

Comparações entre Metodologias para Estimativa de Vazões Mínimas de Referência utilizadas em Concessão da Outorga

Comparisons between Methodologies for Estimating minimum reference flows used in Granting Grant

Taena Roberta Poeta Castilho da Silva <http://lattes.cnpq.br/1027184677226261>

Dra. Débora Cintia Marcilio <http://lattes.cnpq.br/7819552476232601>

Dra. Ana Paula Oening <http://lattes.cnpq.br/3366592871800741>

Dr. Daniel Henrique Marco Detzel <http://lattes.cnpq.br/8287047471398895>

Data submissão 26/07/2023

Resumo:

A Política Estadual de Recursos Hídricos visa garantir o controle, para os usuários atuais e futuros, do uso da água e seu uso em quantidade, qualidade e regime satisfatórios. A legislação vigente prevê, como um dos instrumentos de gestão dos recursos hídricos, a outorga de direito de uso da água ao seu titular por prazo pré-estabelecido e de forma pessoal e intransferível. Como apenas parte das vazões mínimas de referência podem ser concedidas, há uma limitação do uso da água. Em períodos de menor disponibilidade hídrica há necessidade de analisar a influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga de uso da água criando alternativas para a gestão dos recursos hídricos. Neste contexto, o presente trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar e comparar as vazões mínimas de referência. Foram utilizados dados de cinco estações fluviométricas das bacias hidrográficas do Alto Iguaçu e Ribeira, ambas localizadas no estado do Paraná, comparando valores exigidos pela legislação vigente com os obtidos por metodologias utilizadas principalmente nos Estados Unidos e Europa: Método Q_{7,10}, Método de Tennant, Método do Perímetro Molhado. Os resultados obtidos permitiram afirmar que as vazões mínimas de referência podem ser ajustadas pois as metodologias aplicadas para as mesmas estações fluviométricas, resultam em valores diversos para as vazões mínimas de referência.

Palavras-chave: Disponibilidade hídrica. Gestão de recursos hídricos. Vazão mínima de referência.

Abstract:

The State Water Resources Policy aims to ensure control, for current and future users, of water use and its use in satisfactory quantity, quality and regime. Current legislation provides, as one of the instruments for managing water resources, the granting of the right to use water to its holder for a pre-established period and in a personal and non-transferable manner. As only part of the minimum reference flows can be granted, there is a limitation on the use of water. In periods of lower water availability, it is necessary to analyze the influence of the seasonality of flows in the criteria for granting water use, creating alternatives for the management of water resources. In this context, the present work was carried out with the objective of evaluating and comparing the minimum reference flows and verifying the possibility of an increase in water availability for different users. Data from five fluviometric stations of the Alto Iguaçu and Ribeira watersheds, both located in the state of Paraná, were used, comparing values required by current legislation with those obtained by methodologies used mainly in the United States and Europe Method, Q_{7,10}Tennant Method, Wet Perimeter Method.

The results obtained allowed us to state that the minimum reference flows can be adjusted since the methodologies applied to the same fluviometric stations result in different values for the minimum reference flows.

Keywords: Water availability. Water resources management. Minimum water reference flow.

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTO

Para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica é necessário que haja o conhecimento da disponibilidade hídrica de seus corpos hídricos. A variedade de interesses para a utilização das águas superficiais juntamente com a disparidade na distribuição da água, uso inadequado e baixa quantidade dos recursos hídricos pode originar desafios e problemas.

A disponibilidade hídrica superficial comumente é representada por uma vazão mínima de referência para fins de gestão e representa a oferta de água a ser considerada no balanço hídrico, e é a outorga de direito de uso dos recursos hídricos que assegura o controle qualitativo e quantitativo da água e o direito de acesso pelos diferentes usuários. A outorga consiste em uma autorização, expedida pelo poder público outorgante, para o uso da água pelos diferentes usuários de uma bacia hidrográfica, por um período predefinido.

De acordo com a RESOLUÇÃO CNRH 140, de 21 de agosto de 2012, (BRASIL, 2012) a vazão de referência é aquela que representa a disponibilidade de água em um curso d'água, associada a uma determinada probabilidade de ocorrência. Essa definição estabelece uma base para avaliar a disponibilidade hídrica em relação às demandas dos usuários. Por sua vez, a RESOLUÇÃO Nº 1.938, de 30 de outubro de 2017, (BRASIL, 2017) emitida pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), define os usuários como aqueles que realizam diferentes usos dos recursos hídricos, os quais estão sujeitos a processos de outorga preventiva e direitos de uso de recursos hídricos sob domínio da União. Esses usos podem incluir captações e derivações de água para consumo final, utilização como insumo em processos produtivos, transporte de minérios, lançamentos de efluentes com finalidade de diluição, transporte ou disposição final, piscicultura em tanques-rede seguindo parâmetros outorgáveis de qualidade, acumulação de volumes de água que alteram o regime de vazões ou níveis, e aproveitamentos de potenciais hidrelétricos. Essas definições estabelecem uma base normativa para a gestão e regulação dos recursos hídricos, considerando a disponibilidade, a demanda e os diferentes usos da água, com o objetivo de assegurar o equilíbrio entre a exploração sustentável e a preservação.

Sendo assim, é de suma importância estudos que quantifiquem vazões de referência para atender de maneira mais eficiente as demandas dos usuários e manter uma vazão mínima.

O futuro desenvolvimento da hidrologia requer uma melhor comunicação entre cientistas e tomadores de decisão, para garantir que estudos hidrológicos se traduzam em ações para tornar a gestão dos recursos hídricos mais sustentável (Oki & Kanae 2006).

No Brasil a outorga é o instrumento de concessão que garante a qualidade e quantidade da água. A concessão da quantidade de água é dada por uma vazão que, por sua vez significa o volume de um fluido que passa por uma seção por determinado período. A vazão de um corpo hídrico é influenciada diretamente pela chuva. Períodos de seca e chuva alteram os volumes dos rios.

A vazão mínima de referência está associada às vazões mínimas do corpo d'água, de forma a caracterizar uma condição de maior garantia de água possível aos usuários de recursos hídricos

As autorizações para as retiradas de água (outorgas) só podem ocorrer até o limite desse valor, além do qual pode haver prejuízos quanto à disponibilidade hídrica para outros usuários e para a manutenção do equilíbrio ecológico. A outorga concedida ao usuário estipula um prazo máximo legal de vigência que, segundo a lei que Institui a Política Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídrico, a Lei nº 9.433/97 (BRASIL, 1997) é de 35 anos.

Em geral, as vazões outorgáveis no Brasil têm sido determinadas através da legislação nos níveis estadual e federal. As legislações ambientais e de recursos hídricos do país não apontam explicitamente o detentor da competência para a definição da vazão referência (Silva, et al, 2005).

As vazões mínimas de referência adotadas para fins de outorga, pelos órgãos gestores de recursos hídricos, influenciam diretamente no total disponível para outorga. Os critérios de análise dos pedidos de outorga utilizados pelos órgãos de gestão assentam em diferentes fluxos mínimos de referência, bem como nas percentagens consideradas concedíveis (SILVA; SILVA; MOREIRA, 2015b). Ao utilizar, em um processo de outorga, um valor fixo em todos os meses do ano, desconsideram-se as variações sazonais da disponibilidade hídrica, implicando na concessão de vazões bastante restritivas em períodos de maior disponibilidade (BOF et al., 2010; EUCLYDES; FERREIRA; FARIA FILHO, 2006).

A administração pública brasileira define o risco de desatendimento (ou garantia de atendimento) ao conjunto de usuários de uma bacia. Ao definir vazão mínima de referência pelo parâmetro $Q_{95\%}$, por exemplo, tem-se o valor mínimo de vazão que deve ser garantido em 95% do tempo avaliado. Dessa forma, o Estado assume arbitrariamente que, em média, os usuários

têm uma tolerância de 5% ao risco de desatendimento hídrico. O mesmo raciocínio se aplica a diferentes percentuais de referência, como $Q_{90\%}$, por exemplo.

Outra metodologia utilizada para outorga é a chamada vazão $Q_{7,10}$, que representa a vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de recorrência. Ou seja, assume-se uma probabilidade de 10% de ocorrer valores menores ou iguais a este em qualquer ano. Diferentemente dos critérios baseados em permanência descritos no parágrafo anterior, a $Q_{7,10}$ requer uma abordagem probabilística para se determinar a recorrência. Em geral, os valores resultantes são mais restritivos que os resultantes do critério baseado em permanências.

A vazão máxima outorgável, como demonstra o manual de outorga utilizado pelo Instituto Água e Terra do Paraná, em uma determinada seção de um corpo hídrico pode ser quantificada de forma expedita. Porém, não são consideradas características sociais, econômicas e ecossistêmicas dessa utilização.

Os mesmos métodos utilizados para estimar a vazão se repetem entre os estados brasileiros, ou seja, são utilizados os mesmos critérios para rios localizados em diferentes regiões do país. Contudo estes critérios parecem poucos adequados para atender diversos estados em virtude de a necessidade da vazão mínima de referência estar adaptada às particularidades e necessidades da bacia hidrográfica.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo geral:

O objetivo geral é comparar e analisar a metodologia utilizada para estimar vazões mínimas de referência praticadas atualmente nas bacias hidrográficas Ribeira e Alto Iguaçu no estado do Paraná, com outras metodologias utilizadas para estimar vazão mínima de referência.

Objetivos específicos:

- Levantar dados de vazões dos corpos hídricos das bacias hidrográficas Ribeira e Alto Iguaçu;
- Aplicar aos corpos hídricos das bacias hidrográficas Ribeira e Alto Iguaçu a metodologia atual para estimar as vazões de referência utilizada no estado do Paraná;
- Aplicar as vazões dos corpos hídricos das bacias hidrográficas Ribeira e Alto Iguaçu a outros métodos ($Q_{7,10}$; Tennant e Perímetro Molhado) utilizados para estimar as vazões de referência;

- Comparar as vazões obtidas pela metodologia atual com as metodologias levantadas na literatura, sob a ótica de atendimento das demandas de uso da água.

1.3. JUSTIFICATIVA

A outorga é constituída como um instrumento de racionalização dos recursos hídricos, que deve impor as prioridades para os diferentes usos, protegendo o abastecimento urbano e a vazão necessária em épocas de escassez (MEDEIROS, 2000). Mas o grande desafio atual é atender à crescente demanda de água e ao mesmo tempo, preservar o recurso que tende a escassez. O conhecimento de como a vazão outorgada é calculada atualmente e identificando métodos e testando critérios diferentes dos atuais para o cálculo, possibilita chegar a resultados de concessão de direito de uso de recursos hídricos que poderão ser os meios para solucionar esse desafio. Sempre haverá a possibilidade de um determinado evento hidrológico ser maior ou menor que um valor histórico já registrado. Uma das principais funções da hidrologia é observar eventos e modelar as frequências de sua ocorrência, permitindo fazer estimativas. (MELLO; SILVA, 2013).

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. REGULAÇÃO E OUTORGA

A Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997, estabelece a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) (BRASIL,1997) e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esta lei elenca entre os seus instrumentos de gestão a Outorga de direito de uso de recursos hídricos. Não existe propriedade privada da água no Brasil, portanto cabe ao poder público gerir sua destinação. A outorga trata-se de uma autorização de uso de água que, apesar de seu caráter administrativo, depende de uma série de análises técnicas.

A outorga de direito de uso de recursos hídricos é um instrumento clássico de comando e controle, por meio do qual a administração autoriza uma pessoa física ou jurídica, pública ou privada, a usar água de um manancial para abastecimento humano ou animal ou para alguma atividade econômica. A necessidade de direitos claros de uso ou propriedade, em geral, foi consagrada nos trabalhos de Coase (1960) e Demsetz (1967).

O alicerce legal para atribuição de direitos de uso teve desenvolvimentos diferentes no Brasil, em comparação com outras partes do mundo. No Brasil, convergiu-se para um sistema em que a administração pública define a priori o risco de desatendimento (ou garantia de atendimento) a que o conjunto de usuários de uma bacia está sujeito. Ao definir como “vazão mínima de referência” a $Q_{95\%}$ (valor mínimo de vazão que deve ser garantido em 95% do tempo avaliado), por exemplo, o Estado assume arbitrariamente que, em média, os usuários têm uma tolerância de 5% ao risco de desatendimento hídrico. A vazão mínima de referência está associada às vazões mínimas do corpo d'água, de forma a caracterizar uma condição de maior garantia de água possível aos usuários de recursos hídricos. As autorizações para as retiradas de água (outorgas) só podem ocorrer até o limite desse valor, além do qual pode haver prejuízos quanto à disponibilidade hídrica para outros usuários e para a manutenção do equilíbrio ecológico.

Pela legislação vigente para os rios de domínio da União, existem três tipos de outorga: a outorga preventiva, a Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica (DRDH) e a outorga de direito de uso. A outorga preventiva não confere direito de uso de recursos hídricos e se destina a reservar a vazão passível de outorga, possibilitando, aos investidores, o planejamento de empreendimentos que necessitem desses recursos. O prazo de validade máximo desta outorga emitida pela ANA está limitado a três anos. E a outorga de direito de uso, como o próprio nome já diz, confere ao detentor o direito de uso dos recursos hídricos. É interessante observar que a legislação estabelece para o detentor da outorga um prazo de dois anos para o início da implantação do empreendimento, e outro de seis anos para a conclusão desta implantação. Porém, não há necessidade de uma autorização específica para iniciar a operação do empreendimento. Em outras palavras, quando o empreendedor recebe a outorga de direito de uso, ele já pode iniciar a utilização dos recursos hídricos.

2.2. REGIME HIDROLÓGICO

Em grande parte do Brasil, o regime hidrológico é marcado pela sazonalidade, ou seja, há um período de chuvas, em que as vazões são mais altas, e um período de estiagem, em que as vazões dos rios são sustentadas apenas pela descarga dos aquíferos subterrâneos, resultando em vazões mais baixas. Assim, o conhecimento do regime hidrológico é fundamental para uma tomada de decisão mais embasada no gerenciamento de recursos hídricos. Duas abordagens

têm sido usadas nacionalmente como critério para definição de vazões mínimas de referência: vazões mínimas com determinado tempo de recorrência e vazões de curva de permanência.

A primeira abordagem tem origem no setor de saneamento é usada em vários estados, como São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais, usualmente por meio da vazão mínima de 10 anos de recorrência e 7 dias de duração ($Q_{7,10}$), em que a estatística de vazão mínima é obtida por meio do ajuste de uma distribuição estatística, como a de Gumbel, Weibull ou outra.

A segunda abordagem, o uso de vazões de curva de permanência, consiste em ordenar as vazões observadas e identificar a vazão que é superada em uma porcentagem grande do tempo. Esta porcentagem do tempo é usualmente denominada garantia. O valor complementar à garantia, ou seja, o tempo em que esta não é satisfeita, é usualmente denominado risco ou falha. Ao levar este raciocínio no limite, a vazão mínima do rio é a $Q_{100\%}$, ou seja, nunca foi observada vazão inferior àquela, e, portanto, com a qual pode-se contar sem risco de falha. No entanto, a $Q_{100\%}$ é uma vazão extremamente baixa, que limitaria significativamente o uso da água. Além disso, a maioria dos usuários tolera um certo nível de risco de não ter a sua demanda atendida. Por exemplo, a maior parte das culturas irrigadas pode tolerar alguns dias sem água. Já usuários como abastecimento público têm uma tolerância menor ao risco, ou seja, devem ser atendidos em uma porcentagem maior do tempo. Por esta razão, a vazão mínima de referência adotada por muitos estados e pela ANA situa-se entre a $Q_{95\%}$ e a $Q_{90\%}$.

Portanto, a disponibilidade hídrica é estabelecida a partir de estatísticas do passado observadas em estações de monitoramento. Atualmente, as atividades de gerenciamento de recursos hídricos adotam a hipótese de estacionariedade, ou seja, supor que as estatísticas da hidrologia observadas no passado vão se repetir no futuro. Embora haja críticas a essa abordagem, os diversos estudos realizados no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH) ainda não foram conclusivos em propor um procedimento que incorpore previsões suficientemente confiáveis de variabilidade climática futura no gerenciamento de recursos hídricos.

2.3. CLASSIFICAÇÃO DAS METODOLOGIAS

Existem diferentes métodos para estabelecer a vazão mínima de referência, e estes podem ser classificados em quatro categorias principais: hidrológico, hidráulicos, de habitat e holístico (Benetti et al.,2003)

As metodologias hidrológicas são as que utilizam dados (séries temporais de vazões diárias ou mensais) para fazer recomendações sobre a vazão referência. Em geral, elas fixam um percentual ou proporção da vazão natural para representar a vazão mínima de referência.

As metodologias hidráulicas consideram as mudanças em variáveis hidráulicas simples como perímetro molhado ou profundidade máxima, medidas numa única seção transversal dos rios. As vazões de referência são obtidas através de gráfico no qual é representada a variável em estudo e a vazão.

As metodologias que empregam o uso do habitat, objetivam avaliar a vazão referência quanto ao habitat físico disponível para as espécies em análise. Essas metodologias são um processo de desenvolvimento de uma política de vazão de referência que incorpora regras variáveis ou múltiplas, consideradas as demandas de abastecimento de água e de outros usos da água. Elas usualmente implicam na determinação de uma relação de vazão-habitat para comparar alternativas de vazão ao longo do tempo.

As metodologias holísticas identificam os eventos críticos de vazão em função do critério estabelecido para variabilidade da vazão, para alguns ou principais componentes ou parâmetros do ecossistema do rio. Elas são basicamente caminhos de organizar e usar dados de vazão e conhecimento. É uma metodologia que utiliza procedimentos distintos ou métodos para produzir resultados que nenhum outro procedimento e/ou método produziria sozinho.

Essas classificações principais das metodologias demonstram quais informações e considerações utilizam para estimar as vazões de referência.

Como exemplos de metodologias hidrológicas podem ser citadas a $Q_{95\%}$, a $Q_{7,10}$ e a metodologia de Tennant. Estes métodos utilizam a análise estatística dos dados de vazão históricos para determinar a vazão mínima de referência. Eles incluem a análise da frequência de vazão, a análise regional de vazão, a análise da sequência de vazão e a análise da tendência de vazão.

Como exemplo de metodologia hidráulica pode-se citar a metodologia do Perímetro Molhado. Este método considera as características físicas do canal e utiliza equações hidráulicas para determinar a vazão mínima de referência.

2.4. METODOLOGIA UTILIZADA NO ESTADO DO PARANÁ

No Paraná, seguindo o Manual de Outorga criado pela Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental SUDERHSA (2006), a

outorga de captação de água superficial para chegar a uma vazão máxima outorgável em uma determinada seção do corpo hídrico segue as seguintes formulações:

$$Q_{outorgável\ i} = 0,5 \times Q_{95\%i} - Q_{não\ disponível} \quad (1)$$

$$Q_{não\ disponível\ i} = \sum Q_{outorgáveis\ m} + \sum Q_{outorgadas\ j} \quad (2)$$

na qual:

$Q_{outorgável\ i}$ é a vazão máxima que pode ser outorgada na seção i do corpo hídrico;

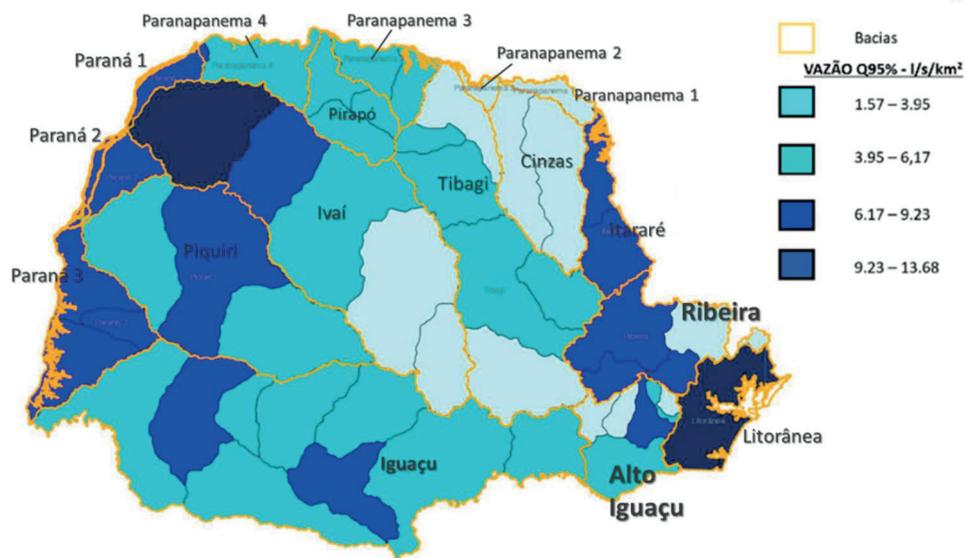
$Q_{95\%}$ é a vazão natural com permanência de 95% do tempo na seção i ;

$\sum Q_{outorgáveis\ m}$ é o somatório das vazões outorgadas a montante da seção i ;

$\sum Q_{outorgadas\ j}$ é o somatório das vazões outorgadas a jusante, que dependem da vazão na seção i ;

A FIGURA 1 demonstra a disponibilidade hídrica da vazão de permanência $Q_{95\%}$ - ($l/s/km^2$).

FIGURA 1 – MAPA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA / VAZÃO DE PERMANÊNCIA $Q_{95\%}$ - ($l/s/km^2$)



FONTE: Plano Estadual de Recursos Hídricos – Águas do Paraná

2.5. METODOLOGIAS QUE SERÃO UTILIZADAS PARA O ESTUDO

2.5.1. Método $Q_{7,10}$

Método da Vazão Mínima de Sete Dias com Período de Recorrência de Dez Anos ($Q_{7,10}$) está inserido no Métodos Hidrológicos. São utilizadas neste método apenas informações de vazões históricas diárias. No Método $Q_{7,10}$ trabalha-se com vazões mínimas de sete dias de duração para estabelecer a vazão máxima possível de ser utilizada pelos usuários. A $Q_{7,10}$ indica uma situação de estado mínimo (TUCCI, 2002).

O método $Q_{7,10}$ não leva em conta os habitats aquáticos e tem como principal vantagem não ser necessário realizar qualquer trabalho de campo, a não ser, evidentemente, a medida sistemática da vazão.

Para calcular as médias móveis de 7 dias para cada ano da $Q_{7,10}$, obter o valor mínimo das médias móveis para cada ano e montar uma nova série histórica com os valores mínimos das médias móveis de 7 dias de cada ano $Q_{7,10}$ será utilizado o SisCAH software Sistema Computacional para a Análises Hidrológicas (SisCAH), versão 1.0. Este sistema computacional foi desenvolvido sob a coordenação da Universidade Federal de Viçosa, que permite importar dados da ANA. O *download* do SisCAH pode ser feito através da página do Grupo de Pesquisa em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Viçosa.

2.5.2. Método de Tennant

O método de Tennant ou de Montana foi desenvolvido por TENNANT (1976), em Montana (EUA), e é um dos métodos hidrológicos mais utilizados em todo o mundo (BENETTI & LANNA, 2003; REIS, 2007). Tennant (1976) definiu as condições esperadas para o ecossistema fluvial em função da vazão ecológica, expressa em porcentagem, com relação à vazão média anual do rio, calculado para o local de interesse.

Para esta metodologia a vazão ecológica será considerada como vazão mínima de referência, pois essa vazão será a vazão capaz de manter as condições ambientais adequadas ao longo de todo o curso d'água, as características específicas do curso d'água e as demandas da bacia hidrográfica em questão.

O método recomenda uma vazão mínima de referência baseada num conjunto de percentagens em relação à vazão média anual para os períodos de enchente e estiagem do rio. As recomendações de vazão são baseadas apenas em valores obtidos pelo autor do método, conforme a TABELA 1.

TABELA 1 – REGIME DE VAZÕES RECOMENDADOS PELO MÉTODO DE TENNANT

CONDIÇÃO DO RIO	Vazão recomendada	
	Outubro - Março (seco)	Abril - Setembro (chuvoso)
Lavagem ou máxima	200%	
Faixa Ótima	60 - 100%	
Excepcional	40%	60%
Excelente	30%	50%
Boa	20%	40%
Regular ou com degradação	10%	30%
Má ou mínima	10%	10%

FONTE: TENNANT (1976)

A vazão recomendada, também será determinada através do software SisCAH, versão 1.0. A partir dos dados obtidos no software e da tabela desenvolvida por TENNANT (1976) determinou-se os valores de vazão mínima e referência pelo método. No trabalho, adotou-se a sugestão de REIS (2007), onde o autor salienta que na tabela elaborada por TENNANT (1976), os períodos seco e chuvoso do ano são sazonalmente opostos em relação aos da região Sudeste do Brasil. Portanto, na aplicação desse método para rios dessa região brasileira, deve-se atentar para essa inversão sazonal.

O Método de Tennant tem sofrido diversas modificações que visam adaptar melhor o regime de vazões de referência calculado ao regime natural de vazões em diversas regiões diferentes daquela para a qual o método foi desenvolvido (BENETTI & LANNA, 2003; REIS, 2007; SARMENTO, 2007).

2.5.3. Método do Perímetro Molhado

O Método do Perímetro Molhado é o terceiro método mais utilizado nos EUA para quantificar vazões ecológicas para os rios (ANA, 2004). Para esta metodologia a vazão ecológica será considerada como vazão mínima de referência, pois essa vazão será a vazão

capaz de manter as condições ambientais adequadas ao longo de todo o curso d'água, garantindo a sobrevivência e reprodução das espécies presentes e a manutenção da biodiversidade e estão sendo consideradas as características específicas do curso d'água e as demandas da bacia hidrográfica em questão.

Esta metodologia tem sido aplicada principalmente em rios que apresentam seções transversais relativamente largas, retangulares e pouco profundas e não inclui uma representação explícita do habitat aquático.

Para obter a vazão de referência é necessário estabelecer a relação entre a vazão e o perímetro molhado. O perímetro molhado de um curso d'água é definido como o comprimento da linha de intersecção da superfície molhada do canal com a seção transversal normal a direção do escoamento.

Processos baseados na relação entre parâmetros hidráulicos e vazão, embora requeiram dados de campo, estabelecem relações muito simples entre as variáveis hidráulicas associadas à geometria do canal com a vazão. A relação perímetro molhado e vazão é função da geometria do canal e da forma com que a vazão aumenta com a profundidade. A relação da vazão com a geometria do canal pode ser expressa através da equação de Manning (Baptista et al, 2003).

$$Q = \frac{1}{n} \times A \times Rh^{\frac{2}{3}} \times D^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

na qual:

Q = vazão (m^3/s);

n = coeficiente de rugosidade de Manning ($m/(s^{1/3})$);

A = área transversal do escoamento (m^2);

D = declividade (m/m);

Rh = raio hidráulico (m), obtido por:

$$Rh = \frac{A}{Pm} \quad (4)$$

onde:

Pm = perímetro molhado (m).

E o cálculo da vazão pela Equação da Continuidade:

$$Q = V \times Am \quad (5)$$

onde:

Q = vazão (m³/s);

V = velocidade média (m/s);

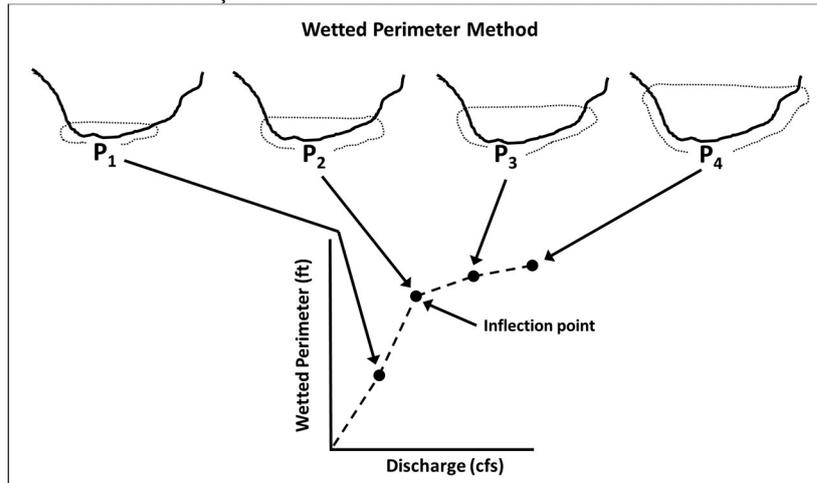
Am = área molhada (m²).

Para a aplicação da metodologia são definidas as seções transversais. As informações de batimetria foram obtidas nas fichas de campo do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da ANA.

Após a definição das seções são realizadas medições de profundidade e velocidade, para no mínimo três vazões, podendo recorrer-se à simulação hidráulica. A partir da simulação hidráulica define-se um gráfico que relaciona o perímetro molhado com a vazão, então identifica-se o principal ponto de inflexão da curva, a partir do qual o aumento da vazão traduz-se num aumento pouco significativo do perímetro molhado. A vazão referida no ponto de inflexão é a vazão recomendada considerando como pressuposto que a vazão mínima de referência obtida nas zonas de corredeiras é igualmente adequada para os outros tipos de habitat (Annear e Conder, 1984).

O gráfico geralmente possui um formato característico, sendo mais inclinado para baixas descargas e menos inclinado para vazões maiores, como explicitado na FIGURA 2.

FIGURA 2 – RELAÇÃO ENTRE A VAZÃO E O PERÍMETRO MOLHADO



FONTE: GOPAL (2013)

Esta diminuição abrupta é chamada de ponto de quebra (*'break in slope'*). Os pontos de quebra, onde a variação do perímetro molhado diminui, são utilizados para determinar a vazão requerida para a proteção dos habitats, ou seja, a vazão de referência (GOPAL, 2013).

Uma limitação para a aplicação da abordagem do método do perímetro molhado é que ele recomenda apenas um valor de vazão mínima de referência. O ideal é que um regime de escoamento deveria ser especificado levando-se em consideração os períodos de cheia e seca (Gippel e Stewardson, 1998).

3. MATERIAIS E MÉTODO

Este capítulo apresenta os materiais e o método utilizado no presente trabalho, iniciando pela caracterização da área de estudo, passando pelas técnicas utilizadas, e finalizando com os dados usados. O presente estudo propõe uma análise de metodologias utilizadas para estimava de vazões de referência.

3.1. MATERIAIS

Os materiais necessários para o desenvolvimento deste trabalho são: informações (as vazões dos corpos hídricos das bacias hidrográficas que serão estudadas; fichas de campo com as informações de batimetria) das estações fluviométricas que estão no banco de dados do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da ANA ; o software Sistema Computacional para a Análises Hidrológicas (SisCAH), versão 1.0, sistema

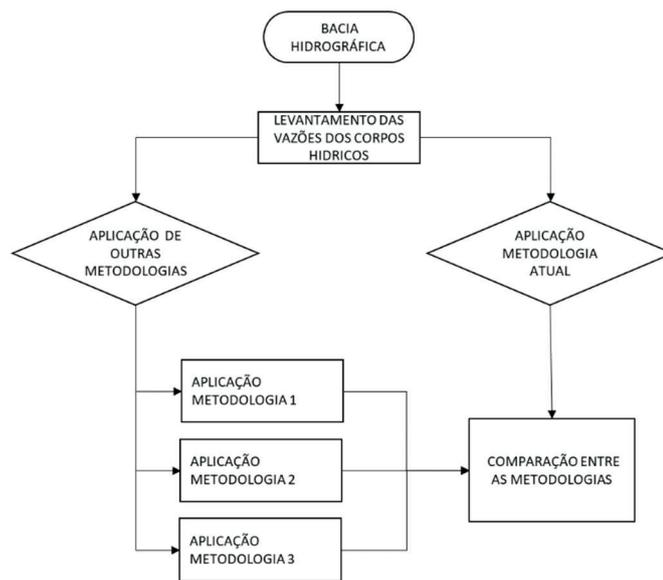
computacional desenvolvido sob a coordenação da Universidade Federal de Viçosa, que permite importar dados da ANA.

3.2. MÉTODO

A metodologia aplicada neste estudo é uma análise descritiva e comparativa de várias experiências comparando a metodologia legal utilizada para estimar a vazão mínima de referência no estado do Paraná com os métodos existentes e diferentes do atual.

O método proposto neste trabalho é apresentado no fluxograma Atividades mostrado na FIGURA 3.

FIGURA 3 – FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES



FONTE: A autora (2023).

3.2.1. Bacia Hidrográfica

A primeira etapa será a escolha das bacias que serão estudadas. Neste trabalho foram escolhidas as Bacias hidrográficas Ribeira e Alto do Iguaçu, devido a importância quanto as suas localizações (FIGURA 4). Sendo que a principal demanda dessas bacias é para consumo humano, pois é a região onde se concentra aproximadamente 43% da população do estado.

FIGURA 4 – LOCALIZAÇÃO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS NO PARANÁ.



FONTE: Planos das bacias do Alto Iguaçu e Ribeira – Relatório Executivo Versão 03 (2014)

3.2.2. Levantamento das vazões

Para o levantamento das vazões dos corpos hídricos das bacias Alto Iguaçu e Ribeira, foi utilizado o banco de dados do SNIRH. Houve avaliações para a escolha das estações fluviométricas: a avaliação de quais estações estavam mais próximas a Região Metropolitana de Curitiba; avaliação referente ao período mínimo de dados da série histórica o período estabelecido foi de 25 anos, no mínimo, de observações diárias (a maioria dos postos utilizados possuem mais de 30 anos de dados, 10 estações possuem registros entre 7 e 27 anos e 41 estações possuem registro superior a 30 anos de dados); e a última avaliação para escolha das estações é referente à batimetria sendo escolhidas as estações que no banco de dados do SNIRH constasse a ficha de campo contendo as informações de batimetria. Após as avaliações das estações foram utilizadas 5 de 51 identificadas. A TABELA 2 indica as estações fluviométricas que foram utilizadas para este estudo.

TABELA 2 – RELAÇÃO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADOS NO ESTUDO

Estação:	FAZENDINHA	Código:	65010000	Entidade:	ANA
Município:	São José dos Pinhais	Instalação:	28/01/1955	Extinção:	
Tipo:	FFrQDST	Bacia:	Iguaçu	Sub-bacia:	1
Altitude:	875,060 m	Latitude:	25° 31' 09"	Longitude:	49° 08' 48"
Rio:	Rio Pequeno	Área drenagem	116,82 km ²	Classe:	2
Estação:	PONTE DA CAXIMBA	Código:	65019700	Entidade:	ANA
Município:	Curitiba	Instalação:	18/12/1973	Extinção:	
Tipo:	FFrQDT	Bacia:	Iguaçu	Sub-bacia:	1
Altitude:	865,350 m	Latitude:	25° 36' 49"	Longitude:	49° 21' 24"
Rio:	Rio Barigüi	Área drenagem	257,00 km ²	Classe:	3
Estação:	GUAJUVIRA	Código:	65025000	Entidade:	ANA
Município:	Araucária	Instalação:	17/08/1973	Extinção:	
Tipo:	FFrQDST	Bacia:	Iguaçu	Sub-bacia:	3
Altitude:	857,720 m	Latitude:	25° 36' 00"	Longitude:	49° 30' 48"
Rio:	Rio Iguaçu	Área drenagem	2577,76 km ²	Classe:	2
Estação:	BALSA NOVA	Código:	65028000	Entidade:	AGUASPARANÁ
Município:	Balsa Nova	Instalação:	17/08/1973	Extinção:	
Tipo:	FFrQDST	Bacia:	Iguaçu	Sub-bacia:	3
Altitude:	854,735 m	Latitude:	25° 35' 14"	Longitude:	49° 37' 54"
Rio:	Rio Iguaçu	Área drenagem	3048,69 km ²	Classe:	2
Estação:	CAPELA DA RIBEIRA	Código:	81200000	Entidade:	ANA
Município:	Adrianópolis	Instalação:	20/10/1936	Extinção:	
Tipo:	FFrQDST	Bacia:	Ribeira	Sub-bacia:	2
Altitude:	180,000 m	Latitude:	24° 39' 20"	Longitude:	48° 59' 59"
Rio:	Rio Ribeir	Área drenagem	7252,00 km ²	Classe:	2

FONTE: Dados retirados do SNIRH

3.2.3. Aplicações da metodologia atual utilizada no estado do Paraná

Atualmente nas bacias do Paraná é utilizado a metodologia $Q_{95\%}$ que é classificada como um método hidrológico. Repetindo a informação que está contida na fundamentação teórica, estes métodos utilizam a análise estatística dos dados de vazão históricos para determinar a vazão mínima de referência. Eles incluem a análise da frequência de vazão, a análise regional de vazão, a análise da sequência de vazão e a análise da tendência de vazão.

A metodologia utilizada no Paraná obtém a $Q_{95\%}$, por meio da curva de permanência de vazões. A curva de permanência é um gráfico que representa a porcentagem de tempo em que a vazão do rio ou córrego é igualada ou excedida por um determinado valor. Assim é possível estimar a vazão mínima de referência $Q_{95\%}$, que representa a vazão que é igualada ou

excedida durante 95% do tempo. As curvas de permanência são obtidas a partir de um registro histórico de vazões médias superior a 20 anos, utilizando a escala diária.

3.2.4. Aplicações das outras metodologias

As demais metodologias para estimar a vazão mínima de referência que serão utilizadas para este estudo estão citadas na TABELA 3. Apresentadas anteriormente na fundamentação teórica.

TABELA 3 – MÉTODOS QUE SERÃO UTILIZADOS

Metodologia	Classificação da Metodologia
$Q_{7,10}$	HIDROLÓGICA
Tennant	HIDROLÓGICA
Perímetro Molhado	HIDRÁULICA

FONTE: A autora (2023).

3.2.5. Comparação entre a metodologia utilizado no Paraná e das outras metodologias utilizadas

Com as cinco estações fluviométricas escolhidas, e com o levantamento das vazões das series históricas de cada uma destas estações. Foi estimado o valor da vazão mínima de referência utilizada no estado do Paraná, para cada uma das estações e comparada com os valores de vazões de referência encontradas para cada uma destas estações utilizando as metodologias propostas.

A comparação entre as metodologias será quantitativa por meio da análise conjunta entre as vazões de referência atual com o resultado das vazões de cada um dos métodos apresentado neste trabalho. O objetivo dessa análise será identificar diante dessa comparação, quais métodos são mais adequados para garantir uma gestão mais eficiente, proporcionando uma melhor utilização dos recursos hídricos disponíveis.

4. ESTUDO DE CASO

4.1. BACIAS HIDROGRÁFICAS

As bacias utilizadas foram as bacias do Alto Iguaçu e a Bacia do Ribeira.

4.1.1. Bacia do Alto Iguaçu

As várzeas ao longo do Rio Iguaçu, localizadas no trecho da Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu, consistem em áreas de destaque na Região Metropolitana de Curitiba pela necessidade que existe de protegê-las e conservá-las, haja vista a sua função como principal canal de drenagem do território urbano metropolitano e importante corredor de biodiversidade regional.

A Bacia Hidrográfica do Alto Iguaçu possui uma área de aproximadamente 2.881km² (18,64% do território metropolitano) e o seu rio intercepta a Região Metropolitana de Curitiba no sentido Leste-Oeste, atingindo os municípios de Pinhais, Piraquara, Curitiba, São José dos Pinhais, Fazenda Rio Grande, Araucária, Contenda, Balsa Nova e Lapa. Bacia paranaense que abriga a maior concentração populacional do Estado, caracterizada por uma mancha contínua de ocupação urbana onde vivem aproximadamente 97% da população urbana metropolitana (Núcleo Urbano Central).

O sistema de abastecimento de água de Curitiba, pertence à bacia do Alto Iguaçu e está interligado com outros seis municípios da Região Metropolitana de Curitiba – RMC. As principais barragens que armazenam água para abastecer o Município são: a do Iraí, a do Piraquara e a do Passaúna. E as três estações de Tratamento de Água (ETAs): a ETA Iguaçu; a ETA Iraí e a ETA Passaúna.

4.1.2. Bacia do Ribeira

O Rio Ribeira do Iguape nasce na vertente leste da serra de Paranapiacaba, tendo como principais contribuintes os rios Piedade, Pardo, Turvo, Capivari e Açungui. Dos seus 470 km de extensão, 220 km estão em território paranaense. A bacia localiza-se na parte norte do primeiro planalto paranaense, sobre unidades aquíferas-cársticas.

No estado do Paraná a vazão do Rio Ribeira foi avaliada na estação hidrométrica Capela da Ribeira, em Adrianópolis. Neste ponto, a área da bacia hidrográfica é de 9.129km²,

e as demandas do uso de recursos hídricos somam 2,3 m³/s dos quais 81% são para o abastecimento público 9% para abastecimento industrial e 4% para outras demandas, 3% para aquicultura e 2% para irrigação. Na bacia do Rio Ribeira, 12% do uso de recursos hídricos para abastecimento público é de fontes superficiais e 88% de fontes subterrâneas.

4.2. DADOS DE VAZÕES E APLICAÇÃO NA METODOLOGIA UTILIZADA NO ESTADO DO PARANÁ

Por meio do SNIRH foram obtidas as vazões médias das séries históricas para cada estação fluviométricas.

Exportando os dados das vazões do SNIRH para o software SisCAH, o software efetua o cálculo e apresenta as vazões ($Q_{95\%}$) encontradas na TABELA 4.

TABELA 4 – VALORES DE $Q_{95\%}$

ESTAÇÕES MONITORADAS	VAZÃO
NOME	$Q_{95\%}$ (m ³ /s)
FAZENDINHA	0,75
PONTE DA CAXIMBA	0,40
GUAJUVIRA	12,7
BALSA NOVA	18,1
CAPELA DO RIBEIRA	48,1

FONTE: Dados das estações retirados do SNIRH e processados através do software SisCAH

Utilizando a $Q_{95\%}$, foi empregado o critério utilizado no Paraná para fins de outorga, ou seja 50% $Q_{95\%}$ demonstrando-se os resultados na TABELA 5.

TABELA 5 – VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA (M³/S) PARA AS ESTAÇÕES FLUVIOMETRICAS DO ESTUDO

ESTAÇÕES MONITORADAS	VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA (m ³ /s)
NOME	50 % $Q_{95\%}$
FAZENDINHA	0,38
PONTE DA CAXIMBA	0,20
GUAJUVIRA	6,35
BALSA NOVA	9,05
CAPELA DO RIBEIRA	24,1

FONTE: A autora (2023).

4.3. METODOLOGIAS UTILIZADAS NO ESTUDO

4.3.1. Método $Q_{7,10}$

O levantamento das vazões $Q_{7,10}$ para cada estação fluviométrica deste estudo foi obtida através do software SisCAH, que trabalha com os dados das vazões diárias desde a data de instalação de cada uma das estações até o período até julho/2022. A vazão $Q_{7,10}$ é a vazão média dos 7 dias consecutivos mais secos de um ano qualquer, com período de recorrência de 10.

Para finalizar o cálculo da $Q_{7,10}$ é necessário fazer uma análise estatística, com os valores anuais da menor média de 7 dias consecutivos, que permita encontrar o valor da vazão para o período de retorno de 10 anos. Para encontrar este valor de vazão são utilizadas distribuições de probabilidade que melhor se ajuste aos dados observados. De acordo com Von Sperling (2007) as distribuições que têm sido utilizadas para este fim são as de Weibull, Gumbel para valores mínimos, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III, Log-Normal II Log-Normal III.

Para atingir os objetivos deste trabalho o software Sistema Computacional para a Análises Hidrológicas (SisCAH), verifica e escolhe a melhor aderência dessas seis distribuições de probabilidades para a série de dados. Para as estações deste trabalho o software utilizou as distribuições de LogPearson Tipo III para determinação da probabilidade de ocorrências das variáveis em estudo. Obtidas as vazões $Q_{7,10}$, calculou-se as vazões de referência para cada estação fluviométrica do estudo utilizando o critério da Portaria nº20/99 – SUDERHSA (D.O.E DE 16/06/99) que traz o limite máximo outorgável, para o estado do Paraná naquele período, de 50% da $Q_{7,10}$. Vazões apresentadas na TABELA 6.

TABELA 6 - VALORES DE $Q_{7,10}$

ESTAÇÕES MONITORADAS	VAZÃO	VAZÃO
	$Q_{7,10}$ (M ³ /S)	DE REFERÊNCIA (M ³ /S)
NOME	$Q_{7,10}$	50 % $Q_{7,10}$
FAZENDINHA	0,57	0,29
PONTE DA CAXIMBA	0,36	0,18
GUAJUVIRA	8,48	4,24
BALSA NOVA	11,2	5,60
CAPELA DO RIBEIRA	40,2	20,1

FONTE: Dados das estações retirados do SNIRH e processados através do software SisCAH

4.3.2. Método de Tennant

Na TABELA 7 são apresentadas as vazões médias obtidas para as estações fluviométricas dos estudos. O levantamento das vazões médias das séries históricas para cada estação fluviométricas foi obtido pelo SNIRH.

TABELA 7 - VALORES DA VAZÕES DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

ESTAÇÕES MONITORADAS	VAZÃO MÉDIA(M³/S)
NOME	
FAZENDINHA	2,80
PONTE DA CAXIMBA	5,58
GUAJUVIRA	52,3
BALSA NOVA	148,1
CAPELA DO RIBEIRA	116,9

FONTE: Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH).

As vazões médias calculadas das estações são utilizadas nas diferentes percentagens para o período seco e para o período chuvoso conforme método de Tennant (TENNANT, 1976) como demonstram as TABELAS TABELA 8, TABELA 9, TABELA 10, TABELA 11 e TABELA 12.

TABELA 8 - FAZENDINHA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT
FAZENDINHA - TABELA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT

CONDIÇÃO DO RIO	VAZÃO RECOMENDADA	
	MAIO - OUTUBRO (SECO)	NOVEMBRO - ABRIL (CHUVOSO)
LAVAGEM OU MÁXIMA	5,60	
FAIXA ÓTIMA	1,68	2,80
EXCEPCIONAL	1,12	1,68
EXCELENTE	0,84	1,40
BOA	0,56	1,12
REGULAR OU COM DEGRADAÇÃO	0,28	0,84
MÁ OU MÍNIMA	0,28	0,28
DEGRADAÇÃO ELEVADA	0,00	0,28

FONTE: A autora (2023).

TABELA 9 - PONTE DA CAXIMBA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT

CONDIÇÃO DO RIO	VAZÃO RECOMENDADA	
	MAIO - OUTUBRO (SECO)	NOVEMBRO - ABRIL (CHUVOSO)
LAVAGEM OU MÁXIMA	11,16	
FAIXA ÓTIMA	3,35	5,58
EXCEPCIONAL	2,23	3,35
EXCELENTE	1,67	2,79
BOA	1,12	2,23
REGULAR OU COM DEGRADAÇÃO	0,56	1,67
MÁ OU MÍNIMA	0,56	0,56
DEGRADAÇÃO ELEVADA	0,00	0,56

FONTE: A autora (2023).

TABELA 10 - GUAJUVIRA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT

PONTE DA GUAJUVIRA - TABELA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT

CONDIÇÃO DO RIO	VAZÃO RECOMENDADA	
	MAIO - OUTUBRO (SECO)	NOVEMBRO - ABRIL (CHUVOSO)
LAVAGEM OU MÁXIMA	104,72	
FAIXA ÓTIMA	31,42	52,36
EXCEPCIONAL	20,94	31,42
EXCELENTE	15,71	26,18
BOA	10,47	20,94
REGULAR OU COM DEGRADAÇÃO	5,24	15,71
MÁ OU MÍNIMA	5,24	5,24
DEGRADAÇÃO ELEVADA	0,00	5,24

FONTE: A autora (2023).

TABELA 11 - BALSA NOVA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT
PONTE DA BALSA NOVA - TABELA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT

CONDIÇÃO DO RIO	VAZÃO RECOMENDADA	
	MAIO - OUTUBRO (SECO)	NOVEMBRO - ABRIL (CHUVOSO)
LAVAGEM OU MÁXIMA	296,26	
FAIXA ÓTIMA	88,88	148,13
EXCEPCIONAL	59,25	88,88
EXCELENTE	44,44	74,07
BOA	29,63	59,25
REGULAR OU COM DEGRADAÇÃO	14,81	44,44
MÁ OU MÍNIMA	14,81	14,81
DEGRADAÇÃO ELEVADA	0,00	14,81

FONTE: A autora (2023).

TABELA 12 - CAPELA DO RIBEIRA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT
PONTE RIBEIRA - TABELA - REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT

CONDIÇÃO DO RIO	VAZÃO RECOMENDADA	
	MAIO - OUTUBRO (SECO)	NOVEMBRO - ABRIL (CHUVOSO)
LAVAGEM OU MÁXIMA	233,80	
FAIXA ÓTIMA	70,14	116,90
EXCEPCIONAL	46,76	70,14
EXCELENTE	35,07	58,45
BOA	23,38	46,76
REGULAR OU COM DEGRADAÇÃO	11,69	35,07
MÁ OU MÍNIMA	11,69	11,69
DEGRADAÇÃO ELEVADA	0,00	11,69

FONTE: A autora (2023).

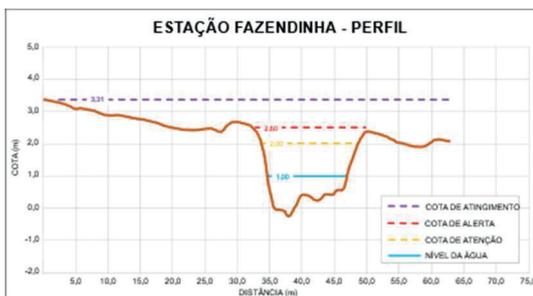
Para efeito de comparação foi utilizado como base o critério: Boa (30% da vazão recomendada).

Essa faixa é considerada por muitos autores como suficiente para manter níveis adequados de sobrevivência (BENNETI & LANNA, 2003), onde a redução de habitat não é tão considerável (REIS, 2007). Além disso, foi utilizado como critério de suficiência pela ANA no Plano Decenal (2004-2013) de Recursos Hídricos da Bacia do Rio São Francisco (SARMENTO, 2007).

4.3.3. MÉTODO DE PERÍMETRO MOLHADO

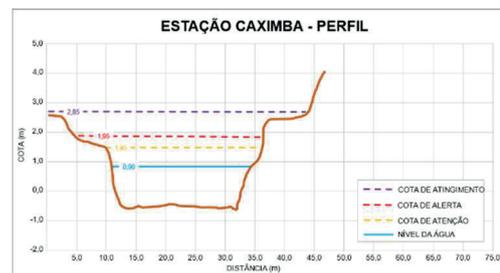
A partir do levantamento das batimetrias de cada estação fluviométrica encontradas nas fichas de campo obtidas através da página do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) da ANA foram identificadas as seções dos rios de cada estação fluviométrica como demonstram as FIGURAS 5,6,7,8 e 9.

FIGURA 5 – SEÇÃO DO PERFIL DO RIO - ESTAÇÃO FAZENDINHA



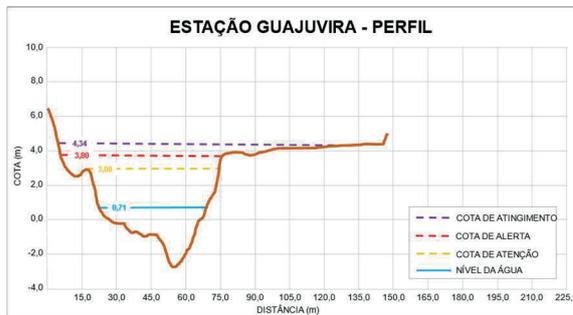
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 6 – SEÇÃO DO PERFIL DO RIO - ESTAÇÃO CAXIMBA



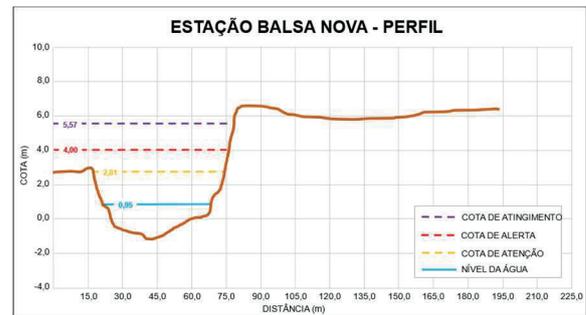
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 7 – SEÇÃO DO PERFIL DO RIO - ESTAÇÃO GUAJUVIRA



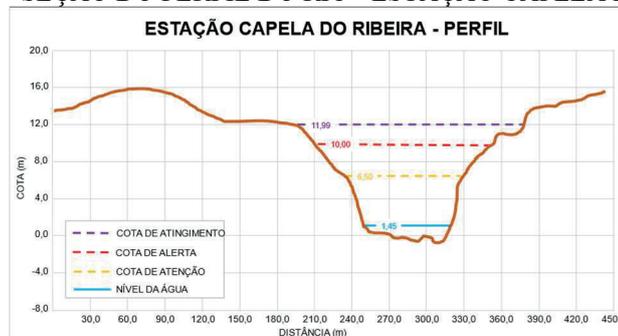
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 8 – SEÇÃO DO PERFIL DO RIO - ESTAÇÃO BALSA NOVA



FONTE: A autora (2023).

FIGURA 9 – SEÇÃO DO PERFIL DO RIO - ESTAÇÃO CAPELA DO RIBEIRA



FONTE: A autora (2023).

As seções foram desenhadas no AutoCad e com o auxílio desse software e com a utilização das alturas foram identificadas as áreas molhadas e perímetros molhados. Através da equação de Manning foram calculadas as vazões. As TABELAS TABELA 13, TABELA 14, TABELA 15, TABELA 16 e TABELA 17 apresentam os valores obtidos para os perímetros e para os resultados dos cálculos das vazões para cada seção de cada Estação.

TABELA 13 – VALORES OBTIDOS ESTAÇÃO FAZENDINHA

PERÍMETRO (m)	VAZÃO (m³/s)
13,2	11,919
8,1	0,944
7,3	0,790
3,4	0,122

FONTE: A autora (2023)

TABELA 14 – VALORES OBTIDOS PONTE DA CAXIMBA

PERÍMETRO (m)	VAZÃO (m³/s)
24,42	73,56
22,95	44,16
21,87	20,90
20,58	5,18

FONTE: A autora(2023)

TABELA 15 – VALORES OBTIDOS ESTAÇÃO GUAJUVIRA

PERÍMETRO (m)	VAZÃO (m³/s)
47,77	241,75
45,04	110,00
25,31	50,21
9,18	4,82

FONTE: A autora (2023).

TABELA 16 – VALORES OBTIDOS ESTAÇÃO Balsa Nova

PERÍMETRO (m)	VAZÃO (m³/s)
207,6	47,37
105,3	47,61
58,44	36,67
11,31	27,13

FONTE: A autora (2023).

TABELA 17 – VALORES OBTIDOS ESTAÇÃO CAPELA DO RIBEIRA

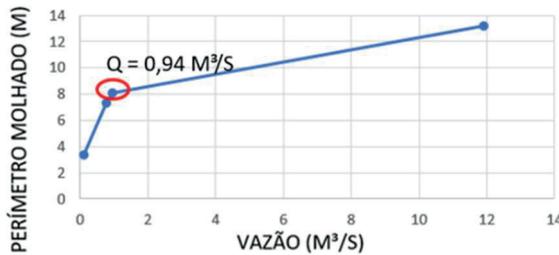
PERÍMETRO (m)	VAZÃO (m³/s)
70,10	202,34
64,47	93,99
59,14	37,90
9,60	0,81

FONTE: A autora (2023).

Os gráficos são definidos relacionando o perímetro molhado com a vazão, são identificados os pontos de inflexões para cada uma das curvas das estações fluviométricas as FIGURAS FIGURA 10, FIGURA 11, FIGURA 12, FIGURA 13 e FIGURA 14 apresentam o ponto de inflexão para cada uma das estações fluviométricas, e a TABELA 18 apresenta as vazões de

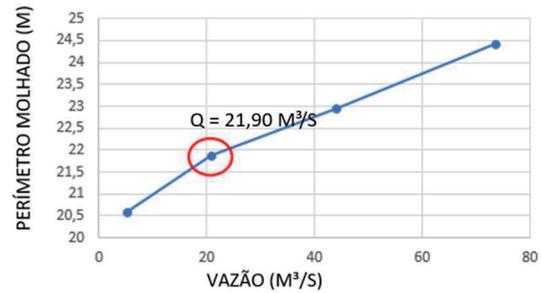
referências encontradas estabelecendo a relação entre a vazão e o perímetro molhado determinado pelo método.

FIGURA 10 – PONTO DE INFLEXÃO ESTAÇÃO FAZENDINHA



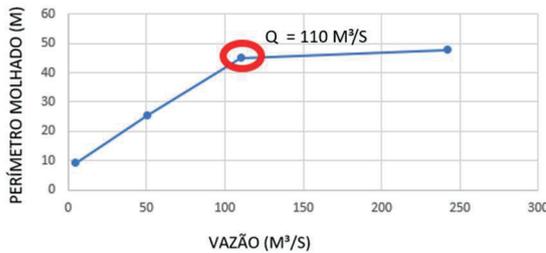
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 11 – PONTO DE INFLEXÃO ESTAÇÃO PONTE DA CAXIMBA



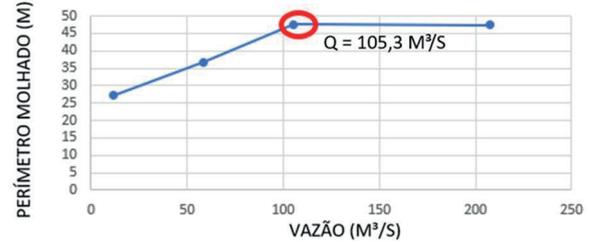
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 12 – PONTO DE INFLEXÃO ESTAÇÃO GUAJUVIRA



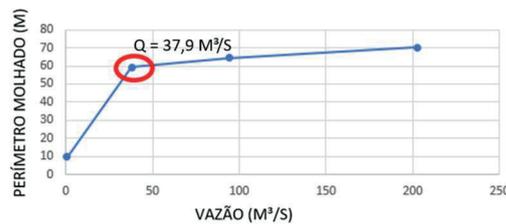
FONTE: A autora (2023).

FIGURA 13 – PONTO DE INFLEXÃO ESTAÇÃO BALSA NOVA



FONTE: A autora (2023).

FIGURA 14 – PONTO DE INFLEXÃO ESTAÇÃO CAPELA DO RIBEIRA



FONTE: A autora (2023).

TABELA 18 VALORES DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA DEFINIDAS PELO MÉTODO DO PERÍMETRO MOLHADO

ESTAÇÕES MONITORADAS	VAZÕES DE REFERÊNCIA DETERMINADAS PELO METODO DO PERÍMETRO MOLHADO(m³/s)
FAZENDINHA	0,94
PONTE DA CAXIMBA	21,90
GUAJUVIRA	110,0
BALSA NOVA	105,3
CAPELA DO RIBEIRA	37,9

FONTE: A autora (2023).

4.3.4. Comparação entre a metodologia utilizada no Paraná e as metodologias do estudo
Os comparativos entre as vazões de referência utilizados no Paraná e vazões de referência dos métodos utilizados estão apresentados na TABELA 19.

TABELA 19 – VAZÕES DE REFERÊNCIA DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS UTILIZADA NO ESTADO DO PARANÁ COMPARADAS COM A VAZÕES DOS MÉTODOS ESTUDADOS

ESTAÇÕES MONITORADAS		VAZÃO MINIMA DE REFERENCIA (m³/s)	REGIME DE VAZÕES CALCULADAS $Q_{7,10}$ (m³/s)	REGIME DE VAZÕES RECOMENDADAS PELO MÉTODO DE TENNANT(m³/s)		REGIME DE VAZÕES CALCULADAS PELO MÉTODO PERÍMETRO MOLHADO (m³/s)
NOME	CÓDIGO	50 % $Q_{95\%}$	50% $Q_{7,10}$ (m³/s)	MAIO - OUTUBRO (SECO)	NOVEMBRO - ABRIL (CHUVOSO)	MÉTODO PERÍMETRO MOLHADO(M³/S)
FAZENDINHA	65010000	0,38	0,29	0,56	1,12	0,94
PONTE DA CAXIMBA	65019700	0,20	0,18	1,12	2,23	21,90
GUAJUVIRA	65025000	6,35	4,24	10,47	20,94	110,0
BALSA NOVA	65028000	9,06	5,60	29,63	59,25	105,3
CAPELA DO RIBEIRA	81200000	24,03	20,1	23,38	46,76	37,9

FONTE: A autora (2023).

Na análise comparativa a $Q_{7,10}$, utilizando para comparativo o valor de 50% da vazão $Q_{7,10}$ verificou-se que os resultados seriam mais restritivos aos utilizados pela legislação estadual do Paraná. Resultados pela metodologia Tennant (considerando a faixa Boa do Método de Tennant faixa é considerada por muitos autores como suficiente para manter níveis adequados de sobrevivência (BENNETI & LANNA, 2003)) e método do Perímetro Molhado demonstra que os valores obtidos foram superiores ao exigido pela legislação estadual do Paraná.

5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Com o objetivo de assegurar a segurança hídrica e promover uma gestão sustentável dos recursos hídricos, é essencial analisar cuidadosamente o sistema e adotar as medidas apropriadas para garantir o acesso à água para todos aqueles que dependem dela, especialmente durante períodos de escassez hídrica. Consequentemente, é importante avaliar políticas públicas e medidas de adaptação para minimizar a vulnerabilidade hídrica em resposta às mudanças climáticas possíveis. Por último, destaca-se a relevância da análise de cenários futuros de oferta de água, permitindo que os gestores incorporem propostas para um desenvolvimento sustentável.

A vazão mínima de referência é um parâmetro fundamental para a gestão de recursos hídricos, sendo utilizada como um padrão para garantir a preservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres associados a um determinado curso d'água.

Os dados das séries históricas de vazões das cinco estações fluviométricas: Fazendinha, Ponte da Caximba, Guajuvira, Balsa Nova e Capela do Ribeira; estações das bacias hidrográficas Alto Iguaçu e Ribeira, no estado do Paraná, foram exportadas do SNIRH da ANA. E com base nesses dados, a vazão mínima de referência para cada estação foi calculada usando 50% $Q_{95\%}$, metodologia atualmente adotado pelo estado do Paraná.

A metodologia do Paraná para calcular a vazão mínima de referência é baseada na utilização da $Q_{95\%}$. Para determinar a vazão mínima de referência, a metodologia do Paraná utiliza 50% da $Q_{95\%}$, que é um valor considerado seguro e adequado para manter as condições ecológicas e hídricas adequadas em uma bacia hidrográfica.

Para comparar as vazões de referência utilizadas no estado do Paraná, foram utilizadas as vazões das séries históricas das mesmas estações fluviométricas para calcular as vazões de referência usando três metodologias diferentes:

-Metodologia $Q_{7,10}$: para encontrar a vazão mínima de referência utilizou-se o parâmetro da Portaria n°20/99 – SUDERHSA (D.O.E DE 16/06/99) que traz o limite máximo outorgável, de 50% da $Q_{7,10}$.

- Metodologia Tennant: para encontrar a vazão mínima de referência utilizou a faixa “Boa” que é calculada com 30% da vazão recomendada;

- Método do Perímetro Molhado: os processos que utilizam parâmetros hidráulicos para estimar a vazão são baseados em relações simples entre as variáveis hidráulicas e a geometria do canal. Embora esses métodos exijam dados de campo, como medições de

profundidade e velocidade, eles permitem estabelecer uma relação entre o perímetro molhado e a vazão. A equação de Manning é uma das equações hidráulicas utilizadas para expressar essa relação.

Para determinar a vazão recomendada para manter as condições de habitat adequadas, são realizadas medições de profundidade e velocidade para pelo menos três vazões diferentes. A partir desses dados, é construído um gráfico que relaciona o perímetro molhado com a vazão, identificando o ponto de inflexão da curva. Esse ponto é o limite a partir do qual o aumento da vazão resulta em um aumento pouco significativo do perímetro molhado e em uma rápida deterioração das condições de habitat. A vazão recomendada no ponto de inflexão é considerada a vazão mínima de referência, ou seja, a vazão que deve ser mantida para preservar as condições adequadas de habitat.

A definição da vazão mínima de referência é uma ferramenta importante para a tomada de decisão em relação a outorgas de uso da água. Há a possibilidade de afirmar que as vazões de referência das estações fluviométricas podem ser ajustadas para mais ou para menos.

Há possibilidade em aumentar a vazão mínima de referência dessas estações em épocas mais chuvosas, como demonstraram as vazões de referência encontradas pelo método de Tennant, aumentando conseqüentemente a concessão de água nessas estações para que os usuários possam utilizar a água disponível de forma mais eficiente. E em períodos de secas há possibilidade em restringir as vazões de referência, como encontradas com a aplicação do método $Q_{7,10}$, garantindo a vazão mínima no corpo hídrico e conseqüentemente diminuindo a concessão de água nestas estações. A vazão mínima de referência não é necessariamente a vazão mínima de um corpo hídrico, mas sim a vazão mínima que deve ser mantida para garantir a preservação dos ecossistemas que dependem dele e a garantia de disponibilidade hídrica para os usuários localizados a jusante do ponto em análise.

Os métodos analisados neste trabalho - $Q_{95\%}$, Tennant, $Q_{7,10}$ e Perímetro Molhado - mostraram valores mínimos para as vazões de referência em um contexto quantitativo, ou seja, sem considerar as implicações na qualidade da água em caso de uso múltiplo, caso essa vazão fosse utilizada como referência. No entanto, é essencial adotar uma metodologia mais abrangente que leve em conta não apenas a quantidade, mas também a qualidade da água, para estabelecer valores aceitáveis para outorga.

A discrepância nos valores de vazão obtidos através do método do Perímetro Molhado é notável. Além disso, o valor de vazão mínima de referência varia consideravelmente entre diferentes seções. O maior desafio na utilização do método do Perímetro Molhado é determinar

o número adequado de seções batimétricas e obtê-las. Contar com apenas uma ou poucas seções não é suficiente para produzir uma estimativa confiável da vazão mínima de referência. Isso também significa que não é adequado focar apenas em um trecho do rio, pois há espécies migratórias que podem estar em risco de extinção se não conseguirem se deslocar ao longo do curso do rio. Como alternativa, é recomendável utilizar o Método IFIM, que tem sido extensivamente estudado e possui dados técnicos disponíveis em áreas de biologia, geotecnia e engenharia. O IFIM também pode ser utilizado para validar ou refutar o método do Perímetro Molhado. Em Portugal (2002) é sugerido o emprego inicial do Método do Perímetro Molhado durante a fase de estudos preliminares, até que sejam obtidos dados adequados para a utilização do Método IFIM, por agregar informações consideráveis para complementação do método do Perímetro Molhado.

Ao projetar novos experimentos, é recomendável determinar a vazão mínima de referência por meio da metodologia IFIM (Incremental Methodology for Flow in Streams) para que possa ser comparada com as metodologias utilizadas neste estudo.

O Instream Flow Incremental Methodology (IFIM) foi desenvolvido pelo “Cooperative Instream Flow Service Group”, atualmente “Aquatic Systems Branch of the National Ecology Research Center”, USFWS, em Fort Collins, USA, para a resolução de problemas no que diz respeito à gestão dos recursos hídricos que envolvam a implementação de qualquer tipo de empreendimento hidráulico em rios, objetivando diminuir o impacto negativo causado aos ecossistemas (Bovee, et al., 1998).

O IFIM é composto por diversos procedimentos teóricos e computacionais que estão interligados para descrever as características temporais e espaciais do habitat fluvial em resposta a alterações no regime fluviométrico dos rios.

Este método é classificado como uma metodologia de habitat, e sua aplicação às estações fluviométricas estudadas agregaria ao comparativo uma abordagem que leva em conta o uso do habitat para avaliar a relação entre vazão e a disponibilidade de habitat físico para as espécies analisadas. Além disso, o IFIM incorpora regras variáveis ou múltiplas que podem ser usadas em negociações baseadas na vazão para atender às necessidades do ecossistema aquático, considerando as demandas para abastecimento de água e outros usos.

A aplicabilidade deste estudo pode se estender aos dados de outras estações fluviométricas tanto do estado do Paraná quanto de qualquer outro estado. Se houver interesse em compará-lo com a metodologia adotada por outros órgãos outorgantes estaduais, é fundamental examinar a metodologia empregada pelo respectivo órgão

REFERÊNCIAS

ANDREOLI, C. V.; DALARMI, O.; LARA, A.I.; ANDREOLI, F.N.; Os Mananciais de Abastecimento do Sistema Integrado da Região Metropolitana de Curitiba - RMC – 9º SILUBESA - Simpósio Brasileiro De Engenharia Sanitária E Ambiental. Anais. Porto Seguro, abr. p.196-205, 2000.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Acesso em 10 agosto. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas - Banco de Dados HidroWeb: Séries Históricas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em 22 outubro 2021.

ANNEAR, T.C., A.A., CONDER. Relative Bias of several fisheries instream flow methods. North American Journal of Fisheries Management, v. 4, p. 451-539, 1984.

ARAÚJO, G.A; PINHEIRO, V.R; SILVEIRA K.C; SIMITAN P.L(2019). O modelo probabilístico Gumbel no ajustamento da vazão máxima do córrego Norete. Revista Eletrônica Engenharia de Interesse Social VOL. 1, NUM. 4, 2019

BAPTISTA, M. B.; COELHO, M M L P ; CIRILO, J. A. ; MASCARENHAS, Flavio C B . Hidráulica Aplicada. 2. ed. Porto Alegre: Editora ABRH, 2003. v. 1. 621 p.

BAHIA, Decreto nº 6296, de 21 de março de 1997, Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos, infração e penalidades e dá outras providências. Diário oficial do Estado da Bahia, Salvador, 21 de março de 1997.

BENETTI, A.D.; LANNA, A.E.; COBALCHINI, M.S. (2003). Metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 8, n. 2, abr.- jun, p. 149 169.

BOF, L. H. N. Análise de critérios de outorga de direito de uso de recursos hídricos. 2010. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

BOVEE, K.D. ET AL, 1998. Stream habitat analysis using the instream flow incremental methodology. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division Information and Technology Report USGS/BRD- 1998- 0004. Colorado, p.139.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 09 jan. 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9433.htm>. Acesso em: 14 mar. 2023.

BRASIL. Lei n.º 9433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF, 1997.

BRASIL. RESOLUÇÃO CNRH N° 140, de 21 de março de 2012. O CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS-CNRH objetiva promover e intensificar a formulação e implementação de políticas, programas e projetos relativos ao gerenciamento e uso sustentável da água, em todos os níveis assim como assegurar a ampla participação e cooperação das comunidades voltadas ao alcance dos objetivos contemplados na Política Nacional de Recursos Hídricos ou estabelecidos em convenções, acordos e resoluções a que o Brasil tenha aderido.

Disponível em:

<<https://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Resolucao-CNRH-n-1402012.pdf>>.

Acesso em 10 de janeiro de 2023

CARDOSO, C.O.; ULLMANN, M.N.; BERTOL, I. Análise de chuvas intensas a partir da desagregação das chuvas diárias de Lages e de Campos Novos (SC). Rev. Bras. Ciênc. Solo, v. 22, n. 1, p. 131-140, 1998.

CARMO, R.L.; ANAZAWA, T.M. Mortalidade por desastres no Brasil: o que mostram os dados. Revista Brasileira de Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, p. 3669-3681, 2014.

CEARA, Decreto n° 23067, de 11 de fevereiro de 1994, Regulamenta o artigo 4° da Lei n° 11.996, de 24 de julho de 1992, na parte referente à outorga do direito de uso dos recursos hídricos, cria o Sistema de Outorga para Uso da Água e dá outras providências. Regulamenta o artigo 4° da Lei n° 11.996, de 24 de julho de 1992, na parte referente à outorga do direito de uso dos recursos hídricos, cria o Sistema de Outorga para Uso da Água e dá outras providências. Diário Oficial do Estado do Ceará, Fortaleza, 11 de fevereiro de 1994.

Demsetz, H. (1967) Toward a theory of property rights. American Economic Review 57, 347-359. In: Classic Papers in Natural Resource Economics, Palgrave Macmillan

DISTRITO FEDERAL, Decreto n° 22 359 de 31 de agosto de 2001, Dispõe sobre a outorga de direito de uso de recursos hídricos no território do Distrito Federal. Diário oficial do Distrito Federal, Brasília , 31 de agosto de 2001.

Coase, Ronald (1960). The Problem of Social Cost. Journal of Law and Economics 3 (1): 1–44. In: Classic Papers in Natural Resource Economics, Palgrave Macmillan

COCHRANE, E. Análise da vazão máxima outorgável da sub-bacia Quapi-Macacu, RJ a partir das vazões mínimas $Q_{7,10}$ e $Q_{(95\%)}$ e geração das curvas-chave e séries de vazões de seus postos fluviométricos. 2019. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente). Universidade Federal Fluminense. Niterói-RJ, 2019.

Disponível

em:

<https://app.uff.br/riuff/bitstream/handle/1/12284/TCC_EDUARDO_COCHRANE_NOVO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

(COLLISCHONN et al, 2005). COLLISCHONN, W.; AGRA, S. G.; FREITAS, G. K.; PRIANTE, G. R.; TASSI, R.; SOUZA, C. F. Em busca do hidrograma ecológico. 2005. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. João Pessoa. ABRH, 2005.

CUTOLO, S. A. Reúso de águas residuárias e saúde pública. São Paulo: Annablume, 2009.

ELTZ, F.L.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. R. bras.Ci. Solo, v. 16, p. 265-269, 1992.

FREITAS, F.S; HORA, M.A.G.M.; DUMAS, B.P. Análise das chuvas máximas diárias e de 24 horas na cidade do Rio de Janeiro. Revista SODEBRAS, Rio de Janeiro, v. 12, n. 135, p. 97-101, 2017.

GIPPEL, J. C.; STEWARDSON, M. J. (1998). Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Melbourne, Parkville, Victoria 3052, Australia. INFORMATIVO CAPIM BRANCO (2006). Informativo Mensal do Consórcio Capim Branco Energia. Ano III, nº 29

GENOVEZ, A.M.; PEGORARO, R.C.F. Análise e avaliação de equações de chuvas intensas generalizadas. In: Congresso Latino-americano de Hidráulica 18, 1998, Oaxaca. Anais. Oaxaca: IAHR, v. 1, 1998, p. 369-379.

GIPPEL, J. C.; STEWARDSON, M. J. (1998). Use of wetted perimeter in defining minimum environmental flows. Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Department of Civil and Environmental Engineering, The University of Melbourne, Parkville, Victoria 3052, Australia.

GOPAL, B., 2013. Environmental Flows. Nova Deli: National Institute of Ecology.

GUEDES, H. A. S. Modelagem hidrodinâmica do ecossistema aquático visando à determinação do hidrograma ecológico no rio Formoso – MG. 2013. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Ambientais). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2013

IAT. Instituto Água e Terra do Paraná – Banco de dados Monitoramento hidrológico: Disponível em: <http://www.iat.pr.gov.br/>. Acesso em 22 outubro 2021.

MEDEIROS, M. J. Avaliação da vazão referencial como critério de outorga dos direitos de usos das águas na bacia do Paraopeba. 2000. 176 p. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2000.

MELLO, C. R. de; SILVA, A. M. da. Hidrologia: princípios e aplicações em sistemas agrícolas. Lavras: Ed. UFLA, 2013. 455 p.

MARQUES, A.; RODRIGUEZ, D. A importância da análise exploratória de cenários de mudanças climáticas no planejamento de longo prazo dos recursos hídricos – estudo de caso: Santa Cecília. Revista do 8º Simpósio de Gestão Ambiental e Biodiversidade (07 a 09 de maio 2019). Rio de Janeiro-RJ, 2019. Disponível em: <[36](https://itr.ufrrj.br/sigabi/wp-content/uploads/2019/08/A-IMPORTA%CC%82NCIA-DA-ANA%CC%81LISE-EXPLORATO%CC%81RIA-DE-CENA%CC%81RIOS-DE-MUDANC%CC%A7AS-</p></div><div data-bbox=)

CLIMA%CC%81TICAS-NO-PLANEJAMENTO-DE-LONGO-PRAZO-DOS-RECURSOS-HI%CC%81DRICOS_ESTUDO-DE-CASO-SANTA-CECI%CC%81LIA.pdf>.

MONTEIRO, C. A. F. A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo: estudo geográfico sob a forma de atlas. USP/Igeog, São Paulo, 1973.

MOREIRA.H; MOREIRA.K; SOUSA.P; OLIVEIRA.L. 2020). Cenários de disponibilidade hídrica para concessão de outorga: estudo de caso da Bacia Vertentes do Rio Grande, Estados de Minas Gerais e São Paulo, Brasil. Revista Brasileira de Gestão Ambiental e Sustentabilidade (2020).

OKI, T.; KANAE, S. Spatial and Temporal Evolution of the Static Water Level of the Cuauhtemoc Aquifer during the Years 1973, 1991 and 2000: A Geographical Approach. Global Hydrological Cycles and World Water Resources. Science, v. 313, p. 1068-1072, 2006.

OLIVEIRA, I. C. Modelagem ecohidrológica uni e bidimensional do Rio Formoso – MG. 2013. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Ambientais). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG, 2013

PARAÍBA, Decreto nº 19.260, de 31 de outubro de 1997, Regulamenta a outorga do direito de uso dos recursos hídricos e dá outras providências. Diário oficial do Estado da Paraíba, João Pessoa , 31 de outubro de 1997.

PARANÁ, Decreto nº 4.646 de 31 de agosto de 2001, Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos e adota outras providências. Diário oficial do Paraná, Curitiba , 31 de agosto de 2001.

PIRES,J. Índice de Variabilidade do Escoamento nas Escalas Semanal e Mensal: Estação Fluviométrica Engenho Mato Grosso/PE. 2018.38f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Biosistemas). Universidade Federal de Campina Grande, Sumé- PB, 2018. Disponível em <<http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/4466>>

RELATÓRIO CLIMÁTICO DA ONU.IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change.Disponível:< <https://www.ipcc.ch>>. Acesso em 03/03/2022

PORTUGAL (2002) Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território. Decreto Regulamentar N.º 11/2002 de 08-03-2002. Plano de Bacia Hidrográfica (PBH) do Lima - 3ª Fase – Estratégias, Medidas e Acções. (Rev.1 - 00/09/15). Diário da República I Série.Disponível<http://www.dran.pt/temas/pbh/cdrom/lima/3_fase/Li3.pdf>. Acessado em 11/07/2021

REIS, A. A. Estudo comparativo, aplicação e definição de metodologias apropriadas para determinação da vazão ecologia na bacia do rio Pará em Minas Gerais. 2007. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos). Universidade Federal de Minas Gerais, MG, 2007.

RIO GRANDE DO NORTE, Decreto nº 13.283 de 31 de outubro de 1997, Regulamenta as outorgas para utilização das águas e as licenças para obras de oferta hídrica. Diário oficial do Rio Grande do Norte, Natal , 31 de outubro de 1997.

SARMENTO, R. Termo de Referência para a elaboração de estudos sobre a vazão ecológica na bacia do rio São Francisco. Edital n. 05 do ano de 2006, PROJETO 704BRA2041 da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. UNESCO. 2007.

SARMENTO, R. Estado da arte da vazão ecológica no Brasil e no mundo. UNESCO/ANA/CBHSF, 2007.

SILVA, A.M.; OLIVEIRA, P.M.; MELLO, C.R.; PIERANGELI, C. (2006). Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 10, n. 2, p. 374-380, 2006.

SILVA, B. M. B. da; SILVA, D. D. da; MOREIRA, M. C. Índices para a gestão e planejamento de recursos hídricos na bacia do rio Paraopeba, Estado de Minas Gerais. Ambiente e Água: An Interdisciplinary Journal of Applied Science, Taubaté, v. 10, n. 3, p. 685-697, 2015a.

Sem autor: Manual Técnico de Outorga. www.iat.pr.gov.br, 2022. Disponível em:<
https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/manual_outorgas_suderhsa_2006.pdf> Acesso em: 01/02/2022.

Sem autor: Plano das Bacias do Alto Iguaçu e Afluentes do Alto Ribeira PBAI_Produto 11_Relatorio tecnico02_R07_R02.iat.pr.gov.br,2014.Disponível em :<
https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-05/pbai_produto_11_relatorio_tecnico.pdf>. Acesso em: 03/03/2022

Sem autor: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná – Resumo Executivo. iat.pr.gov.br,2010. Disponível:< https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-03/resumo_executivo_plerh.pdf >. Acesso em 03/03/2022

SOUZA FILHO, E. E. ; STEVAUX, J. C. ; JABUR, I. C. A história quaternária do rio Paraná. In: VAZZOLER, A E. A. M.; AGOSTINHO, A. A.; e HANH, N. S. (Org.). A planície de inundação do alto rio Paraná. 1 ed. Maringá: EDUEM, 1997, v. 1, p. 46- 62.

THARME, R.E., 2003. A Global Perspective on Environmental Flow Assessment: Emerging Trends in the Development and Application of Environmental Flow Methodologies for Rivers. Revista River Research and Applications, 22/09/2003. Disponível em:<
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/rra.736> >. Acesso em: 01/03/2022

TENNANT, D. L.; Instream Flow Regimes for Fish, Wildlife, Recreation and Related Environmental Resources. Fisheries 1, p. 6-10. 1976

TUCCI, C. E. M. Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre: Edusp, 1993.

TUCCI, C. E. M. Regionalização de Vazões. Porto Alegre: UFRGS, 2002. 256 p

VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. 7. Ed. Belo Horizonte, MG: Ed. Universidade Federal de Minas Gerais, 588p 2007.