

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – CAMPUS CASCAVEL

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

VAZÕES ECOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIQUIRI

CINTIA CAROLINE KREBS HERTHER

CASCAVEL – PARANÁ - BRASIL

JULHO - 2016

CINTIA CAROLINE KREBS HERTHER

VAZÕES ECOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIQUIRI

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Eloy Lemos de Mello.

CASCADEL – PARANÁ

JULHO – 2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

H489v

Herther, Cintia Caroline Krebs
Vazões ecológicas na bacia hidrográfica do Rio Piquiri./Cintia Caroline
Krebs Herther. Cascavel, 2016.
51 f.

Orientador: Prof. Dr. Eloy Lemos de Mello
Revisor: José Carlos da Costa

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná,
Campus de Cascavel, 2016
Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia Agrícola

1. Outorga. 2. Métodos hidrológicos. 3. Vazão específica. I. Mello, Eloy
Lemos de. II. Costa, José Carlos da, Rev. III. Universidade Estadual do Oeste
do Paraná. IV. Título.

CDD 20.ed. 551.48
CIP-NBR 12899

Ficha catalográfica elaborada por Helena Soterio Beijo – CRB 97/065

ALL INFORMATION CONTAINED
HEREIN IS UNCLASSIFIED
DATE 02-22-2001 BY 60322 UCBAW

CINTIA CAROLINE RUPPENTHAL KREBS

Vazões ecológicas na bacia hidrográfica do rio Piquiri

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola, área de concentração Recursos hídricos e saneamento ambiental, linha de pesquisa Recursos hídricos, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:

Orientador(a) - Eloy Lemos de Mello

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Jam Piras Frigo

Universidade Federal da Integração Latino-Americana (Unila)

Marcio Antonio Vilas Boas

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)

Cascavel, 1 de agosto de 2016

BIOGRAFIA

Cintia Caroline Krebs Herther nasceu em 16 de julho de 1986, na cidade de Marechal Cândido Rondon - PR e cursou Ciências Biológicas, na Universidade Paranaense - UNIPAR, *campus* de Toledo - PR, durante os anos de 2006 a 2009. Ingressou no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PGEAGRI) na Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), *campus* de Cascavel - PR, no primeiro semestre de 2014, como aluna regular do mestrado na área de concentração Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, sob orientação do Professor Dr. Eloy Lemos de Mello, tendo bolsa de estudos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

DEDICATÓRIA

Aos meus pais: Wilimar e Iliani, pelo apoio de sempre. Ao meu querido irmão Guilherme, ao meu marido Cleomar pelo incentivo e companheirismo em todas as situações, e ao meu filho Bernardo pelo amor incondicional.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pela minha sabedoria, por me amparar nas horas difíceis, por me dar condições de sempre seguir em frente;

À minha família, por todo amor recebido constantemente, pelo apoio de sempre;

Ao meu orientador Professor Dr. Eloy Lemos de Mello, pela amizade, paciência, sabedoria, incentivo e orientações que foram essenciais para que eu chegasse até aqui;

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola; à Unioeste, *campus* de Cascavel – PR, por possibilitar o desenvolvimento da minha pesquisa;

À CAPES, pelo auxílio financeiro na concessão da bolsa de estudos;

Aos meus professores, colegas e amigos que; de alguma forma; contribuíram para minha formação.

VAZÕES ECOLÓGICAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIQUIRI

RESUMO

As vazões ecológicas são denominadas também como vazão ambiental, vazão residual e vazão remanescente, entre outras denominações que correspondem à quantidade de água que deve permanecer no leito do rio para atender às necessidades de sobrevivência e preservação do ecossistema aquático. Nesse sentido, estabeleceu-se como objetivo deste trabalho fazer uma análise comparativa entre diferentes métodos hidrológicos de obtenção da vazão aquática: método da vazão aquática de base, método da curva de permanência Q90 e Q95, método das vazões anuais mínimas de 7 dias e o método da vazão média mínima de 7 dias, com período de recorrência de 10 anos ($Q_{7,10}$), na bacia hidrográfica do rio Piquiri. Foi realizado um comparativo entre os métodos e, também, para cada estação. Verificou-se diferença entre os valores de vazão ecológica estimados para os diferentes métodos analisados. As maiores estimativas de vazão entre os métodos foram encontradas no método da vazão aquática de base e as menores estimativas foram obtidas pelo método da $Q_{7,10}$; na maioria das estações o método da vazão aquática de base foi maior, exceto na estação (64776100), na qual o valor da vazão Q90 foi superior e na estação (64785000) cujo maior valor de vazão encontrado foi na média anual das vazões mínimas de sete dias; para todas as estações, o método que obteve os menores valores de vazão ecológica foi o da $Q_{7,10}$, que é uma estimativa restritiva, quando comparada com o limite máximo outorgável no estado do Paraná.

Palavras-chave: outorga, métodos hidrológicos, vazão específica

ECOLOGICAL FLOWS IN BASIN RIVER PIQUIRI

ABSTRACT

The instream flows are also known as environmental flow, residual flow, remaining flow among other designations that correspond to the amount of water that must remain into river bed to meet survival and preservation needs of the aquatic ecosystem. Thus, this study aimed at carrying out a comparative analysis among the different hydrological methods in order to obtain the water flow such as: method of water flow base, method of Q90 and Q95 duration curve, method of minimum annual flows of 7 days, and the method of the average minimum flow of 7 days with 10-year reoccurrence period ($Q_{7,10}$), in Piquiri river basin. There was a comparison among those methods as well as for each station. The largest estimates of flow rates among the methods were obtained with the base water flow method and the lowest values were recorded by the $Q_{7,10}$ method. In most stations, the method of base water flow was the highest, except at the station (64776100), whose Q90 flow value was superior as well as at the station (64785000), whose highest value of flow was recorded in the annual average of minimum stream flow of seven days. For all stations, the $Q_{7,10}$ method showed the lowest values of environmental flow, which is a restrictive estimate when compared to the grantable maximum limit in Paraná state.

Keywords: grant, hydrological methods, specific flow.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo geral	14
2.2 Objetivos específicos.....	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 Equilíbrio ambiental.....	15
3.2 Vazões ecológicas.....	15
3.3 Estudos sobre vazões ecológicas.....	17
3.4 Métodos para determinação da vazão ecológica.....	17
3.5 Estudos sobre a aplicação de métodos hidrológicos	18
3.5.1 Método da vazão aquática de base	18
3.5.2 Método da curva de permanência de vazões	19
3.5.3 Método das vazões anuais mínimas de 7 dias	19
3.5.4 Método $Q_{7,10}$	19
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1 Descrição da área de estudo.....	20
4.2 Dados para o estudo	21
4.2.1 Dados fluviométricos	21
4.3 Obtenção de vazões ecológicas.....	23
4.3.1 Método 1: método da vazão aquática de base	23
4.3.2 Método 2: método da curva de permanência Q_{90} e Q_{95}	23
4.3.3 Método 3: método das vazões anuais mínimas de 7 dias.....	24
4.3.4 Método 4: método da vazão média mínima de 7 dias com período de recorrência de 10 anos ($7Q_{10}$)	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5.1 Vazão ecológica	25
5.2 Vazão ecológica específica	25
5.3 Método 1: vazão aquática de base	26
5.4 Método 2: Q_{90} e Q_{95}	27
5.4.1 Q_{90}	27

5.4.2	Q95	27
5.5	Método 3: média anual da Q _{mín} de 7 dias	27
5.6	Método 4: Q _{7,10}	27
5.7	Comparação geral entre os métodos.....	28
5.8	Análise dos métodos para cada estação	29
5.8.1	Estação 64764000.....	29
5.8.2	Estação 64765000.....	29
5.8.3	Estação 64767000.....	30
5.8.4	Estação 64771500.....	31
5.8.5	Estação 64773000.....	32
5.8.6	Estação 64775000.....	33
5.8.7	Estação 64776100.....	34
5.8.8	Estação 64780000.....	35
5.8.9	Estação 64785000.....	36
5.8.10	Estação 64790000.....	37
5.8.11	Estação 64795000.....	38
5.8.12	Estação 64799500.....	39
5.8.13	Estação 64800000.....	40
5.8.14	Estação 64810000.....	41
5.8.15	Estação 64815000.....	42
5.8.16	Estação 64820000.....	43
5.8.17	Estação 64830000.....	44
5.8.18	Estação 64833000.....	45
6	CONCLUSÕES	47
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	48
	REFERÊNCIAS	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Lista das estações fluviométricas utilizadas no estudo	22
Tabela 2	Vazões ecológicas ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), pelos quatro métodos de estimativa	25
Tabela 3	Vazões ecológicas específicas ($\text{L s}^{-1} \text{km}^2$), pelos quatro métodos de estimativa	26

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Localização da bacia hidrográfica do rio Piquiri – PR. Datum WGS-84, coordenadas UTM, zona 22 S.	20
Figura 2	Localização geográfica das estações fluviométricas selecionadas para o estudo. Datum WGS84, coordenadas UTM, zona 22 S.....	22
Figura 3	Comparativo entre os métodos.	28
Figura 4	Vazões ecológicas específicas na estação 64764000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	29
Figura 5	Vazões ecológicas específicas na estação 64765000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	30
Figura 6	Vazões ecológicas específicas na estação 64767000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	31
Figura 7	Vazões ecológicas específicas na estação 64771500 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	32
Figura 8	Vazões ecológicas específicas na estação 65773000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	33
Figura 9	Vazões ecológicas específicas na estação 64775000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	34
Figura 10	Vazões ecológicas específicas na estação 64776100 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	35
Figura 11	Vazões ecológicas específicas na estação 64780000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	36
Figura 12	Vazões ecológicas específicas na estação 64785000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	37
Figura 13	Vazões ecológicas específicas na estação 64790000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	38
Figura 14	Vazões ecológicas específicas na estação 64795000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	39
Figura 15	Vazões ecológicas específicas na estação 64799500 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	40
Figura 16	Vazões ecológicas específicas na estação 64800000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	41
Figura 17	Vazões ecológicas específicas na estação 64810000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	42

Figura 18	Vazões ecológicas específicas na estação 64815000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	43
Figura 19	Vazões ecológicas específicas na estação 64820000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	44
Figura 20	Vazões ecológicas específicas na estação 64830000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	45
Figura 21	Vazões ecológicas específicas na estação 64833000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.	46

1 INTRODUÇÃO

Os regimes de vazão natural nos rios têm sofrido alterações ao longo do tempo, devido a distintas atividades que impactam o ambiente aquático, como o abastecimento público, a irrigação e a geração de energia, entre outros. O equilíbrio ambiental dos recursos hídricos depende de fatores qualitativos e quantitativos, que devem estar presentes no meio aquático, para a manutenção e preservação do ecossistema (VASCO, 2015).

As vazões ecológicas são denominadas como vazão ambiental, vazão residual e vazão remanescente, entre outras denominações e correspondem à quantidade de água que devem permanecer no leito do rio para atender às necessidades de sobrevivência e preservação do ecossistema aquático (MEDEIROS; SOUZA; RIBEIRO, 2011).

Não é só um instrumento para manutenção da fauna e da flora, mas é, também, uma ferramenta que auxilia o gerenciamento hídrico, como critério para determinação dos valores dos limites máximos de vazão para outorgas.

Para determinar as vazões ecológicas existem várias abordagens por métodos hidrológicos, hidráulicos, holísticos e simulação de habitat; cada um desses métodos possui características distintas e necessita das mais diversas variáveis para sua determinação (SARMENTO, 2007).

Além disso, há uma limitação para as técnicas de determinação de vazões ecológicas adotadas no Brasil, fazendo com que sejam utilizadas sempre as mesmas metodologias, porém, todas procuram garantir a manutenção e a preservação dos corpos hídricos.

Os métodos hidrológicos são os mais utilizados, porquanto dependem de uma pequena quantidade de informações para sua determinação. Têm vantagens e desvantagens: uma vantagem está em utilizarem, de modo geral, somente séries históricas de vazão; uma desvantagem está em não analisarem os aspectos ambientais (COLLISCHONN *et al.*, 2005).

Por essas razões, estabeleceu-se como objetivo deste trabalho fazer uma análise comparativa entre os seguintes métodos controle hidrológico: método da vazão aquática de base, método da curva de permanência Q90 e Q95, método das vazões anuais mínimas de 7 dias e o método da vazão média mínima de 7 dias, com período de recorrência de 10 anos ($Q_{7,10}$), na bacia hidrográfica do rio Piquiri.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Analisar e comparar quatro métodos hidrológicos de determinação de vazões ecológicas na bacia hidrográfica do rio Piquiri: método da vazão aquática de base, método da curva de permanência Q90 e Q95, método das vazões anuais mínimas de 7 dias e o método da vazão média mínima de 7 dias, com período de recorrência de 10 anos ($Q_{7,10}$).

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar comparativamente os métodos analisados;
- Comparar as estações da bacia hidrográfica do rio Piquiri para cada método;
- Relacionar os resultados obtidos com o limite máximo outorgável para o estado do Paraná.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Equilíbrio ambiental

Nas últimas décadas, a intensificação do uso dos ambientes aquáticos para as mais distintas atividades, dentre as quais se destacam o abastecimento público e industrial, a irrigação e a geração de energia elétrica, tem ocasionado grandes alterações nos regimes naturais de vazão dos rios.

O equilíbrio ambiental de qualquer sistema fluvial é extremamente dependente dos aspectos qualitativos e quantitativos dos recursos hídricos (VESTENA *et al.*, 2012), uma vez que a quantidade e a qualidade são características indissociáveis da água e vão condicionar sua utilização. Quando este balanço não é preservado, as principais funções exercidas pela água são comprometidas, gerando grandes prejuízos sociais. Tais circunstâncias são descritas por: Conejo (1993); Tharme (2003; Collischonn *et al.* (2006); Pinto, Ribeiro e Silva, (2016).

A perspectiva de um balanço adequado entre a utilização da água e a manutenção de sua estrutura natural é o que se preconiza, a fim de garantir o uso continuado da água, no presente e no futuro. O reconhecimento dos problemas advindos da crescente demanda pelos recursos hídricos e da degradação ambiental tem conduzido a estudos de ecohidrologia, com a finalidade de encontrar alternativas de conservação e proteção dos ecossistemas envolvidos (TARME, 2003).

Em vista disto, é muito importante que os conceitos relativos ao uso dos recursos naturais, principalmente da água, sejam revistos. Faz-se necessário entender que o uso não racional desse recurso, pode levar à escassez e até à falta completa em amplas regiões. Para isso, os governos necessitam de ferramentas capazes de prover sistemas de gestão de recursos hídricos abrangentes e eficientes (POFF *et al.*, 2011).

3.2 Vazões ecológicas

Uma das variáveis requeridas para possibilitar a continuidade das funções oferecidas pela água é a manutenção de vazões mínimas que suportem o ecossistema aquático. Estas vazões têm sido chamadas de residuais, remanescentes, ecológicas e ambientais.

Vazão remanescente ou residual é a vazão mínima que deve permanecer no curso de água, após a outorga de todos os usos consuntivos; corresponde a um valor fixo mínimo que deve atender a um percentual de uma vazão de referência. A vazão ecológica é entendida como aquela necessária para garantir a manutenção e conservação dos ecossistemas aquáticos naturais, após as retiradas para atender aos múltiplos usos de recursos hídricos (BENETTI; LANNA; COBALCHINI, 2003).

Essas teorias dão suporte à legislação relacionada ao uso dos recursos hídricos nos estados brasileiros. São importantes porque evitam, em muitos casos, que rios inteiros sejam completamente utilizados pela atividade de irrigação, chegando a secar seu leito. Os períodos de estiagem são apenas uma das faces do regime hidrológico.

A qualidade ambiental de um rio e dos ecossistemas associados é fortemente dependente do regime hidrológico, incluindo a magnitude das vazões mínimas e das vazões máximas, o tempo de duração das estiagens, o tempo de ocorrência das cheias, a frequência das cheias, a época de ocorrência dos eventos de cheias e estiagens, entre outros (POFF *et al.*, 1997; NAIMAN *et al.*, 2002; POSTEL; RICHTER, 2003).

Na fixação de vazões ecológicas, alguns dos métodos desenvolvidos consideram, especialmente, variáveis físicas importantes nas diversas etapas de desenvolvimento de organismos aquáticos. Segundo Allan (1995), os fatores físicos mais importantes para organismos aquáticos são a corrente, o substrato, a temperatura e o oxigênio.

Benetti, Lanna e Cobalchini (2003) afirmam a importância das correntes por transportarem nutrientes e removerem dejetos. Certas espécies estão adaptadas para viverem em zonas de águas mais lentas ou mais rápidas, mas nem sempre em ambas.

O substrato, composto por materiais minerais formadores do leito e laterais do rio, também é de grande relevância, afirmam esses autores, indicando que a distribuição de substrato, desde os mais finos até os mais pedregosos, é determinada pela velocidade da correnteza e pelo material que o compõe. Esse fator configura o habitat dos organismos, pois algumas espécies aquáticas possuem maior afinidade por tipos específicos de substrato. Essa afinidade muitas vezes se reflete na escolha para desova e criação de ninhinhos.

A temperatura da água é uma das características mais variáveis do corpo hídrico. O clima da região, a altitude, a mata ciliar e a contribuição de águas subterrâneas desempenham papéis importantes na regularização da temperatura de um corpo hídrico (BENETTI; LANNA. COBALCHINI, 2003).

3.3 Estudos sobre vazões ecológicas

Muitos métodos têm sido desenvolvidos, ao longo dos últimos anos, para estudo das vazões ecológicas, principalmente nos Estados Unidos, Canadá, países da Europa, África do Sul e Austrália (PINTO; RIBEIRO; SILVA, 2016). No Brasil, também são diversas as pesquisas realizadas sobre essa temática.

Benetti, Lanna e Cobalchini (2003) e Longhi e Formiga (2011) apresentaram metodologias para determinação de vazões ecológicas em rios.

Collischonn *et al.* (2005) propuseram uma metodologia adaptada da proposta de Richter *et al.* (2003), para definição de vazões a serem mantidas nos rios que podem compatibilizar a sustentabilidade ambiental e o abastecimento público de água.

Outros pesquisadores trabalharam com vazões remanescentes (MORTARI, 1997; SANTOS *et al.*, 2003; VESTENA *et al.*, 2012), vazões mínimas (KAVISKI, 1983; CHAVES, 2002; AQUINO, 2012) e vazões de referência para outorga (MAIA, 2003; SILVA *et al.*, 2006).

Santos e Cunha (2013) discutiram a outorga de recursos hídricos no Brasil, frente ao desenvolvimento do setor hidrelétrico na Amazônia, apontando alguns contrassensos do arcabouço legal brasileiro, bem como a falta de critérios técnicos coerentes.

Castro, Moreira e Silva (2014) propuseram um regime de vazões ecológicas para o Rio de Ondas – Bahia, utilizando um modelo bidimensional, a partir de vazões favoráveis à presença de espécies bioindicadoras.

Contudo, a bacia hidrográfica brasileira com maior número de estudos relacionados às alterações de fluxo e suas implicações no ecossistema é a bacia do rio São Francisco (POMPEU; GODINHO, 2006; GODINHO; KYNARD; MARTINEZ, 2007; MEDEIROS *et al.*, 2011; SANTOS; POMPEU; KENJI, 2012).

3.4 Métodos para determinação da vazão ecológica

Em revisão ampla sobre as metodologias utilizadas para a determinação da vazão ecológica, Tharme (2003) encontrou pelo menos 207 metodologias distintas sendo utilizadas em diferentes países. Segundo esse pesquisador, as metodologias encontradas podem ser agrupadas em quatro categorias principais:

- **Métodos hidrológicos:** fundamentam-se na análise de séries históricas dos dados fluviométricos; os mais comuns são: vazão $Q_{7,10}$, curva de permanência de vazões, vazão mínima anual de 7 dias, método Tennant/Montana, método da

vazão aquática de base, método da mediana das vazões mensais e o método da área de drenagem.

- **Métodos hidráulicos:** relacionam as vazões com as características hidráulicas do escoamento; os mais utilizados são: método do perímetro molhado e o método das regressões múltiplas.
- **Métodos de simulação do habitat:** associam o regime de fluxo do curso d'água com o comportamento das espécies e ecossistemas; os mais usados são: método Idaho, método do Dep. de pesca de Washington e o método IFIM.
- **Métodos holísticos:** incorporam os diferentes componentes dos métodos anteriores; o mais comum é o método de construção de blocos (BBM).

3.5 Estudos sobre a aplicação de métodos hidrológicos

Dentre as categorias de métodos elencadas, os métodos hidrológicos apresentam um conjunto de metodologias mais simples, nas quais os dados hidrológicos, como os registros diários ou mensais das vazões, são analisados para dar origem a índices de vazão que servirão de referência como vazão ambiental (ARTHINGTON *et al.*, 2004).

A utilização dos métodos hidrológicos pode apresentar algumas vantagens como a facilidade de uso, o baixo custo para execução das metodologias, a necessidade de um número baixo de informações e a baixa estimativa de quantidade de água requerida para a vazão ecológica (SOUZA; FRAGOSO JR; GIACOMONI, 2004). No entanto, há desvantagens no emprego desses métodos, uma vez que não associam o regime hidrológico com os reflexos sofridos pelos ecossistemas.

Há cerca de 61 metodologias baseadas nos métodos hidrológicos (THARME, 2003), porém, algumas são mais comumente utilizadas, como: o método da vazão aquática de base, o método da curva de permanência de vazões, o método das vazões anuais mínimas de 7 dias e o método $Q_{7,10}$.

3.5.1 Método da vazão aquática de base

O método da vazão aquática de base é uma técnica que parte dos registros históricos de vazão, calculando-se a vazão mediana do mês com menores valores de vazão. Esse valor definido pela mediana é adotado como vazão ecológica para todo o ano, porém, em meses de reprodução e incubação de peixes, as vazões ecológicas devem ser equivalentes à mediana do mês em questão (FARIAS JR, 2006). Esse método, muitas

vezes, é considerado com baixo nível de precisão e resultados mais conservadores (LONGHI; FORMIGA, 2011).

3.5.2 Método da curva de permanência de vazões

O método da curva de permanência de vazões faz uso de valores de vazão obtidos pela curva de permanência, determinando as vazões ecológicas (BENETTI; LANNA; COBALCHINI, 2003), que devem ser iguais ou superiores à vazão diária histórica, em 90 ou 95% do tempo (Q_{90} ou Q_{95}) (FARIAS JR, 2006).

Com as séries históricas de registros fluviométricos, as curvas de permanência são criadas a partir de vazões diárias, mensais ou anuais. Os dados são organizados de acordo com a magnitude e a porcentagem de tempo, durante o qual o fluxo seja igual ou superior aos valores indicados, ou seja, os dados devem ser arranjados em ordem decrescente e definida a sua frequência dentro da série histórica (SEARCY, 1959).

3.5.3 Método das vazões anuais mínimas de 7 dias

Para o método das vazões anuais mínimas de 7 dias, a vazão ecológica é definida calculando-se as médias móveis de sete dias das vazões diárias de cada ano hidrológico, posteriormente é extraída a vazão mínima de cada ano e feita a média desses valores (BENETTI; LANNA; COBALCHINI, 2003).

3.5.4 Método $Q_{7,10}$

O método $Q_{7,10}$ determina uma vazão mínima para conservação da qualidade da água em cursos d'água que recebem poluentes (PAULO, 2007). Para a obtenção das vazões $Q_{7,10}$, são calculadas as médias móveis de 7 dias consecutivos das vazões médias diárias da série histórica, selecionando-se as menores médias de cada ano e ordenando-as de maneira crescente para o ajuste da distribuição de probabilidade dos dados de vazão. Por fim, essas vazões são aplicadas ao período de 10 anos de retorno. Como é obtido por meio da série histórica de dados fluviométricos, esse método dispensa a necessidade de atividades em campo, sendo essa uma vantagem do método, entretanto, não considera as particularidades do ecossistema aquático (PAULO, 2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Descrição da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Piquiri abrange uma área de drenagem de 24.156 km² e está localizada totalmente no estado do Paraná, no quadrilátero formado pelas projeções da Universal Transversa de Mercator de 7384962,29 e 7199801,53 norte e 439551,83 e 183689,15 oeste (Figura 1) (PARANÁ/IAP, 2008).

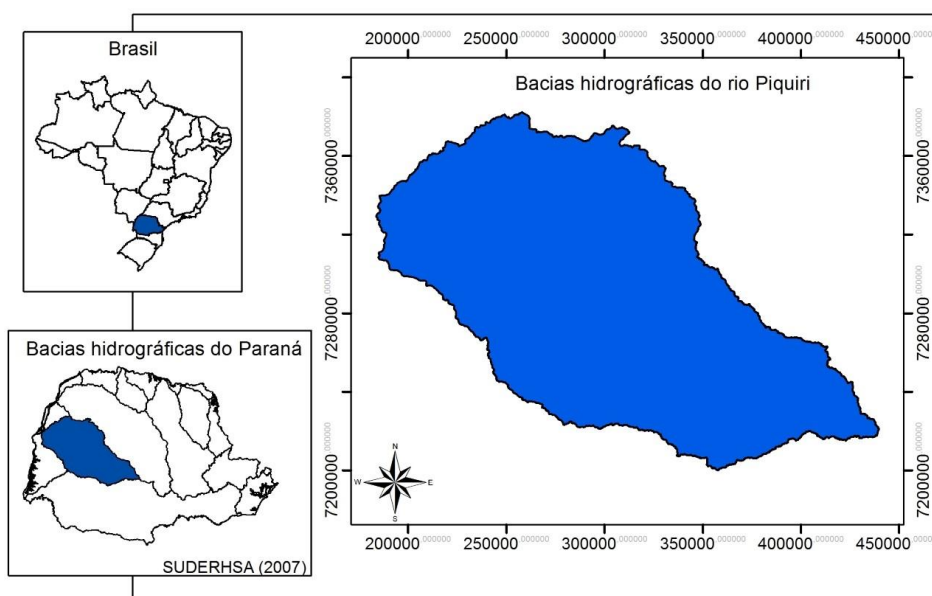


Figura 1 Localização da bacia hidrográfica do rio Piquiri – PR. Datum WGS-84, coordenadas UTM, zona 22 S.

Fonte: Araújo (2015).

O principal curso de água da bacia é o rio Piquiri, que banha total ou parcialmente os municípios de Guarapuava, Turvo, Campina do Simão, Goioxim, Santa Maria do Oeste, Marquinho, Palmital, Laranjal, Nova Laranjeiras, Diamante do Sul, Altamira do Paraná, Guaraniaçu, Campo Bonito, Campina da Lagoa, Braganey, Anahy, Iguatu, Corbélia, Ubitatã, Nova Aurora, Quarto Centenário, Goioerê, Mariluz, Alto Piquiri, Formosa do Oeste, Brasilândia do Sul, Assis Chateaubriand, Palotina, Iporá, Francisco Alves, Terra Rocha e Altônia.

O rio Piquiri, desde a sua nascente na Serra do São João – PR, tem um percurso de 660 Km até sua Foz no rio Paraná. Ao longo do seu percurso, recebe como principais contribuintes, de montante para jusante, os rios do Cobre, Bandeira, Cascudo, Feio, São

Francisco, Tourinho, Melissa, Jesuítas, Verde, Encanto e Azul, pela margem esquerda; pela margem direita, contribuem os rios Cantu, Sapucaí, Goio Bang, Goioerê, Jangada e Xambrê (PARANÁ/SEMA, 2013).

O clima da região é tipicamente temperado, com temperatura média no mês mais frio inferior a 18°C; no mês mais quente a média fica acima de 22°C. O relevo da bacia vai de suave a ondulado e suas altitudes variam de 410 a 990 metros, a precipitação média anual na região da bacia é de 1600 mm (PARANÁ/IAP, 2008).

A bacia possui uma alta biodiversidade de fauna e flora, sendo metade formada por florestas estacional semidecidual submontana e a outra parte é formada por florestas com Araucária, conhecida também como floresta ombrófila mista (PARANÁ/SEMA, 2013).

Os solos encontrados na bacia do rio Piquiri são de forma genérica: Latossolos, Nitossolos, Argissolos, Gleissolos, Cambissolos e Neossolos. Fatores como topografia e clima contribuem para formação desses diferentes tipos de solos. Ao norte, as texturas variam entre arenosa e média arenosa, prevalecendo texturas mais argilosas nas demais regiões (PARANÁ/SEMA, 2013).

As principais atividades econômicas da bacia são de natureza agropecuária, havendo pastagens e culturas agrícolas, principalmente de soja, trigo, cana de açúcar e de mandioca (PARANÁ/SEMA, 2013).

4.2 Dados para o estudo

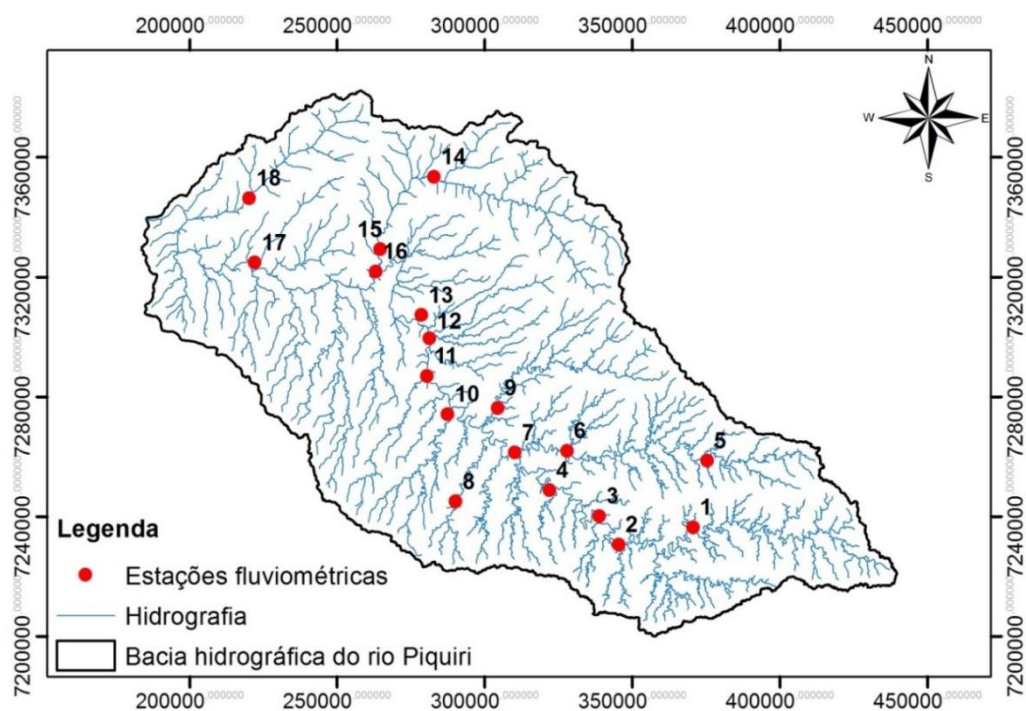
Na execução deste trabalho, utilizaram-se 18 estações fluviométricas que fazem parte da rede hidrometeorológica do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB), da Agência Nacional de Águas (ANA).

4.2.1 Dados fluviométricos

Na Tabela 1 estão apresentadas as 18 estações fluviométricas, organizadas da seguinte maneira: códigos, nomes, rios, coordenadas UTM e períodos de dados utilizados. Na Figura 2 visualiza-se a distribuição espacial das estações sobre a bacia hidrográfica do Piquiri.

Tabela 1 Lista das estações fluviométricas utilizadas no estudo

ID	Código	Nome	Rio	Localização (UTM)		Período de dados	
				Latitude	Longitude	Início	Fim
1	64764000	Guampará	Rio Piquiri	7236358	370545	1984	2002
2	64765000	Porto Paiquerê	Rio Piquiri	7230558	345372	1971	1983
3	64767000	Porto Carriel	Rio Piquiri	7240053	338869	1981	2010
4	64771500	Porto Guarani	Rio Piquiri	7248767	321951	1976	2005
5	64773000	Ponte Leôncio Primo	Rio Cantu	7258554	375392	1978	2003
6	64775000	Balsa do Cantu	Rio Cantu	7261859	327852	1967	2005
7	64776100	Foz do Cantu	Rio Piquiri	7261259	310268	1986	2005
8	64780000	Ponte Tourinho	Rio Tourinho	7244873	290199	1966	1979
9	64785000	Ponte do Goio Bang	Rio Goio Bang	7276164	304354	1967	2005
10	64790000	Salto Sapucaí	Rio Sapucaí	7274101	287476	1966	2005
11	64795000	Ponte do Piquiri	Rio Piquiri	7286889	280523	1970	2003
12	64799500	Novo Porto 2	Rio Piquiri	7299365	281258	1978	2003
13	64800000	Porto 2	Rio Piquiri	7307202	278542	1962	1978
14	64810000	Balsa do Goioerê	Rio Goioerê	7353403	282914	1963	2004
15	64815000	Fazenda Uberana	Rio Goioerê	7329138	264612	1978	2005
16	64820000	Porto Formosa	Rio Piquiri	7321694	263070	1966	2004
17	64830000	Balsa Santa Maria	Rio Piquiri	7324706	222066	1969	2003
18	64833000	Iporã	Rio Xambrê	7346254	220203	1994	2001

**Figura 2** Localização geográfica das estações fluviométricas selecionadas para o estudo. Datum WGS84, coordenadas UTM, zona 22 S.

4.3 Obtenção de vazões ecológicas

Os métodos de obtenção das vazões ecológicas que requerem valores de séries históricas como mínimo para se obter resultados são todos hidrológicos e foram classificados da seguinte maneira:

Método 1: método da vazão aquática de base;

Método 2: método da curva de permanência Q90 e Q95;

Método 3: método das vazões anuais mínimas de 7 dias;

Método 4: método da vazão média mínima de 7 dias, com período de recorrência de 10 anos ($7_{Q,10}$).

4.3.1 Método 1: método da vazão aquática de base

No método da vazão aquática de base, utilizou-se a média da série histórica, considerando a vazão mediana do mês de menores vazões do ano como o valor mínimo de vazão ecológica residual a ser estabelecido (KULIK, 1990). Essa vazão corresponde ao fluxo de base do rio, sendo que, para a bacia hidrológica do Piquiri, foi determinada calculando-se a mediana da vazão mensal mínima de cada ano para as 18 estações.

4.3.2 Método 2: método da curva de permanência Q90 e Q95

No método da curva de permanência Q90 e Q95, utilizaram-se valores de vazão associados à permanência de 90% e 95% para estabelecer as vazões ecológicas, com as vazões médias diárias da série histórica das 18 estações.

O procedimento disponibilizado para a obtenção da curva de permanência foi baseado na análise de frequência associada a cada dado de vazão, sendo utilizados os seguintes passos: organização da série de dados de vazões em ordem decrescente e determinação da frequência (f_i), associada a cada valor de vazão pela Equação 1:

$$f_i = \frac{N_{qi}}{NT} 100 \quad (1)$$

em que: N_{qi} é o número de vazões de cada intervalo e NT é o número total de vazões.

A curva de permanência foi obtida plotando-se na ordenada os valores de vazão e na abscissa a frequência de ocorrência.

Para essa ação, utilizou-se o Sistema Computacional para Análise Hidrológica (SisCAH 1.0), que é um *software* desenvolvido pela rede de pesquisa 2 do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), supervisionada pela ANA e que é

constituída pelas seguintes instituições: Universidade Federal de Viçosa (instituição coordenadora), Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Espírito Santo, Escola de Engenharia de São Carlos e Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

4.3.3 Método 3: método das vazões anuais mínimas de 7 dias

Para o método das vazões anuais mínimas de 7 dias, os valores das vazões ecológicas foram obtidos calculando-se a média móvel das vazões mínimas com período de sete dias ao longo do ano hidrológico, retiradas da série histórica de dados da bacia hidrográfica do rio Piquiri. O valor de vazões mínimas adotadas corresponde à média dos valores encontrados para cada ano (BENETTI; LANNA; COBALCHINI, 2003).

Para essa ação, utilizou-se o Sistema Computacional para Análise Hidrológica (SisCAH 1.0), que é um *software* desenvolvido pela rede de pesquisa 2 do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), supervisionada pela ANA e que é constituída pelas seguintes instituições: Universidade Federal de Viçosa (instituição coordenadora), Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Espírito Santo, Escola de Engenharia de São Carlos e Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

4.3.4 Método 4: método da vazão média mínima de 7 dias com período de recorrência de 10 anos (7Q10)

Para representar as séries de vazões mínimas foram testadas as distribuições de probabilidade de Weibull, Pearson tipo III, Log-Normal a dois e três parâmetros e Log-Pearson tipo III. O critério para a escolha da distribuição de probabilidade das vazões foi o menor erro padrão. Esse erro padrão foi analisado para todas as estações fluviométricas e aquela distribuição que apresentou o menor erro foi adotada para estimativa dessas vazões.

Para essa ação, utilizou-se o Sistema Computacional para Análise Hidrológica (SisCAH 1.0), que é um *software* desenvolvido pela rede de pesquisa 2 do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH), supervisionada pela ANA e que é constituída pelas seguintes instituições: Universidade Federal de Viçosa (instituição coordenadora), Universidade Federal da Bahia, Universidade Federal Fluminense, Universidade Federal de Pernambuco, Universidade Federal do Espírito Santo, Escola de Engenharia de São Carlos e Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Vazão ecológica

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados das vazões ecológicas ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), para os quatro métodos utilizados, obtidos com as séries históricas das 18 estações. Para uma melhor comparação foi determinada a vazão ecológica específica, que é a relação entre a vazão ecológica e a área de drenagem, o que permitiu a análise da vazão de acordo com suas diferentes áreas de drenagem dentro da bacia hidrográfica do rio Piquiri (Tabela 3).

Tabela 2 Vazões ecológicas ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$), pelos quatro métodos de estimativa

Código	Área de drenagem (km^2)	Método 1 Vazão aquática de base	Método 2		Método 3 Média anual das vazões mínimas de sete dias	Método 4 $Q_{7,10}$
			Q_{90}	Q_{95}		
64764000	1687,5	13,6	11,6	9,0	8,4	4,5
64765000	3281,0	24,9	16,3	12,6	13,9	6,3
64767000	3536,4	20,1	16,4	12,5	13,7	7,3
64771500	4162,2	24,1	18,8	12,7	17,7	6,7
65773000	754,6	2,6	2,2	1,4	1,4	0,4
64775000	2521,0	13,6	10,8	8,6	12,3	5,3
64776100	7649,7	36,7	37,3	28,7	30,7	17,7
64780000	274,3	3,3	2,5	1,9	2,8	1,4
64785000	1335,3	14,2	12,8	9,6	15,3	8,4
64790000	695,2	7,1	5,7	4,8	6,1	3,3
64795000	11235,3	74,3	62,3	47,6	55,8	26,3
64799500	12073,9	93,5	71,3	54,5	59,8	27,3
64800000	13100,4	94,2	70,3	54,5	77,1	34,1
64810000	2035,1	26,0	21,3	19,5	23,5	15,5
64815000	2957,5	33,4	29,5	26,6	30,3	19,8
64820000	17415,9	161,5	128,2	107,7	136,0	71,3
64830000	20943,8	205,9	172,5	140,8	164,1	90,9
64833000	1065,5	13,4	11,4	11,0	12,3	8,9

5.2 Vazão ecológica específica

Na Tabela 3 são apresentadas as vazões ecológicas específicas (razão entre a vazão e a área de drenagem), obtidas pelos quatro métodos utilizados.

Tabela 3 Vazões ecológicas específicas ($\text{L s}^{-1} \text{ km}^2$), pelos quatro métodos de estimativa

Código	Método 1	Método 2		Método 3	Método 4
	Vazão aquática de base	Q_{90}	Q_{95}	Média anual das vazões mínimas de sete dias	$Q_{7,10}$
64764000	8,0	6,9	5,3	4,9	2,7
64765000	7,6	5,0	3,8	4,2	1,9
64767000	5,7	4,7	3,5	3,9	2,1
64771500	5,8	4,5	3,1	4,2	1,6
65773000	3,5	3,0	1,9	1,8	0,6
64775000	5,4	4,3	3,4	4,9	2,1
64776100	4,8	4,9	3,8	4,0	2,3
64780000	12,0	9,0	6,9	10,2	5,2
64785000	10,7	9,6	7,2	11,5	6,3
64790000	10,2	8,2	6,9	8,7	4,8
64795000	6,6	5,6	4,3	5,0	2,3
64799500	7,7	6,0	4,5	5,0	2,3
64800000	7,2	5,4	4,2	5,9	2,6
64810000	12,8	10,5	9,6	11,6	7,6
64815000	11,3	10,0	9,0	10,2	6,6
64820000	9,3	7,4	6,2	7,8	4,1
64830000	9,8	8,3	6,7	7,8	4,3
64833000	12,6	10,7	10,3	11,5	8,3
Média	8,4	6,8	5,6	6,9	3,8
Mediana	8,0	6,8	5,3	5,9	2,7
Desvio padrão	2,8	2,3	2,3	3,0	2,2
Coeficiente de variação (%)	57,8	34,0	41,6	44,2	32,7

5.3 Método 1: vazão aquática de base

O maior valor de vazão foi de $12,7 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, encontrado na estação 64810000 (Balsa do Goioerê, rio Goioerê). A estação drena uma área de $2035,1 \text{ km}^2$. A menor vazão observada foi de $3,4 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ na estação 65773000 (Ponte Leôncio Primo, rio Cantu), com uma área de drenagem de $754,6 \text{ km}^2$. A mediana foi de $8,0 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e a média foi de $8,3 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$.

O desvio padrão foi igual a $2,7 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e o coeficiente de variação foi de 57,8%, o que mostra uma grande dispersão dos valores em torno da média.

5.4 Método 2: Q90 e Q95

5.4.1 Q90

O maior valor de vazão foi de $10,7 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, encontrado na estação 64833000 (Iporã, rio Xambrê). A estação drena uma área de $1065,5 \text{ km}^2$. A menor vazão observada foi de $2,9 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ na estação 65773000 (Ponte Leôncio Primo, rio Cantu), com uma área de drenagem de $754,6 \text{ km}^2$. A mediana foi de $6,8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e a média foi de $6,8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$.

O desvio padrão foi igual a $2,3 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e o coeficiente de variação foi de 34,01%, o que mostra uma grande dispersão dos valores em torno da média.

5.4.2 Q95

O maior valor de vazão foi de $10,2 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, encontrado na estação 64833000 (Iporã, rio Xambrê). A estação drena uma área de $1065,5 \text{ km}^2$. A menor vazão observada foi de $1,8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ na estação 65773000 (Ponte Leôncio Primo, rio Cantu), com uma área de drenagem de $754,6 \text{ km}^2$. A mediana foi de $5,3 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e a média foi de $5,6 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$.

O desvio padrão foi igual a $2,3 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e o coeficiente de variação foi de 41,6%, o que mostra uma grande dispersão dos valores em torno da média.

5.5 Método 3: média anual da Qmín de 7 dias

O maior valor de vazão foi de $11,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, encontrado na estação 64810000 (Balsa do Goioerê, rio Goioerê). A estação drena uma área de $2035,1 \text{ km}^2$. A menor vazão observada foi de $1,8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ na estação 65773000 (Ponte Leôncio Primo, rio Cantu), com uma área de drenagem de $754,6 \text{ km}^2$. A mediana foi de $5,8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e a média foi de $6,8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$.

O desvio padrão foi igual a $3,0 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e o coeficiente de variação foi de 44,5%, o que mostra uma grande dispersão dos valores em torno da média.

5.6 Método 4: $Q_{7,10}$

A distribuição Log-Pearson 3 obteve o menor erro padrão, em 100% dos casos, apresentando-se com o melhor ajuste aos dados de vazão mínima $Q_{7,10}$.

O maior valor de vazão foi de $8,3 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$, encontrado na estação 64833000 (Iporã, rio Xambrê). A estação drena uma área de $1065,5 \text{ km}^2$. A menor vazão observada foi de $0,5 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ na estação 65773000 (Ponte Leôncio Primo, rio Cantu), com uma área de drenagem de $754,6 \text{ km}^2$. A mediana foi de $2,6 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e a média foi de $3,8 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$.

O desvio padrão foi igual a $2,2 \text{ L s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ e o coeficiente de variação foi de 32,7%, o que mostra uma grande dispersão dos valores em torno da média.

5.7 Comparação geral entre os métodos

Pela Figura 3 verifica-se que o método 1 (vazão aquática de base) obteve as maiores estimativas de vazão ecológica entre as estações, exceto na estação 7 (64776100), na qual o valor da vazão Q_{90} foi superior, e na estação 9 (64785000) na qual o maior valor de vazão encontrado foi obtido na média anual das vazões mínimas de sete dias.

Verifica-se, também, que o método 4 ($Q_{7,10}$) obteve os menores valores de vazão ecológica, para todas estações; os demais apresentaram grande variabilidade entre os valores das vazões ecológicas estimadas.

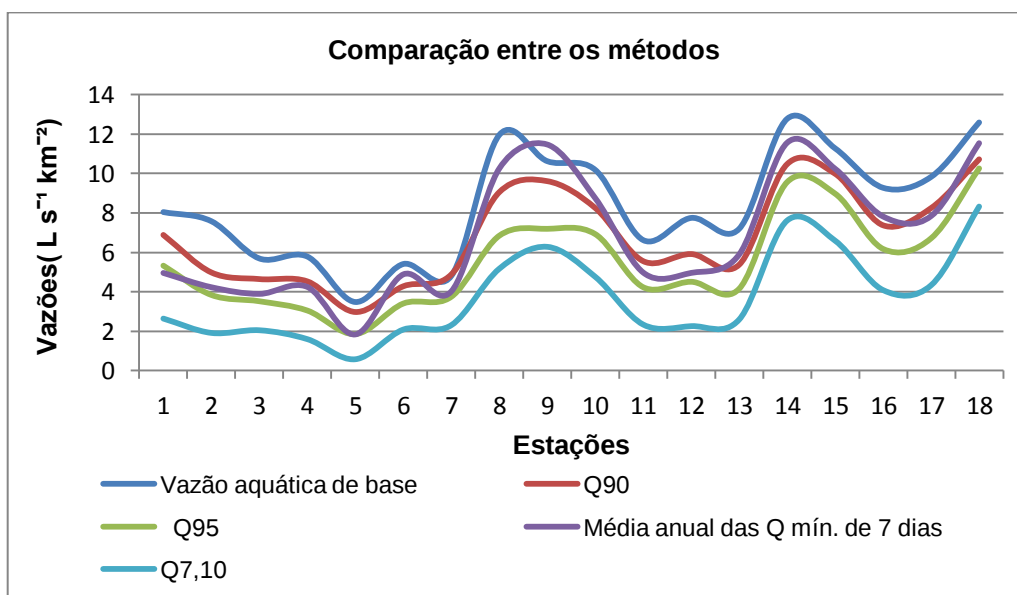


Figura 3 Comparativo entre os métodos.

5.8 Análise dos métodos para cada estação

5.8.1 Estação 64764000

Na estação fluviométrica 64764000 Guampará, que drena uma área de 1687,5 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 2,6 a 8,0 L s⁻¹ km⁻², com uma média de 5,5 L s⁻¹ km⁻² e mediana de 5,3 L s⁻¹ km⁻². O coeficiente de variação foi de 32,9%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 2,6 e 4,9 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da curva de permanência de vazões, com valores de 8,0 e 6,8 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 4, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está abaixo do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

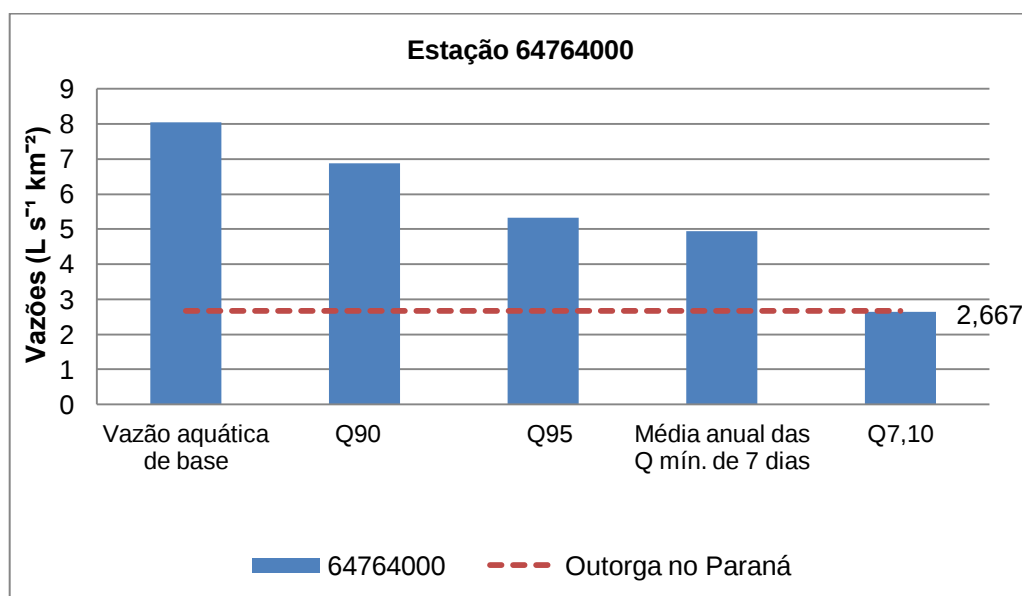


Figura 4 Vazões ecológicas específicas na estação 64764000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.2 Estação 64765000

Na estação fluviométrica 64765000 Porto Paiquerê, que drena uma área de 3281,0 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica

variou de 1,9 a 7,5 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$, com uma média de 4,5 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$ e mediana de 4,2 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$. O coeficiente de variação foi de 40,7%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos $Q_{7,10}$ e da curva de permanência de vazões Q_{95} , com valores de 1,9 e 3,8 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$, respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da curva de permanência de vazões Q_{90} , com valores de 7,5 e 4,9 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$, respectivamente. Na Figura 5, verifica-se que a $Q_{7,10}$ é a estimativa mais restritiva e está abaixo do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

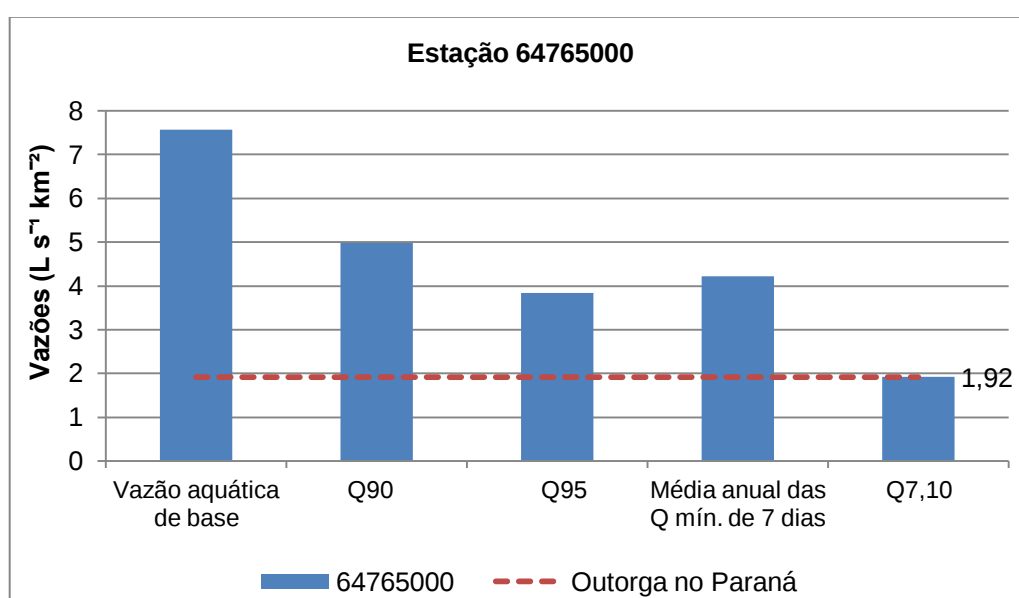


Figura 5 Vazões ecológicas específicas na estação 64765000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.3 Estação 64767000

Na estação fluviométrica 64767000 Porto Carriel, que drena uma área de 3535,4 Km^2 , considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 2 a 5,6 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$, com uma média de 3,9 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$ e mediana de 3,8 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$. O coeficiente de variação foi de 34,03%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos $Q_{7,10}$ e da curva de permanência de vazões Q_{95} , com valores de 2 e 3,5 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$, respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da curva de permanência de vazões Q_{90} , com valores de 5,6 e 4,6 $\text{L s}^{-1}\text{km}^{-2}$, respectivamente. Na Figura 6, verifica-se que a $Q_{7,10}$ é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão

aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

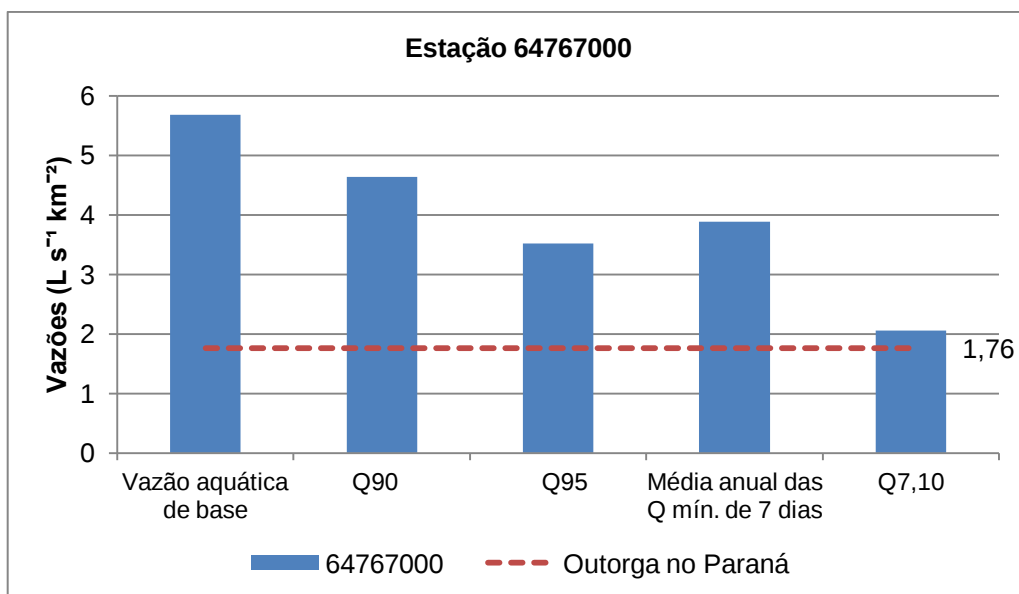


Figura 6 Vazões ecológicas específicas na estação 64767000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.4 Estação 64771500

Na estação fluviométrica 64771500 Porto Guarani, que drena uma área de 4162,2 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 1,6 a 5,7 L s⁻¹km⁻², com uma média de 3,8 L s⁻¹km⁻² e mediana de 4,2 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 36,85%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 1,6 e 3,1 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da curva de permanência de vazões Q₉₀, com valores de 5,7 e 4,5 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 7, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

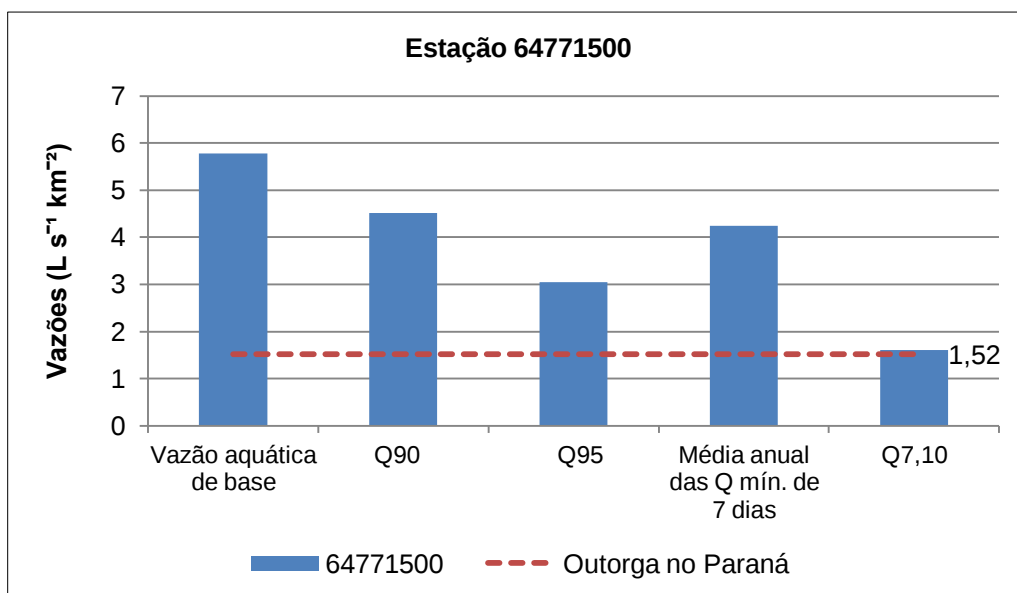


Figura 7 Vazões ecológicas específicas na estação 64771500 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.5 Estação 64773000

Na estação fluviométrica 64773000 Ponte Leôncio Primo, que drena uma área de 754,6 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 0,5 a 3,4 L s⁻¹km⁻², com uma média de 2,1 L s⁻¹km⁻² e mediana de 1,8 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 46,9%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 0,5 e 1,8 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da curva de permanência de vazões, com valores de 3,4 e 2,9 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 8, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está abaixo do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

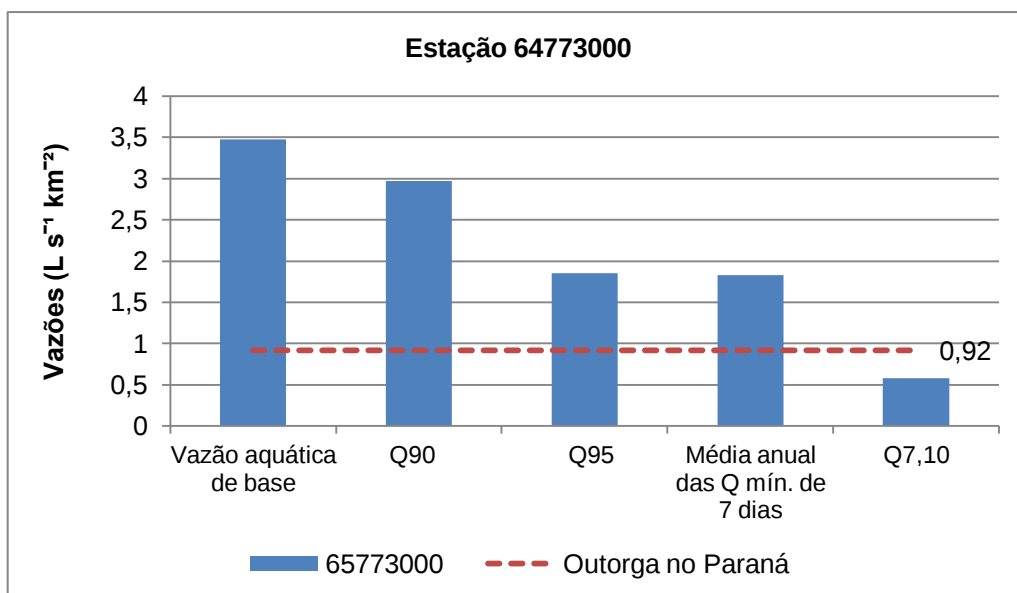


Figura 8 Vazões ecológicas específicas na estação 65773000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.6 Estação 64775000

Na estação fluviométrica 64775000 Balsa do Cantu, que drena uma área de 2521,0 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 2,1 a 5,4 L s⁻¹km⁻², com uma média de 4,1 L s⁻¹km⁻² e mediana de 4,2 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 32,5%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos $Q_{7,10}$ e da curva de permanência de vazões Q_{95} , com valores de 2,1 e 3,4 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 5,4 e 4,8 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 9, verifica-se que a $Q_{7,10}$ é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

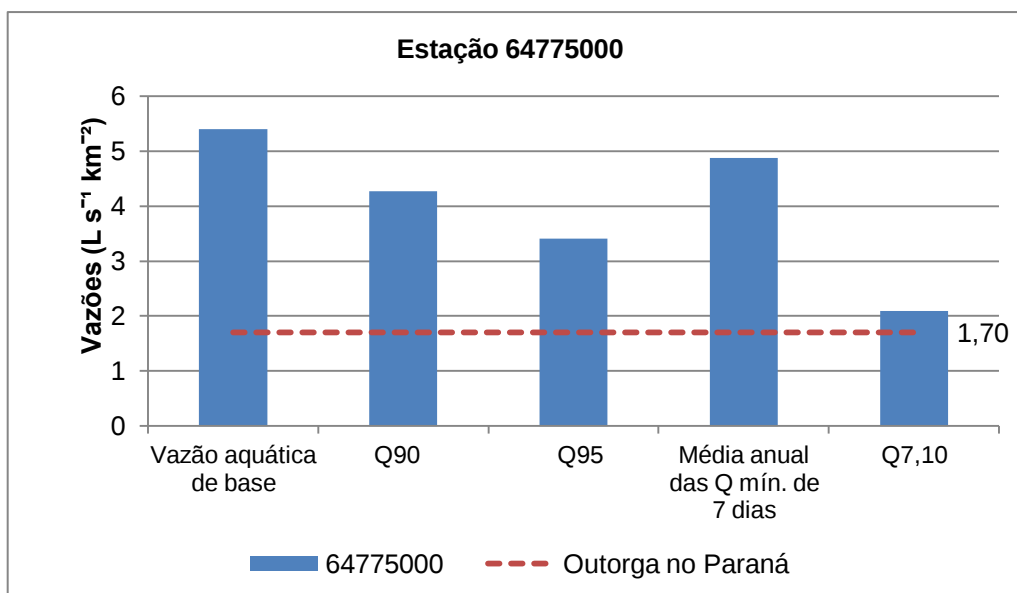


Figura 9 Vazões ecológicas específicas na estação 64775000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.7 Estação 64776100

Na estação fluviométrica 64776100 Foz do Cantu, que drena uma área de 7649,7 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 2,3 a 4,8 L s⁻¹km⁻², com uma média de 3,9 L s⁻¹km⁻² e mediana de 4,01 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 26,2%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 2,3 e 3,7 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da curva de permanência de vazões Q₉₀ e da vazão aquática de base, com valores de 4,8 e 4,7 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 10, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

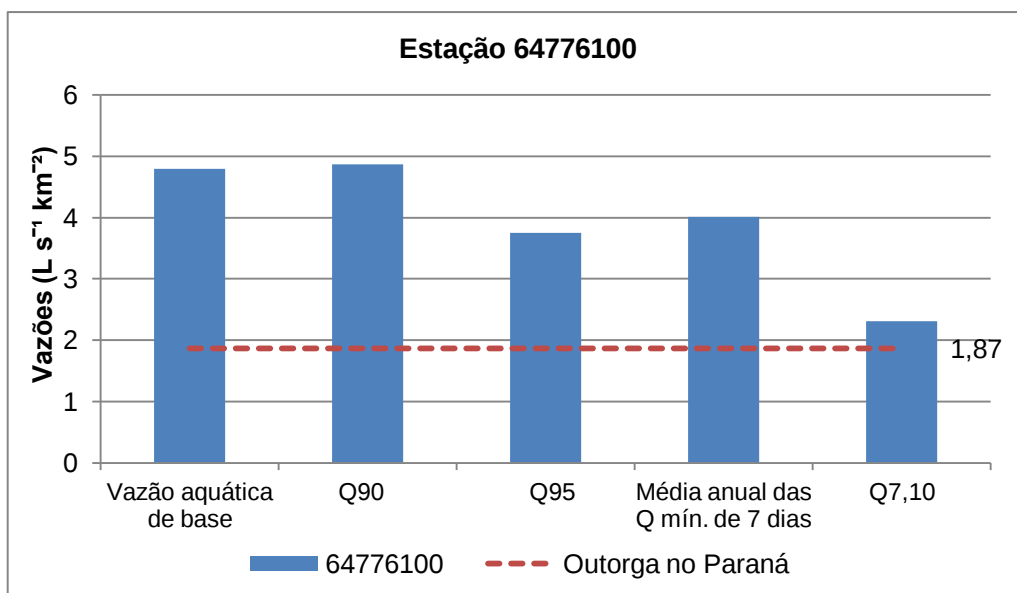


Figura 10 Vazões ecológicas específicas na estação 64776100 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.8 Estação 64780000

Na estação fluviométrica 64780000 Ponte Tourinho, que drena uma área de 274,3 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 5,1 a 11,9 L s⁻¹km⁻², com uma média de 8,6 L s⁻¹km⁻² e mediana de 9,1 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 31,07%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 5,1 e 6,8 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 11,9 e 10,2 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 11 verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

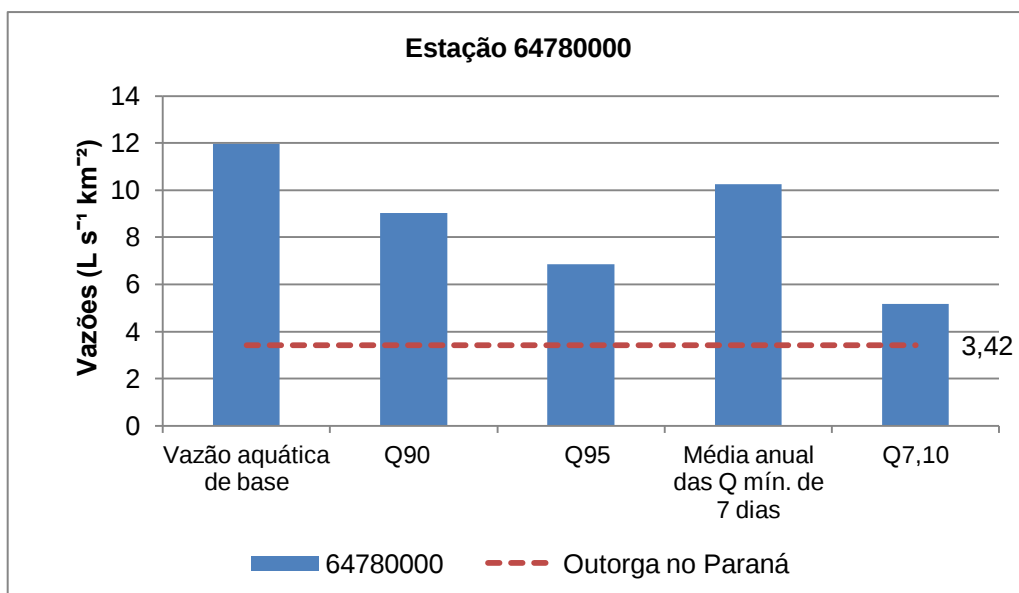


Figura 11 Vazões ecológicas específicas na estação 64780000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.9 Estação 64785000

Na estação fluviométrica 64785000 Ponte do Goio Bang, que drena uma área de 1335,3 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 6,2 a 11,4 L s⁻¹km⁻², com uma média de 9,1 L s⁻¹km⁻² e mediana de 9,6 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 24,5%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 6,2 e 7,2 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da média anual das vazões mínimas de sete dias e da vazão aquática de base, com valores de 11,4 e 10,6 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 12, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

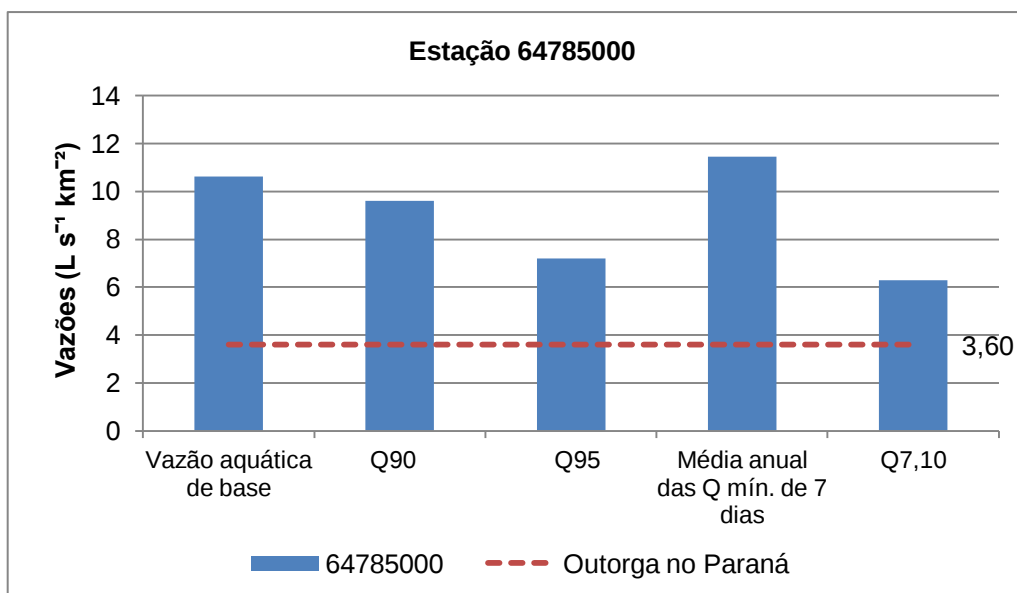


Figura 12 Vazões ecológicas específicas na estação 64785000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.10 Estação 64790000

Na estação fluviométrica 64790000 Salto Sapucaí, que drena uma área de 695,2 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 4,7 a 10,1 L s⁻¹km⁻², com uma média de 7,7 L s⁻¹km⁻² e mediana de 8,2 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 26,28%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, valores de 4,7 e 6,9 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 10,1 e 8,7 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 13, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

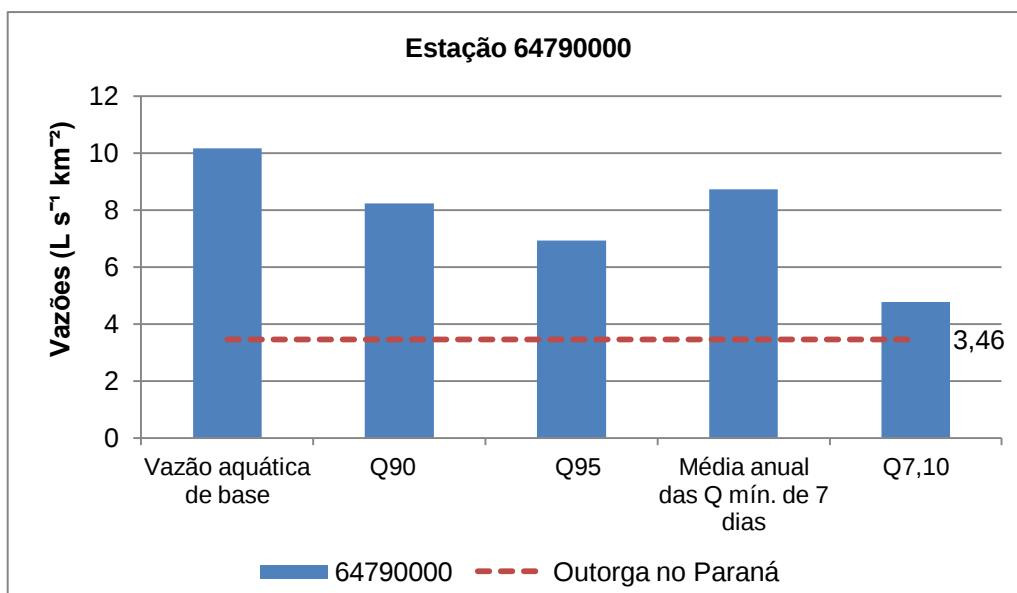


Figura 13 Vazões ecológicas específicas na estação 64790000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.11 Estação 64795000

Na estação fluviométrica 64795000 Ponte do Piquiri, que drena uma área de 11235,3 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 2,3 a 6,6 L s⁻¹km⁻², com uma média de 4,7 L s⁻¹km⁻² e mediana de 4,9 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 33,7%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q95, com valores de 2,3 e 4,2 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da curva de permanência de vazões Q90, com valores de 6,6 e 5,5 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 14, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

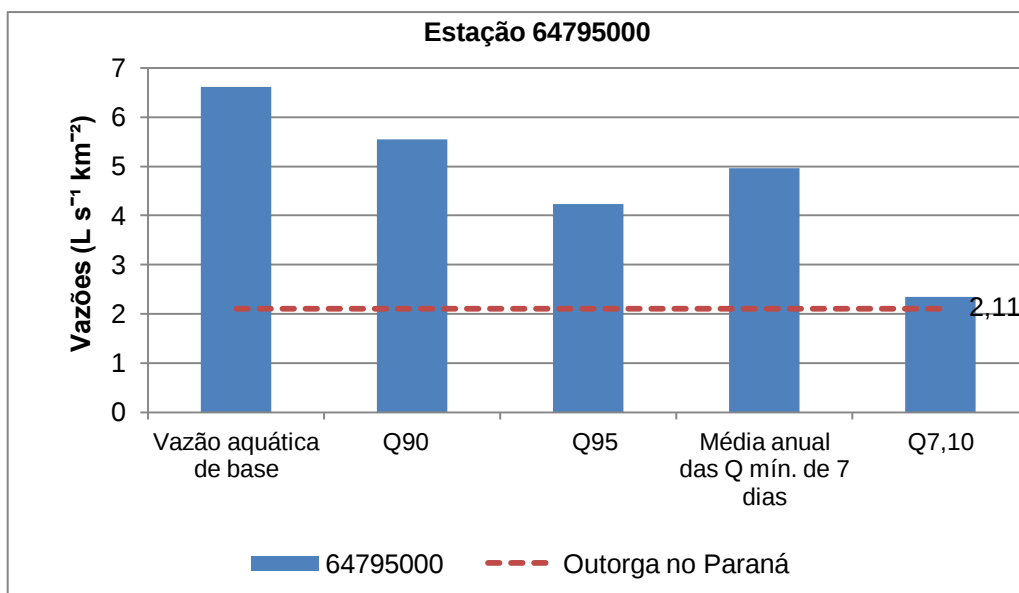


Figura 14 Vazões ecológicas específicas na estação 64795000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.12 Estação 64799500

Na estação fluviométrica 64799500 Novo Porto 2, que drena uma área de 12073,9 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 2,2 a 7,7 L s⁻¹km⁻², com uma média de 5,1 L s⁻¹km⁻² e mediana de 4,9 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 39,4%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 2,2 e 4,5 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 7,7 e 5,9 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 15, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está abaixo do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

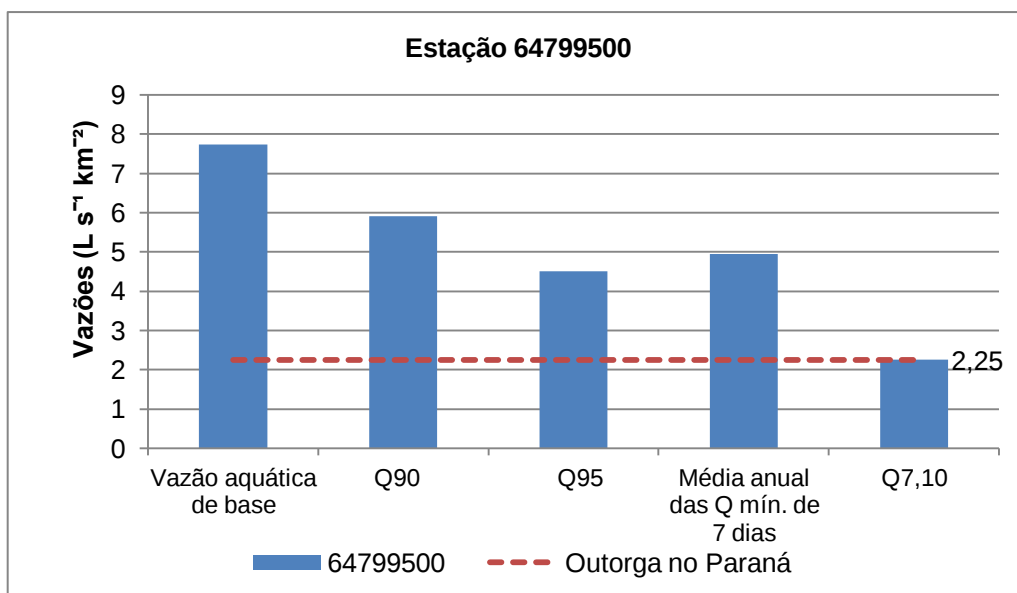


Figura 15 Vazões ecológicas específicas na estação 64799500 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.13 Estação 64800000

Na estação fluviométrica 64800000 Porto 2, que drena uma área de 13100,4 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 2,6 a 7,1 L s⁻¹km⁻², com uma média de 5 L s⁻¹km⁻² e mediana de 5,3 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 34,6%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 2,6 e 4,1 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 7,1 e 5,8 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 16, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

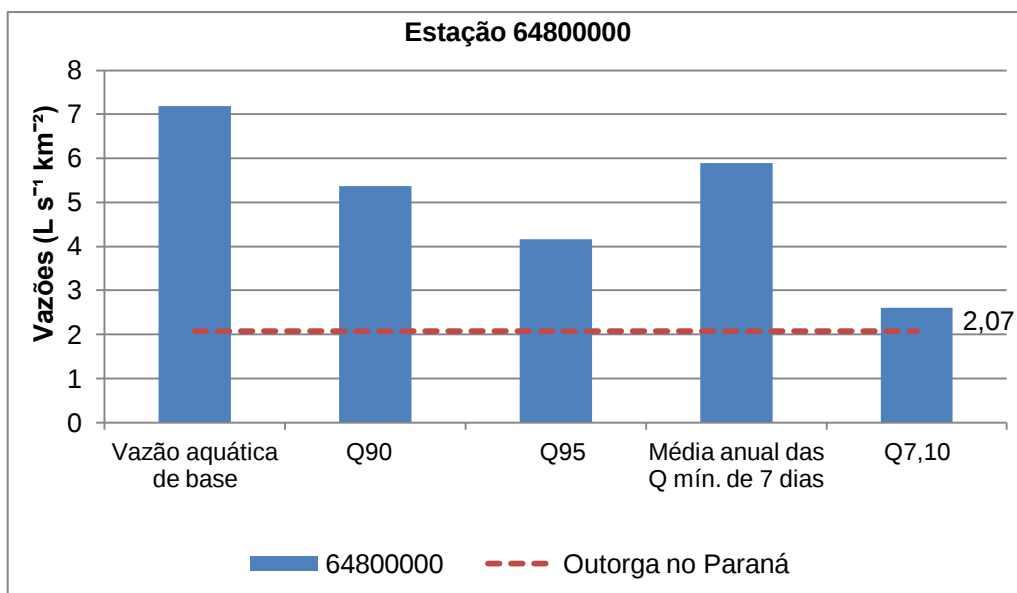


Figura 16 Vazões ecológicas específicas na estação 64800000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.14 Estação 64810000

Na estação fluviométrica 64810000 Balsa do Goioerê, que drena uma área de 2035,1 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 7,6 a 12,7 L s⁻¹km⁻², com uma média de 10,4 L s⁻¹km⁻² e mediana de 10,4 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 18,8%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 7,6 e 9,5 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 12,7 e 11,5 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 17, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

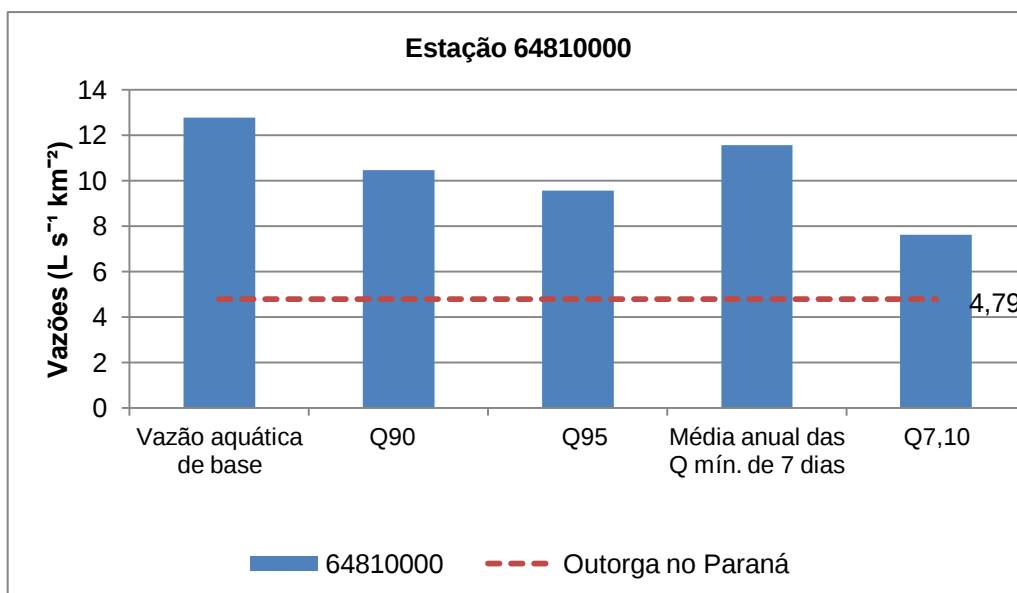


Figura 17 Vazões ecológicas específicas na estação 64810000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.15 Estação 64815000

Na estação fluviométrica 64815000 Fazenda Uberana, que drena uma área de 2957,5 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 6,6 a 11,2 L s⁻¹km⁻², com uma média de 9,4 L s⁻¹km⁻² e mediana de 9,9 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 18,8%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 6,6 e 8,9 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 11,2 e 10,2 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 18, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está acima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

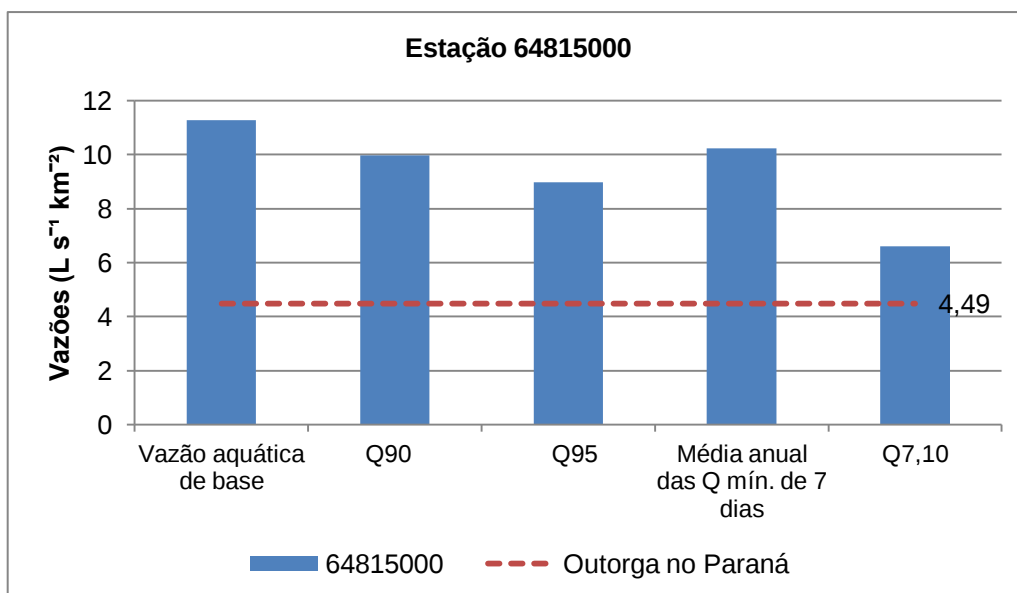


Figura 18 Vazões ecológicas específicas na estação 64815000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.16 Estação 64820000

Na estação fluviométrica 64820000 Porto Formosa, que drena uma área de 17415,9 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 4,1 a 9,2 L s⁻¹km⁻², com uma média de 6,9 L s⁻¹km⁻² e mediana de 7,3 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 27,9%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos $Q_{7,10}$ e da curva de permanência de vazões Q_{95} , com valores de 4,1 e 6,1 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 9,2 e 7,8 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 19, verifica-se que a $Q_{7,10}$ é a estimativa mais restritiva e está próxima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

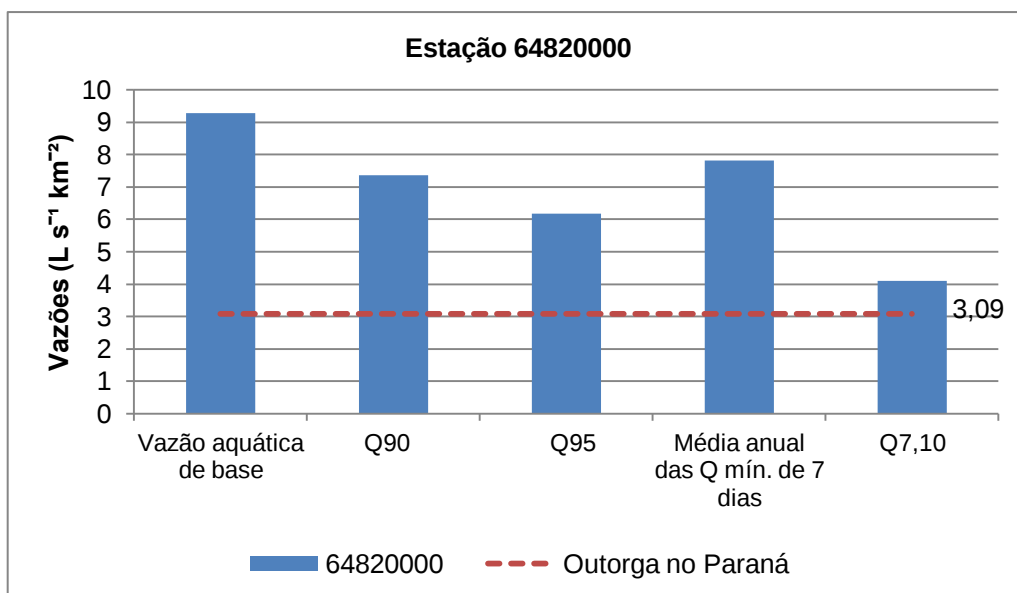


Figura 19 Vazões ecológicas específicas na estação 64820000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.17 Estação 64830000

Na estação fluviométrica 64830000 Balsa Santa Maria, que drena uma área de 20943,8 Km², considerando-se os quatro métodos hidrológicos aplicados, a vazão ecológica variou de 4,3 a 9,8 L s⁻¹km⁻², com uma média de 7,3 L s⁻¹km⁻² e mediana de 7,8 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 27,56%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 4,3 e 6,7 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da curva de permanência de vazões Q₉₀, com valores de 9,8 e 8,2 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 20, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está próxima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

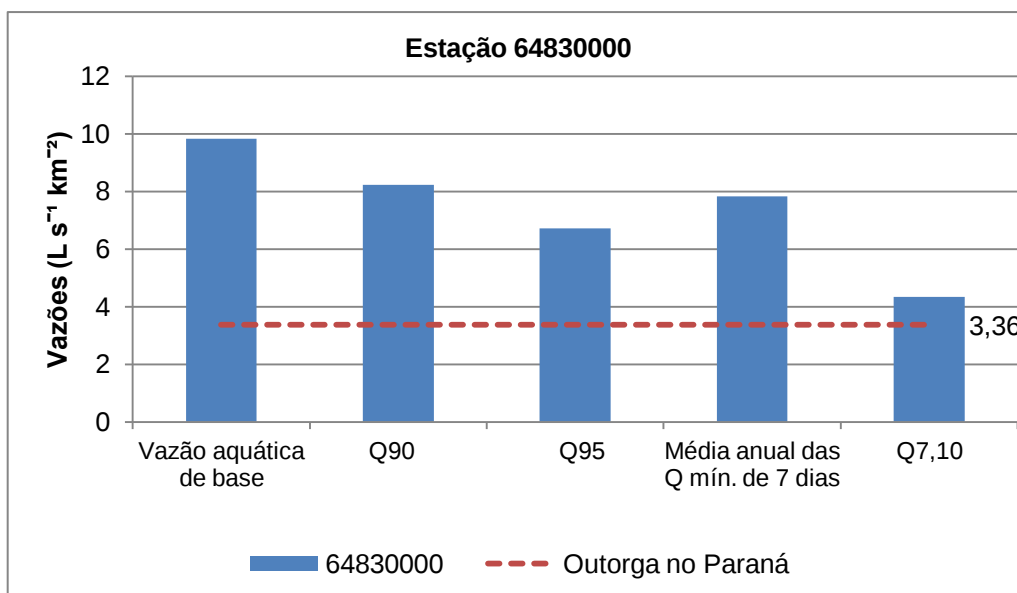


Figura 20 Vazões ecológicas específicas na estação 64830000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

5.8.18 Estação 64833000

Na estação fluviométrica 64833000 Iporã, que drena uma área de 1065,5 Km², sendo que a partir dos quatro métodos hidrológicos aplicados a vazão ecológica variou de 8,334 a 12,5 L s⁻¹km⁻², com uma média de 10,6 L s⁻¹km⁻² e mediana de 10,7 L s⁻¹km⁻². O coeficiente de variação foi de 14,8%.

As menores vazões foram obtidas pelos métodos Q_{7,10} e da curva de permanência de vazões Q₉₅, com valores de 8,3 e 10,2 L s⁻¹km⁻², respectivamente. Os maiores valores de vazão ecológica foram obtidos pelos métodos da vazão aquática de base e da média anual das vazões mínimas de sete dias, com valores de 12,5 e 11,5 L s⁻¹ km⁻², respectivamente. Na Figura 21, verifica-se que a Q_{7,10} é a estimativa mais restritiva e está próxima do valor máximo outorgável no Estado Paraná. A estimativa da vazão ecológica, pelo método da vazão aquática de base, resultou em uma vazão três vezes maior do que a vazão máxima outorgável no Estado.

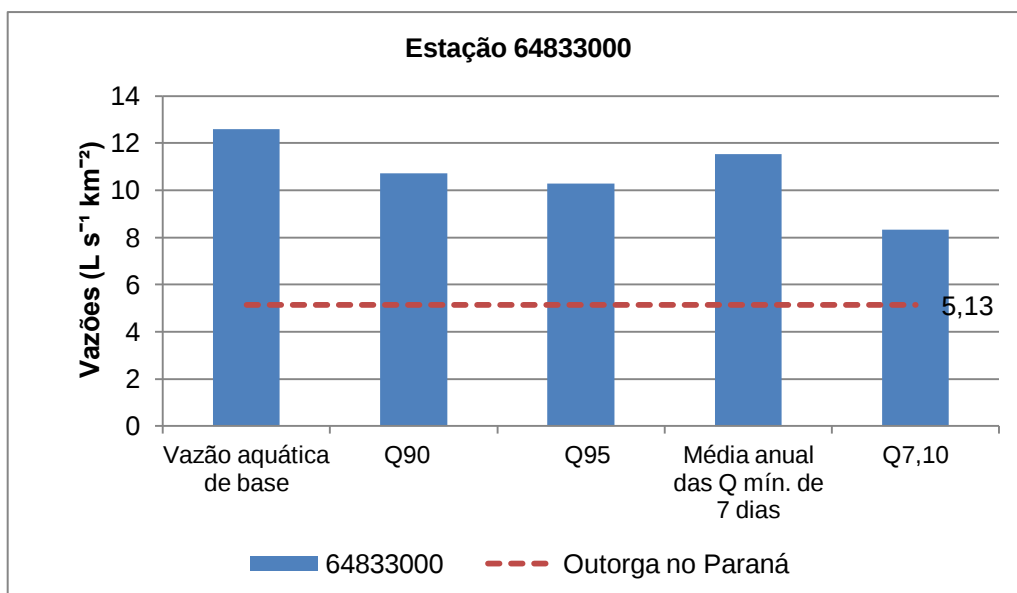


Figura 21 Vazões ecológicas específicas na estação 64833000 com os quatro métodos propostos e o valor de vazão máxima outorgável para o Estado do Paraná.

6 CONCLUSÕES

Considerando-se os objetivos propostos, as condições de desenvolvimento da pesquisa e os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- Há diferença entre os valores estimados de vazão ecológica nos diferentes métodos analisados;
- As maiores estimativas de vazão foram o método da vazão aquática de base e os menores valores de vazão foram determinados pelo método da $Q_{7,10}$;
- Na maioria das estações, o método da vazão aquática de base foi maior, exceto na estação (64776100), na qual o valor da vazão Q_{90} foi superior e na estação (64785000), na qual o maior valor de vazão encontrado foi na média anual das vazões mínimas de sete dias;
- Para todas as estações, o método que obteve os menores valores de vazão ecológica foi o método da $Q_{7,10}$.
- A $Q_{7,10}$ é uma estimativa restritiva e, quando em comparação com o limite máximo outorgável no estado do Paraná, é a que mais se aproxima dos valores outorgáveis.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As metodologias utilizadas no trabalho nos dá uma análise apenas quantitativa das vazões ecológicas,
- Para uma melhor interpretação do regime hidrológico e sua interação com meio ambiente e condições atuais para novos trabalhos recomenda-se aplicar em conjunto metodologias qualitativas e quantitativas.

REFERENCIAS

ALLAN, J. D. **Stream ecology**. Structure and function of running waters. Chapman & Hall, New York. p. 388, 1995.

AQUINO, I. H. V. **Requisitos de vazão mínima na transição de corpos de água de domínio estadual para os de domínio federal**: aplicação na bacia do rio Preto (DF/GO/MG). 2012. 110 f. Dissertação (Mestrado Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

ARAUJO, F.C. **Regionalização de vazões na bacia hidrográfica do rio Piquiri**. 2015. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2015.

ARTHINGTON, A. H.; THARME, R. E.; BRIZGA, S. O.; PUSEY, B. J.; KENNARD, M. J. Environmental flow assessment with emphasis on holistic methodologies. INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON THE MANAGEMENT OF LARGE RIVERS FOR FISHERIES, 2. 2004. Bangkok, Thailand. **Anais...**Bangkok, Thailand: FAO -Regional Office for Asia and the Pacific, 2004. Não paginado.

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

CASTRO, E. D. S.; MOREIRA, M. C.; SILVA, D. D. Regime de vazões ecológicas através da modelagem bidimensional do Rio de Ondas, Oeste da Bahia. SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 12, Natal - RN, 2014 **Anais...** Natal – RN: ABRH, 2014. p. 1-9.

CHAVES, H. M. L.; ROSA, J. W. C.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. Regionalização de vazões mínimas em bacias através de interpolação em sistemas de informação geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 43-51, 2002.

COLLISCHONN, W.; AGRA, S. G.; FREITAS, G. K.; PRIANTE, G. R.; TASSI, R.; SOUZA, C. F. Em busca do hidrograma ecológico. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 16, 2005, João Pessoa – PB. **Anais...** João Pessoa: ABRH, 2005.

COLLISCHONN, W.; SOUZA, G. R.; PRIANTE, G. K.; FREITAS, R. T.; TASSI, R.; AGRA, S. G. Da vazão ecológica ao hidrograma ecológico. *In*: **Congresso da Água** v. 8, 2006.

CONEJO, J. G. L. A outorga de usos da água como instrumento de gerenciamento dos recursos hídricos. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 27, n. 2, p. 28-62. 1993.

FARIAS JR, J. E. F. **Análise de metodologias utilizadas para a determinação da vazão ecológica**. Estudo de caso: rio Coruripe/AL e rio Solimões/AM. 2006. 150 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

GODINHO, A. L.; KYNARD, B.; MARTINEZ, C. B. Supplemental water releases for fisheries restoration in a Brazilian floodplain river: a conceptual model. **River research and applications**, n. 23, v. 9, p. 947-962, 2007.

KAVISKI, E. Vazões de estiagens em pequenas bacias hidrográficas do estado de Santa Catarina. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE HIDROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS, 5, 1983. Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ABRH, 1983, p.43-67.

KULIK, B. H. A method to refine the New England aquatic base flow policy. **Rivers** 1, p. 8-22, 1990.

LONGHI, E. H.; FORMIGA, K. T. M. Metodologias para determinar vazão ecológica em rios. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, v. 20, p. 33-48, 2011.

MAIA, J. L. **Estabelecimento de vazões de outorga na bacia hidrográfica do alto Sapucaí, com a utilização de sazonalidade**. 2003. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá – MG, 2003.

MEDEIROS, P. C.; SOUZA, F. A. S.; RIBEIRO, M. M. R. Aspectos conceituais sobre o regime hidrológico para a definição do hidrograma ambiental. **Ambi-Agua**, Taubaté, v. 6, n. 1, p. 131-147, 2011.

MEDEIROS, P. R. P.; KNOPPERS, B. A.; CAVALCANTE, G. H.; SOUZA, W. F. L. D. Changes in nutrient loads (N, P and Si) in the São Francisco estuary after the construction of dams. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, p. 54, n. 2, p. 387-397, 2011.

MORTARI, D. Uma abordagem geral sobre a vazão em trechos “curto circuitados” de usinas hidrelétricas. SIMPÓSIO BRASILEIRO RECURSOS HÍDRICOS, 13, 1997, Vitória - ES. **Anais...** Vitória – ES: ABRH, 1997. p.

NAIMAN, R. J.; BUNN, S.; NILSSON, C.; PETTS, G. E.; PINAY, G.; THOMPSON, L. C. Legitimizing fluvial ecosystems as users of water: an overview. **Environmental Management** v. 30, n. 4 p. 455-467, 2002.

PARANÁ. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Recursos Hídricos - SEMA. Instituto Ambiental do Paraná - IAP. **Avaliação ambiental integrada. Bacia do rio Piquiri**. Curitiba, 2008.

IAP, INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ. **Avaliação Ambiental Integrada - Bacia do Rio Piquiri**. Curitiba, 2008.

SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Bacias Hidrográficas do Paraná. Governo do Estado do Paraná. 2ª ed: Curitiba. 140p. 2013

PAULO, R. G. F. **Ferramentas para a determinação de vazões ecológicas em trechos de vazão reduzida**: destaque para aplicação do método do perímetro molhado no caso de capim branco I. 2007. 114 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

PINTO, V. G.; RIBEIRO, C. B. M.; SILVA, D. D. Vazão ecológica e o arcabouço legal brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 1, p. 91-109, 2016.

POFF, N. L.; ALLAN, J. D.; BAIN, M. B.; KARR, J. R.; PRESTEGAARD, K. L.; RICHTER, B. D.; SPARKS, R. E.; STROMBERG, J. C. The natural flow regime: a paradigm for river conservation and restoration. **Bioscience**, v. 47, n. 11, p. 769-784, 1997.

POFF, N. L.; RICHTER, B.; ARTHINGTON, A. H.; BUNN, S.; NAIMAN, B.; KENDY, E. Ecological limits of hydrologic alteration. Environmental flows for regional water management. **The Nature Conservancy**, p. 1365-2427, 2011.

POMPEU, P. D. S.; GODINHO, H. P. Effects of extended absence of flooding on the fish assemblages of three floodplain lagoons in the middle São Francisco River, Brazil. **Neotropical Ichthyology**, n. 4, n. 4, p. 427-433, 2006.

POSTEL, S.; RICHTER, B. **Rivers for life: managing water for people and nature**. Washington: Island Press, 2003. 253 p.

RICHTER, B. D; WARNER, A. T; MEYER, J. L; LUTZ, K. "A collaborative and adaptative process for developing environmental flow recommendations". **River Research and Applications**, v. 22, p. 297-318, 2006

SANTOS, A. H. M.; RIBEIRO JÚNIOR, L. U.; GARCIA, M.; SEVERI, M. A. Vazão remanescente no trecho de vazão reduzida de pequenas centrais hidrelétricas. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 15, 2003, Curitiba – PR. **Anais...** Curitiba – PR: ABRH, 2003.

SANTOS, H. D. A.; POMPEU, P. S.; KENJI, D. O. L. Changes in the flood regime of São Francisco River (Brazil) from 1940 to 2006. **Regional Environmental Change**, v. 12, n. 1, p. 123-132, 2012.

SANTOS, P. V. C. J.; CUNHA, A. C. Outorga de recursos hídricos e vazão ambiental no Brasil: perspectivas metodológicas frente ao desenvolvimento do setor hidrelétrico na Amazônia. **Revista Brasileira Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 18, p. 81-95, 2013.

SARMENTO, R. Estado da arte da vazão ecológica no Brasil e no mundo. Unesco/ANA/CBHSF, 2007. 38 p.

SEARCY, J. K. Manual of hydrology: part 2. Low-flow techniques. Flow-duration curves. **Geological Survey Water-Supply**. Paper 1542-A, 1959. 33 p.

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. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 10, n. 2, 374-380, 2006.

SOUZA, C. F.; FRAGOSO JR, C. R.; GIACOMONI, M. H. Vazão ecológica constante vs vazão ecológica variável. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE, 7, 2004, São Luis – MA. **Anais...** São Luis – MA: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2004.

THARME, R. E. A global perspective on environmental flow assessment: emerging trends in the development and application of environmental flow methodologies for rivers. **River Research and Applications**, v. 19, n. 5-6, p. 397-441, 2003.

VASCO, A. N. **Indicadores de alteração hidrológica: o declínio das vazões no baixo rio São Francisco**. 2015. 139 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

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