidade da água, processo de auto depuração, vida aquática, entre outros.

Em ambas estações o mês de dezembro ocorreu déficit, sendo que o mesmo está no período chuvoso do rio o que explicaria tal situação é que nesse momento o rio está se recuperando de um período de estiagem, como este é o primeiro mês do período chuvoso, ainda apresenta uma vazão pequena que vai aumentando gradativamente com picos no mês de fevereiro e março.

7 - CONCLUSÕES

Por meio da caracterização morfológica e morfométrica constatou-se respectivamente que o estado do Tocantins possui um clima bem definido com períodos chuvosos e secos nítidos, com seca predominantemente nos meses de maio a setembro e chuvas de novembro a abril, bem como solos diversificados, em sua maioria com baixa saturação, alta acidez, fertilidade e baixa permeabilidade, a hidrográfica do rio Formoso foi caracterizada como alongada sendo assim tem menor concentração de deflúvio, conseqüentemente, menor risco de enchente.

A sistematização para organizar, validar, verificar a consistência e processar os dados, foi crucial para a escolha das estações que tinham a série histórica com dados mais consistidos para as análises no SisCaH. Essa etapa de tratamento se demonstrou satisfatória, pois foi possível escolher as melhores séries históricas para analisar a disponibilidade hídrica do rio Formoso.

As análises fluviométricas realizadas com o SisCaH, tornam-se bem práticas e eficientes, pois o software possui uma interface simples e com as variáveis hidrológicas bem, acessíveis possibilitando um pré-processamento dos dados antes de serem analisados minimizando possíveis erros causados por dados não registrados.

Os picos de vazão do rio Formoso são bem distribuídos ao longo da série, a menor vazão registrada da estação projeto rio formoso ocorreu em 2017 com 203,89 m³/s, já a maior registrada ocorreu em 2004, logo é notório que gradativamente as vazões máximas diminuem a partir de 2005.

Variações na Q_{7,10} para ambas estações mostram flexibilidade na vazão de referência, não há flexibilidade considerável entre Q_{7,10} e a vazão mínima anual, as vazões menores ocorrem na estação Praia Alta (26720000), a partir de 2002 e a partir de 2015 na estação Projeto rio formoso (26730000) isso também ocorre no Q₉₅. Geralmente, observou-se que na estação Praia Alta (26720000), que fica próxima à nascente e possui menor área de drenagem, possui um valor de vazão mínima de referência menor em relação à estação Projeto rio formoso (26730000).

A Q₉₀ se apresentou com o aumento no sentido da foz, visto que a área de contribuição aumenta. Os meses com menor quantitativo hídrico no rio formoso foi julho, agosto, setembro e outubro, destacando-se o mês de setembro como o mais vulnerável do Rio Formoso.

Com o estudo, constatou-se déficit de registros fluviométricos em grande maioria estações por possuírem muitas falhas ou estarem desativadas o que dificultou em alguns momentos encontrar dados concisos do presente estudo, nesse sentido, é de suma importância ampliar o

monitoramento na região por meio da instalação de novas estações de modo a, melhorar a precisão em futuros estudos.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Panorama das águas**. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas>. Acesso em: 4 mai. 2022.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. - 2. ed. -- Brasília: ANA, 2021.

AL, A. M. D. S. E. Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande PB, v. 10, n. 2, p. 375-375, nov./2005.

AL., L. N. L. M. F. E. **Caracterização dos usuários de água da bacia hidrográfica do rio formoso TO: caracterização dos usuários**, Espírito Santo do Pinhal, v. 12, n. 2, p. 2-2, jan./2015. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=3184&article=1284&mode=pdf>. Acesso em: 27 jan. 2022.

ALCÂNTARA, P. G. **Estudo da influência dos usos consuntivos da água do Rio Corrente (BA) na vazão do rio São Francisco**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária Ambiental) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas. Cruz das Almas, p.82.2016.

ALMEIDA, I. K.; ALVES SOBRINHO, T.; SANTOS, B. B. dos; STEFFEN, J. L.; BACCHI, C. G. V. **Métodos estatísticos na determinação de vazão de referência**. *Comunicata Scientiae*, v. 5, n. 1, p. 11-17, 2014.

ANA. **Manual de Usos Consuntivos da Água no Brasil**. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf/view. Acesso em: 5 jun. 2021.

ANEEL. **Aproveitamento hídrico**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br>. Acesso em: 23 jun. 2022.

ARAUJO, A. P.; ROCHA, P. C. Regime de fluxo e alterações hidrológicas no rio Tibagi-bacia do rio Paranapanema / Alto Paraná. **Revista de Geografia**, Recife, v. 7, n. 3. 2010.

Atlas Brasil: abastecimento urbano de água: panorama nacional. Brasília: ANA, 2010.

AZEVEDO, A. A. **Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a sub-bacia do rio paranã**. p. 95, 15 out. 2004.

BARCELLOS, Rodrigo Alves. **O direito humano à água potável e a resolução de conflitos ambientais pelo Ministério Público**.2017.189f. Dissertação (Mestrado profissional e

interdisciplinar em Prestação Jurisdicional e Direitos Humanos) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Prestação Jurisdicional em Direitos Humanos, Palmas, 2017.

BRAGA, Benedito. et al. **Introdução à engenharia ambiental**, 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRANCO, OE de A. Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2006.

BRASIL (1997). **Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**, que institui a Política Nacional dos Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de recursos Hídricos e da Providências.

CAMARA, A. C. F. C. **Análise da Vazão Máxima Outorgável e da Introdução Simplificada da Qualidade da Água no Processo de Outorga da Bacia do Rio Gramame (PB)**. Porto Alegre, 2003. 19 p. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Comitê de Bacias Hidrográficas do Litoral Norte: **disponibilidade hídrica das bacias hidrográficas do litoral norte (ugrhi 03)**. São Paulo: CBH-LN, 2014.

CRISTOFOLETTI, A. 1969. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Revista Geomorfologia**, 18(9):35-64.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 13, n. 1, p. 111–124, 2008.

DINIZ, L. T. et al. **Integração da estão de água e o enquadramento**. In: Workshop sobre gestão estratégica de recursos hídricos. Anais. 1 disco compacto: digital. Parceria Brasileira pela água. Brasília, 2006.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Energia Elétrica**. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt>. Acesso em: 4 mai. 2022.

FILHO, Magalhães; AL, L.n.l; Et. **Caracterização dos usuários de água da bacia hidrográfica do rio formoso to**. Espírito Santo do Pinhal, v. 12, n. 2, p. 107-107, jan./2022. Disponível em: <http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=3184&article=1284&mode=pdf>. Acesso em: 28 jan. 2022.

GRANZLERA, Maria. L. M. A fixação de vazões de referência. **Revista de Direito Ambiental**, v. 70, n. 18, jun. 2013.

GUIMARÃES, H. S. **Estimativa do balanço hídrico como ferramenta para planejamento agrícola no brejo paraibano**: TCC. Orientador: Dr. Guttemberg da Silva Silvino. 2019. 37 f. v. 1, TCC (Graduação) - Curso de Agronomia, Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16553>. acesso em: 3 mai. 2020.

IAT - INSTITUTO ÁGUA E TERRA. **Instituto Água e Terra**. [S.l.]. IAT, 2021. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Outorga-de-Recursos-Hidricos>. Acesso em: 5 jun. 2021.

LANNA, A. E. **Gestão dos Recursos Hídricos**. In: TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: ciência e aplicação. 3. ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH, 2004.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. Recursos Hídricos – Direito Brasileiro e Internacional. Malheiros Editores: São Paulo, 2002.

MAPBIOMAS. Uso e Cobertura do Solo. Disponível em: <https://mapbiomas.org/>. Acesso em: 14 mar. 2022.

MARINHO FILHO, G. M. MACIEL, G. F. DIAS, R. R. MAGALHÃES FILHO, L. N. L. REZENDE, C. DA S. A. FIGUEROA, F. E. V. OLIVEIRA, L. DE M. Avaliação de características morfométricas da bacia hidrográfica do rio Formoso – TO. **Revista Ciências Ambientais**. v.7. n. 1. Canoas, 2013. P 37 - 48.

MARQUES, F. A. et al. 2019. **PLANO DE GESTÃO OPERACIONAL DE CAPTAÇÕES SUPERFICIAIS NO PERÍODO SECO PARA UMA BACIA CRÍTICA: O CASO DA BACIA DO RIO FORMOSO/TO**.

MARQUES, F. A.; SILVA, D. D.; RAMOS, M. M.; PRUSKI, F. F. **AQUORA – Sistema Multi-Usuário para Gestão de Recursos Hídricos**. v.14, n. 4, 51-69, 2009.

MENDES, L. A. **O impacto dos usos consuntivos na operação de sistemas de reservatório para produção de energia elétrica. 2012**.

MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D.; SILVA, M. P. Atlas hidrológico da bacia hidrográfica do rio Grande. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 6, n. 2, p. 47-58, 2014.

NATURATINS. Divisão de Outorga. Disponível em: <https://www.to.gov.br/naturatins/divisao-de-outorga/5z7gnzgcxpv2>. Acesso em: 28 jan. 2022.

OSTJEN, R. A. **Disponibilidade hídrica do rio alegria com base em vazões de referência**. Orientador: Profa. Dr^a. Carla Cristina Bem. 2016. 59 f. v. 1, TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, medianeira, 2016.

PARANÁ. **Plano da bacia hidrográfica do paraná 3 demandas hídricas atuais - usos não consuntivos, 2011**.

PELINSON, D. **Análise da variação nas vazões frente a cenários de mudanças climáticas na bacia hidrográfica do rio negro - RS**. Orientador: Rodrigo Cauduro Dias de Paiva. 2019. 53 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Hídrica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul, 2019.

Ribeiro, M. M. R. **Alternativas para outorga e a cobrança pelo uso da água: Simulação de um caso**. Porto Alegre: IPH/URGS, 2000. 200p.

SEPLAN, Secretaria de Planejamento. 2009. **Anuário Estatístico do Estado do Tocantins**. Palmas, Tocantins: SEPLAN, 878p.

SETTI, A.A.; CHAVES, A.G.M.; LIMA, J.E.F.W.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2 ed. Brasília: ANEEL, 2001. 207p.

SETZER, J. **Atlas Climático e Ecológico do Estado de São Paulo**. Comissão Interestadual da Bacia Paraná-Uruguaí, 1966. 61p.

SILVA, A. M. OLIVEIRA, P. M. MELLO, C. R. PIERANGELI, C. **Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais**. RBEA. v.10, n.2, p.374–380, 2006.

SILVA, M. B. S.; SILVA, D. D.; MOREIRA, M. C. Influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga de uso da água: estudo de caso da bacia do rio Paraopeba. **Revista Ambiente e Água, Taubaté**, v. 10 n. 3, p. 623-634, 2015b.

TONELLO, K. C. et al. 2006. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães - Mg. **Revista Árvore**, 30(5):849-857.

TUCCI, C. E. M. Água no Meio Urbano. In: REBOUÇAS, A. et. al, (eds.) **Águas Doces do Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. 2. ed. São Paulo: Escrituras Ed., 2000, p.475-508.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2009. 943 p

UNESP. **caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do açude cachoeira ii , no município de serra talhada - pe, brasil**. Disponível em: <https://www2.unesp.br/>. Acesso em: 23 jun. 2022.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. Influência do uso e ocupação do solo nos recursos hídricos do Córrego Três Barras, Marinópolis. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 55–64, 2010.

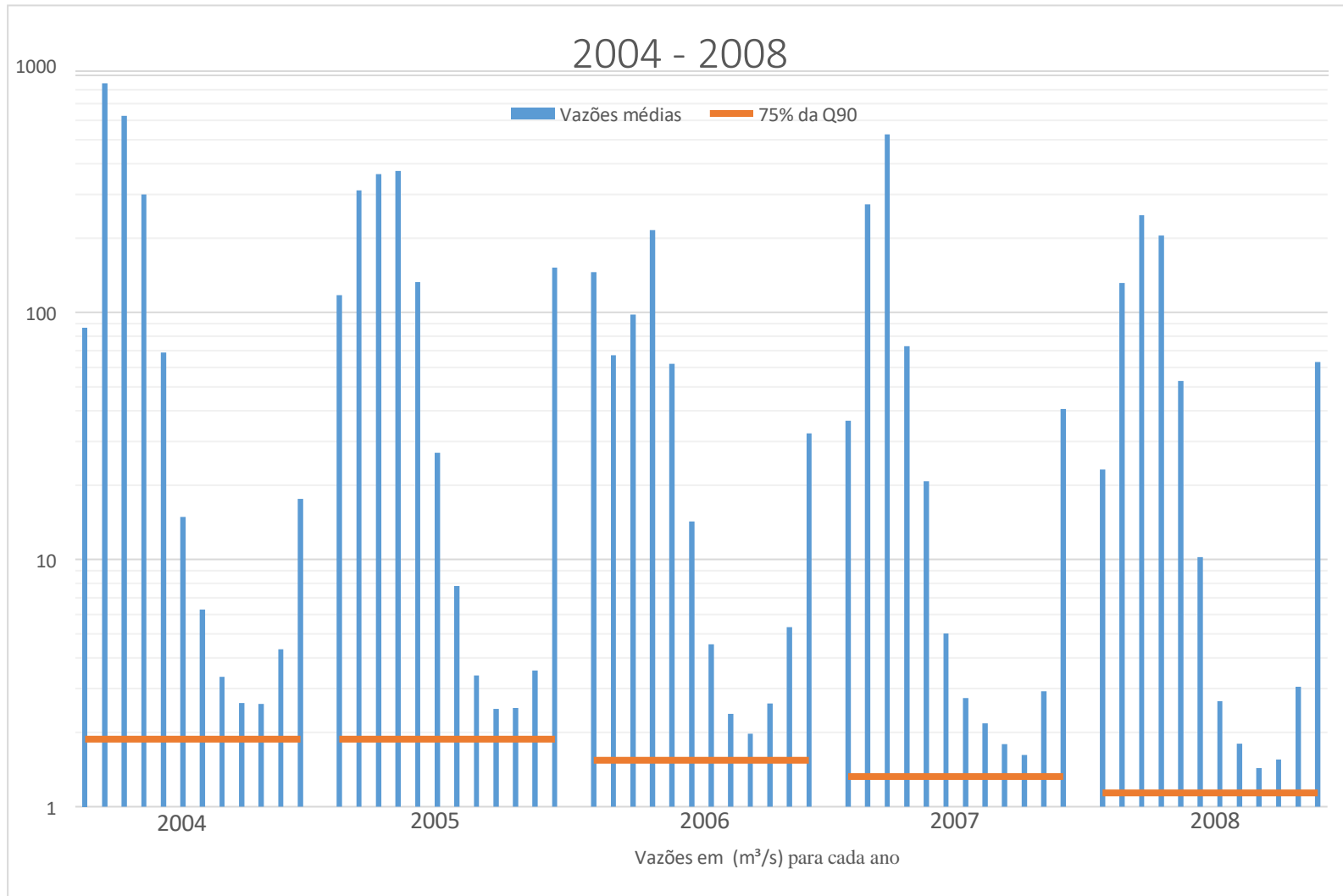
VERGARA, F. E.; REIS, F. C. dos; MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; REZENDE, C. da S. A. **Proposta de vazão de referência Q90 para o Rio Formoso na bacia do Araguaia. Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**. Espírito Santo do Pinhal – SP. v. 10, n. 1, p. 084-102. 2013.

VESTENA, L. R.; OLIVEIRA, E. D.; CUNHA, M. C.; THOMAZ, E. L. **Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na bacia das Pedras, Guarapuava-PR**. *Ambi-Água, Taubaté*, v. 7, n. 3, p. 212-227, 2012.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. 1975. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 245p.

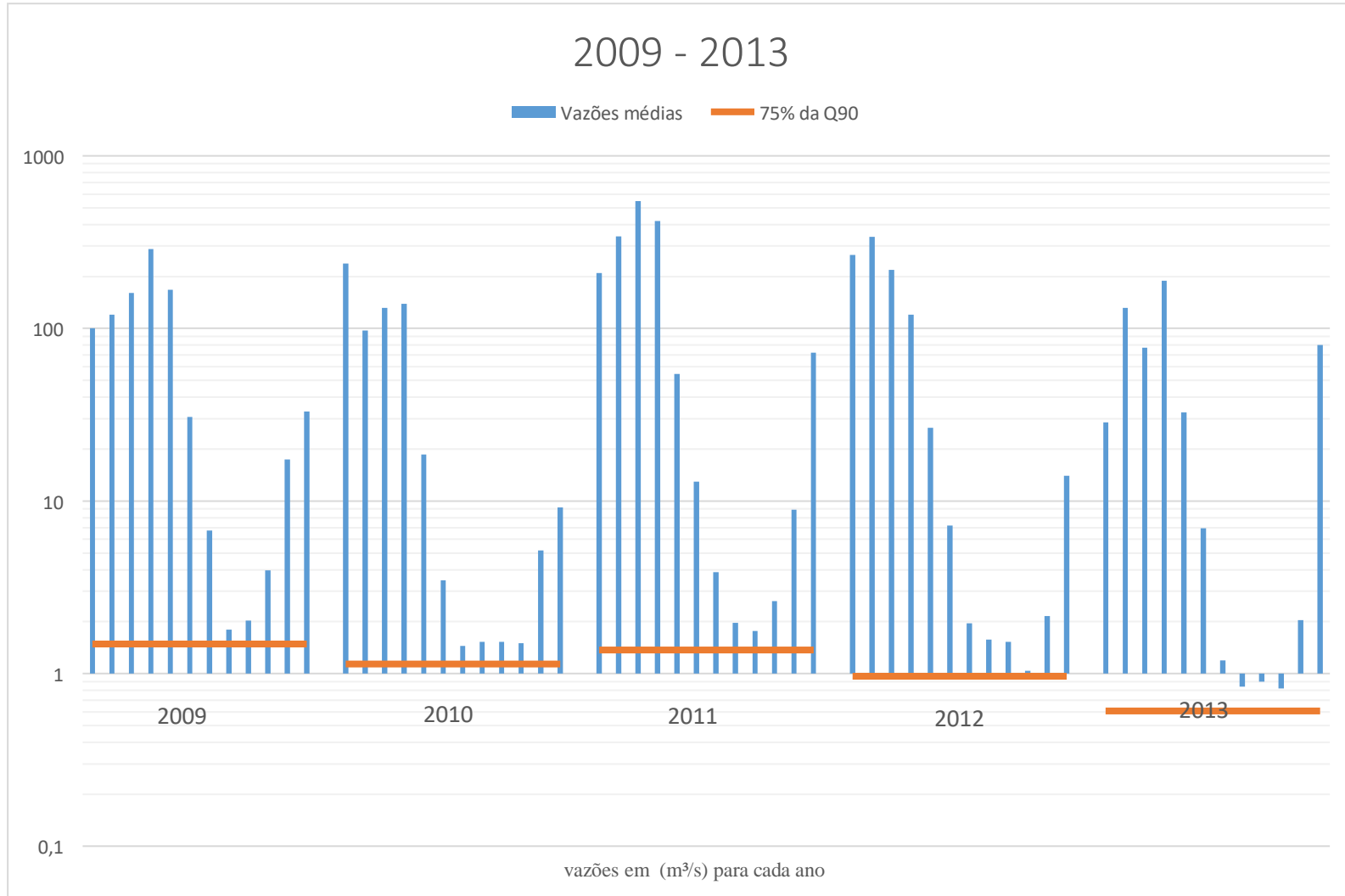
APÊNDICE A

Gráfico 11-Análise dos períodos críticos (2004- 2008), estação 26730000.



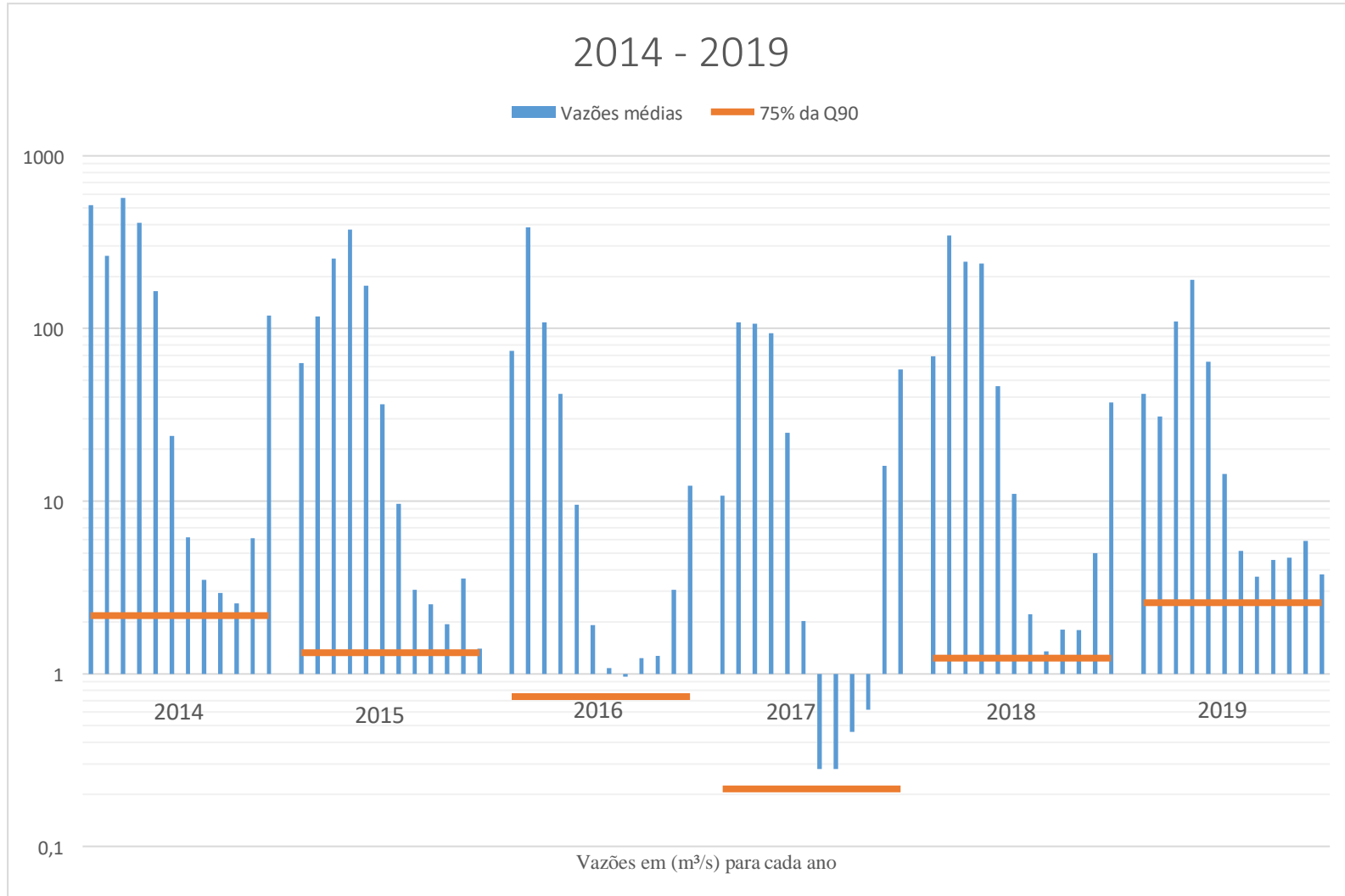
Fonte: Autores (2022).

Gráfico 12-Análise dos períodos críticos (2009- 2013), estação 26730000.



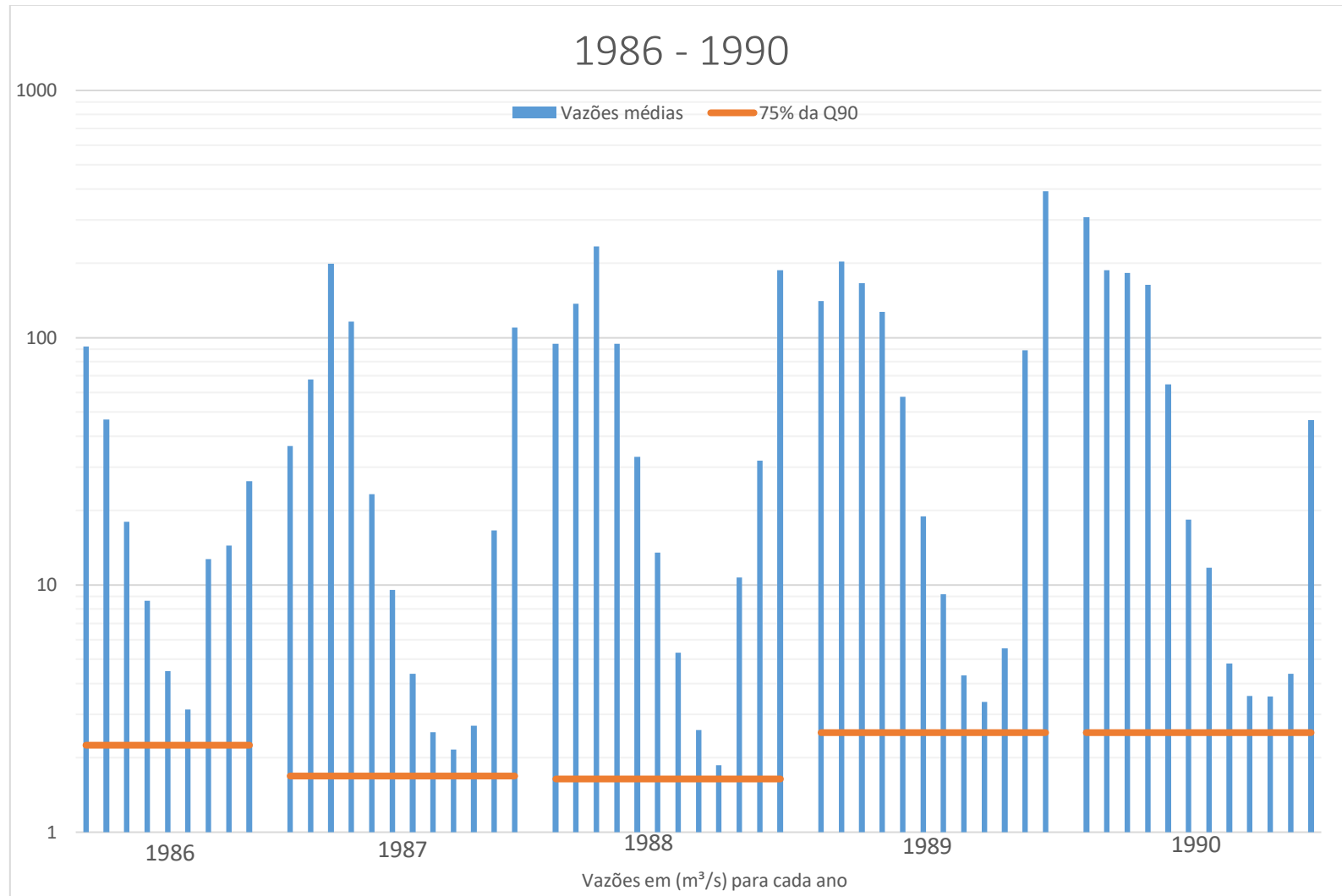
Fonte: Autores (2022).

Gráfico 13-Análise dos períodos críticos (2014- 2019), estação 26730000.



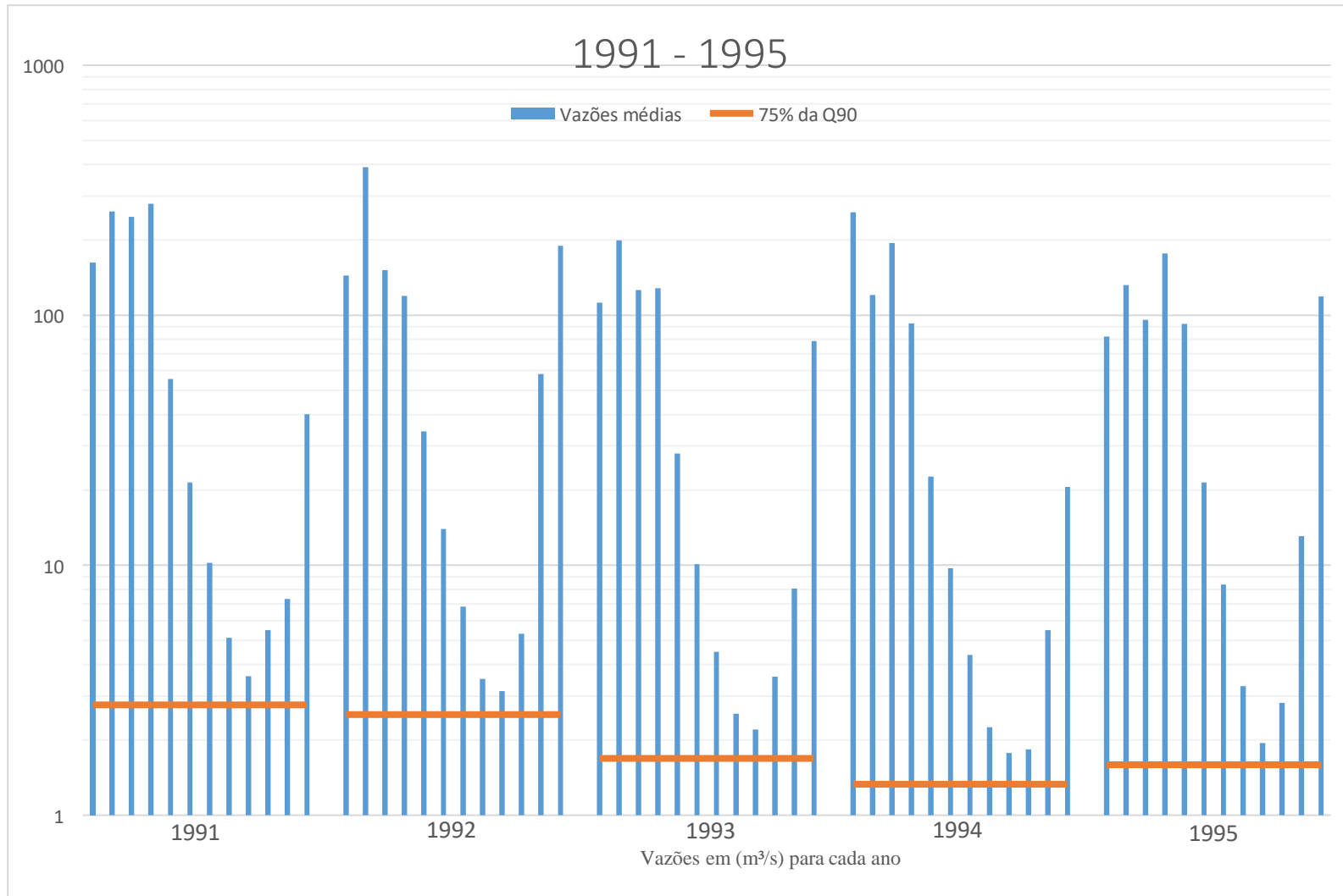
Fonte: Autores (2022).

Gráfico 14 -Análise dos períodos críticos (1986 - 1990), estação 26720000.



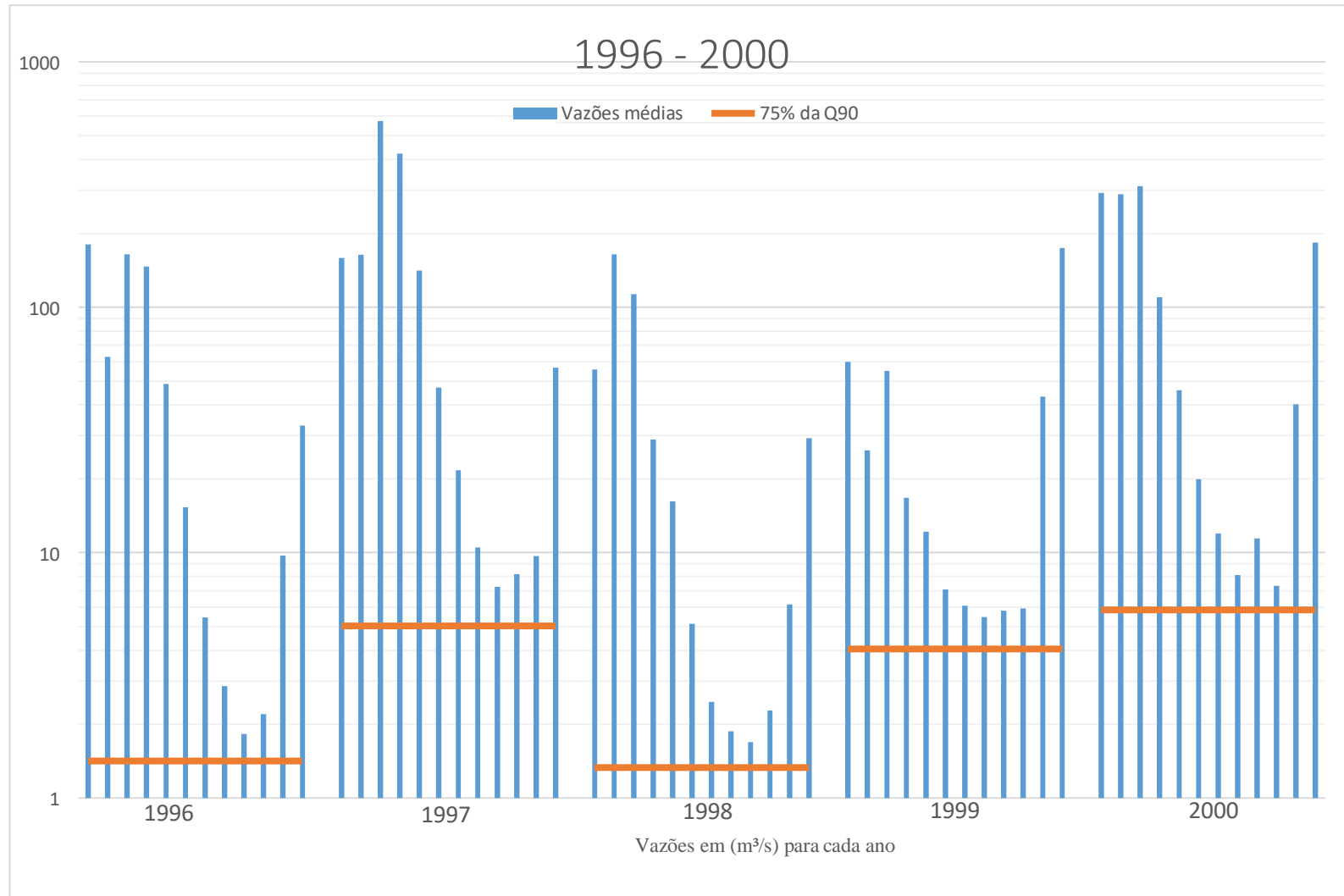
Fonte: Autores (2022).

Gráfico 15- Análise dos períodos críticos (1991- 1995), estação 26720000.



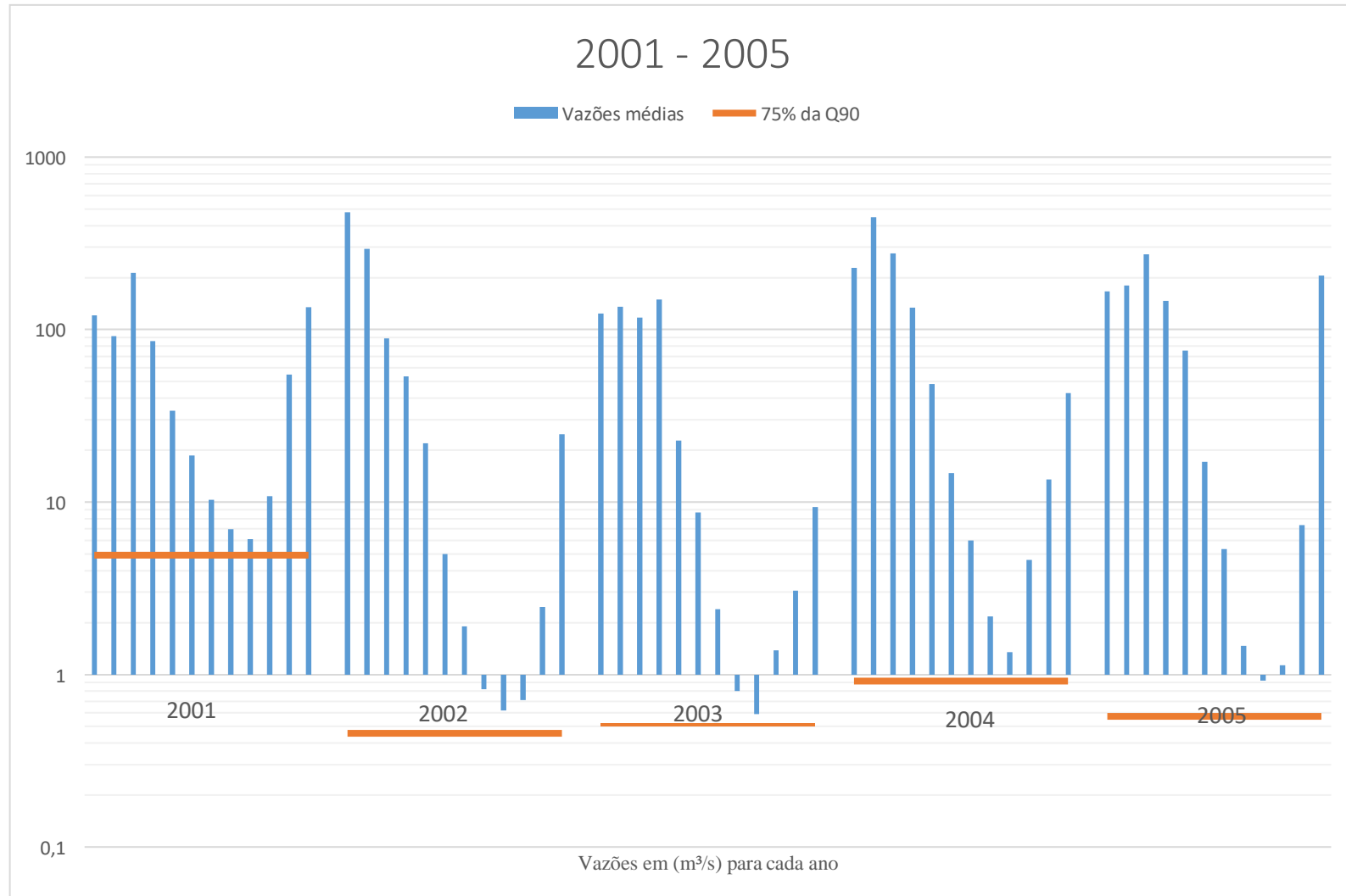
Fonte: Autores (2022).

Gráfico 16- Análise dos períodos críticos (1996- 2000), estação 26720000.



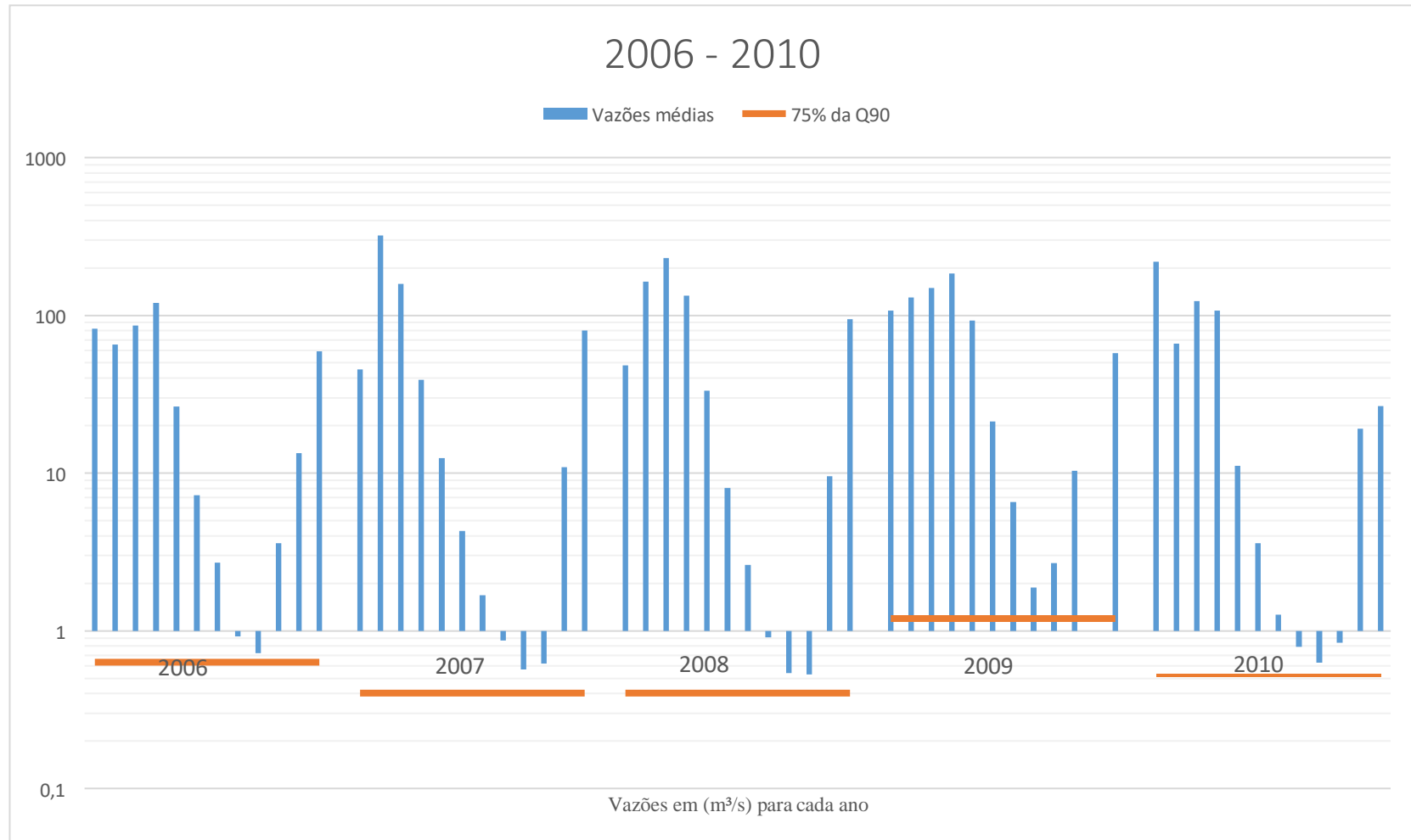
Fonte: Autores (2022).

Gráfico 17-Análise dos períodos críticos (2001- 2005), estação 26720000.



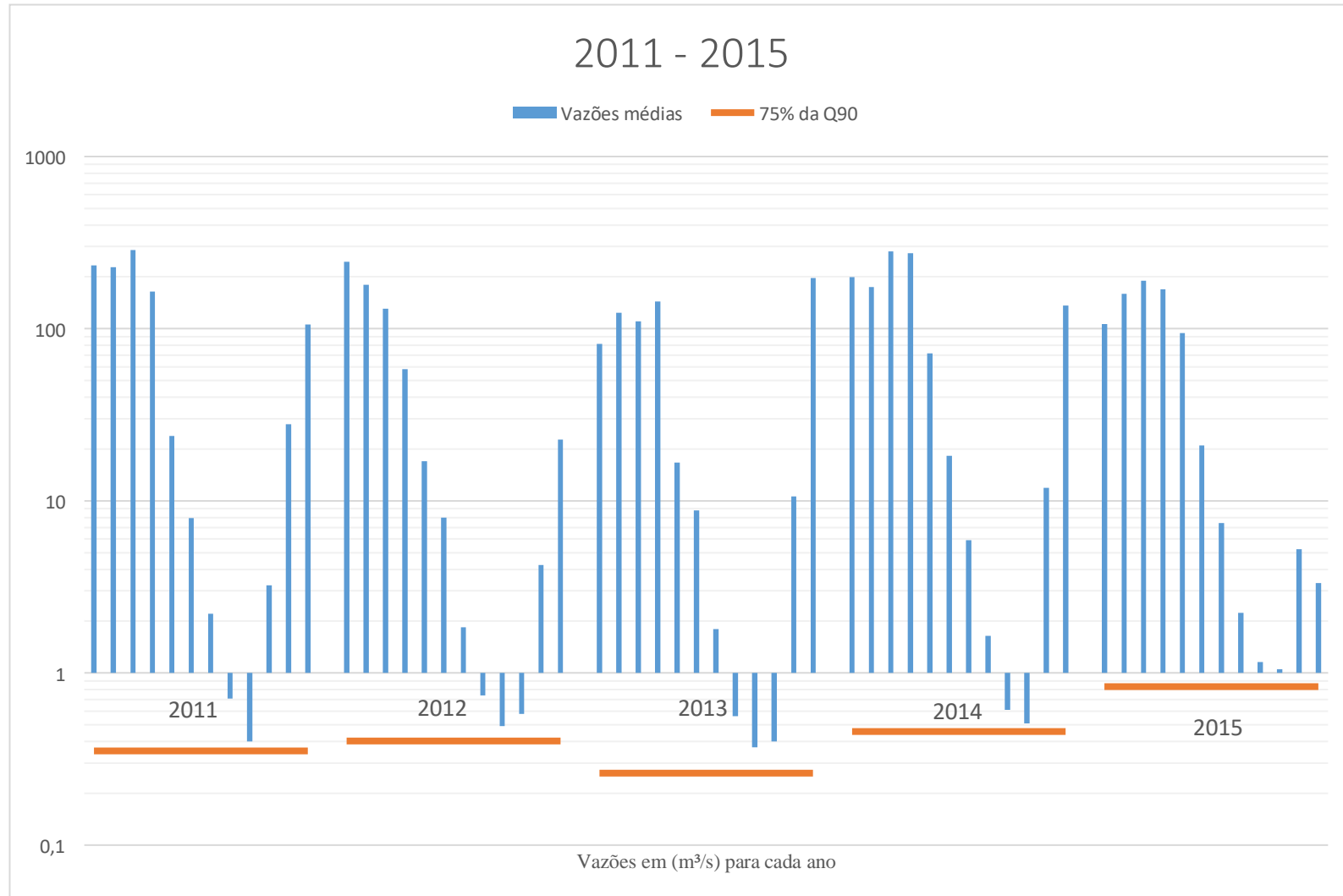
Fonte: Autores (2022).

Gráfico 18- Análise dos períodos críticos (2006- 2010), estação 26720000.



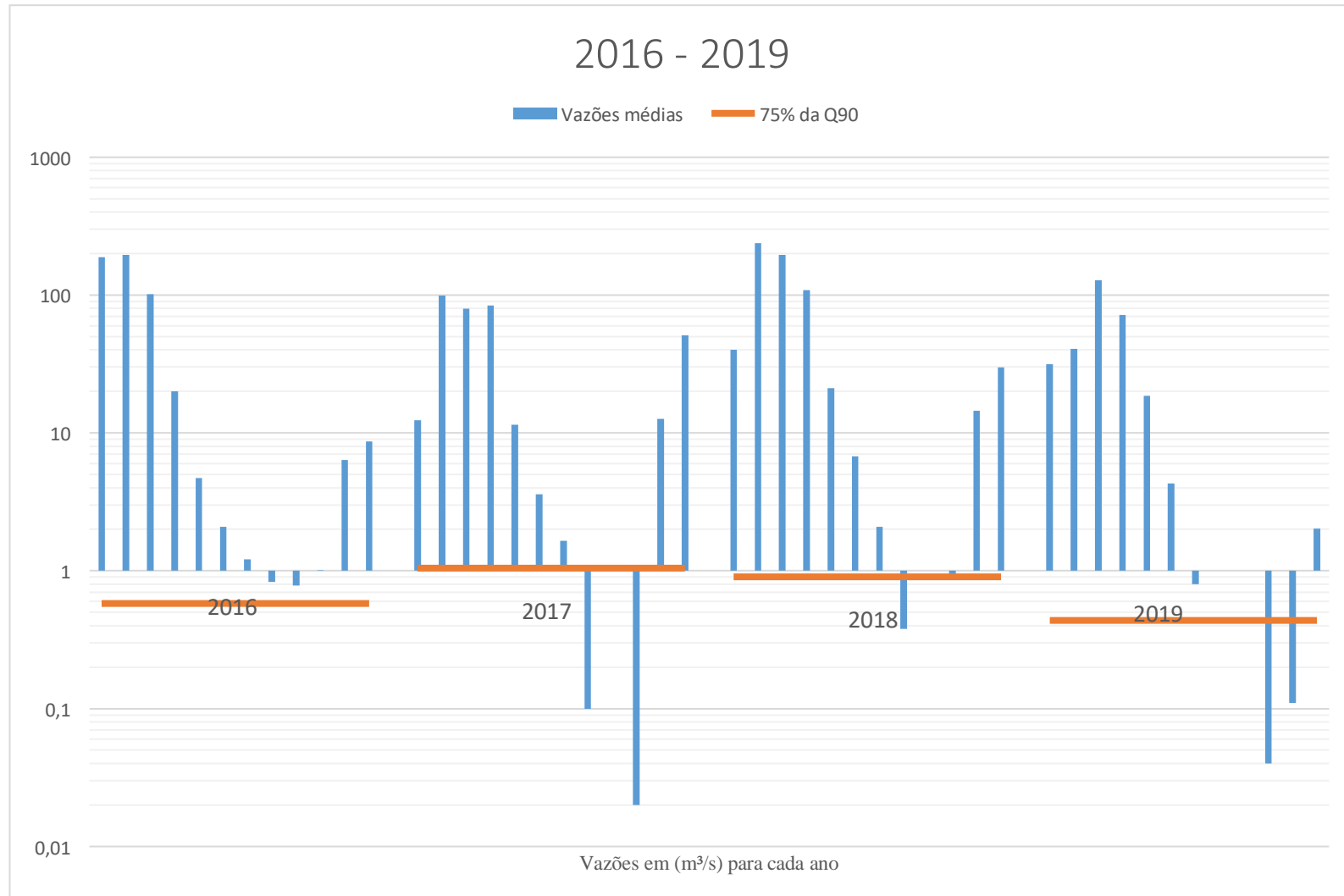
Fonte: Autores (2022).

Gráfico 19 - Análise dos períodos críticos (2011- 2015), estação 26720000.



Fonte: Autores (2022).

Gráfico 20 - Análise dos períodos críticos (2016- 2019), estação 26720000.



Fonte: Autores (2022).