



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

MARCELO ALVES MUNIZ

**VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA O GERENCIAMENTO DOS
RECURSOS HÍDRICOS NAS PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS
DO ESTADO DO ACRE, BRASIL**

Cruzeiro do Sul
Acre - Brasil
2021

MARCELO ALVES MUNIZ

VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA O GERENCIAMENTO DOS
RECURSOS HÍDRICOS NAS PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS
DO ESTADO DO ACRE, BRASIL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Ambientais, da Universidade Federal do Acre - Campus Floresta, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. José Genivaldo do Vale
Moreira

Cruzeiro do Sul
Acre - Brasil
2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

- M665v Muniz, Marcelo Alves, 1970 -
Vazões de referência para o gerenciamento dos recursos hídricos nas principais bacias hidrográficas do estado do Acre, Brasil / Marcelo Alves Muniz; Orientador: Dr. José Genivaldo do Vale Moreira. - 2021.
69 f.: il.; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Acre, Programa de Pós – Graduação em Ciências Ambientais, Cruzeiro do Sul, 2021.
Inclui referências bibliográficas, apêndice e anexos.
1. Água. 2. Vazão mínima. 3. Vazão ambiental. I. Moreira, José Genivaldo do Vale. (Orientador). II. Título.

CDD: 500

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ACRE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS
CURSO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA O GERENCIAMENTO DOS RECURSOS
HÍDRICOS NAS PRINCIPAIS BACIAS HIDROGRÁFICAS DO ESTADO DO ACRE,
BRASIL**

MARCELO ALVES MUNIZ

Dissertação aprovada em 30 de novembro de 2021 como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Ciências – Ciências Ambientais no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais Universidade Federal do Acre, Campus Floresta, pela Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:



Prof. Dr. José Genivaldo do Vale Moreira
Presidente – Universidade Federal do Acre



Profª. Dra. Kelly Nascimento Leite
Membro – Universidade Federal do Acre



Prof. Dr. Rodrigo Otávio Peréa Serrano
Membro – Universidade Federal do Acre



Prof. Dr. Carlos Barreira Martinez
Membro – Universidade Federal de Itajubá

Dedico este trabalho às futuras gerações da grande família Muniz espalhadas pela Terra e às gerações de tenazes acreanos e amazônidas, natos ou não, que desta Terra amada e valiosa cuidarão.

Agradeço a Deus pelos dons a mim concedidos nesta existência e por Sua permissão para que tudo se alinhasse em perfeição, propiciando a realização deste projeto.

Aos meus familiares, nas pessoas de minha amada esposa Áurea e minha mãe, dona Maria José, pelo amor, incentivo, força, paciência e apoio incondicional. E em especial, a meu pai, senhor Paulo Muniz (*in memoriam*), que junto com minha mãe lutou, sofreu e se privou de muito pela minha educação, por acreditar em mim e no poder transformador do conhecimento.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), à Universidade Federal do Acre (UFAC), ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Campus Floresta e ao Centro Multidisciplinar (CMULTI), que me proporcionaram a oportunidade de expandir meus horizontes no ensino superior, para adentrar no campo da pesquisa científica do Mundo Ocidental. Assim, agradeço-os nas pessoas dos senhores professores, Dr. Benedito Guimarães Aguiar Neto, Dr^a. Margarida de Aquino Cunha, Dr. Ewerton Ortiz Machado e Dr. Reginaldo Assencio Machado.

Ao orientador desta dissertação, senhor professor Dr. José Genivaldo do Vale Moreira, pela orientação prestada, pelo seu incentivo, disponibilidade e apoio que sempre demonstrou, mesmo antes do início desta empreitada de conhecimento. Pelo encorajamento e exemplo constantes, minha gratidão.

A todos os amigos e colegas, representados aqui pelas pessoas das queridas amigas Marizone da Silva Alves e Cleyciane Menezes dos Santos, e pelos senhores professores Me. Givanildo P. Ortega, Dr. Gleisson de O. Nascimento (*in memoriam*) e senhora professora Dr^a. Vera Lúcia de M. Bambirra, que de forma direta ou indireta contribuíram para que o desafio do presente estudo fosse concluído, com seus incentivos, ações e sorrisos encorajadores, meus agradecimentos.

“A água é um bem de domínio público [...] [,]um recurso natural limitado, dotado de valor econômico [...] [e] a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o [seu] uso múltiplo [...]”. (BRASIL, 1997).

RESUMO

A crescente demanda por água impõe a necessidade de estudos constantes sobre sua disponibilidade e dinâmica da oferta nas bacias hidrográficas. Os padrões de vazão servem de base para gestão hídrica. O foco no suprimento de água para suporte à vida não pode negligenciar a manutenção de vazões remanescentes em rios, para continuidade dos ecossistemas aquáticos a ele associados. Esta pesquisa se propôs a estimar os valores das vazões de referência para cinco das principais bacias hidrográficas do estado do Acre (rios Juruá, Tarauacá, Envira, Acre e Abunã), inseridas na Bacia Amazônica. Dados de vazão média diária até 2019, de fonte oficial brasileira, em séries de 20 a 51 anos de extensão foram usados no estudo. Os valores de três índice de vazão baixa foram calculados, sendo um deles estipulado legalmente para rios federais brasileiros (Q_{95}), e outros dois usados frequentemente no país (Q_{90} e $Q_{7,10}$). Curvas de permanência permitiram identificar as duas vazões mínimas de longo termo. As distribuições de probabilidade Gumbel (mínimos) e Log-Normal foram empregadas para obter a $Q_{7,10}$, com aderência corroborada pelo Teste de Kolmogorov-Smirnov. O uso dos valores de Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ no Acre, como referências para outorga de direito de uso da água foi discutido, considerando proteção aos ecossistemas, a legislação brasileira e a literatura especializada. Os valores dos índices de vazão baixa variam de 104,91 m³/s (Q_{95}) a 146,5 m³/s ($Q_{7,10}$) no Rio Juruá; de 35,24 m³/s (Q_{95}) a 62,48 m³/s ($Q_{7,10}$) no Rio Tarauacá; 20,34 m³/s (Q_{95}) a 44,04 m³/s ($Q_{7,10}$) no Rio Envira; de 33,59 m³/s (Q_{95}) a 53,15 m³/s ($Q_{7,10}$) no Rio Acre; e de 14,86 m³/s (Q_{95}) a 23,62 m³/s ($Q_{7,10}$) no Rio Abunã. Os índices de vazão baixa Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ dos rios acreanos, na forma de vazões específicas, têm menores valores estimados quando comparados a rios situados na Amazônia brasileira e seu entorno imediato, sob diferentes cenários ambientais, na maioria dos casos.

Palavras-chave: água, vazão mínima, vazão ambiental, Amazônia Sul-Occidental.

ABSTRACT

The growing demand imposes the need for constant studies into the availability and dynamics of water supply for abstraction and other uses in hydrographic basins. The river flow regime is basis for surface water management. The focus on water supply to support life cannot neglect the maintenance of remaining water flows in rivers, for the continuity of the aquatic ecosystems functions and other associated live forms. This research aimed to estimate the water reference flow values for five hydrographic basins in the Brazilian state of Acre (Juruá, Tarauacá, Envira, Acre and Abunã), of its main non-regulated rivers, in the Amazon Basin. Daily mean flow data recorded until 2019, from official Brazilian source of hydrological data, in series of 20 to 51 years duration were used in this research. The values of three low-flow indices were calculated, one of them legally stipulated for Brazilian federal rivers (Q_{95}), and others frequently used in Brazil (Q_{90} and ${}_{7}Q_{10}$). The Flow Duration Curves (FDC) for Acreans rivers allowed the identification two importante minimum long-term river flows, the 90 and 95 percentiles. The Gumbel (minimum) and Log-Normal probability distributions were used to obtain the ${}_{7}Q_{10}$, corroborated by Kolmogorov-Smirnov test. The use of Q_{90} , Q_{95} and ${}_{7}Q_{10}$ values in Acre, as references for rights use water licencing, considering the protection of ecosystems, Brazilian legislation and specialized literature was discussed in this research. The values of the low-flow indices vary from 104.91 m³/s (Q_{95}) to 146.5 m³/s (${}_{7}Q_{10}$) in the Juruá River; from 35.24m³/s (Q_{95}) to 62.48 m³/s (${}_{7}Q_{10}$) in the Tarauacá River; 20.34 m³/s (Q_{95}) to 44.04 m³/s (${}_{7}Q_{10}$) in the Envira River; from 33.59 m³/s (Q_{95}) to 53.15 m³/s (${}_{7}Q_{10}$) in the Acre River; and from 14.86 m³/s (Q_{95}) to 23.62 m³/s (${}_{7}Q_{10}$) in the Abunã River. The low-flow indices calculated to Acreans rivers, in specific discharge, have lower estimated values when compared to others rivers located in the Brazilian Amazon and its immediate surroundings and its different environmental scenarios.

Keywords: water, minimum flow, environmental flow, discharge gauging station. south-western Amazon.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo das estações fluviométricas da ANA (BRA). <i>Datum</i> horizontal SIRGAS 2000	36
Figura 2 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 12500000, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m ³ /s), no vertical	43
Figura 3 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 12600001, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m ³ /s), no vertical	44
Figura 4 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 12650000, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m ³ /s), no vertical	45
Figura 5 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 13600002, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m ³ /s), no vertical	45
Figura 6 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 15324000, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m ³ /s), no vertical	46

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Principais rios do Acre, suas grandes bacias hidrográficas e as estações fluviométricas selecionadas para o estudo, com seus códigos identificadores ANA (BR)34
- Tabela 2** - Amplitude das vazões médias diárias, máximas e mínimas, dos principais rios do Acre, nas estações fluviométricas selecionadas para o estudo, com seus códigos identificadores ANA (BR)46
- Tabela 3** - Valores das vazões de referências em bacias hidrográficas do estado do Acre e seus devidos municípios de localização.....50
- Tabela 4** - Índices de vazão baixa Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ padronizados pela razão entre seus valores e área das respectivas bacias hidrográficas do estado do Acre.....52

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ALEA	Análise de frequência Local de Eventos Anuais
ANA (BRA)	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico do Brasil
CEMACT	Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia [do Acre]
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente [do Brasil]
CPRM	Serviço Geológico do Brasil
GEV	<i>Generalized Extreme Valor</i>
HIDRO	Sistema de Informações Hidrológicas
LN2	Distribuição log-normal 2 parâmetros
MM	Método dos momentos
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
PLERH-AC	Plano Estadual de Recursos Hídricos do Acre
PNSH	Plano Nacional de Segurança Hídrica
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação Brasileira de Solos
UGRH	Unidade de Gestão de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	18
3 REVISÃO DE LITERATURA	19
3.1 HIDROLOGIA DE BAIXA VAZÃO	20
3.2 VAZÃO ECOLÓGICA, DE REFERÊNCIA, DISPONIBILIDADE HÍDRICA E OUTORGA DE DIREITO DE USO DA ÁGUA	22
3.2.1 Estimativa das vazões mínimas de referência	24
3.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS TRANSNACIONAIS DA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL	26
3.4 POPULAÇÕES HUMANAS DO ACRE, RELAÇÕES COM OS RECURSOS NATURAIS E SEGURANÇA HÍDRICA	28
4 MATERIAL E MÉTODOS	32
4.1 ÁREA DE ESTUDO	33
4.1.1 Cartografia digital da área de estudo	34
4.2 SÉRIES HIDROLÓGICAS	36
4.3 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS	38
4.3.1 Determinação dos valores da vazão média mínima de sete dias com período de retorno 10 anos ($Q_{7,10}$)	39
4.3.2 Obtenção da curva de permanência de vazões	41
4.4 COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE VAZÃO BAIXA ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS AMAZÔNICAS E DO ENTORNO	41
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	43
5.1 VAZÕES DE 90% E 95% DE PERMANÊNCIA (Q_{90} E Q_{95})	43
5.2 VAZÃO MÉDIA MÍNIMA DE SETE DIAS COM PERÍODO DE RETORNO DEZ ANOS ($Q_{7,10}$)	47
5.3 COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE VAZÃO BAIXA ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS	49
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	55

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
ANEXO A - ÍNDICES DE VAZÃO BAIXA Q90, Q95 E Q7, 10 PADRONIZADOS PELA RAZÃO ENTRE SEUS VALORES E ÁREA DAS RESPECTIVAS BACIAS HIDROGRÁFICAS, SITUADAS NA AMAZÔNIA, PARA COMPARAÇÃO	67
ANEXO B - DADOS SIMPLIFICADOS DE COBERTURA DO SOLO, ANO 2020, DE REGIÕES QUE ABRANGEM AS ÁREAS DE ESTUDO DE RIBEIRO <i>ET AL.</i> (2017); BARROS <i>ET AL.</i> (2018) E GOMES E FERNANDES (2017). BASE COMPARATIVA	69

1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por água impõe a necessidade de estudos atinentes ao desenvolvimento de métodos e ferramentas voltadas ao uso eficiente desse recurso frente à disponibilidade presente nas bacias hidrográficas. A água é um dos elementos mais estudados, dada a sua importância econômica e ambiental, de tal maneira que a maioria dos governos e grande número de agências internacionais inserem-na prioritariamente no conjunto dos recursos naturais estratégicos (SANTOS *et al.*, 2016).

Os padrões de vazão servem de base para as diversas formas de utilização da água e a quantidade de água remanescente nos cursos d'água deve possibilitar a continuidade e a manutenção de vazões que suportem o ecossistema aquático (SANTOS *et al.*, 2016; QUEIROZ *et al.*, 2010). Mesmo constituindo um fator preponderante em muitas atividades econômicas humanas, os múltiplos usos da água devem ser assegurados, incluindo e resguardando as demandas ecossistêmicas (WMO, 2009).

Neste contexto, Vestena *et al.* (2012) elucidam que o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos, em especial das vazões nos cursos d'água, auxiliam na atenuação de problemas ambientais, de sorte que é possível estabelecer políticas de garantias de valores mínimos de vazão, fundamentais ao ecossistema fluvial. Para os autores, isso possibilita identificar a disponibilidade de água, para as diversas formas de aproveitamento, nos principais mananciais de uma região. Por sua vez, Silva *et al.* (2017) creditam às vazões mínimas a representação da condição crítica da bacia hidrográfica, ocorrendo acentuadamente no período de estiagem, quando a oferta de água é limitada.

Por isso, estudos já foram realizados com vistas ao entendimento sobre o comportamento temporal dos valores de vazões mínimas no Brasil, entre os quais Pinto *et al.* (2015), Mello *et al.* (2010) entre outros. Neste sentido, Barros *et al.* (2018a) assinalam que o estudo sobre o comportamento das vazões, sobretudo as vazões mínimas, fornece subsídios fundamentais ao estabelecimento de parâmetros para a utilização dos recursos hídricos disponíveis, com destaque aos que se destinam a outorga de uso da água e diluição de efluentes, além dos fatores que interferem na gestão de uso da água em situação de escassez.

No Brasil, os critérios para a definição das vazões ecológicas e/ou de referência baseiam-se, fundamentalmente, em dados de séries históricas de vazão e cada Estado adota legislação e critérios particulares ao estabelecimento dos valores para outorga de direito de uso da água. Os principais critérios de outorga utilizados nos Estados brasileiros são a Q_{90} , Q_{95} e a $Q_{7,10}$ (VESTENA *et al.*, 2012; SILVA, *et al.*, 2017). No estado do Acre, já se verificam avanços no sentido da regulamentação de outorga de uso das águas, como a Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (CEMACT) nº 4, de 17 de agosto de 2010 (ACRE, 2010). Entretanto, esta região ainda carece de dispositivos técnicos e legais baseados na Ciência Hidrológica (MONTEFUSCO *et al.*, 2021).

Nessa conformidade, dada a relevância do tema, especialmente no estado do Acre, que tem seus principais cursos d'água inseridos na Bacia Amazônica, a determinação dos valores de vazões de referência adequados para seus rios, além da discussão sobre o aperfeiçoamento das técnicas existentes, é muito importante para a efetivação de estratégias locais de gestão dos recursos hídricos. E a estimação dos valores de índices de vazão baixa utilizados como critérios de outorga no país presta-se ao suporte às decisões técnicas, gerenciais e legislativas quanto ao tema.

Assim, neste estudo, foram estimados os valores das vazões de referência para cinco das principais bacias hidrográficas do estado do Acre (rios Juruá, Tarauacá, Envira, Acre e Abunã), identificando os valores do índice de vazão baixa estipulado legalmente para rios federais (Q_{95}), além de outros usados no país (Q_{90} e $Q_{7,10}$). Também são feitas comparações entre os valores obtidos, tanto entre as bacias analisadas quanto de outras regiões, intra e extra Amazônia. E à luz da legislação brasileira, é discutido o emprego dos valores estimados de Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ no Acre, como referências para outorga de uso da água.

Estruturado na forma de monografia, o trabalho é composto de uma parte introdutória, em que são apresentados o contexto, os objetivos e as razões para a elaboração do estudo com o foco em hidrologia estatística de vazões baixas na região do Acre; uma parte de desenvolvimento, contendo o referencial teórico do estudo, com destaque para estudos similares na Amazônia, como os de Barros *et al.* (2018a), Gomes e Fernandes (2017). Os materiais e métodos quantitativos são componentes desta parte da monografia.

Na parte conclusiva, os resultados obtidos a partir da aplicação dos instrumentos metodológicos são apresentados e discutidos à luz das referências teóricas utilizadas, culminando nas principais conclusões sobre os índices de vazão baixa relativos às cinco principais bacias hidrográficas do estado do Acre. Estes valores poderão ser empregados para o estabelecimento de vazões de referência para os rios destacados, em estudos e decisões de racionalização ou outorga de direito de uso da água.

2 OBJETIVOS

O objetivo geral da pesquisa é estimar os valores das vazões de referência para os trechos fluviais no estado do Acre, das bacias hidrográficas dos rios Juruá, Tarauacá, Envira, Acre e Abunã, com vistas a contribuir para a tomada de decisão quanto a outorga de direito de uso da água e de disponibilidade hídrica.

Neste sentido, o estudo apresenta os seguintes objetivos específicos:

- identificar os valores das vazões de referência Q_{90} , Q_{95} , e a $Q_{7,10}$ para os cursos d'água principais das bacias analisadas;
- comparar os valores obtidos das vazões mínimas e de referência tanto entre as bacias hidrográficas analisadas quanto com outras bacias da região, considerando as particularidades de cada uma;
- discutir os valores estimados para as vazões de referência à luz da legislação brasileira vigente.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A água é uma substância essencial aos organismos vivos e de relevante interesse para o ser humano. Suas interações com as sociedades humanas e seus atributos de quantidade e qualidade, especialmente as de suas ocorrências nas superfícies continentais da Terra, são objeto de investigação da Hidrologia. Os fenômenos que determinam a distribuição espacial e temporal da água são do interesse desta geociência multidisciplinar (NAGHETTINI; PINTO, 2007; TUCCI, 2012).

A ampla gama de variações dos fenômenos hidrológicos e das interações desses com a variedade de condições nos espaços em que ocorrem na Terra, mostram que tais fenômenos são complexos e tendem a não apresentar similaridades nas diferentes escalas em que se manifestam (RUI, 2013). De fato, a atenção deve ser igualmente lançada sobre cada região do planeta, no tocante à Hidrologia. Como Rui (2013) considera, a delimitação natural dos percursos e espaços pelos quais a água transita pela superfície emersa do planeta oferece uma oportuna resposta a esta necessidade, em diferentes escalas espaciais.

A área sobre a qual se precipita a água na forma de chuva, que a capta em suas vertentes e converge seu escoamento para uma rede de canais até chegar a um único canal e um único ponto de saída das delimitações topográficas que a cercam (divisor de águas) é a unidade denominada bacia hidrográfica (TUCCI, 2012).

A parcela líquida da água que, no ciclo hidrológico chega aos rios, canais e reservatórios naturais, se move segundo as leis físicas (TUCCI, 2012) e as características desse escoamento podem ser quantificadas no tempo e no espaço, quando registradas sistematicamente em instalações apropriadas para este fim: os postos ou estações fluviométricas (NAGHETTINI; PINTO, 2007). Sendo tomados em localizações específicas em um rio, numa bacia hidrográfica, estas medidas pontuais constituem os dados fluviométricos e podem representar fenômenos hidrológicos, como a Vazão Baixa, a partir de registros sequenciais consistentes, mais longos e completos quanto possível (WMO, 2009).

O volume de água que atravessa uma seção especificada do canal de drenagem em um dado intervalo de tempo, usualmente medido em segundos, é

denominado vazão e corresponde a uma característica de interesse hidrológico que muda continuamente no tempo (TUCCI, 2012). A vazão fluvial é, então, uma característica hidrológica que varia em função do tempo e do espaço, assumindo uma ilimitada gama aleatória de valores não negativos: uma variável hidrológica estocástica contínua (TUCCI, 2012; NAGHETTINI; PINTO, 2007).

Entre as diferentes possíveis realizações da variável vazão fluvial há, em uma bacia hidrográfica, um valor que delimita o nível inferior da faixa de descargas líquidas que definem o potencial de uso da água pelos organismos vivos, incluindo os humanos, em suas múltiplas demandas. A *World Meteorological Organization* (WMO), em seu Relatório Operacional de Hidrologia nº 50, trata da estimação e previsão desse valor por variados métodos (WMO, 2009).

As vazões mínimas afetam as previsões sobre com que frequência há probabilidade de a vazão não atender aos usos da água, essenciais e projetados, inclusos neles a manutenção de condições mínimas dos ecossistemas, o abastecimento público para dessedentação e higiene, o transporte fluvial e o uso agrícola e industrial (WMO, 2009). Os métodos de obtenção de referências de vazão mínima dependem da finalidade ou projeto que se pretende atender.

3.1 HIDROLOGIA DE BAIXA VAZÃO

A vazão natural de um rio tem ampla variação em diferentes escalas temporais, o que afeta suas demais características, definindo e organizando os ecossistemas aquáticos e aqueles a eles conectados e associados. Assim, fenômenos hidrológicos como os regimes naturais de vazão baixa afetam os habitats fluviais e biotas associados, que respondem às variações de seu regime, mudando sua composição e os processos ecológicos que neles ocorrem, até mesmo cessando-os definitivamente (SCHMUTZ; SENDZIMIR, 2018).

A ideia de que deve haver um valor mínimo de vazão a partir do qual é possível desorganizar as interações entre habitats fluviais e biotas move, há anos, buscas científicas a este conhecimento, sob variadas denominações para o conceito de vazão ambiental ou ecológica (SCHMUTZ; SENDZIMIR, 2018), do qual a vazão mínima ou vazão baixa é um componente.

As menores vazões naturais em um curso d'água, que ocorrem durante os períodos secos do ano, ou de menor precipitação pluviométrica deste período, são chamadas de vazões baixas, e tendem a repetir-se na mesma época do ano, numa dada região (SMAKHTIN, 2001). As vazões baixas de um rio são produto da liberação de parte das águas armazenadas em subsuperfície, ou de outros reservatórios naturais, como lagos, pântanos, geleiras e vales aluviais, sendo um fenômeno no qual fatores naturais fisiográficos e fatores antrópicos exercem influência (SMAKHTIN, 2001).

Em rios, os processos hidrológicos não são determinísticos, ou seja, produtos da aplicação direta de leis físicas, químicas ou biológicas em condições regulares, uniformes e constantes. As incertezas e as probabilidades associadas às grandezas envolvidas na hidrologia fluvial aproximam-na da Ciência Estatística. A quantificação, ou categorização das flutuações temporais e espaciais das variáveis hidrológicas são feitas por meio de observações ou medições sistemáticas e padronizadas, cujos registros se dão a intervalos equidistantes de tempo, ou de distância, conferindo limitações à captação de suas variações instantâneas ou contínuas ao longo do tempo, ou do espaço (NAGHETTINI; PINTO, 2007).

A partir de um número restrito de observações de uma variável, a amostra, se busca obter conclusões válidas sobre a ampla gama das possíveis realizações da variável, a população (SPIEGEL, 1993; MORETTIN; BUSSAB, 2013). Para o entendimento dos fenômenos hidrológicos, Field (2009) considera que se pode fazer uma simplificação reduzida com os dados coletados dos processos naturais reais nele envolvidos, para construir modelos estatísticos que melhor os representem. Análises hidrológicas de duração e frequência das vazões baixas, podem ser feitas por meio de amostras de dados, e delas, inferências sobre a população de dados do fenômeno (FIELD, 2009; TUCCI, 2012).

Em pesquisas que se concentram nas variáveis quantitativas de vazão baixa, quanto ao seu aspecto temporal e com base em dados disponíveis, são feitas estimativas da vazão baixa a partir de análises de frequência. Para conferir melhor precisão a tais estimativas se faz uso de diferentes distribuições teóricas de frequência para sua representação (SMAKHTIN, 2001), o que permite a obtenção

de respostas sobre ocorrências hidrológicas da variável além dos limites da amostra existente (TUCCI, 2012; NAGHETTINI; PINTO, 2007).

As distribuições de Gumbel, Pearson tipo III, Log-normais e Weibull são as mais frequentemente utilizadas em estudos voltados à estimação dos valores de vazão baixa (SMAKHTIN, 2001; NAGHETTINI; PINTO, 2007). Para Bhatti *et al.* (2019), as distribuições mais comumente utilizadas para modelar séries de vazão mínima incluem a *Generalized Extreme Value* (GEV), a Log-Normal a 3 parâmetros, Log-Pearson tipo III, Pearson tipo III e distribuição de Weibull de 3 parâmetros.

3.2 VAZÃO ECOLÓGICA, DE REFERÊNCIA, DISPONIBILIDADE HÍDRICA E OUTORGA DE DIREITO DE USO DA ÁGUA

Schmutz e Sendzimir (2018) referem-se a vazão ambiental como o escoamento fluvial mínimo para manter as interações entre habitats fluviais e biotas, relacionados ao curso hídrico, em sua organização natural. O conceito abrange e conecta a água, os organismos e espaços naturais que dela dependem ou sofrem influência direta ou indireta significativa em sua existência, no que se inclui o componente humano.

Por outro lado, Pinto *et al.* (2016) trazem à discussão o conceito de um escoamento fluvial mínimo necessário tão somente aos ecossistemas aquáticos naturais, como vazão ecológica, assinalando, entretanto, que mesmo nesse foco, a perspectiva humana prevalece, pelas simplificações dos sistemas bióticos naturais que se vale para quantificação e qualificação dos parâmetros componentes de tal vazão.

No Brasil, os recursos hídricos são um bem do Estado, de domínio público e gestão conjunta pelo Poder Público e Sociedade (usuários e comunidades). Na legislação brasileira, vazão de referência de um curso d'água é aquela formalmente estabelecida pelo Estado para o processo de gestão de uma bacia ou região hidrográfica, como base para a tomada de decisão sobre os usos múltiplos da água (CONAMA, 2005; BRASIL, 1988; BRASIL, 1997).

Assim, o termo vazão de referência relaciona-se ao uso e à gestão das águas fluviais e lacustre, agregando-se a outros dois: o de vazão outorgável ou concedida ao uso e o de vazão remanescente, como a que deve permanecer

escoando no curso d'água para assegurar outros usos, incluindo os dos ecossistemas aquáticos naturais (CONAMA, 2005; BRASIL, 1997).

Coelho Filho *et al.* (2015) traduzem a disponibilidade hídrica como a fração da produção de água de uma bacia hidrográfica que pode ser abstraída da fonte superficial para atendimento a demandas variadas. Os autores a relacionam às referências estatísticas de vazão, em particular as das vazões baixas, para estabelecer meios de segurança ao atendimento dos usos propostos para a água, face as flutuações naturais do estoque de um curso d'água.

Em WMO (2009) se relacionam os indicadores estatísticos de vazões baixas à avaliação de disponibilidade hídrica, relação que é justificada em Smakhtin (2001), que argumenta ainda sobre o agravamento dos problemas de gestão de recursos hídricos fluviais nos períodos em que tais vazões ocorrem.

De acordo com Silva *et al.* (2006), em uma política holística e sustentável de recursos hídricos, os fatores hidrológicos e ecológicos se destacam em relação aos fatores administrativos, econômicos e políticos. Para os referidos autores, o conceito de disponibilidade hídrica é um importante fator no contexto do gerenciamento dos recursos hídricos e acrescentam que os critérios de outorga de direito de uso das águas, além de estar vinculados à disponibilidade hídrica, dependem dos sistemas jurídicos e econômicos locais.

Para Vestena *et al.* (2012), vazão ecológica é a quantidade de água que deve permanecer no leito dos rios com vistas a atender as demandas do ecossistema de um corpo hídrico. Por sua vez, a vazão de referência, em conformidade com Silva *et al.* (2006), é um valor de vazão que representa o limite superior de utilização da água estabelecido. Trata-se de um dispositivo importante para a proteção dos sistemas aquáticos, sobretudo dos rios, como também mencionam Harris *et al.* (2000).

A outorga é dada aos usuários após a definição da vazão ecológica ou de referência para um ponto de um curso d'água. Trata-se de uma concessão para um usuário abstrair uma fração do volume de água superficial ou subsuperficial, de vigência segundo circunstâncias previstas em lei, dada pela autoridade gestora dos recursos hídricos de um território, na sua jurisdição (RANDO; GALVÃO, 2016; BRASIL, 1997). No Brasil, se trata de um instrumento de controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos nacionais, com dimensão geográfica e temporal,

empregado pelo Estado brasileiro como ferramenta de seu sistema de gestão, para implantar os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH (BRASIL, 1997).

Dentro do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SNGRH brasileiro, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA é a integrante com função de secretaria executiva em nível federal, como implementador da PNRH, responsável por outorgar o direito de uso de recursos hídricos em corpos d'água de domínio da União (BRASIL, 1997; BRASIL, 2000). Nesta função, a ANA (BRA) atua ao lado de outros órgãos públicos cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos, implementadores da PNRH nos níveis de poder federal, estadual, municipal e do Distrito Federal (BRASIL, 1997).

Os suportes legais e instrumentos à gestão dos recursos hídricos brasileiros são, a partir da PNRH, os Planos de Recursos Hídricos, a legislação federal, estadual e do Distrito Federal sobre águas em suas jurisdições e as resoluções da ANA (BR) e demais órgãos implementadores da PNRH (BRASIL, 1997; BRASIL, 2000). No âmbito do Estado do Acre, são instrumentos de gestão dos recursos hídricos vigentes: a Lei Estadual nº 1.500 de 2003, da Política Estadual de Recursos Hídricos e Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Acre, o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Acre - PLERH/AC e as resoluções do Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (CEMACT), atualmente denominado Conselho Estadual de Meio Ambiente e Floresta – CEMAF (ACRE, 2003, 2010, 2011, 2012).

3.2.1 Estimativa das vazões mínimas de referência

As vazões mínimas são amplamente utilizadas no planejamento e na gestão dos recursos hídricos, exigindo a utilização de diversos modelos para a determinação de valores de referência. Dentre muitos elementos relatados na literatura dessa especialidade, destacam-se os valores atribuídos à Q_{90} e a Q_{95} , além da $Q_{7,10}$. De acordo com Naghettini e von Sperling (2007), a Q_{90} e a Q_{95} se referem aos valores de vazão que são superados ou iguais em 90% e 95% dos dados diários de vazão de uma série temporal hidrológica.

Por sua vez, os mesmos autores referem-se à $Q_{7,10}$ como a vazão média de períodos de 7 dias consecutivos, com tempo de retorno de 10 anos. No caso de vazões mínimas, este intervalo implica no tempo médio necessário, em anos, para que ocorram vazões menores ou iguais a um determinado evento, ao menos uma vez em um ano qualquer (NAGHETTINI; VON SPERLING, 2007).

No Brasil, existem vários estudos em que são estimados valores de referência como elementos de auxílio à tomada de decisão, especialmente no tocante a vazões de outorga e vazões remanescentes. No estudo conduzido por Gonçalves *et al.* (2018) foram estimados os índices de vazão mínima $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} utilizando dados de 73 estações fluviométricas administradas pela ANA (BRA) e disponíveis no banco de dados do portal eletrônico HidroWeb, também sob responsabilidade da ANA (BRA). O estudo considerou o período de 1976 a 2006.

Na região Sudeste do Brasil, Cecílio *et al.* (2018) estudaram a regionalização de vazões mínimas e médias na bacia hidrográfica do rio Itapemirim, no estado do Espírito Santo, e calcularam os índices $Q_{7,10}$ e Q_{90} .

Por sua vez, com o propósito de contribuir com os órgãos gestores de recursos hídricos do Estado de Minas Gerais, na região Sudeste do Brasil, Silva *et al.* (2017) promoveram um estudo sobre a disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Doce, Paraíba do Sul, Grande, Paranaíba, São Francisco, Pardo, Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus, no estado de Minas Gerais. Os autores utilizaram modelos estatísticos para a estimativa das vazões $Q_{7,10}$ e Q_{90} com dados de 553 estações fluviométricas do estado e suas proximidades, obtidos no HidroWeb.

Na região Norte do Brasil, Barros *et al.* (2018b) estudaram a regionalização do que denominaram vazões mínimas Q_{95} na bacia hidrográfica do Rio Amazonas a partir de dados diários de vazão observados em 199 estações fluviométricas localizadas na Amazônia Legal brasileira. Por sua vez, Ribeiro *et al.* (2017) estimaram as vazões mínimas de referência, $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} anuais e semestrais na bacia do Rio Branco, em Roraima, utilizando um banco de dados de vazões diárias de 15 estações fluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN). Para tanto, foi ajustada a melhor distribuição estatística aos dados hidrométricos, escolhida entre as de Weibull, Pearson tipo 3, Log-Pearson tipo 3, Log-Normal 2 e 3 parâmetros.

No estado do Amapá, Brasil, Barros *et al.* (2018a) estimaram os valores da $Q_{7,10}$, utilizando dados de 12 estações fluviométricas. Através da base de dados HidroWeb e por meio de séries hidrológicas de períodos não inferiores a 10 anos, foram ajustadas as distribuições de probabilidade teórica de Log-Normal 2 parâmetros (LN-2P), Gumbel para mínimos e Weibull.

Gomes e Fernandes (2017) estudaram o Rio Araguaia, que atravessa da região Centro-Oeste (Cerrado) à Norte do Brasil (Amazônia), para avaliar seu comportamento hidrológico e determinaram, entre outras informações, os índices de vazão mínima $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} . Os autores utilizaram três estações fluviométricas da ANA (BRA) que abrangiam o que foi definido como os seguimentos alto, médio e baixo do rio, considerando o período de 1975 a 2011.

No estado do Acre, o Plano Estadual de Recursos Hídricos – PLERH mencionou estudo sobre o regime de vazões de estiagem (ACRE, 2012), entretanto, ainda há necessidade de avanços com vistas a contribuir para tomada de decisão no tocante à gestão dos recursos hídricos acreanos e dos ecossistemas associados.

Nenhum estudo publicado sobre as vazões mínimas dos principais rios do Acre foi encontrado na literatura, até o momento. Embora isso ocorra, os estudos de Lopes *et al.* (2013), Moreira e Naghettini (2016), Moreira *et al.* (2019) e Moreira *et al.* (2020) dão indicativo de disponibilidade de dados e meios para estimação de vazões para alguns desses rios acreanos.

3.3 BACIAS HIDROGRÁFICAS TRANSNACIONAIS DA AMAZÔNIA SUL OCIDENTAL

Na região amazônica dos afluentes de margem direita do Rio Solimões e de margem esquerda do Rio Madeira, estão situadas, em sua porção mais ocidental, as bacias hidrográficas dos rios Juruá, Tarauacá, Envira, Purus, Acre e Abunã (IBGE, 2017). Desses, alguns são cursos d'água transfronteiriços, parcialmente compartilhados pelo estado brasileiro do Acre com os países vizinhos, Peru e Bolívia, além do estado do Amazonas, Brasil (ACRE, 2012). A posição geográfica dessas bacias hidrográficas as situa numa região peculiar em diversos aspectos: geológicos, geomorfológicos, biológicos e sociais.

Trata-se da Bacia Sedimentar do Acre, delimitada pelo Arco de Iquitos e pela Faixa Andina, que constitui unidade geotectônica formada principalmente por sedimentos cenozóicos pouco consolidados, na qual a Formação Solimões se destaca como principal unidade geológica (ACRE, 2006). Sobre ela escoam, nos seus diferentes terrenos, os rios acreanos e parte dos cursos d'água peruanos e bolivianos, todos da Bacia Amazônica. Nestes cursos d'água, não há registro de barramentos artificiais ou outras alterações antrópicas dessa magnitude em seus leitos, das nascentes até os exutórios extremos no estado do Acre, em seus limites territoriais Norte, Noroeste e Nordeste (ANA (Brasil), 2021; IBGE, 2017).

Segundo Acre (2006), na Formação Solimões, argilitos, siltitos, rochas finamente laminadas com concreções carbonáticas e gipsíticas, arenitos finos, micáceos, e lentes com matéria vegetal carbonizada, em geral fossilíferos, são as rochas predominantes. Essa formação geológica e as demais, sobretudo as da porção em que se encontra a cidade de Cruzeiro do Sul- AC, Brasil, dão origem a Argissolos, Cambissolos, Luvisolos, Gleissolos, Latossolo, Vertissolos, Plintossolos e Neossolos, assim identificados segundo o Sistema Brasileiro de Classificação Brasileira de Solos (SiBCS). Esses solos são em grande parte caracterizados pela presença de argilas de alta atividade, em maior ou menor intensidade (ACRE, 2006).

Tratando da relação direta entre a geologia e a taxa de descarga de cursos d'água durante os períodos de vazão baixa, Smakhtin (2001) menciona que rochas sedimentares inconsolidadas se associam a baixos rendimentos em vazão em períodos mais secos do ano, quando considerados em relação ao tamanho da unidade espacial hidrográfica, em comparação com outras litologias. As formações litológicas da porção sul ocidental da Amazônia, onde se situa o Acre, abrange amplas extensões deste tipo de rocha (ACRE, 2006), nas formações Solimões, Iça e Cruzeiro do Sul.

A rede hidrográfica do estado do Acre, parte do sudoeste amazônico, está inserida em uma porção de terra onde há, segundo Oberdorff *et al.* (2019) e Albert *et al.* (2020), a maior biodiversidade fluvial do planeta. Habitats aquáticos que se distribuem entre águas brancas (barrentas) e pretas de rios com meandros e lagos marginais (SIOLI, 1985), abrigam significativo número de espécies endêmicas de peixes (OBERDORFF *et al.*, 2019). Tal diversidade, como em outras partes da

Amazônia, compõe a riqueza e o recurso essencial às comunidades humanas locais atuais, assim como foram para as do passado.

3.4 POPULAÇÕES HUMANAS DO ACRE, RELAÇÕES COM OS RECURSOS NATURAIS E SEGURANÇA HÍDRICA

A diversidade humana do estado do Acre e sua magnitude expressa nos 733.559 habitantes heterogeneamente concentrados em seu território, contados no Censo 2010 do Brasil, converge para uma população de 881.935 habitantes projetada para 2019, e superior a um milhão, no horizonte de 2024. Esse contingente humano está distribuído atualmente entre populações urbanas (maioria crescente) e rurais, nas quais estão incluídas populações tradicionais indígenas e ribeirinhas, todas com suas demandas por água doce (ACRE, 2012; IBGE, 2019a).

Do nível global ao local, o que se entende por desenvolvimento equilibrado das sociedades humanas com o ambiente passa pela quantificação da água doce disponível e pelo entendimento dos mecanismos e processos que a envolvem. Proposições humanas como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas metas, da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU) e seus Estados-Membros, assim como as leis e planos específicos relativos a recursos hídricos do Brasil, Peru e Bolívia, e documentos equivalentes do estado brasileiro do Acre, todos em algum momento refletem a necessidade de relação equilibrada com as fontes de água doce disponíveis (ACRE, 2012; ANA (Brasil), 2019a; BRASIL, 1988, 1997; ONUBR, 2017).

A mobilidade de contingentes humanos não indígenas, a ocupação do território por estes e sua consolidação nas grandes sub-bacias hidrográficas do Juruá e Purus, incluindo-as como parte do Brasil, entre o final do século XIX e as primeiras décadas do século XX, conforme nos situa Vital (2019), acompanham o ciclo de vazantes e cheias dos cursos d'água principais da região. Nos períodos de vazões baixas (vazante), a interrupção da navegação fluvial na maior parte dos rios ali resultava no isolamento regional em relação aos centros urbanos principais da época, que influíam no ambiente humano regional: Manaus e Rio de Janeiro.

Este ciclo de oscilação das águas teve e tem reflexos na produção econômica, na saúde, na política e organização social regional (VITAL, 2019). A despeito de momentos icônicos das vazões baixas na história recente do Acre e

suas populações, como a retenção da nau da Marinha do Brasil, o Navio de Assistência Hospitalar Dr. Montenegro - U 16, sobre o leito menor do Rio Juruá, em 2010 (GALANTE, 2010), e a estiagem de 2016, em que no Rio Acre se registrou sua mais baixa vazão conforme Buffon *et al.* (2016), este fenômeno nas bacias dos principais rios acreanos carece de mais estudos.

O foco nas vazões altas, nas excepcionais altas e em outros aspectos hidrológicos da região se verifica nos estudos de Buffon *et al.* (2016), Moreira *et al.* (2016), Godoy Júnior *et al.* (2017), Buffon *et al.* (2017), Moreira *et al.* (2019) e Moreira *et al.* (2020). Embora estes estudos tenham se valido de dados hidrológicos oriundos de fontes acessíveis e disponíveis, como as séries históricas de vazões médias diárias dos respectivos rios acreanos, descarregadas do HidroWeb, que abrangem dados úteis às pesquisas em Vazões Baixas, a lacuna persiste.

Embora Pinto *et al.* (2016) não mencionem o Acre, Brasil, como possuidor de legislação referente à vazão outorgável e vazão considerada como consumo insignificante, o Estado do Acre dispõe de legislação que institui a sua política de recursos hídricos (ACRE, 2003), seu plano de gestão de recursos hídricos e uma regulamentação da concessão de outorga e direito de uso de suas águas. A Resolução CEMACT [CEMAF] nº 4, de 17 de agosto de 2010 (ACRE, 2010) trata de outorga e direito de uso das águas no Acre, contudo sem fazer uso de qualquer dos índices de vazão baixa aplicados em outros Estados brasileiros (PINTO *et al.*, 2016).

Assim, uma parte dos rios do Acre, os transnacionais e interestaduais, são de domínio federal, sujeitos a leis e regulamentos específicos, distintos dos rios estaduais (BRASIL, 1988; BRASIL, 2000). Sobre esses últimos vigora a Resolução CMACT (CEMAF) que, inicialmente, estabelece apenas valores quanto a vazões consideradas de uso insignificante, deixando a cargo do Estado a análise de pedidos de uso da água nos demais casos (ACRE, 2010). Esta análise, segundo o regulamento estadual, requer o cálculo de vazão de referência, por meio de estudos de regionalização de vazão disponíveis, a partir de séries históricas de dados hidrológicos do curso d'água em causa (ACRE, 2010).

Nos rios federais que atravessam o território acreano, para a outorga de direito de uso da água se faz necessário o conhecimento da vazão natural com alta permanência no tempo e remete ao índice de vazão baixa Q_{95} , inicialmente, como

fluxo fluvial de referência (ANA (Brasil), 2017). A Resolução nº 1.938, de 30 de outubro de 2017, da ANA (BRA), dá ao usuário que demanda ao Estado o direito de uso da água a opção de, mediante estudo técnico específico, propor outra vazão de referência. Novamente, estudos hidrológicos estatísticos, sobretudo os de vazões baixas, se mostram necessários para regularização legal do uso da água na região.

A convergência de WMO (2009), Coelho Filho *et al.* (2015), Pinto *et al.* (2016) e Schmutz e Sendzimir (2018), encontra espaço de inovação na regulamentação legal em níveis estadual e federal, para os rios acreanos. Os estudos hidrológicos específicos, então, podem incorporar indicadores estatísticos de vazões baixas à avaliação de disponibilidade hídrica, considerando o fluxo mínimo demandado pelos habitats fluviais e biotas relacionados ao curso hídrico superficial. A partir de tais estudos e seus aprofundamentos, e de especificidades locais, se faria a definição das abstrações significativas de frações da produção de água de uma bacia hidrográfica, no estado do Acre, abrangendo, inclusive a sazonalidade da oferta hídrica, nele tão evidente.

A proposição de segurança quanto à disponibilidade de água, em quantidade e qualidade adequadas aos múltiplos usos demandados pelas populações humanas brasileiras, do presente e do futuro, pela utilização racional e integrada dos recursos hídricos (BRASIL, 1997) sinalizava para o acolhimento de um outro conceito contemporâneo: segurança hídrica. Esta se apresenta como um dos paradigmas da gestão integrada dos recursos hídricos na atualidade, e como um objetivo a perseguir para a garantia de água suficiente e de boa qualidade para as populações e ambientes naturais (VARADY *et al.*, 2016).

McNeill *et al.* (2017) qualificam como dinâmico e multidimensional o conceito de segurança hídrica e resumem disponibilidade, acessibilidade e sustentabilidade como suas dimensões principais, face a diferentes definições do termo. Este novo paradigma é expresso no Plano Nacional de Segurança Hídrica - PNSH brasileiro, que se alinha à visão dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) na perspectiva da ANA (BRA) (ANA (Brasil), 2019b) e define segurança hídrica como:

[...] disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas, à prática das atividades econômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, acompanhada de um nível aceitável de risco relacionado

a secas e cheias, devendo ser consideradas as suas quatro dimensões [(humana, econômica, ecossistêmica e resiliência)] como balizadoras do planejamento da oferta e do uso da água em um país (ANA (Brasil), 2019b).

Embora inicialmente, sob os critérios adotados no PNSH, o Acre desfrute de relativa segurança hídrica, à exceção da Bacia Hidrográfica do Rio Acre, a demanda por estudo de refinamento dos indicadores de segurança foi apontada no plano, que tem vigência de 2019 a 2035 (ANA (Brasil), 2019b). Monitorado e ajustado constantemente, o PNSH prevê para a região do Rio Acre a elaboração de “estudo de alternativas para o aproveitamento de recursos hídricos em áreas de alta vulnerabilidade a inundações” (ANA (Brasil), 2019b). Entretanto, o outro extremo, as baixas vazões, não é mencionado.

Os avanços nos estudos hidrológicos regionais estão, assim, em foco e tornam estratégico o conhecimento aprimorado sobre as vazões baixas, para avaliações de disponibilidade hídrica, em consonância com os cenários possíveis, atuais e futuros. Considerando as conclusões obtidas a partir dos estudos promovidos por Rando e Galvão (2016) e Vital (2019), é possível agregar aos argumentos em favor do aprofundamento dos estudos hidrológicos no Acre a conectividade e acessibilidade nacional e internacional, a relevância ambiental, paisagística e cultural que seus rios e igarapés (riachos, ribeirões) proporcionam a suas populações humanas, sendo estas apenas algumas das facetas da diversidade regional.

4 MATERIAL E MÉTODOS

A execução do estudo foi precedida de busca em plataformas eletrônicas de gerenciamento de periódico de comunicação científica, para sua fundamentação teórica. As plataformas *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), *Springer Link* (da *Springer Nature Switzerland AG*) e *ScienceDirect* (da *Elsevier Company*) foram algumas das utilizadas na pesquisa de artigos científicos de interesse. Publicações de referência, como *Journal of Hydrology*, Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF) e Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBRH) também foram objeto de buscas, nas fases exploratória e sistematizada, esta última orientada segundo Donato e Donato (2019).

A aquisição de dados da rede hidrometeorológica brasileira no Acre foi feita pelo Portal HidroWeb (ANA (Brasil), 2020a) e sua pré-visualização, feita por meio gráfico digital, foi executada com apoio do Sistema de Informações Hidrológicas (HIDRO), versão 1.4.0.83 (ANA (Brasil), 2010a). Este sistema permitiu o acesso aos dados, seu armazenamento e gerenciamento de modo centralizado em um banco de dados relacional. O HIDRO, como o HidroWeb, tem desenvolvimento nacional e aquisição/ acesso livre e gratuito. Com ele foram feitos os cálculos de funções hidrometeorológicas básicas, incluindo o preenchimento de alguns dados ausentes (falhas), quando possível.

A confecção de material cartográfico digital de apoio ao estudo hidrológico e localização da área alvo foi executada com um sistema de informações geográficas (GIS/ SIG) de código aberto e livre, bem como dados abertos oficiais de agências e instituições públicas brasileiras (ANA (Brasil) e Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)), e material do repositório de produtos do *Consultative Group on International Agricultural Research* (CGIAR) - *Consortium for Spatial Information* (CSI), de acesso livre. Os procedimentos descritos em Correa *et al.* (2017) e Silva *et al.* (2014) foram adaptados para a produção cartográfica deste estudo.

A área de estudo, as séries hidrológicas selecionadas, oriundas de estações fluviométricas ANA (BRA) nela inseridas, bem como as ferramentas estatísticas, computacionais e de cartografia digital, empregadas no estudo, são detalhadas a seguir.

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo compreende cinco das principais bacias hidrográficas do estado do Acre, Brasil, na região Norte, Amazônia Ocidental. São subunidades hidrográficas da Bacia Hidrográfica Amazônica, geologicamente uma bacia predominantemente sedimentar (VALE JÚNIOR *et al.*, 2011), com pedologia de sua porção oeste muito contrastante com as demais partes da Amazônia, pela forte influência dos Andes, na área de predomínio da Formação Solimões.

O estado do Acre possui seis Unidades de Gestão de Recursos Hídricos, denominadas por UGRH, para fins de gestão de suas águas, agrupando em cada uma delas, suas principais bacias hidrográficas. Essa divisão segue, aproximadamente, a regionalização definida no zoneamento econômico-ecológico do Acre (ACRE, 2012).

A região na qual está inserida a área em estudo apresenta os tipos climáticos de Köppen-Geiger Tropical equatorial (Af), predominante e Tropical monçônico (Am). Apresenta um período seco, compreendido entre os meses de maio e setembro, e um período notadamente chuvoso, entre os meses de outubro e abril, com precipitação aproximada de mais que 2000 mm assim distribuída durante o ano, de modo não homogêneo. Em relação às vazões, os períodos de baixos e de altos valores coincidem, respectivamente, com os períodos seco e chuvoso (MOREIRA *et al.*, 2016; MOREIRA; NAGHETTINI, 2016).

De acordo com Moreira *et al.* (2019) e Moreira *et al.* (2020), o regime de vazões da região em estudo apresenta um período destacado de baixos valores de vazões médias diárias e outro em que costumam ocorrer as maiores vazões anuais, coincidindo com os períodos de menores e maiores precipitação pluviométrica, respectivamente. Popularmente, o período menos chuvoso e de baixos valores de vazão é conhecido na região como “verão amazônico”, enquanto o período chuvoso e de maiores vazões, como “inverno amazônico”.

No período de alta pluviosidade, é comum a ocorrência de transbordamento dos rios, que superam sua calha principal e invadem as suas planícies de inundação, enquanto no período de menos chuvas, a redução dos volumes escoados pode comprometer a segurança hídrica das populações deles dependentes (ACRE, 2012; MACÊDO *et al.*, 2013). As principais cidades e comunidades acreanas estão às margens dos principais rios da região (RANDO; GALVÃO, 2016), e mesmo os habitantes isolados, dispersos no território, todos sob a influência direta ou indireta da dinâmica fluvial.

Cinco dos principais rios do Acre, abrangidos por importantes bacias hidrográficas da região, notadamente os que têm dados acessíveis, disponíveis e úteis ao estudo hidrológico, são listados na Tabela 1, com as estações fluviométricas selecionadas para o estudo. As bacias analisadas (Tabela 1) têm nos exutórios correspondentes às estações fluviométricas as seções fluviais de interesse mais distantes das nascentes, dentro dos limites estaduais acreanos com outras unidades federativas do Brasil (Amazonas e Rondônia).

Tabela 1 - Principais rios do Acre, suas grandes bacias hidrográficas e as estações fluviométricas selecionadas para o estudo, com seus códigos identificadores ANA (BR)

Rio	Grande Bacia Hidrográfica	Município	Estação	Nome	Latitude/ Longitude (ggg:mm:ss)	Área de Drenagem (km ²)
Juruá	Juruá	Cruzeiro do Sul	12500000	Cruzeiro do Sul	-07:38:00 / -072:39:37	37800
Tarauacá	Juruá	Tarauacá	12600001	Tarauacá-Jusante	-08:08:45 / -070:42:55	15600
Envira	Juruá	Feijó	12650000	Freijó	-08:09:49 / -070:21:23	17000
Acre	Purus	Rio Branco	13600002	Rio Branco	-09:58:30 / -067:48:03	23500
Abunã	Madeira	Plácido de Castro	15324000	Plácido de Castro	-10:20:16 / -067:10:59	7740

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da ANA (BRA).

4.1.1 Cartografia digital da área de estudo

Na confecção do mapa de localização da área de estudo foram empregados o SIG QGIS, versão 3.16.5 – Hannover (QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2020) e os modelos digitais de elevação (*DEM / MDE*) a partir de dados processados da

Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA), na versão 4.1 (JARVIS *et al.*, 2008). Os MDEs em formato Geotiff, de resolução espacial de aproximadamente 90 metros e *datum* WGS84, foram reamostrados para o *datum* SIRGAS 2000, e constituíram um mosaico, exportado individualmente para etapas posteriores da cartografia. Os arquivos de dados utilizados foram os *srtm_22_14*, *srtm_22_15*, *srtm_23_14* e *srtm_23_15* (JARVIS *et al.*, 2008), que abrangem o estado do Acre, obtidos do Geoportal CGIAR-CSI (<https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/>).

Para delimitação das bacias hidrográficas, foram utilizados os dados vetoriais em formato *shapefile* da Base Hidrográfica Ottocodificada (BHO) Multiescalas de 2012, oriundos da base de dados abertos da ANA (BRA), em escala 1: 1.000.000, *datum* SIRGAS 2000 e projeção Geográfica (ANA (Brasil), 2012). Foram utilizadas malha de áreas de contribuição hidrográfica de níveis 1 a 5 e a malha hidrográfica do Brasil (trechos de drenagem, cursos d'água, pontos de drenagem e rios). Foram também utilizados, da ANA (BRA), os dados de limites políticos da América do Sul e seus países (ANA (Brasil), 2010b).

Do repositório de dados abertos do IBGE, em seu Portal de Mapas (<https://portaldemapas.ibge.gov.br>), foram utilizados os *shapefile* de limites políticos de todos os estados do Brasil e do estado o Acre, seguindo uma sequência simples de comandos de acesso (Portal de mapas > Galeria > Exibir por > “Tema” > “Organização do Território” > “Malhas Territoriais” > “Malha com todas as UFs” > “Brasil – unidades da federação 2019 –SHP “, e também > “Malhas Individuais” > “Acre – unidade da federação 2019 – SHP”). Os arquivos originais têm *datum* SIRGAS 2000 e projeção Geográfica (IBGE, 2019b, 2019c).

A Figura 1 exibe uma representação da área em estudo, evidenciando-se a localização das estações fluviométricas da ANA (BRA), cujos registros de vazão (m^3/s) foram utilizados no estudo. Cada um destes pontos de monitoramento hidrológico é identificado por um código que remete à posição da estação no rio e aos parâmetros hidrológicos e dados cadastrais, como nome do rio, do município, período de coleta de dados e outros (ANA (Brasil), 2020a, 2020b). O mapa de localização da área de estudo, na figura, traz ainda um panorama altimétrico das

bacias hidrográficas e permite a percepção do caráter transfronteiriço dos rios acreanos em estudo.

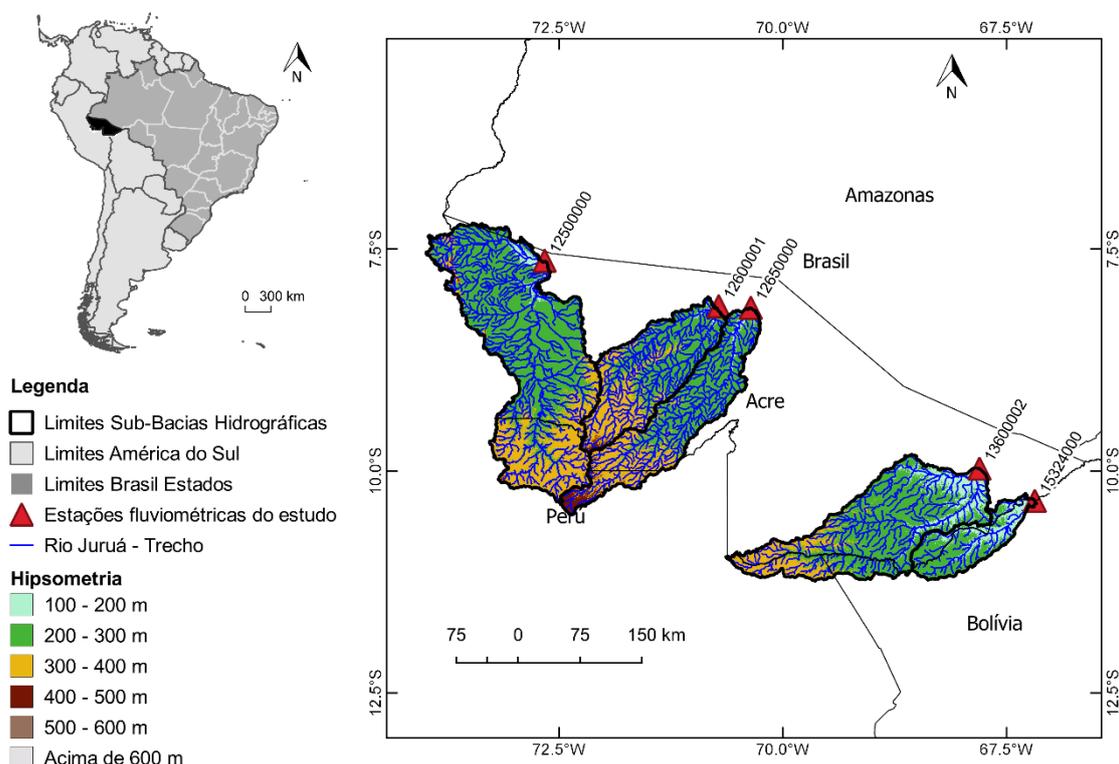


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo das estações fluviométricas da ANA (BRA). Datum horizontal SIRGAS 2000

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.2 SÉRIES HIDROLÓGICAS

No presente estudo foram utilizados os dados de vazão média diária obtidos a partir dos registros das bacias hidrográficas do estado do Acre, dos rios Juruá, Tarauacá, Envira, Acre e Abunã. Os trechos de rio que tais séries hidrológicas representam correspondem, de fato, ao alto Rio Juruá, alto e médio Rio Tarauacá, alto e médio Rio Envira, alto e médio Rio Acre e alto Rio Abunã. A simplificação da denominação foi empregada no estudo, para fins práticos, na referência aos rios no território acreano.

Destaca-se que na região em foco existem outras estações que, no entanto, não foram utilizadas no estudo, em razão de significativas falhas apresentadas em

suas séries de dados. Estas falhas poderiam comprometer os resultados da análise, conforme WMO (2009). Outra motivação de exclusão de estações foi a existência de séries históricas abrangendo período de registros muito curto. É o caso, por exemplo, das estações fluviométricas no Rio Purus, cujos registros de dados, no Acre, não são extensos ou completos o suficiente para permitir estimativas confiáveis dentro do limite de probabilidade proposto nesta pesquisa.

Falhas em séries de vazão diária, definidas por Vega-Garcia *et al.* (2019) como “uma descontinuidade na série de dados de vazão diária, devido à falta de dados de pelo menos um ou mais dias consecutivos” são citadas como um dos mais frequentemente problemas encontrados em bancos de dados desse tipo, ao lado da má qualidade dos registros.

Dembélé *et al.* (2019) mencionam que falhas em séries de dados são uma dificuldade desafiadora universal em Hidrologia, que se destaca ainda mais em países não desenvolvidos ou em desenvolvimento, devido à escassez maior, nesses lugares, de recursos para as etapas que envolvem o tratamento de dados. Falhas em séries hidrológicas podem aumentar as incertezas nas análises hidrológicas ou mesmo impossibilitá-las (WMO, 2009)

Neste estudo, embora variados métodos de preenchimento de falhas sejam apresentados na literatura, dos mais simples aos complexos, como em Harvey, Dixon e Hannafo (2010; 2012) e Vega-Garcia *et al.* (2019), a opção foi feita pelo recurso disponível no HIDRO, de geração de dados de vazão faltantes por transferências de vazões, conforme descrito em ANA (Brasil) (2010a), quando existiam dados de estações doadoras à jusante daquela de interesse. O apoio eventual de estações fluviométricas de montante, quando disponíveis, também foi utilizado. O método se enquadra como interpolação de vazões a partir de estações de medição análogas (WMO,2009).

Assim, foram verificadas as condições de proximidade geográfica, similaridade fisiográfica, similaridade de resposta hidrológica, e ausência de significativas influências artificiais, conforme recomenda WMO (2009), entre seções das bacias hidrográficas respectivas às estações fluviométricas dos rios Juruá, Tarauacá, Envira, Acre e Abunã, nas proximidades da área de estudo.

Considerando WMO (2009), Harvey, Dixon e Hannafo (2010; 2012) e Dembélé *et al.* 2019, no arbítrio do preenchimento de falhas não há consenso entre

pesquisas sobre o tema, sobretudo quanto a registros de vazões médias diárias. Assim, quando não possível o preenchimento dos dados, conforme acima descrito, neste estudo foram descartados integralmente os dados dos anos de registros com percentual de falhas não preenchidas superiores a 10% (dez por cento) e dentro do período anual de provável ocorrência de registros de vazões baixas na região.

Foram então considerados aproveitáveis as sequências totais ou parciais de registros contínuos com dez anos consecutivos, ou mais, e com percentual de falhas não preenchidas inferiores a 20% (dez por cento) no total dos registros (WMO, 2009). Por último, tendo em mente o que recomendam Smakhtin (2001) e WMO (2009), foram avaliadas as séries parciais que abrangessem o período de menores vazões anuais de cada série, por meio dos seus hidrogramas totais, aproveitando as que permitissem o maior trecho de séries contínuo próximo do ponto de inflexão do período de baixas vazões.

A aplicação das funções do Hidro 1.4 permitiram a avaliação prévia das séries de dados utilizadas, isoladamente e em conjunto. A disponibilidade total de dados, anual, mensal e diária, os valores médios diários máximos e mínimos, e as representações gráficas pertinentes à fase inicial desta etapa foram obtidos com auxílio desse sistema da ANA (BRA).

4.3 FERRAMENTAS ESTATÍSTICAS

As ferramentas estatísticas empregadas na estimativa dos índices de vazão baixa $Q_{7,10}$, Q_{95} e Q_{90} são apresentadas a seguir. As rotinas complexas e extensas rotinas dos cálculos estatísticos hidrológicos foram realizadas com apoio de ferramentas computacionais desenvolvidos especialmente para tal, conforme em Naghettini e Pinto (2007) e Silva *et al.* (2021). Recursos como planilhas eletrônicas e aplicações para computação estatística e gráfica na linguagem e ambiente R (GENTLEMAN *et al.*, [s.d.]; RSTUDIO, 2020) foram utilizados no pré-processamento dos dados obtidos no Portal HidroWeb (ANA (Brasil), 2020a). O programa ALEA (Análise de frequência Local de Eventos Anuais) também foi usado para as análises hidrológicas (FERNANDES, 2012; SILVA *et al.*, 2021).

4.3.1 Determinação dos valores da vazão média mínima de sete dias com período de retorno 10 anos ($Q_{7,10}$)

De acordo com Barros *et al.* (2018a) e Silva *et al.* (2017), a partir dos valores médios diários de vazão em cada bacia hidrográfica analisada, determinou-se as médias móveis de períodos de sete dias consecutivos ao longo do ano civil, retendo-se o valor mínimo entre tais médias. Repetindo-se o processo para cada ano, deu-se origem à série de valores mínimos anuais de vazões médias de sete dias (Q_7). Desta mesma forma foram obtidos os valores anuais de Q_7 no Hidro 1.4, a partir da função “Mínimas” de vazões diárias, para simples conferência.

Em seguida, foram verificados os modelos probabilísticos com melhor ajuste às séries de Q_7 , por meio dos quais foram identificados os valores associados ao tempo de retorno de 10 anos, ou seja, a $Q_{7,10}$. Para o presente estudo, lançou-se mão da distribuição de Gumbel para mínimos e a Log-normal de 2 parâmetros.

Conforme descrito por Barros *et al.* (2018a) e Caldeira *et al.* (2015) a distribuição de Gumbel busca estimar a probabilidade de não excedência de um determinado valor e sua função densidade de probabilidades é expressa por:

$$f_X(x) = \frac{1}{\alpha} \exp \left[\frac{x - \mu}{\alpha} - \exp \left(\frac{x - \mu}{\alpha} \right) \right] \quad (1)$$

em que μ e α são os parâmetros de posição e escala, respectivamente. A definição de tais parâmetros se dá por meio de métodos específicos para tal, sendo destacado, no presente trabalho, o método dos Momentos (MM). Os parâmetros da distribuição de Gumbel estimados pelo MM são:

$$\hat{\alpha} = \frac{1,2826}{s} \quad (2)$$

$$\mu = \bar{x} + 0,451 s \quad (3)$$

em que \bar{x} e s são, respectivamente, a média aritmética e o desvio padrão da série histórica analisada.

A determinação do quantil associado ao tempo de retorno T , em anos, é expressa por:

$$x(T) = \mu + \alpha \ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \text{ ou}$$

$$x(T) = \mu + \alpha \ln[-\ln(1 - F)] \quad (4)$$

Na distribuição Log-normal 2 parâmetros (LN2), conforme descrito por Rossi e Thebaldi (2017), Barros *et al.* (2018a) e Caldeira *et al.* (2015), a função densidade de uma variável log-normal é dada por:

$$f_X(x) = \frac{1}{x \sigma_{\ln(x)} \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(x) - \mu_{\ln(x)}}{\alpha_{\ln(x)}} \right)^2 \right] \quad (5)$$

Sendo $\mu_{\ln(x)}$ e $\alpha_{\ln(x)}$ os parâmetros de posição e escala da distribuição, respectivamente.

A determinação do quantil associado ao tempo de retorno, por meio da LN2, é feita por:

$$x(T) = \exp(\mu_{\ln(x)} + \sigma_{\ln(x)} \cdot K(T)) \quad (6)$$

em que $K(T)$ é a variável reduzida da distribuição normal.

A aderência dos modelos de distribuição de probabilidades ajustados às séries de valores mínimos anuais de vazões médias de sete dias (Q_7) foi avaliada por meio do teste de Kolmogorov-Smirnov (KS teste), na forma descrita por Barros *et al.* (2018a) e Moreira *et al.* (2016). Naghettini e Pinto (2007) descrevem o KS teste como “[...] um teste não paramétrico, cuja estatística de teste tem como base a diferença máxima entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica, de variáveis aleatórias contínuas.”.

Assim, o teste de hipóteses de aderência KS teste verifica a adequação da forma das distribuições de probabilidades das quais se deseja verificar a aptidão à modelação hidrológica, confrontando a distribuição de frequências teórica proposta e a empírica, disponível, considerando que não se conhece previamente a distribuição que descreve as populações de observações de Q_7 mínimas anuais de um curso d’água natural (NAGHETTINI; PINTO, 2007; ALMEIDA *et al.*, 2014).

Após a obtenção das distribuições de probabilidades em tela, ajustadas às séries analisadas e sua devida aderência foram obtidos os valores de vazão

associados ao tempo de retorno de 10 anos, vinculados a uma frequência de não excedência, isto é, a $Q_{7,10}$.

4.3.2 Obtenção da curva de permanência de vazões

Para a obtenção da curva de permanência das séries de vazões analisadas, com vistas à caracterização das descargas mínimas, geralmente são utilizadas as vazões associadas às permanências 95% (Q_{95}) e 90% (Q_{90}), comumente utilizadas em projetos de outorga para o uso da água. No presente estudo são utilizados os dois valores, obtidos a partir da ordenação das vazões em orientação crescente e associando-se a frequência de excedência para cada valor da série em verificação (VESTENA *et al.*, 2012; ROSSI; THEBALDI, 2017). De modo complementar e para comparação, por meio do aplicativo Hidro 1.4 e do R-project, foram geradas as curvas de permanência com as séries de dados médios diários de vazão pré-processados.

4.4 COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE VAZÃO BAIXA ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS AMAZÔNICAS E DO ENTORNO

Os índices de vazão baixa Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ foram padronizados como vazão específica, pela razão vazão/área das respectivas bacias hidrográficas (SILVA *et al.*, 2017), extraídas dos estudos de Ribeiro *et al.* (2017); Barros *et al.* (2018a) e Gomes e Fernandes (2017), para rios situados na Amazônia e seu entorno imediato. Isso se fez necessário para a comparação entre bacias hidrográficas e entre estações fluviométricas distintas, pela minimização dos efeitos da área de drenagem sobre os valores de vazão (SILVA *et al.*, 2017).

Para o presente estudo, foram recortadas dos estudos citados apenas as bacias com área superior à da menor unidade hidrográfica acreana avaliada, do Rio Abunã, estação fluviométrica Plácido de Castro (código 15324000), com 7740 km². As bacias selecionadas, situadas nos estados brasileiros de Goiás, Pará, Tocantins, Roraima e Amapá, abrangem grandes rios da Bacia Amazônica e Araguaia-Tocantins, variando em área, de 9.210 a 388.000 km².

A bacia hidrográfica do Rio Araguaia, na região ecótono entre os biomas Amazônia e Cerrado, fronteira à margem direita do Rio Amazonas, em sua porção

Baixo Amazonas, está sob o tipo climático Tropical com inverno seco (Aw), de acordo com o sistema de classificação climática Köppen (ALVARES *et al.*, 2013). A precipitação anual na região é da ordem de 1700 mm e a média de temperaturas mensais, entre 24 e 26 °C (GOMES; FERNANDES, 2017).

As bacias do estado do Amapá, na margem esquerda do Rio Amazonas, estão sob o tipo climático Tropical monçônico, Am na classificação climática Köppen (ALVARES *et al.*, 2013), com variação sazonal de 25,8 °C a 29 °C e precipitação anual média de 3.300 mm (BARROS *et al.*, 2018a). Já a bacia do Rio Branco, que abrangem boa parte do estado de Roraima, na margem esquerda do Rio Negro, divisa com o estado do Amazonas (RIBEIRO *et al.*, 2017), está sob os tipos climáticos predominantes Am e Af, de Köppen, descritos como Tropical monçônico e Tropical sem estação seca, respectivamente (ALVARES *et al.*, 2013).

Por meio de dados do Projeto MapBioamas, do Brasil, ano referência 2020, foram recortados também elementos de uso e ocupação do solo simplificados, úteis a comparação entre as unidades hidrográficas em estudo. A bacia do Rio Araguaia, região do estudo de Gomes e Fernandes (2017), apresentava 37,88% de cobertura florestal de seu território e mais que 49% de área antropizada. O Amapá, região do estudo de Barros *et al.* (2018a), apresenta 81,98% de cobertura florestal e pouco mais que 12,78% de área antropizada. Roraima, onde Ribeiro *et al.* (2017) pesquisaram sobre o Rio Branco, tem 72,51% de cobertura florestal, contra pouco mais que 4,84% de área antropizada (MAPBIOMAS, 2021).

Agregando fatores a considerar quanto ao estudo de vazões baixas, a classificação hidrogeológica de cada bacia estudada foi obtida do Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil, do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), em <https://www.cprm.gov.br/>, em que constam as características litológicas das rochas que ocorrem nas regiões em que o país foi dividido e definições e descrições detalhadas dos domínios e subdomínios hidrogeológicos nacionais (CPRM, 2007).

Constata-se o predomínio dos domínios hidrogeológicos Cristalino e Bacias Sedimentares, nessa ordem de grandeza, nas regiões das bacias do Amapá e Roraima, consideradas nesse estudo. E na bacia do Rio Araguaia, uma complexa combinação entre os domínios Cristalino, Formações Cenozóicas, Bacias Sedimentares e Metassedimentos/Metavulcânicas (CPRM, 2007) é apresentada.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da aplicação dos métodos descritos nesta pesquisa, sobre as séries fluviométricas em análise, foi possível chegar a conclusões importantes quanto às vazões de referência para as principais bacias hidrográficas do estado do Acre, que constituem algumas de suas Unidades de Gestão dos Recursos Hídricos (UGRH) (Juruá, Tarauacá, Envira, Acre e Abunã, respectivamente).

5.1 VAZÕES DE 90% E 95% DE PERMANÊNCIA (Q90 E Q95)

Os registros fluviométricos referentes ao Rio Juruá, na altura da cidade de Cruzeiro do Sul, indicam que, no período analisado, o maior valor para a vazão diária média máxima foi registrado em 2017, atingindo $4.715 \text{ m}^3/\text{s}$, enquanto o menor valor verificado foi de $2.059 \text{ m}^3/\text{s}$, no ano de 2006. No tocante aos valores mínimos, a maior vazão diária média mínima foi registrada em 2004 ($204 \text{ m}^3/\text{s}$) e a menor, em 2018 ($34,2 \text{ m}^3/\text{s}$).

A curva de permanência do Rio Juruá, na estação 12500000, na abrangência do período de 1968 a 2019 é apresentada na Figura 2, onde são expressas as estimativas dos valores empíricos de Q_{90} e Q_{95} .

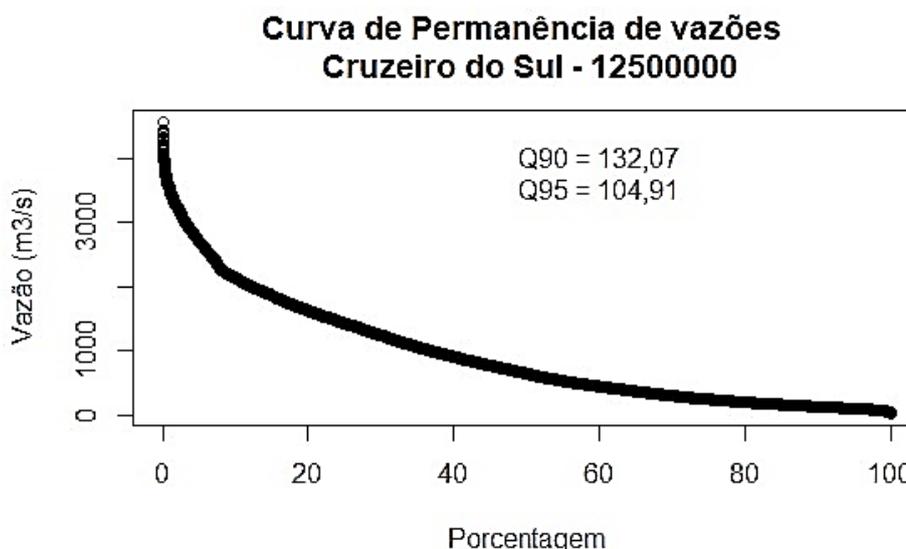


Figura 2 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 12500000, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m^3/s), no vertical

(Fonte: R. Adaptada pelo autor).

Para o Rio Tarauacá, na estação nas proximidades da cidade de Tarauacá, o maior valor de vazão diária média máxima foi registrado em 2004, atingindo 2.417 m³/s, enquanto o menor valor foi de 910 m³/s, registrado em 2016. O valor da maior vazão diária média mínima registrada foi 83,9 m³/s, em 2018, e o valor da menor, 7,27 m³/s, ocorrido em 1998.

A curva de permanência do Rio Tarauacá, na estação 12600001, na abrangência do período de 1996 a 2019 é apresentada na Figura 3, onde constam as estimativas dos valores empíricos de Q₉₀ e Q₉₅.

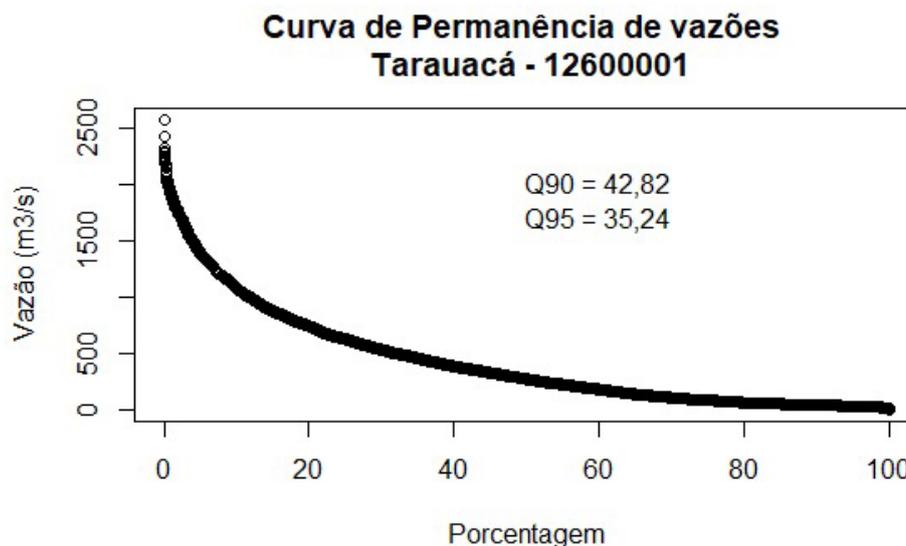


Figura 3 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 12600001, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m³/s), no vertical

(Fonte: R. Adaptada pelo autor).

Os registros fluviométricos do Rio Envira, na altura da cidade de Feijó, apontam que o maior valor de vazão diária média máxima registrado foi de 2.327 m³/s, em 2007, e o menor, 1.583 m³/s, em 2003. Já o maior valor de vazão diária média mínima registrado foi de 52,60 m³/s, em 1996. O menor valor de vazão diária média mínima foi de 1,16 m³/s, ocorrido em 1998.

A curva de permanência do Rio Envira, na estação 12650000, na abrangência do período de 1996 a 2019 é apresentada na Figura 4, onde estão registradas as estimativas dos valores empíricos de Q₉₀ e Q₉₅.

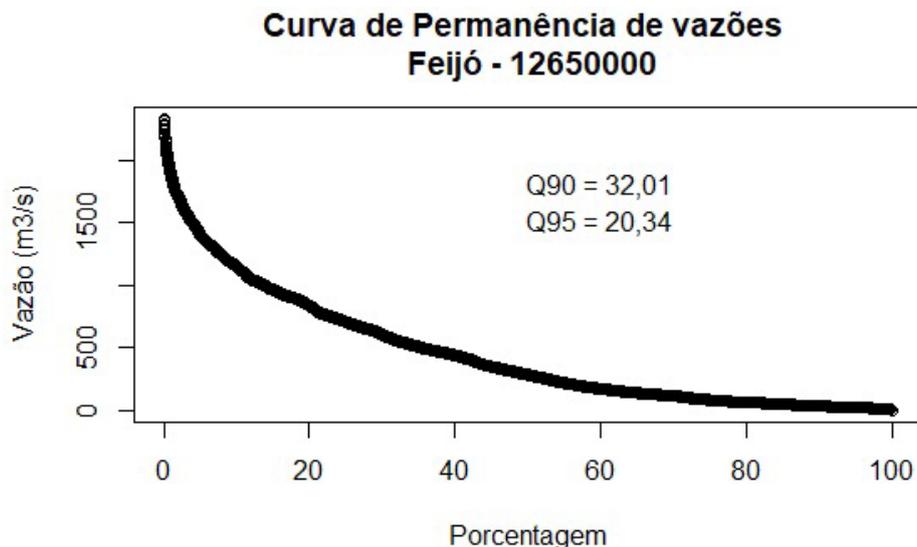


Figura 4 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 12650000, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m³/s), no vertical

(Fonte: R. Adaptada pelo autor).

Para o Rio Acre, na altura da cidade de Rio Branco, o valor de 3.208 m³/s foi a maior vazão diária média máxima registrada, em 2015, e a menor, em 1980, com o valor de 864 m³/s. A maior vazão diária média mínima foi de 55,00 m³/s, em 1993, e a menor teve valor de 5,26 m³/s, registrado em 2010. A curva de permanência do Rio Acre, na estação 13600002, no período de 1969 a 2019 é apresentada na Figura 5, com as estimativas dos valores empíricos de Q₉₀ e Q₉₅.

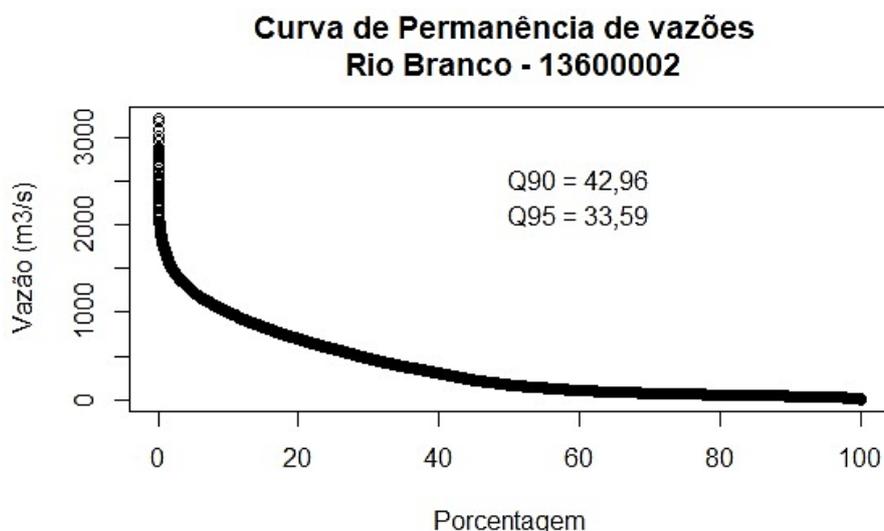


Figura 5 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 13600002, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m³/s), no vertical

(Fonte: R. Adaptada pelo autor).

No Rio Abunã, na estação fluviométrica denominada Plácido de Castro, na cidade de mesmo nome, a maior vazão diária média máxima foi registrada em 2015, com valor de 1.057 m³/s, e a menor, com valor de 261 m³/s, foi registrada em 2016. A maior vazão diária média mínima, de valor 32,50 m³/s, foi registrada em 2014 e a menor, em 2005, com valor de 6,72 m³/s.

A curva de permanência do Rio Abunã, na estação 15324000, na abrangência do período de 1993 a 2019 é apresentada na Figura 6, onde constam as estimativas dos valores empíricos de Q₉₀ e Q₉₅.

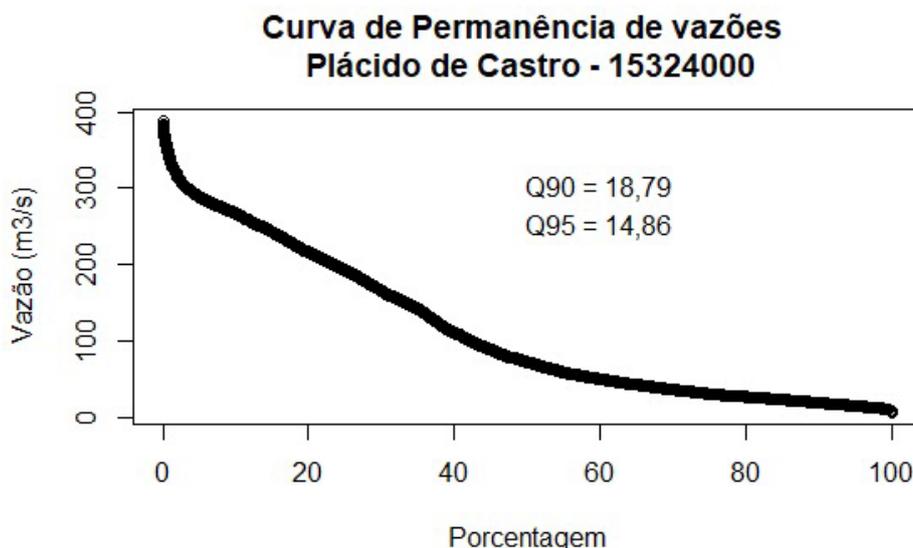


Figura 6 - Gráfico de curva de permanência, da estação fluviométrica 15324000, da ANA (BRA), com percentis notáveis no eixo horizontal e vazões (m³/s), no vertical

(Fonte: R. Adaptada pelo autor).

Na Tabela 2, está resumida a amplitude das vazões médias diárias, máximas e mínimas dos rios abordados neste estudo, com a indicação do ano de ocorrência de cada evento (máxima e mínima, maior e menor).

Tabela 2 – Amplitude das vazões médias diárias, máximas e mínimas, dos principais rios do Acre, nas estações fluviométricas selecionadas para o estudo, com seus códigos identificadores ANA (BR)

Rio	Estação	Vazão Média Diária (m ³ /s) - (ano)				Período
		Máxima		Mínima		
		Maior	Menor	Maior	Menor	
Juruá	12500000	4.715 (2017)	2.059 (2006)	204 (2004)	34,2 (2018)	1968-2019

(Continua)

Rio	Estação	Vazão Média Diária (m ³ /s) - (ano)				Período
		Máxima		Mínima		
		Maior	Menor	Maior	Menor	
						(Conclusão)
Tarauacá	12600001	2.417 (2004)	910 (2016)	83,90 (2018)	7,27 (1998)	1996-2019
Envira	12650000	2.327 (2007)	1.583 (2003)	52,60 (1996)	1,16 (1998)	1996-2019
Acre	13600002	3.208 (2015)	864 (1980)	55 (1993)	5,23 (2010)	1969-2019
Abunã	15324000	1.057 (2015)	261 (2016)	32,50 (2014)	6,72 (2005)	1993-2019

Fonte: Elaborada pelo autor a partir de dados da ANA (BRA).

5.2 VAZÃO MÉDIA MÍNIMA DE SETE DIAS COM PERÍODO DE RETORNO DEZ ANOS (Q7,10)

Os parâmetros da distribuição de Gumbel (mínimos) estimados pelo MM para a estação 12500000, do Rio Juruá, são $\mu = 76,90$ e $\alpha = 68,24$, parâmetros de posição e escala, respectivamente. Quanto à aderência, os resultados obtidos a partir do Teste de Kolmogorov-Smirnov (KS teste) permitiram concluir pela não rejeição da hipótese de que os valores da Q₇ mínima são passíveis de ser modelados pela distribuição de Gumbel (mínimos). Corroborar esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,5764 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Os parâmetros da distribuição LN2P estimados pelo MM, para a estação 12500000 do Rio Juruá são $\mu_{\ln(x)} = 4,439$ e $\alpha_{\ln(x)} = 0,754$, parâmetros de posição e escala, respectivamente. De modo análogo, os resultados do KS teste, de aderência, convergem para a não rejeição da hipótese de que os valores se ajustam à distribuição LN2P, cuja decisão é corroborada por meio do valor de probabilidade (p-valor) de 0,5518 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Os parâmetros da distribuição de Gumbel (mínimos) estimados pelo MM para a estação 12600001, do Rio Tarauacá são $\mu = 15,22$ e $\alpha = 28,28$, parâmetros de posição e escala, respectivamente. Quanto à aderência, os resultados obtidos a partir do KS teste permitiram concluir pela não rejeição da hipótese de que os

valores da Q_7 mínima são passíveis de serem modelados pela distribuição de Gumbel (mínimos). Corrobora esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,5642 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Os parâmetros da distribuição LN2P estimados pelo MM, para a estação 12600001 do Rio Tarauacá são $\mu_{\ln(x)} = 4,49$ e $\alpha_{\ln(x)} = 0,495$, parâmetros de posição e escala, respectivamente. O KS teste permite concluir pela não rejeição da hipótese de os valores da Q_7 mínima serem passíveis de modelagem pela distribuição LN2P. Corrobora esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,5735 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Para o Rio Envira, os parâmetros da distribuição de Gumbel (mínimos) estimados pelo MM para a estação 12650000 são $\mu = 11,93$ e $\alpha = 17,19$, parâmetros de posição e escala, respectivamente. Pelos resultados do KS teste, não é rejeitada a hipótese de que os valores da Q_7 mínima daquela estação fluviométrica sejam passíveis de modelagem pela distribuição de Gumbel (mínimos). Corrobora esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,9365 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Os parâmetros da distribuição LN2P estimados pelo MM, para a estação 12650000, são $\mu_{\ln(x)} = 3,011$ e $\alpha_{\ln(x)} = 0,583$, parâmetros de posição e escala, respectivamente. Pelo KS teste, não é rejeitada a hipótese de que os valores da Q_7 mínima sejam modelados pela distribuição LN2P. Corrobora esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,7374 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Para o Rio Acre, os parâmetros da distribuição de Gumbel (mínimos) estimados pelo MM para a estação 13600002 são $\mu = 10,51$ e $\alpha = 29,47$, parâmetros de posição e escala, respectivamente. O KS teste resultou em não rejeição da hipótese de que os valores de Q_7 mínima sejam passíveis de modelagem pela distribuição de Gumbel (mínimos). Corrobora esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,2063 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Os parâmetros da distribuição LN2P estimados pelo MM, para a estação 13600002 do Rio Acre são $\mu_{\ln(x)} = 3,503$ e $\alpha_{\ln(x)} = 0,367$, respectivamente parâmetros de posição e escala. O resultado do KS teste também apontou para a

não rejeição da hipótese de que os valores da Q_7 mínima sejam passíveis de modelagem pela distribuição LN2P. Corrobora esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,1870 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Os parâmetros da distribuição de Gumbel (mínimos) estimados pelo MM para a estação 15324000, do Rio Abunã são $\mu = 4,627$ (parâmetros de posição) e $\alpha = 13,19$ (parâmetros de escala). O KS teste resultou em não rejeição da hipótese de que os valores de Q_7 mínima sejam passíveis de modelagem pela distribuição de Gumbel (mínimos). Corrobora esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,8666 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

Os parâmetros da distribuição LN2P estimados pelo MM, para a estação 15324000 do Rio Abunã são $\mu_{\ln(x)} = 2,698$ e $\alpha_{\ln(x)} = 0,362$, parâmetros de posição e escala, respectivamente. O KS teste também resultou em não rejeição da hipótese nula: os valores de Q_7 mínima são passíveis de modelagem pela distribuição LN2P. Corrobora esta decisão o valor de probabilidade (p-valor) de 0,8707 obtido no KS teste, superior ao nível de significância adotado ($\alpha = 0,05$).

5.3 COMPARAÇÃO DOS ÍNDICES DE VAZÃO BAIXA ENTRE BACIAS HIDROGRÁFICAS

Na Tabela 3, estão descritos os valores de permanência referentes à Q_{90} e Q_{95} , além dos valores da $Q_{7,10}$ obtidos tanto pela distribuição de Gumbel quanto pela distribuição Log-Normal 2 parâmetros.

Os resultados exibidos na Tabela 3, evidenciam bom ajuste das distribuições de probabilidades aos valores da Q_7 e conseqüente estimativa dos quantis de vazão associados ao tempo de retorno 10 anos. Verifica-se que houve pequena diferença entre os valores obtidos pela distribuição de Gumbel e Log-Normal 2 parâmetros.

Em estudo recente, Almeida *et al.* (2014), realizaram análise comparativa dos valores obtidos para a $Q_{7,10}$ por diferentes modelos probabilísticos e concluíram pela diferença entre tais valores. Para os autores, a distribuição de Gumbel apresentou menor erro, enquanto a Log-Normal se distanciou mais dos resultados obtidos pela distribuição empírica. Por sua vez, Rossi e Thebaldi (2017), em estudo

sobre o regime de vazões do Rio São Miguel, em Minas Gerais, concluíram em favor da distribuição Log-Normal 2 parâmetros como melhor ajuste aos dados de Q_7 avaliados.

Tabela 3 - Valores das vazões de referências em bacias hidrográficas do estado do Acre e seus devidos municípios de localização

Estação	Rio	Município	Período	Q_{90} (m ³ /s)	Q_{95} (m ³ /s)	$Q_{7,10}$ Gumbel (m ³ /s)	$Q_{7,10}$ LN2 (m ³ /s)
12500000	Juruá	Cruzeiro do Sul	1968-2019	132,07	104,91	146,3	146,5
12600001	Tarauacá	Tarauacá	1996-2019	42,82	35,24	62,48	61,77
12650000	Envira	Feijó	1996-2019	32,01	20,34	44,04	42,86
13600002	Acre	Rio Branco	1969-2019	42,96	33,59	53,12	53,15
15324000	Abunã	Plácido de Castro	1993-2019	18,79	14,86	23,60	23,62

Fonte: Elaborada pelo autor.

Sobressai na Tabela 3 o índice de vazão baixa $Q_{7,10}$, obtido pela distribuição Log-Normal 2 parâmetros, para os rios Juruá, Acre e Abunã, em suas estações consideradas no estudo, com os valores de 146,50 m³/s, 53,15 m³/s e 23,62 m³/s, respectivamente, contra os valores, menores, de Q_{90} e Q_{95} . Também se destaca o índice de vazão baixa $Q_{7,10}$, obtido pela distribuição Gumbel (mínimos), para os rios Tarauacá e Envira, em suas estações consideradas no estudo, com 62,48 m³/s, e 44,04 m³/s, respectivamente, contra os valores dos mesmos índices.

Comparando-se os valores de vazão obtidos por meio da curva de permanência, verifica-se que estes foram inferiores aos valores alcançados por meio da $Q_{7,10}$, ou seja, os valores dos índices de vazão baixa Q_{90} e Q_{95} foram menores que os valores de $Q_{7,10}$, em todas as estações analisadas. Voltando-se ao planejamento e gestão dos recursos hídricos, os resultados convergem para conclusão de que os valores de vazão de permanência de longo termo, tanto 90% quanto 95%, são mais restritivos do que os valores da $Q_{7,10}$, concernente à manutenção dos ecossistemas aquáticos e nos critérios de outorga para o uso da água nas referidas bacias hidrográficas.

Neste sentido, os resultados encontrados no presente estudo vão de encontro às conclusões obtidas por Vestena *et al.* (2012) que, em estudo sobre a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica das Pedras, em Guarapuava, no

Paraná, verificaram que as vazões de permanência de 90% e 95% são superiores ao valor obtido para a $Q_{7,10}$. Outros trabalhos também concluíram em favor da $Q_{7,10}$ como a alternativa mais rigorosa (SMAKHTIN; TOULOUSE, 1998; ROSSI; THEBALDI, 2017). Silva *et al.* (2015) relatam que, em geral, a vazão $Q_{7,10}$ é mais restritiva do que os valores da Q_{90} e Q_{95} , porém, a diferença entre os valores de vazão de referência depende do regime hidrológico da bacia hidrográfica e dos fatores que atuam sobre os registros das variáveis hidrológicas.

Em relação ao critério de determinação da vazão de referência sob o ponto de vista legal, estudo recente (PINTO, *et al.*, 2016) compara algumas metodologias para a determinação de vazões ecológicas ou ambientais, face ao arcabouço legal brasileiro sobre o tema. De acordo com os referidos autores, a metodologia que prevalece, tanto âmbito federal quanto nos estados brasileiros, baseia-se exclusivamente em dados de séries históricas de vazão, sem considerar a biota do rio e do ecossistema em seu entorno. Pinto *et al.* (2016) destacam o critério das vazões de permanência, associada à Lei Federal n.º 9.433/1997, no âmbito da União, à proposição do valor de 70% da Q_{95} como a vazão máxima outorgável para rios considerados federais, podendo variar, evidentemente, em função das peculiaridades regionais.

Os valores exibidos na Tabela 4, em que os índices de vazão baixa Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ são padronizados pela razão entre seus valores e área das respectivas bacias de cada estação fluviométrica a que se referem, expressa em litros de água por segundo, por quilômetro quadrado ($l/s/km^2$). Tais valores permitem uma comparação capaz de evidenciar, também, diferenças entre as bacias hidrográficas.

Assim, a vazão específica do Rio Juruá (Estação 12500000), apresenta os maiores valores para Q_{90} e Q_{95} , enquanto para a $Q_{7,10}$ calculada pela distribuição de probabilidade de Gumbel (mínimos) tem seu maior valor para o Rio Tarauacá (Estação 12600001).

Tabela 4 - Índices de vazão baixa Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ padronizados pela razão entre seus valores e área das respectivas bacias hidrográficas do estado do Acre

Estação	Rio	Q_{90} (l/s/km ²)	Q_{95} (l/s/km ²)	$Q_{7,10}$ Gumbel (l/s/km ²)	$Q_{7,10}$ LN2 (l/s/km ²)
12500000	Juruá	3,494	2,775	3,870	3,876
12600001	Tarauacá	2,745	2,259	4,005	3,960
12650000	Envira	1,883	1,196	2,591	2,521
13600002	Acre	1,828	1,429	2,260	2,262
15324000	Abunã	2,428	1,920	3,049	3,052

Fonte: Elaborada pelo autor.

O mesmo índice de vazão baixa, $Q_{7,10}$, calculado pela distribuição Log-Normal, tem seu maior valor para o Rio Juruá (Estação 12500000). Os menores valores de Q_{90} e $Q_{7,10}$, para as distribuições de probabilidade testadas, respectivamente foram estimados no Rio Acre (Estação 13600002), e para a Q_{95} , no Rio Envira (Estação 12650000). Valores intermediários dos índices de vazão baixa, em termos de vazão específica, foram estimados para o Rio Abunã. Dado o contraste geomorfológico, pedológico e de uso e ocupação do solo, entre as regiões do estado do Acre, como percebido em Acre (2012), era esperado que, para este último, os valores se aproximassem dos verificados para o Rio Acre.

Comparando os índices de vazão baixa Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ padronizados como vazão específica, com os extraídos dos estudos de Ribeiro *et al.* (2017); Barros *et al.* (2018) e Gomes e Fernandes (2017), para rios situados na Amazônia e seu entorno imediato, observa-se o efeito das diferenças resultantes de cenários da Amazônia brasileira. Os valores padronizados dos índices são apresentados no Anexo A e no Anexo B, os elementos de uso e ocupação que complementam os subsídios à confrontação entre as bacias hidrográficas, quanto a fatores que afetam as vazões baixas, conforme Smakhtin (2001) e WMO (2009).

Tomada índice a índice, nos casos pertinentes, os valores de cada estudo foram comparados aos do presente. Assim, pode-se constatar que, para os valores de Q_{90} do estudo de Ribeiro *et al.* (2017), a exceção da estação 14526000 (Bonfim), do Rio Tacutu, da bacia hidrográfica do Rio Branco (RR), todas as demais superaram os valores das bacias do Acre. E quanto à Q_{95} , exceto na mesma estação anterior, em Ribeiro *et al.* (2017), e nas estações 27500000 (Conceição do Araguaia) e 28850000 (Araguatins), no Rio Araguaia (GO e TO), em Gomes e Fernandes (2017), todas as demais superaram em valor as bacias do Acre.

Tomando-se o estudo de Barros *et al.* (2018a) quanto à $Q_{7,10}$ calculada pela distribuição de probabilidade de Gumbel (mínimos), e as bacias dele destacadas, aquelas tiveram seus valores superados por todas as dessa pesquisa, no Acre. Exceção a isso é a estação 30300000 (Serra do Navio), do Rio Amapari (AP), superada apenas pela do Rio Tarauacá (Estação 12600001). Já quanto à $Q_{7,10}$ calculada pela distribuição Log-Normal 2 parâmetros, a exceção se repete para a mesma estação (Serra do Navio), para a qual o valor daquele índice de vazão baixa somente é superado pelos das estações do Rio Tarauacá (Estação 12600001) e do Rio Juruá (12500000).

As diferenças entre os valores podem ser atribuídas, em parte, a fatores como geologia, geomorfologia, pedologia, usos e cobertura do solo e variações climáticas naturais entre as regiões da Amazônia, bem como diferentes graus de interferência antrópica. Fatores naturais fisiográficos e fatores antrópicos influenciam o armazenamento de águas em subsuperfície e em outros reservatórios naturais (SMAKHTIN, 2001; WMO, 2009). A condições climáticas e os distintos elementos que definem a hidrogeologia de cada bacia estudada são fatores a considerar quanto aos resultados verificados nesse estudo.

As combinações dos domínios hidrogeológicos Cristalino e Bacias Sedimentares nas regiões das bacias do Amapá e Roraima (CPRM, 2007) aos tipos climáticos Tropical monçônico e Tropical sem estação seca (ALVARES *et al.*, 2013), e à baixa antropização (MAPBIOMAS, 2021), em contraste com a combinação das Formações Cenozóicas sob os tipos climáticos Tropical equatorial (Af), predominante, e Tropical monçônico (Am) das bacias hidrográficas acreanas podem ser os fatores que produzem os resultados obtido na comparação entre as bacias situadas no Acre, Amapá e Roraima.

A complexa combinação entre os domínios hidrológico, tipo climático e alta antropização na bacia do Rio Araguaia, entretanto, lança incertezas na análise, embora Gomes e Fernandes (2017) corroborem a relação direta entre o regime de precipitação pluviométrica, o uso e ocupação do solo e as propriedades físicas da bacia hidrográfica com o regime fluviométrico no Araguaia, que tem seu médio ao baixo curso dentro do bioma Amazônia. Os aprofundamentos necessários no estudo destas interações ambientais, relevantes para a hidrologia e a segurança

hídrica regionais, fogem ao escopo desse estudo, mas levantam hipóteses que podem ser testadas em outros trabalhos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo se dedicou a estimar os valores das vazões de mínimas e de referência para as principais bacias hidrográficas do estado do Acre (rios Juruá, Tarauacá, Envira, Acre e Abunã).

Foram identificados os valores das vazões Q_{90} , Q_{95} , e a $Q_{7,10}$ para os cursos d'água principais das bacias analisadas.

O Rio Juruá apresenta os maiores valores para Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$ (Log-Normal) enquanto para a $Q_{7,10}$ (Gumbel para mínimos), o Rio Tarauacá tem o maior valor estimado, em termos de vazão específica. Os menores valores de Q_{90} e $Q_{7,10}$ foram estimados no Rio Acre, e o de Q_{95} , no Rio Envira. Valores intermediários dos índices de vazão baixa, em termos de vazão específica, foram estimados para o Rio Abunã.

A comparação dos índices de vazão baixa Q_{90} , Q_{95} e $Q_{7,10}$, em termos de vazões específicas, com rios situados na Amazônia brasileira e seu entorno imediato, sob diferentes cenários ambientais, resultaram na constatação de que os valores estimados para os rios acreanos são superados na maioria dos casos.

Os resultados permitiram concluir, ainda, que os valores de vazão de permanência Q_{90} e Q_{95} são mais restritivos do que os valores da $Q_{7,10}$, concernente à manutenção dos ecossistemas aquáticos e nos critérios de outorga para o uso da água nas referidas bacias hidrográficas. Assim, evidenciou-se o que as bacias hidrográficas do estado do Acre apresentam particularidades em relação a outras regiões, devendo ser praticado, por esta razão, o critério mais rigoroso, com vistas a manutenção dos ecossistemas nelas existentes.

As limitações nas estimativas e no estudo, impostas pelas falhas nas séries de dados, a influência das variações sazonais dos valores de vazão sobre os índices de baixa vazão considerados e quanto aos fatores fisiográficos e antrópicos que os moldam e explicam apontam para a necessidade de aprofundamentos nos estudos hidrológicos locais e regionais.

Uma contribuição à redução das incertezas hidrológicas inerentes e à melhoria na gestão dos recursos hídricos acreanos, com foco em segurança hídrica, pode ser dada pela utilização combinada de novos métodos, técnicas e tecnologias em Hidrologia, como as Geotecnologias e a Dendrocronologia, como

suportes à complementação de falhas e extensão de séries históricas de dados hidrométricos e hidrometeorológicos, e à regionalização de vazões.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACRE. Governo do Estado do Acre. Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Acre. **Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre Fase II: documento Síntese – Escala 1:250.000**. Rio Branco: SEMA, 2006. 354p.

ACRE. Lei Estadual nº 1.500, de 15 de julho de 2003. Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Acre, dispõe sobre infrações e penalidades aplicáveis e dá outras providências. **Assembleia Legislativa do Estado do Acre (ALEAC)**. Rio Branco (AC): ALEAC, 2003. Disponível em: <http://www.al.ac.leg.br/leis/wp-content/uploads/2014/09/Lei1500.pdf>. Acesso em 24 jan. 2021.

ACRE. Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (CEMACT) [Atual Conselho Estadual de Meio Ambiente e Floresta – CEMAF] nº 03, de 30 de setembro de 2011. Aprova o diagnóstico, o prognóstico e o plano de ação do PLERH/AC; cria a comissão permanente de acompanhamento, monitoramento e avaliação da implementação do PLERH/AC; e aprova o PLERH/AC. **Diário Oficial [do] Estado do Acre (DOEAC)**. Rio Branco (AC): DOEAC, 2011.

ACRE. Resolução do Conselho Estadual de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia (CEMACT) [Atual Conselho Estadual de Meio Ambiente e Floresta – CEMAF] nº 04, de 17 de agosto de 2010. Regulamenta a concessão outorga provisória e de direito de uso dos recursos hídricos no Estado do Acre. **Diário Oficial [do] Estado do Acre (DOEAC)**: n. 10.376, Caderno Único, p. 8-10, de 13 set. 2010. Rio Branco (AC): DOEAC, 2010.

ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Acre**. Rio Branco: SEMA, 2012.

ALBERT, J. S.; TAGLIACOLLO, V. A.; DAGOSTA, F. Diversification of Neotropical Freshwater Fishes. East Carolina: **Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics**, [S. l.], v. 51, p. 27-53, 2020.

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

ALVARES, C. A.; JOSE´ LUIZ STAPE, J. L.; PAULO CESAR SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Köppen’s climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711 – 728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppens_climate_classification_map_for_Brazil. Acesso em: 20 nov 2021.

ANA (Brasil). Agência Nacional de Águas (Brasil). **ODS 6 no Brasil: visão da ANA sobre os indicadores / Agência Nacional de Águas**. Brasília-DF: ANA, 2019a.

ANA (Brasil). Agência Nacional de Águas (Brasil). **Plano Nacional de Segurança Hídrica / Agência Nacional de Águas**. Brasília-DF: ANA, 2019b.

ANA (Brasil). **Base Hidrográfica Ottocodificada Multiescalas 2012 (BHO)**. Bacia do Rio Taquari, MS, escala 1:250.000. Estado do Maranhão, escala 1:250.000. Demais bacias, escala 1:1.000.000. Datum SIRGAS 2000 (EPSG:4674). Brasília-DF: ANA, 2012. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/7cfd53c4-b4e1-4aba-a79b-857a19649df6>. Acesso em 01 mar.2021.

ANA (Brasil). **HIDRO: Sistema de Informações Hidrológicas**, versão 1.0, Manual do Usuário. Agência Nacional de Águas, Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica. Brasília-DF: ANA, 2010a.

ANA (Brasil). **Países**. Escala 1:1.000.000. Datum SIRGAS 2000 (EPSG:4674). Brasília-DF: ANA, 2010b. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/1a2df02-67fd-40e4-be29-7bd865b5b9c5>. Acesso em 01 mar.2021.

ANA (Brasil). Resolução nº 1.938, de 30 de outubro de 2017. Dispõe sobre procedimentos para solicitações e critérios de avaliação das outorgas preventivas e direito de uso de recursos hídricos. **Diário Oficial da União (DOU)**, nº 212, s. 1, p. 121, de 06 nov. 2017. Brasília: DOU, 2017. Disponível em: https://arquivos.ana.gov.br/viewpdf/web/?file=/resolucoes/2017/ANALegis/1938-2017_Ato_Normativo_LEGIS.pdf?21:04:28. Acesso em 24 jan. 2021.

ANA (Brasil). Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR): Sistema Interligado Nacional (SIN). Bacia do Rio Amazonas. Brasília-DF: ANA, 2021. Disponível em: https://www.ana.gov.br/sar/sin/b_amazonas. Acesso em 03 ago.2021.

ANA (Brasil). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH. **Portal HidroWeb**. Brasília-DF: ANA, 2020a. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/apresentacao>. Acesso em 03 nov.2020.

ANA (Brasil). Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH. **Sistemas**. Brasília-DF: ANA, 2020b. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/sistemas>. Acesso em 03 nov.2020.

BARROS, C. G. D.; BLANCO, C. J. C.; PESSOA, F. C. L.; GOMES, E. P.; SANTANA, L. R. Regionalização de vazão Q95% na Amazônia. **Revista Aidis de Ingeniería y Ciencias Ambientales**: Investigación, desarrollo y práctica, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 1-13, 2018b.

BARROS, C. G. D.; PESSOA, F. C. L.; SANTANA, L. R.; LOPES, Y. K. L.; COSTA, C. E. A. S. Vazão mínima Q7,10 no Amapá estimada por modelos probabilísticos. **Revista Engenharia na Agricultura**, [S. l.], v. 26, n. 3, p. 284-294, 2018a.

BHATTI Shumaila J.; KROLL, Charles N.; VOGEL, Richard M. Revisiting the probability distribution of low streamflow series in the United States. **Journal of Hydrological Engineering**, [S. l.], v. 24, n.10, p. 04019043-1-04019043-11, 2019.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF: Senado Federal: Centro Gráfico, 1988.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos: Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. **Presidência da República**. Brasília, DF: Presidência da República, Casa Civil, 1997.

BRASIL. Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020). **Presidência da República**. Brasília, DF: Presidência da República, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984compilado.htm. Acesso em: 19 ago. 2021.

BUFFON, F. T.; BARBOSA, F. A. R.; MENDONÇA, R. R.; CONTERATO, E. Evidências de processos de dinâmica fluvial relativas à capacidade de escoamento do Rio Acre. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 48., 2016, Porto Alegre (RS). **Anais [...]**, São Paulo (SP): Sociedade Brasileira de Geologia, p. 2108, 2016. Disponível em: <http://cbg2017anais.siteoficial.ws/anais48cbgcompleto.pdf>. Acesso em 24 fev. 2021.

BUFFON, F. T.; BONOTTO, G.; MENDONÇA, R. R.; CONTERATO, E. Previsão de médio prazo de vazões no Rio Acre, no município de Rio Branco-AC, na estiagem de 2016. In: SBRH - Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22., Florianópolis (SC), 2017. **Anais [...]**. Florianópolis: ABRH (ABRHidro), 2017. Disponível em: <http://anais.abrh.org.br/works/2694>. Acesso em 24 fev. 2021.

CALDEIRA, T. L.; BESKOW, S.; MELLO, C. R.; FARIA, L. C.; SOUZA, M. R.; GUEDES, H. A. S. Modelagem probabilística de eventos de precipitação extrema no estado do Rio Grande do Sul, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S. l.], v. 19, n. 3, p. 197-203, 2015.

CECÍLIO, R. A.; ZANETTI, S. S.; GASPARINI, K. A. C., CATRINCK, C. N.. Avaliação de métodos para regionalização das vazões mínimas e médias na bacia do Rio Itapemirim. **Revista Scientia Agraria**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 122-132, 2018.

COELHO FILHO, J. A. P.; CARDOSO, A. T.; SOUZA, D. N.; VEIGA, A. M. Disponibilidade hídrica da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte - GO, pelos métodos Q7,10 e Curva de Permanência. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 21.; Simpósio de Hidráulica e Recursos Hídricos dos Países de Língua Portuguesa (SILUSBA), 12., Brasília, 2015. **Anais [...]**. Brasília (DF): ABRH (ABRHidro), 2015. Disponível em: <http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/15235>. Acesso em 03 jan. 2020.

CONAMA. **Resolução nº 357/2005, de 17 de março de 2005**. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília (DF): Conselho Nacional do Meio

Ambiente, 2005. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em: 4 dez. 2020.

CORREA, N. F.; RIBEIRO, V. O.; MIOTO, C. L.; PARANHOS FILHO, A. C. Obtenção de MDE corrigido para delimitação de bacia hidrográfica com auxílio de geotecnologias livres. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, [...], v. 40, n. 1, p. 217-225, 2017. Disponível em <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/anigeo/article/view/11417>. Acesso em: 01 mar.2021.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. Ministério de Minas e Energia. **Mapa de Domínios/Subdomínios Hidrogeológicos do Brasil**. Escala 1 : 2.500.000. Partes 1 e 2. Projeto SIG de Disponibilidade Hídrica do Brasil (SDHB). Rio de Janeiro: CPRM, 2007. Disponível em: <https://rigeo.cprm.gov.br/handle/doc/10323>. Acesso em: 02 mai 2021.

DEMBÉLÉ, M.; ORIANIA, F.; TUMBULTO, J.; MARIÉTHOZ, G.; SCHAEFLI, B. Gap-filling of daily streamflow time series using Direct Sampling in various hydroclimatic settings. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 569, p. 573-586, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169418309648?via%3Dihub>. Acesso em 30 out. 2020.

DONATO, Helena; DONATO, Mariana. Stages for Undertaking a Systematic Review. **Acta Médica Portuguesa**, [S.l.], v. 32, n. 3, p. 227-235, mar. 2019. ISSN 1646-0758. Disponível em: <https://www.actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/view/11923>. Data de acesso: 05 ago. 2020.

FERNANDES, W. S. **Análise de frequência local de eventos anuais (ALEA)**. Versão 2012, em Português. Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Departamento de Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos da Escola de Engenharia (EHR). Belo Horizonte: UFMG, 2012. Disponível em: http://www.ehr.ufmg.br/downloads/2020/02/ALEA2012_PT.zip. Acesso em 30 dez. 2020.

FIELD, A. **Descobrendo a estatística usando o SPSS** [recurso eletrônico] / Andy Field; trad. Lorí Viali. 2. ed. Dados eletrônicos. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GALANTE, A. NAsH ‘Dr. Montenegro’ encalha em cachoeira no Rio Juruá. **Poder Naval**, [], ano 13, n. [], p. [], 21 abr. 2010. Disponível em: <https://www.naval.com.br/blog/2010/04/21/navio-hospital-encalha-em-cachoeira-no-rio-juruua/>. Acesso em 18 mar. 2021.

GENTLEMAN, R. *et al.* **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. [s.d.]. R Foundation for Statistical Computing. Vienna: R Core Team. Disponível em <https://www.r-project.org/>. Acesso em 05 de out. 2020.

GODOY JUNIOR, P. C.; CORREA, A. C. S.; MARTAROLE, T. L. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22., Florianópolis (SC), 2017. **Anais** [...]. Florianópolis: ABRH (ABRHidro), 2017. Disponível em: <http://anais.abrh.org.br/works/2656>. Acesso em 24 fev 2021.

GOMES, R. R. K. A.; FERNANDES, L. L. Hydrological characterization of the Araguaia River through reference flows, **Applied Water Science**, [S. l.], v. 7, p. 4605-4614, 2017. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13201-017-0622-5>. Acesso em 07 dez. 2019.

GONÇALVES, C. J.; OLIVEIRA, A. C. M.; OLIVEIRA, J. R. S.; RIBEIRO, R. B. Estudo de regionalização de vazões para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. **Sustentare**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 97-114, 2018.

HARRIS, N.M.; GURNELI, A.M.; HANNAH, D.M; PETTS, G.E. *Classification of river regimes: a context for hydroecology*. **Hydrological Processes**, [S. l.], v.14, ed.16-17, p. 2831–2848, 2000.

HARVEY, C. L.; DIXON, H.; HANNAFORD, J. An appraisal of the performance of datainfilling methods for application to daily mean river flow records in the UK. **Hydrology Research**, [S. l.], v.43, n. 5, p. 618–636, 2012. Disponível em: <https://iwaponline.com/hr/article/43/5/618/851/An-appraisal-of-the-performance-of-data-infilling>. Acesso em 30 nov. 2020.

HARVEY, C. L.; DIXON, H.; HANNAFORD, J. Developing best practice for infilling daily river flow data. In: Role of Hydrology in Managing Consequences of a Changing Global Environment. **Proceeding of the BHS Third International Symposium**, British Hydrological Society, Kirby, Celia, (ed.), [S. l.], p. 816-823, 2010. Disponível em: <http://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/12089/>. Acesso em 30 nov. 2020.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Acre - Unidade da Federação 2019**. 10,4 MB, SHP. Escala 1:250.000. [Projeção Geográfica. Datum SIRGAS 2000, EPSG 4674.] Divisão político-administrativa, unidade da federação, divisão, malha 2019, UF, Malhas. Organização do Território, Malhas Territoriais, Malha de unidade da federação, Malhas Individuais. 2019c. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2019/UFs/AC/ac_unidades_da_federacao.zip. Acesso em 01 mar. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Brasil - Unidades da Federação 2019**. 10,4 MB, SHP. Escala 1:250.000. [Projeção Geográfica. Datum SIRGAS 2000, EPSG 4674.] Divisão político-administrativa, unidade da federação, divisão, malha 2019, UF, Malhas. Organização do Território, Malhas Territoriais, Malha de unidade da federação, Malhas Individuais. 2019b. Disponível em: https://geoftp.ibge.gov.br/organizacao_do_territorio/malhas_territoriais/malhas_municipais/municipio_2020/Brasil/BR/BR_UF_2020.zip. Acesso em 01 mar. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados - Acre**. 2019a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ac/panorama>. Acesso em 20 out 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Físico do Brasil 2017**: parte NO. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. 1 mapa, color., 900 × 1125 mm, 26,7 MB, pdf. Escala 1:2.500.000. Projeção policônica. *Datum* horizontal: SIRGAS2000, *Datum* vertical: marégrafo Imbituba, SC, Meridiano de Referência: -54° W. Gr., Paralelo de Referência: 0°. Disponível em: https://geofp.ibge.gov.br/cartas_e_mapas/mapas_do_brasil/fisico/brasil_fisico2500k_2017_parte_no.pdf. Acesso em 15 fev. 2021.

JARVIS, A.; REUTER, H.I.; NELSON, A.; GUEVARA, E. **Hole-filled seamless SRTM data V4**. International Centre for Tropical Agriculture (CIAT), [...], 2008. Disponível em: <http://srtm.csi.cgiar.org>. Acesso em 01 mar.2021.

LOPES, W. T. A.; LEMOS, G. M.; SILVA, L. R. S.; SILVA, M. C. A. M; PISCOYA, R. C. C. C.; GOMES, A. O.; SANTOS, A. G. S. Sistema para Análise de Dados Hidrológicos – SiADH. In. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 20., Bento Gonçalves: ABRH (ABRHidro), 2013. Disponível em: <http://anais.abrh.org.br/works/1958>. Acesso em 20 out. 2020

MACÊDO, M. N. C.; DIAS, H. C. T.; COELHO, F. M. G.; ARAÚJO, E. A.; SOUZA, M. L. H.; SILVA, E. Precipitação pluviométrica e vazão da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, Amazônia Ocidental. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 8, n. 1, p. 206-221, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ambiaqua/v8n1/15.pdf>. Acesso em 10 mar. 2021.

MAPBIOMAS. **Projeto MapBiomias** – Coleção 6.0,1985-2020, da Série Anual de Mapas de Uso e Cobertura da Terra do Brasil. []: MapBiomias, 2021. Disponível em <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org>. Acesso em 19 out 2021.

MCNEILL, K.; MACDONALD, K.; SINGH, A.; BINNS, A. D. Food and water security: Analysis of integrated modeling platforms. **Agricultural Water Management**, v. 194, p. 100-112, 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377417302895>. Acesso em 22 set. 2021.

MELLO, C. R.; VIOLA, M. R.; BESKOW, S. Vazões máximas e mínimas para bacias hidrográficas da região do Alto Rio Grande, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, [S. l.], v. 34, p. 494-502, 2010.

MONTEFUSCO, C.; TAMWING, D.; CRUZ, W.; MOREIRA, J. G.; SERRANO, R. O. Direito e diretrizes de acesso a água: contexto geral e abordagem para a cidade de Rio Branco, acre, Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, [S. l.], v. 18, n. 37, 2021. Disponível em <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/5311>. Acesso em 28 nov 2021.

MOREIRA, J. G. V.; AQUINO, A. P. V.; MESQUITA, A. A.; MUNIZ, M. A.; SERRANO, R. O. P. Stationarity in annual daily maximum streamflow series in the

upper Juruá River, western Amazon. **Revista Brasileira de Geografia Física (RBGF)**, [S.l.], v. 12, n.2, p. 705-713, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/238973>. Acesso em 22 jan. 2021.

MOREIRA, J. G. V.; MUNIZ, M. A.; MAIA, G. F. N.; MESQUITA, A. A.; PEREIRA, L. B.; SERRANO, R. O. P. Frequency analysis of maximum flows recorded in the upper Juruá River basin, Qcre, Brazil. **South American Journal of Basic Education, Technical and Technologica (SAJEBTT)**, Rio Branco (AC), v. 7, n. 2, p. 23-36, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SAJEBTT/article/view/3401/2482>. Acesso em 22 jan. 2021.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, M. Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com os erros do tipo I e do tipo II: Estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas anuais do estado do Acre, **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S. l.], v. 31, n. 4, p. 394-402, 2016.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, N.; ELEUTÉRIO, J. C. Frequência e risco sob não-estacionariedade em registros pluviométricos da bacia do alto Rio Tarauacá, Acre. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos (RBR)**, [S. l.], v. 21, n.1, p. 232 – 241, 2016.

MORETTIN, P. A.; BUSSAB, W. O. **Estatística básica. 8. ed.** São Paulo: Saraiva, 2013.

NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística.** / Mauro Naghettini; Éber José de Andrade Pinto. Belo Horizonte: CPRM, 2007.

NAGHETTINI, M.; VON SPERLING, M. Características hidrológica dos rios. In: VON SPERLING, M. (Org.). **Princípios de tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 7.** Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

OBERDORFF *et al.* Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin. Washington (DC): **Science Advances**, [S. l.], v. 5, n. 9, eaav8681, p. 1-9, 2019. Disponível em: Unexpected fish diversity gradients in the Amazon basin | Science Advances (sciencemag.org). Acesso em 11 fev. 2021.

ONUBR. Sistema das Nações Unidas no Brasil. **Documentos Temáticos: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável 1, 2, 3, 5, 9, 14.** Brasília, 2017.

PINTO, L. C.; LIMA, P. L. T.; SILVA JÚNIOR, J. J.; Probabilistic models for estimation extreme values of watershed flow rates. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 1, p. 105-112, 2015.

PINTO, V. G.; RIBEIRO, C. B. M.; SILVA, D. D. Vazão ecológica e o arcabouço legal brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S. l.], v. 09, n. 1, p. 91-109, 2016.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Versão 3.16.5 – Hannover, 2020. Disponível em <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em 01 mar 2021.

QUEIROZ, M. M. F.; SAMPAIO, S. C.; GOMES, B. M.; IOST, C. Estudo de vazões mínimas Q1,10 e Q7,10 de rios do Paraná segundo distribuição generalizada. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 5, n. 3, p. 32-46, 2010.

RANDO, A. S.; GALVÃO, A. S. Gestão dos Recursos Hídricos no Acre e implantação dos seus instrumentos. **Redes (St. Cruz do Sul Online)**, Santa Cruz do Sul, v. 21, n. 2, p. 29-48, maio 2016. Disponível em: <https://online.unisc.br/seer/index.php/redes/article/view/4687>. Acesso em 17 ago. 2021.

RIBEIRO, T. B.; ALBUQUERQUE, C. C.; LISBOA, L.; BATISTA, I. H.; ULIANA, E. M. Estimativa das vazões mínimas de referência (Q7,10, Q95 E Q90) anuais e semestrais para a bacia do Rio Branco. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22., Florianópolis, 2017. **Anais [...]**. Floreianópolis (SC): ABRH (ABRHidro), 2017. Disponível em: <http://anais.abrh.org.br/works/2508>. Acesso em 03 jan. 2020.

ROSSI, M. S.; THEBALDI, M. S.; Vazões de referência do Rio São Miguel em Arcos (MG), **Revista Agrogeoambiental**, [S. l.], v. 9, n. 1, p. 77-86, 2017.

RSTUDIO. **RStudio Desktop**. Boston: RStudio, PBC, 2020. Disponível em <https://rstudio.com/products/rstudio/>. Acesso em 22 out. 2020.

RUI, Xiao-fang; LIU, Ning-ning; LI, Qiao-ling; LIANG, Xiao. Present and future of hydrology. **Water Science and Engineering**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 241-249, 2013.

SANTOS, C. A.; LIMA, A. M. M.; FARIAS, M. H. C. S.; AIRES, U. R. V.; SERRÃO, E. A. O. Análise estatística da não estacionariedade de séries temporais de vazão máxima anual diária na bacia hidrográfica do Rio Pardo. **Holos**, [S. l.], v. 7, p. 179-193, 2016.

SCHMUTZ, S.; SENDZIMIR, J. **Riverine Ecosystem Management - Science for Governing Towards a Sustainable Future**, Editors Stefan Schmutz, Jan Sendzimir, Aquatic Ecology Series. Vol 8. Amsterdam, The Netherlands: Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics, University of Amsterdam, Springer Open, 2018.

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

SILVA, E. R.; DELGADO, R. C.; SOUZA, L. P.; SILVA, I. S. Caracterização física em duas bacias hidrográficas do Alto Juruá, Acre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n.7, p.714–719, 2014. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/p4TzBXmBqzCdQVtCQYX7cgK/?lang=pt>. Acesso em 01 mar. 2021.

SILVA, J. R. S.; TAVEIRA, M. K.; SERRANO, R. O. P.; MESQUITA, A. A.; MOREIRA, J. G. V. Probability of rainfall for the city of Cruzeiro do Sul, Acre, Brazil. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 16, n. 1, e2593, 2021. Disponível em: <http://www.ambi-agua.net/seer/index.php/ambi-agua/article/view/2304>. Acesso em 19 mar. 2021.

SILVA, L. A.; SILVA, A. M.; COELHO, G.; PINTO, L. C.; EDUARDO, E. N. Vazões mínimas e de referência e rendimento específico para o estado de Minas Gerais, **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [S. l.], v. 12, n. 4, p. 543-549, 2017.

SILVA, A. F.; FIGUEIREDO, D. C.; SOUZA, A. O. Vazões mínimas de referência para a outorga de direito de uso de recurso hídrico na bacia hidrográfica do Rio Piauitinga, Sergipe, Brasil. In: CONIRD – Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 25., São Cristóvão, 2015. **Anais[...]**. São Cristóvão (SE): UFS, 2015, p. 1436-1441.

SIOLI, H. **Amazônia**: Fundamentos da ecologia da maior região de florestas tropicais. Tradução de Johann Becker. Petrópolis. (RJ): Ed. Vozes, 1985.

SMAKHTIN, V., TOULOUSE, M. Relationships between low-flow characteristics of South African streams. **Water SA**. v. 24, n. 2, p. 107-112, 1998.

SMAKHTIN, V.U. Low flow hydrology: a review. **Journal of Hydrology**, [S. l.], v. 240, p. 147–186, 2001.

SPIEGEL, M. R. **Estatística / Murray R. Spiegel**. Trad. Ver. Tec. Pedro Consentino, 3ª ed. São Paulo: Makron Books, 1993. Coleção Schaum.

TUCCI, C. E. M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 4. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS: ABRH, 2012.

VALE JÚNIOR, J. F.; SOUZA, M. I. L.; NASCIMENTO, P. P. R. R.; CRUZ, D. L. S. Solos da Amazônia: Etnopedologia e desenvolvimento sustentável. **Revista Agroambiente On-line**, [S. l.], v. 5, n. 2, p.158-165, maio-agosto, 2011.

VARADY, R. G.; ZUNIGA-TERAN, A. A.; GARFIN, G. M.; MARTÍN, F.; VICUÑA, S. Adaptive management and water security in a global context: definitions, concepts, and examples. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S. l.], v. 21, p 70-77, 2016. Disponível em <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343516300719>. Acesso em 22 set 2021.

VEGA-GARCIA, C.; DECUYPER, M.; ALCÁZAR, J. Applying cascade-correlation neural networks to in-fill gaps in mediterranean daily flow data series. **Water**. Basel: MDPI, v. 11, n. 8, a.1691, 2019. Disponível em: https://www.mdpi.com/2073-4441/11/8/1691?type=check_update&version=1#cite. Acesso em: 20 nov. 2020.

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.

VITAL, A. V. O poder contingente do Rio Iaco no Território Federal do Acre (1904-1920). **Rev. Bras. Hist.**, São Paulo, v. 39, n. 81, p. 25-46, 2019 Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-01882019000200025&lng=en&nrm=iso . Acesso em 19 fev. 2021

WMO. **Low flow manual: Estimation and prediction**. Operational Hydrology Report No. 50. WMO-No. 1029. Geneva: World Meteorological Organization, 2009. Disponível em: https://www.wmo.int/pages/prog/hwrrp/publications/low-flow_estimation_prediction/WMO%201029%20en.pdf. Acesso em 02 set. 2020.

ANEXO A - ÍNDICES DE VAZÃO BAIXA Q90, Q95 E Q7,10 PADRONIZADOS PELA RAZÃO ENTRE SEUS VALORES E ÁREA DAS RESPECTIVAS BACIAS HIDROGRÁFICAS, SITUADAS NA AMAZÔNIA, PARA COMPARAÇÃO

Código	Nome	Rio	Área (Km ²)	Período	Série (anos)	Q90 (l/s/km ²)	Q95 (l/s/km ²)	Q7,10 * (l/s/km ²)	Q7,10 GUM (l/s/km ²)	Q7,10 LN2P (l/s/km ²)
Ribeiro et al. (2017): BHs RR										
14488000	Uaicás	Uraricoera	16100	1984-2005	21	14,112	12,422	6,396	-	-
14495000	Faz. Cajupiranga	Uraricoera	36900	1979-2007	28	8,107	6,244	2,859	-	-
14500000	Mocidade	Uraricoera	43900	1975-2000	25	8,428	6,355	2,849	-	-
14515000	Faz. Passarão	Uraricoera	50200	1977-2007	30	7,148	5,620	2,873	-	-
14526000	Bonfim	Tacutu	9860	1984-2006	22	0,177	0,149	0,049	-	-
14650000	Posto Funai	Mucajaí	9210	1984-2005	21	7,796	7,027	4,955	-	-
14680001	Fé e Esperança	Mucajaí	12200	1973-2007	34	6,607	5,131	2,503	-	-
14710000	Caracarái	Branco	126000	1967-2007	40	4,438	3,476	1,997	-	-

(Continua)

Código	Nome	Rio	Área (Km ²)	Período	Série (anos)	Q90 (l/s/km ²)	Q95 (l/s/km ²)	Q7,10 * (l/s/km ²)	Q7,10 GUM (l/s/km ²)	Q7,10 LN2P (l/s/km ²)
(Conclusão)										
Barros et al. (2018): BHs AP										
19150000	São Francisco	Jari	51500	1969 - 2013	43	-	-	-	1,212	1,384
30080000	Capivara	Araguari	10600	1982 - 2004	22	-	-	-	0,278	0,429
30300000	Serra do Navio	Amapari	10800	1973 - 2014	34	-	-	-	3,419	3,219
30400000	Porto Platon	Araguari	30400	1952 - 2015	47	-	-	-	1,101	1,759
Gomes e Fernandes (2017): BH GO/ PA/ TO										
25200000	Aruanã	Araguaia	76300	1975-2011	36	-	4,012	-	-	-
27500000	Conceição do Araguaia	Araguaia	332000	1975-2012	37	-	2,689	-	-	-
28850000	Araguatins	Araguaia	388000	1975-2013	38	-	2,487	-	-	-

Fonte: Ribeiro *et al.* (2017); Barros *et al.* (2018) e Gomes e Fernandes (2017), adaptados pelo autor.

ANEXO B - DADOS SIMPLIFICADOS DE COBERTURA DO SOLO,
ANO 2020, DE REGIÕES QUE ABRANGEM AS ÁREAS
DE ESTUDO DE RIBEIRO *ET AL.* (2017); BARROS *ET*
AL. (2018) E GOMES E FERNANDES (2017). BASE
COMPARATIVA

Região de Abrangência	AC	AP	RR	Araguaia
Classe	Área Total (km ²)			
Floresta	140.846,91	116.340,45	161.881,53	145.832,80
Formação Natural não Florestal	486,53	18.143,20	46.183,72	45.554,88
Agropecuário	21.916,38	3.601,96	10.804,93	189.450,04
Área Não Vegetada	200,15	175,38	156,18	1.228,79
Água	550,40	3.651,24	4.242,56	2.934,32
Total	164.000,36	141.912,24	223.268,92	385.000,84

Fonte: MapBiomias (2021), adaptado pelo autor.