

# UFPA

**PPGEC**

# Universidade Federal do Pará

---



Gabrielle Souto da Rocha

## **ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TAPAJÓS COMO FERRAMENTA DE SUPORTE À DECISÃO PARA A OUTORGA DE RECURSOS HÍDRICOS**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

Instituto de Tecnologia  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Dissertação orientada pelo Professor Dr. Lindemberg Lima Fernandes

Belém – Pará – Brasil

2018

GABRIELLE SOUTO DA ROCHA

**ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA REGIÃO  
HIDROGRÁFICA DO TAPAJÓS COMO FERRAMENTA DE  
SUPORTE À DECISÃO PARA A OUTORGA DE RECURSOS  
HÍDRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, na área de Concentração em Engenharia Hídrica linha de pesquisa em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Lindemberg Lima Fernandes.

BELÉM/PA

2018

R672a Rocha, Gabrielle Souto da, 1992-  
Análise da disponibilidade hídrica da região hidrográfica do Tapajós como  
ferramenta de suporte à decisão para a outorga de recursos hídricos / Gabrielle  
Souto da Rocha.-2018.

Orientador: Lindemberg Lima Fernandes  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Pará, Instituto de Tecnologia,  
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2018.

1. Desenvolvimento de recursos hídricos – Pará – Processo decisório. 2.  
Meio ambiente – Política governamental – Pará. 3. Água – Uso – Legislação.  
I. Título.

CDD 23. ed. 333.910098115

---



## ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TAPAJÓS COMO FERRAMENTA DE SUPORTE À DECISÃO PARA A OUTORGA DE RECURSOS HÍDRICOS

AUTORA:


**GABRIELLE SOUTO DA ROCHA**

DISSERTAÇÃO SUBMITIDA À BANCA  
EXAMINADORA APROVADA PELO COLEGIADO DO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
PARÁ, COMO REQUISITO PARA OBTENÇÃO DO  
GRAU DE MESTRA EM ENGENHARIA CIVIL NA  
ÁREA DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO  
AMBIENTAL.

APROVADO EM: 12 / 12 / 2018.

BANCA EXAMINADORA:

  
Prof. Dr. Waldemberg Lima Fernandes  
Orientador (UFPA)

  
Prof. Dra. Fátima da Costa Teixeira Rocha  
Membro Externo (IFECTC)

  
Prof. Dra. Germana Menescal Bittencourt  
Membro Externo (UFPA)

  
Prof. Dr. Francisco Carlos Lira Pessoa  
Membro Interno (UFPA)

Visão:

Prof. Dr. Dênio Ramam Carvalho de Oliveira  
Coordenador do PPGEC / ITEC / UFPA

Dedico este trabalho aos meus pais,  
meus maiores incentivadores.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço imensamente a Deus e a Nossa Senhora de Nazaré, por me dar forças e coragem para chegar até aqui. Nazinha, obrigada por ter feito do meu pedido uma realidade e por me conceder mais essa conquista.

Agradeço ao meu pai, José Delmiro Rocha, e a minha mãe, Claucilene Rocha pelo amor e incentivo nesta fase, e em todas as outras no decorrer da minha vida. Sou muito grata por ser filha de vocês, por todo o apoio as minhas escolhas e conselhos para trilhar os meus caminhos. Agradeço aos meus irmãos, Rafaelle e João, por tornarem essa fase mais leve e descontraída.

Ao meu noivo, Thiago Alencar, que sempre esteve comigo e acompanhou minha trajetória acadêmica desde à graduação, com muito entusiasmo e compreensão.

Aos meus familiares, que sempre torceram por mim e que estão ao meu lado celebrando as minhas conquistas.

Agradeço ao meu orientador, Profº Dr. Lindemberg Fernandes, por todo o apoio prestado, tempo dedicado na orientação deste trabalho, e por ter acreditado que eu conseguiria chegar até aqui, mediante todas as dificuldades ao longo do caminho.

À minha amiga e professora MSc. Salma Saráty, por quem eu tenho uma enorme admiração, pela sua amizade e por ser uma grande incentivadora na minha vida acadêmica.

Aos meus amigos, com que compartilhei diversos momentos na vida e que foram importantes fontes de apoio: Ana Carolina, Antônio Jorge Júnior, Eduardo Aguiar, Artur Abreu, Heitor Capela e Rodolfo Sato. Agradeço a minha amiga Laenna Freitas pelo suporte pessoal dado no período de desenvolvimento deste trabalho e pelas suas considerações e verdades.

Agradeço também aos amigos que conheci no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC): Nazaré Alves, Rafaela Silveira, Daniel Mesquita e Laila Rover. Obrigada pela amizade e pela ajuda em diversos momentos.

Agradeço aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) que contribuíram para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

Agradeço a todas as pessoas que ajudaram direta ou indiretamente para a concretização deste objetivo.

Muito obrigada.

*“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina. O saber se aprende com mestres e livros. A Sabedoria, com o corriqueiro, com a vida e com os humildes. O que importa na vida não é o ponto de partida, mas a caminhada. Caminhando e semeando, sempre se terá o que colher.”*

(Cora Coralina)

## RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise da disponibilidade hídrica na região hidrográfica Tapajós, localizada no estado do Pará. Para a análise da disponibilidade foram trabalhados dados das séries históricas de 5 estações fluviométricas da região hidrográfica Tapajós, considerando um período de 20 anos (1987-2007), assim como informações das outorgas e dispensas de outorga concedidas aos usuários de recursos hídricos da região. Após a análise das séries fluviométricas foram obtidas as curvas de permanência com o programa Siscah 1.0 para determinação das vazões de referência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ . Também se utilizou o programa para realizar os cálculos estatísticos para a obtenção da  $Q_{7,10}$  para cada estação fluviométrica. Para a determinação das sub-bacias e área de drenagem, para obtenção das vazões remanescentes, foi utilizado o método de Otto Pfafstetter, com detalhamento até o nível 4. Observando os resultados apresentados, verificou-se que para as vazões de referência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  para uma vazão máxima de 70%, para cada método, a vazão remanescente nas sub-bacias não configuram um cenário de escassez ou estresse hídrico, enquanto que a  $Q_{7,10}$  apresentou um cenário de criticidade para os usos outorgáveis. Em relação aos usos concedidos na região hidrográfica Tapajós, verificou-se que os municípios com maior número de processos outorgados são Itaituba e Jacareacanga, e o maior número de dispensas de outorga está distribuído entre os municípios de Itaituba e Rurópolis. Identificou-se que o uso dos recursos hídricos para a região hidrográfica Tapajós, com base nas finalidades de outorgas e dispensas de outorga solicitadas, é para o atendimento de obras de terraplanagem, compactação e umectação de vias na região. Tais usos estão diretamente ligados à expansão da região através de obras como portos, centrais hidrelétricas e abertura de novas vias para aumento do fluxo de escoamento de produtos agropecuários.

**Palavra-chave:** Recursos hídricos, Outorga, Vazão de Referência.



## ABSTRACT

This work presents an analysis of the water availability in the Tapajós hydrographic region, located in the state of Pará. For the analysis of the availability, the data of the historical series of the fluviometric stations of Tapajós RH were analyzed, considering a period of 20 years (1987-2007). such as grant information and waivers granted to users of water resources in the region. After the analysis of the fluviometric series, the reference curves were obtained with the Siscah 1.0 program to determine the reference flows  $Q_{90}$  and  $Q_{95}$ . The program was also used to perform the statistical calculations to obtain  $Q_{7,10}$  for each fluviometric station. For the determination of the sub-basins and drainage area to obtain the remaining flows, the Otto Pfafstetter method was used, detailing up to level 4. Observing the presented results, it was verified that for the reference flows  $Q_{90}$  and  $Q_{95}$  for one maximum flow rate of 70%, for each method, the remaining flow in the sub-basins does not constitute a scenario of scarcity or water stress, while  $Q_{7,10}$  presented a criticality scenario for the applicable uses. In relation to the uses granted in the Tapajós hydrographic region, it was verified that the municipalities with the highest number of granted processes are Itaituba and Jacareacanga, and the highest number of grant exemptions is distributed between the municipalities of Itaituba and Rurópolis. It was identified that the use of water resources for Tapajós hydrographic region, based on the purposes of granting and dispensing of requested concessions, is for the service of earthworks, compaction and wetting of roads in the region. These uses are directly linked to the expansion of the region through works such as ports, hydroelectric power stations and opening of new avenues to increase the flow of agricultural products.

**Keywords:** Water resources, Granting, Reference Flow.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Porcentagem utilizada de recursos hídricos renováveis em 2015.....	19
Figura 2- Demanda consuntiva total (estimada) no Brasil em 2014, em m <sup>3</sup> /s.....	20
Figura 3 - Relação entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos estabelecidos na PNRH .....	25
Figura 4 - Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH).....	26
Figura 5 - Distribuição de comitês de bacias hidrográficas no Brasil até o ano de 2016. ....	30
Figura 6 - Divisão Hidrográfica Nacional.....	31
Figura 7 - Instrumentos definidos na Política Estadual de Recursos Hídricos .....	37
Figura 8 - Divisão Hidrográfica do Estado do Pará .....	38
Figura 9 - Delimitação da área de drenagem .....	42
Figura 10 - Esquematização das etapas metodológicas .....	45
Figura 11- Localização da região hidrográfica Tapajós.....	47
Figura 12 - Tipos de vegetação na região hidrográfica do Tapajós.....	49
Figura 13 -Tipos de solo na região hidrográfica do Tapajós.....	51
Figura 14 - Mapa das Regiões de Integração do Pará.....	52
Figura 15 - Mapa de logística para exportação do Pará.....	54
Figura 16- Quadro com obras de infraestrutura previstas para a região do Tapajós. ....	54
Figura 17 - Localização das estações fluviométricas na região hidrográfica Tapajós.....	56
Figura 18 - Interface para a manipulação dos dados hidrológicos no programa Siscah 1.0 .	57
Figura 19 - Análise para vazão mínima utilizando o Siscah 1.0. ....	58
Figura 20 - Gráfico da estimativa da vazão mínima em função do tempo de retorno. ....	58
Figura 21 - Dados disponibilizados em planilha eletrônica pela SEMAS PA. ....	59
Figura 22- Codificação das bacias hidrográficas da América do Sul segundo método de Otto Pfafstetter. ....	62
Figura 23 - Curva de permanência da estação fluviométrica Jamanxim (código 17680000) ..	63
Figura 24- Curva de permanência da estação fluviométrica Fortaleza (código 17500000) ..	64
Figura 25 - Curva de permanência da estação fluviométrica Jardim D'Ouro (código 17675000) ..	64
Figura 26 - Curva de permanência da estação fluviométrica Creporizão (código 17610000)	65
Figura 27 - Curva de permanência da estação fluviométrica Base do Cachimbo (código 17345000) ..	65
Figura 28 - Determinação da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Jamanxim (código 17680000).....	67
Figura 29 - Determinação da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Fortaleza (código 17500000).....	67
Figura 30 - Determinação da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Jardim D'Ouro (código 17675000).....	68
Figura 31 - Determinação da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Creporizão (código 17610000).....	68
Figura 32 - Determinação da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Base do Cachimbo (código 17610000).....	69
Figura 33 - Mapa de localização dos pontos outorgados na RH Tapajós.....	74
Figura 34 - Mapa de localização dos pontos de dispensa de outorga na RH Tapajós .....	75
Figura 35 - Distribuição de outorgas e dispensas de outorgas nas principais bacias da RH Tapajós.....	76
Figura 36 - Distribuição dos pontos de outorga e dispensa de outorga nas sub-bacias da RH Tapajós .....	77

Figura 37 - Total de Outorgas por município na Região Hidrográfica Tapajós. ....	83
Figura 38- Vazão outorgada por município na Região Hidrográfica Tapajós.....	83
Figura 39 - Vazão outorgada no município de Itaituba. ....	84
Figura 40- Total de Dispensas de Outorga por município na Região Hidrográfica Tapajós..	85
Figura 41 - Vazão total de dispensa de outorga por município na Região Hidrográfica Tapajós. .....	85
Figura 42 - Vazão total de dispensas de outorga no município de Itaituba.....	86
Figura 43 - Comportamento da precipitação na estação Jacareacanga.....	87
Figura 44- Comportamento da precipitação na estação Barra do São Manuel. ....	88
Figura 45 - Divisão do estado do Pará em regiões pluviométricas.....	89

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Abordagem dos recursos hídricos em aspectos legais .....	22
Quadro 2 - Instrumentos de gestão de recursos hídricos estabelecidos na PNRH .....	25
Quadro 3 - Atribuições definidas para os comitês de bacias hidrográficas.....	28
Quadro 4- Regiões hidrográficas e bacias hidrográficas principais .....	32

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vazões de referência utilizadas por estados brasileiros .....	36
Tabela 2- Regiões hidrográficas e área de extensão .....	39
Tabela 3- Municípios da região hidrográfica Tapajós .....	46
Tabela 4- Estações fluviométricas localizadas na RH Tapajós .....	55
Tabela 5 - Comparativo das vazões de referência das estações fluviométricas da região hidrográfica Tapajós .....	69
Tabela 6- Informações das outorgas de direito para captação superficial na região hidrográfica do Tapajós .....	70
Tabela 7 - Informações das dispensas de outorgas para captação superficial na região hidrográfica do Tapajós .....	72
Tabela 8 - Identificação das sub-bacias e áreas de drenagem para os pontos outorgados..	78
Tabela 9 - Identificação das sub-bacias e áreas de drenagem para dispensa de outorga ...	79
Tabela 10 - Vazão remanescente para sub bacias da RH Tapajós aplicando a Q90 .....	80
Tabela 11 - Vazão remanescente para sub bacias da RH Tapajós aplicando a Q95 .....	81
Tabela 12 - Vazão remanescente para sub bacias da RH Tapajós aplicando a Q7,10 .....	82
Tabela 13 - Vazão outorgada por município na Região Hidrográfica Tapajós.....	84
Tabela 14 - Estações pluviométricas da região hidrográfica Tapajós.....	87

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA.....	Agência Nacional de Águas
CEEIBH.....	Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas
CERH.....	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CNRH .....	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
INMET.....	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE.....	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MMA .....	Ministério do Meio Ambiente
PERH.....	Política Estadual dos Recursos Hídricos
PNRH.....	Política Nacional do Recursos Hídricos
ONU.....	Organização das Nações Unidas
SEMA .....	Secretaria Estadual de Meio Ambiente
SEMAS .....	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Sustentabilidade
SINGRH .....	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SISCAH .....	Sistema Computacional para Análises Hidrológicas

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	16
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>18</b>
2.1 GERAL .....	18
2.2 ESPECÍFICOS.....	18
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>19</b>
3.1 A UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS .....	19
3.2 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: ARCABOUÇO LEGAL BRASILEIRO.....	21
<b>3.2.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos</b> .....	<b>26</b>
<b>3.2.2 Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.3 Agência Nacional das Águas</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.4 Comitês de bacias hidrográficas e agências de água</b> .....	<b>27</b>
<b>3.2.5 Divisão de regiões hidrográficas brasileiras</b> .....	<b>31</b>
3.3 A IMPLEMENTAÇÃO DA OUTORGA PELO USO DA ÁGUA NO CENÁRIO NACIONAL .....	33
<b>3.3.1 Método <math>Q_{7,10}</math></b> .....	<b>34</b>
<b>3.3.2 Método Q90 e Q95</b> .....	<b>35</b>
<b>3.3.3 Determinação de vazão outorgável nos estados brasileiros</b> .....	<b>35</b>
3.4 A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO PARÁ.....	36
<b>3.4.1 A Outorga de Direito de Uso dos recursos hídricos no Estado do Pará</b> .....	<b>39</b>
<b>3.4.2 Dispensa de Outorga de Direito de uso dos recursos hídricos</b> .....	<b>40</b>
<b>3.4.3 Metodologia de cálculo para disponibilidade hídrica para captação superficial</b> 41	
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>45</b>
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	45
<b>4.1.1 Aspectos socioeconômicos da região do Tapajós.....</b>	<b>52</b>
4.2 LEVANTAMENTO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS .....	55
4.3 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA.....	56
4.4 VERIFICAÇÃO DE DADOS DE OUTORGA E DISPENSAS DE OUTORGA PARA A REGIÃO HIDROGRÁFICA TAPAJÓS. ....	59
4.5 DETERMINAÇÃO DAS SUB BACIAS E ÁREAS DE DRENAGEM .....	60
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>63</b>
5.1 OBTENÇÃO E ANÁLISE DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA $Q_{90}$ E $Q_{95}$ A PARTIR DAS CURVAS DE PERMANÊNCIA.....	63
5.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DAS VAZÕES MÍNIMAS $Q_{7,10}$ .....	66

5.3	DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA OUTORGA DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	69
5.4	ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DOS RECURSOS HÍDRICOS COM BASE NAS OUTORGAS DE DIREITO E DISPENSAS DE OUTORGA.....	70
5.5	DETERMINAÇÃO DAS SUB-BACIAS E ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA .....	73
5.6	ANÁLISE DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA TAPAJÓS .....	82
5.7	ANÁLISE DO COMPORTAMENTO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA TAPAJÓS .....	86
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>90</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A água é em um dos principais recursos naturais imprescindíveis à vida e ao meio ambiente. No entanto, a crescente demanda pela utilização dos recursos hídricos, em seus diversos fins, aliada à disponibilidade hídrica em diferentes cenários e locais, contribui para o aumento dos conflitos relacionados a este recurso. De acordo com Soares et al. (2010), o gerenciamento dos recursos hídricos é de suma importância e possui o objetivo de ajustar as demandas econômicas, sociais e ambientais por água em níveis sustentáveis, de modo a permitir, sem conflitos, a convivência de seus usos atuais e futuros.

Uma das ferramentas para gerir os recursos hídricos é a outorga, um dos seis instrumentos estabelecidos pela Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, instituída pela Lei Nº 9.433 de 1997. A outorga tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água. O estabelecimento dos critérios de outorga de direito de uso das águas, além de estar vinculado à disponibilidade hídrica, é dependente dos sistemas jurídicos e econômicos locais (CRUZ e TUCCI, 2008).

Entende-se por disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica, para fins de outorga de usos consultivos, a vazão passível de captação e consumo, permitido em cada estado da federação. Assim, como gestão descentralizada, cabe a cada órgão gestor de âmbito estadual e a Agência Nacional de Águas – ANA, em nível federal, determinar o critério de vazão mínima para fins de outorga em corpos d'água de seu domínio (SILVA, 2012).

Para Cruz (2001), o sistema de recursos hídricos precisa estabelecer critérios para otimizar a distribuição da água disponível, como função de diversas particularidades locais e regionais, tais como os diferentes tipos de usuários e as diferentes prioridades entre eles. De acordo com Fioreze et al. (2008), a determinação da disponibilidade hídrica necessita de monitoramento contínuo e realização de estudos complementares, de modo que, essas informações serão obtidas a partir de dados históricos de vazão dos mananciais, que permitem o estudo do comportamento fluviométrico da bacia hidrográfica.

Diante disto, diversos estudos foram realizados com o objetivo de caracterizar a disponibilidade hídrica de bacias hidrográficas para fins de definição de métodos aplicados para a outorga de direito dos recursos hídricos. Dentre as análises



incluem a análise da disponibilidade hídrica a partir determinação das curvas de permanência (SOARES et al., 2010; MOURA, 2011; MICHELOTTI, 2015; RUTHES, 2017), regionalização de vazões mínimas e médias (MENDES, 2007; MOLINA, 2012; OLIVEIRA, 2013; PRUSKI et al., 2011), sazonalidade hídrica (ARAI, 2014; SILVA et al., 2015) e vazão ecológica (BARBOSA, 2013; VESTENA e. al, 2012).

Para Arnéz (2002), o processo de formulação de um sistema de outorga faz necessária a definição da vazão disponível para alocação aos usuários, obtida a partir da vazão de referência. Uma parte da vazão de referência é objeto de outorga, enquanto o restante constitui a vazão remanescente, a ser mantida no leito do rio para proteção dos ecossistemas. De forma geral, a outorga é concedida após avaliações quanto à compatibilidade entre as demandas hídricas e a disponibilidade hídrica do corpo d'água, assim como pelas finalidades do uso e os impactos causados nos recursos hídricos (CAROLO, 2007).

A região hidrográfica do Tapajós consiste em uma região com grande potencial hídrico, sendo que atualmente existem projetos previstos para construção de hidrelétricas. A região também é considerada estratégica, devido a localização entre os estados do Pará e Mato Grosso, facilitando o escoamento de produtos agrícolas, viabilizando a construção de portos e terminais hidroviários. Logo, a análise dos recursos hídricos nesta região hidrográfica, considerando a disponibilidade hídrica é uma importante ferramenta para a gestão dos recursos hídricos.

A presente pesquisa, realizada por meio de base de dados fluviométricos, análise das curvas de permanência para  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  e cálculo da  $Q_{7,10}$ , busca verificar a disponibilidade hídrica da região hidrográfica Tapajós, no âmbito do estado do Pará, e fornecer subsídios técnicos para a tomada de decisão a partir dos critérios definidos para a vazão de referência, utilizados na concessão de outorgas de uso dos recursos hídricos.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 GERAL

Analisar diferentes critérios para definição da disponibilidade hídrica, considerando os aspectos de vazões de referência em bacias hidrográficas para o processo de gestão dos recursos hídricos.

### 2.2 ESPECÍFICOS

- Analisar a diferença entre os critérios de definição de disponibilidade hídrica ( $Q_{7,10}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ );
- Comparar vazões de referência para outorga, considerando critérios usados por órgãos responsáveis pelo controle de recursos hídricos, a partir de bases de dados mensais e anuais;
- Analisar a disponibilidade hídrica na região hidrográfica Tapajós com base de dados hidrológicos e usuários outorgados;
- Identificar os principais usos na região hidrográfica Tapajós;
- Analisar o comportamento sazonal da vazão e precipitação na região hidrográfica Tapajós.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

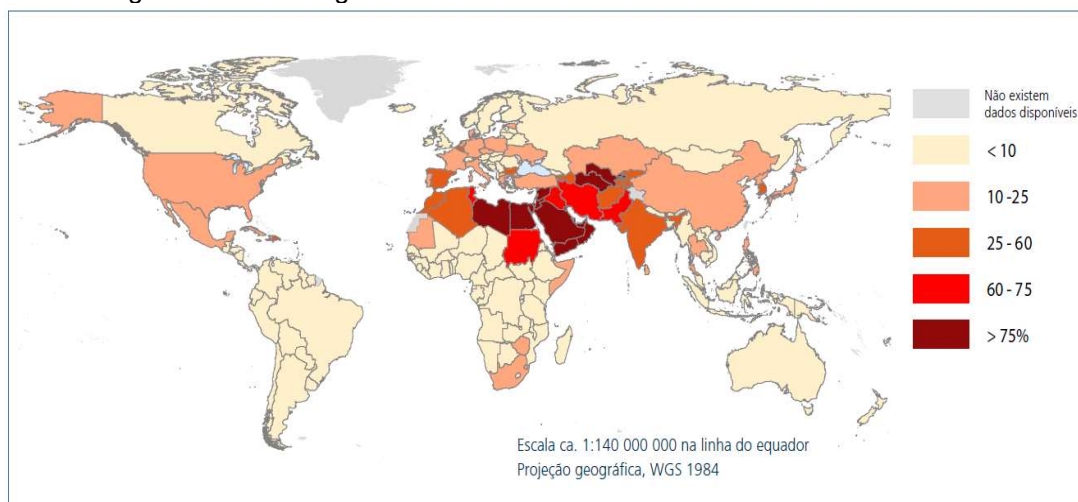
#### 3.1 A UTILIZAÇÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Cerca de 97,5% da água do planeta é salgada, localizando-se nos mares e oceanos, e apenas 2,5% do total de água disponível representa a água doce, em sua maior parte nas calotas polares, com apenas 0,3% disponíveis e de fácil acesso em lagos, rios e lençóis subterrâneos pouco profundos (TUCCI, 2012). No entanto, nem todo o recurso disponível em rios, lagos e outras fontes encontra-se passível de utilização.

Diversas características regionais podem influenciar o consumo de água, entre elas a má distribuição temporal e espacial de chuvas e vazão, que contribuem para os problemas relacionados à utilização dos recursos hídricos. Aliado a isso, tem-se a concentração das demandas por água em determinadas regiões, o que evidencia um desequilíbrio em aspectos quantitativos e qualitativos em relação à disponibilidade hídrica.

O indicador de água do Objetivo de Desenvolvimento do Milênio da Organização das Nações Unidas – ONU, com o objetivo de compreender a relação entre a oferta e a demanda propõe medir o nível da pressão humana sobre os recursos hídricos, com base na soma do total da água retirada pela agricultura, municípios e indústria, dividida pela disponibilidade dos recursos hídricos renováveis. A Figura 1 apresenta a porcentagem de recursos hídricos renováveis utilizados no mundo, no qual é possível verificar a elevada porcentagem de utilização de água em alguns países do norte do continente africano e sul da Europa.

Figura 1 - Porcentagem utilizada de recursos hídricos renováveis em 2015



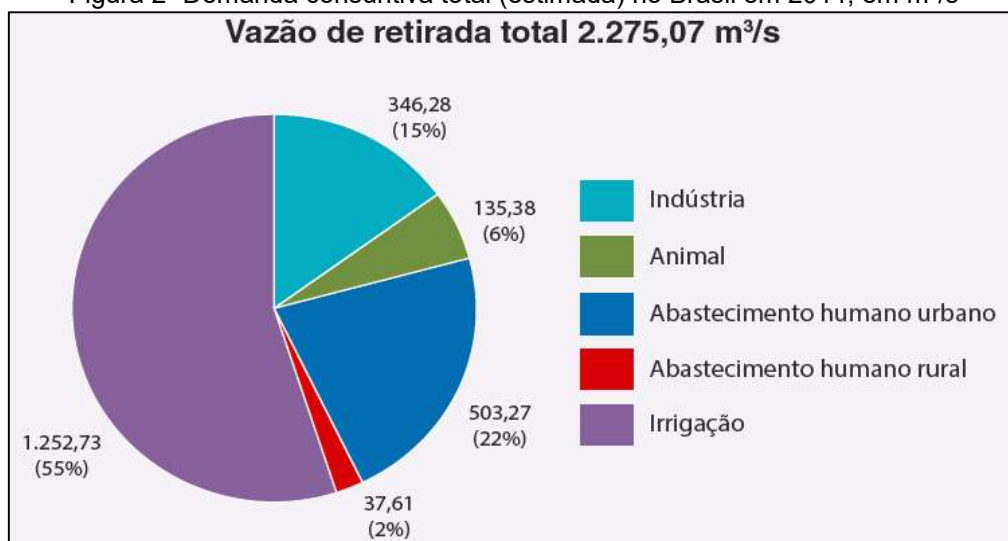
Fonte: ONU (2016).

O Brasil está em situação privilegiada com relação à disponibilidade hídrica global, possuindo aproximadamente 12% das águas doces disponíveis em todo o planeta Terra. Esses recursos, distribuídos de forma irregular no território brasileiro, estão sob a influência de uma grande variedade de processos climatológicos que regulam a distribuição e a disponibilidade da água. (TUNDISI, 2014).

Passam pelo território brasileiro em média cerca de 260.000 m<sup>3</sup>/s de água, dos quais 205.000 m<sup>3</sup>/s estão localizados na bacia do rio Amazonas, restando para as demais áreas do território 55.000 m<sup>3</sup>/s de vazão média. (ANA, 2016). De acordo com Bicudo et al. (2010), os principais usos atribuídos aos recursos hídricos no País referem-se à irrigação agrícola, o abastecimento de água potável na área urbana e rural e o saneamento, incluindo transporte e diluição de esgotos pela água, e a geração de energia hidroelétrica.

A demanda consuntiva total estimada para o Brasil foi de 2.275,07 m<sup>3</sup>/s, quando considerada a vazão retirada, referente ao ano de 2014. O setor de irrigação foi responsável pela maior parcela de retirada, cerca de 55% do total, seguido das vazões de retirada para fins de abastecimento humano urbano, industrial, animal e abastecimento humano rural (ANA, 2015). A Figura 2 exibe o gráfico com a demanda consuntiva total estimada dos recursos hídricos no País, no ano de 2014.

Figura 2- Demanda consuntiva total (estimada) no Brasil em 2014, em m<sup>3</sup>/s



Fonte: ANA (2015).

Os recursos hídricos disponíveis estão sendo comprometidos em quase todas as regiões do país, devido à degradação urbana, industrial ou agrícola, e por outros desequilíbrios resultantes do desmatamento, poluição e do uso indevido do

solo, inclusive na Amazônia (COUCEIRO e HAMADA, 2010). Tal fato, contribui ainda mais para os problemas de disponibilidade hídrica no país, uma vez que se tem a redução não somente quantitativa do recurso hídrico, mas também qualitativa, devido à água imprópria para consumo em diversas cidades brasileiras.

### 3.2 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS: ARCABOUÇO LEGAL BRASILEIRO

A bacia hidrográfica pode ser definida como uma área de captação natural composta por um conjunto de redes de drenagem que convergem a água da precipitação, para um único ponto de saída, denominado exutório (TUCCI, 1997). As precipitações pluviométricas são drenadas para o curso d' água mais próximo, formando as redes hidrográficas, constituídas por um rio principal e seus afluentes (MOLINA, 2012).

A bacia hidrográfica também é definida pela topografia, uma vez que a convergência das redes de drenagem é realizada até o ponto mais baixo, e a formação de limites entre bacias hidrográficas ocorrem por divisores de águas, considerados os pontos mais altos (BERNADI et al., 2012). Segundo Porto e Porto (2008), a bacia hidrográfica pode ser considerada um ente sistêmico, pois é a unidade onde se realizam os balanços de entrada proveniente da chuva e saída de água, pelo exutório, permitindo que sejam delineadas bacias e sub-bacias, cuja interconexão ocorre pelos sistemas hídricos.

De acordo com Siqueira e Henry-Silva (2011), a relação da bacia hidrográfica com o ecossistema envolve distintos aspectos bióticos e abióticos. Destaca-se que fatores climáticos, pedológicos, geológicos, geomorfológicos, entre outros, contribuem para a grande heterogeneidade existente de paisagens ao longo do território e dentro da bacia hidrográfica.

Ao definir a bacia hidrográfica como área de gestão dos recursos hídricos, é fundamental o desenvolvimento de estudos para a avaliação da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas, pois o conhecimento sobre os regimes de precipitação e vazão são de suma importância para o entendimento do comportamento hidrológico das bacias (EUCLYDES et al., 2001), e conseqüentemente, para medidas de gestão adequadas para o cenário de cada bacia hidrográfica.

Para Lorandi e Cançado (2002), o planejamento e o gerenciamento de bacias hidrográficas precisam incorporar todos os recursos ambientais da área de

drenagem, e não somente os aspectos hídricos, integrando os aspectos sociais, econômicos e políticos, e incluindo os objetivos de qualidade ambiental para a utilização dos recursos, procurando aumentar a produtividade dos mesmos, e ao mesmo tempo, diminuir os impactos e riscos ambientais na bacia de drenagem.

Devido às crescentes demandas por água, uma série de códigos, leis, normas e modelos de gerenciamento surgiram no século XX e, juntamente com outras questões relacionadas ao meio ambiente, os recursos hídricos passaram a ser discutidos de forma global (BARBAROTTO JUNIOR, 2014). No Brasil a gestão estava relacionada a um modelo de desenvolvimento nacional no qual a priorização do crescimento econômico juntamente com a subvalorização da dimensão ecológica, proporcionando um modelo insustentável (MAGALHÃES JUNIOR, 2007). A gestão dos recursos hídricos no Brasil deu-se, inicialmente, com o Decreto Federal nº 24.643, de 10 de julho de 1934, conhecido como Código das Águas.

O Código das Águas constitui-se como uma das bases legais mais antigas para o estabelecimento da gestão dos recursos hídricos no País e é considerado como o primeiro modelo regulador efetivo. Com isso, observa-se que na época, os recursos hídricos eram utilizados de forma abundante para proporcionar o desenvolvimento industrial e agrícola do país, incentivando, especialmente, a produção de energia elétrica (SOUZA et al., 2012). O Quadro 1 apresenta as principais regulações definidas, nos anos posteriores, nas quais os recursos hídricos estavam inseridos.

Quadro 1- Abordagem dos recursos hídricos em aspectos legais

Legislação	Abordagem sobre Recursos Hídricos
Decreto Nº 24.643/1934 - Código de Águas Brasileiro	Definiu o regime jurídico e de concessões das águas, assim como, atribuiu à União autorizar e conceder o direito de exploração da energia hidráulica.
Constituição Federal de 1946	Altera a dominialidade, de modo que, anteriormente havia domínio municipal, estadual e federal dos recursos hídricos, no entanto, a partir desta constituição eles passaram apenas para o âmbito da União e dos Estados.
Constituição Republicana de 1967	Instituiu competências à União e aos Estados no que se refere à defesa contra os efeitos nocivos da água.
Lei Nº 5.138/1967 - Política Nacional de Saneamento	Normatização do saneamento básico, com ênfase no sistema de esgoto, drenagem de águas pluviais e controle de inundações e erosões.

Legislação	Abordagem sobre Recursos Hídricos
Lei Nº 6.662/1979 - Política Nacional de Irrigação	Aproveitamento racional de recursos hídricos e solos para a implantação e o desenvolvimento da agricultura irrigada.
Lei Nº 6.938/1981 (Alterada pela Lei Nº 7.804/ 1989) - Política Nacional do Meio Ambiente	Apresenta profundas e concretas implicações na proteção jurídica das águas.
Constituição Federal de 1988	Domínio hídrico nacional, a participação ou compensação financeira nos aproveitamentos hidrelétricos.

Fonte: Adaptado de Mendes (2007).

Mesmo existindo instituição de constituições e políticas, a temática da gestão dos recursos hídricos não era apresentada de maneira direta. A partir da década de 60, a bacia hidrográfica vem sendo reconhecida e apontada como unidade das análises relacionadas não só a geografia física, mas diversas áreas, por reunir as características socioambientais necessárias ao entendimento da sua gestão (ALVES e AZEVEDO, 2013). A justificativa para a utilização da bacia hidrográfica como uma unidade ambiental está na praticidade que esta oferece da melhor forma de acompanhar o processo de renovação/manutenção dos recursos naturais (LAMONICA, 2002).

Com o objetivo de ações para a melhoria das condições sanitárias das bacias do Alto Tietê e Cubatão, o acordo entre o Ministério de Minas e Energia e o Governo do Estado de São Paulo, em 1976, constituiu o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - CEEIBH. Em 1978, iniciou-se a criação de comitês executivos em diversas bacias hidrográficas de rios de jurisdição da União, a exemplo do Paraíba do Sul e do São Francisco. Esses comitês, no entanto, tinham atribuições consuntivas, o que dificultou a implantação de suas decisões. Não obstante, constituíram-se experiências fundamentais na trajetória da gestão dos recursos hídricos no país (ANA, 2002).

No final da década de 90, o País avançou com um dos arcabouços legais de gestão da água mais modernos do mundo, por meio da Lei Nº 9.433/97, que estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH. Entre as diversas características da Lei Nº 9.433/97, destacam-se os princípios fundamentais do setor, criando os instrumentos de gestão do uso dos recursos hídricos e estabelecendo um arranjo institucional objetivando garantir o igual direito de uso a todos os usuários dos recursos hídricos (FERNANDEZ, 2004).

A Política Nacional de Recursos Hídricos tornou um marco na gestão hídrica e demais políticas implementadas no País no que concerne ao planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos pela definição da bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento; o princípio dos usos múltiplos da água, na qual os recursos hídricos devem estar disponíveis em igualdade de oportunidades, para todos os usuários interessados em seu uso; o reconhecimento da água como um bem econômico, devido a sua escassez na natureza; e a gestão descentralizada, participativa e integrada do uso da água.

Para Porto e Porto (2008), a adoção de uma gestão sustentável dos recursos hídricos necessita de um conjunto mínimo de instrumentos principais. Desta forma, faz-se necessário uma base de dados e informações socialmente acessível, a definição clara dos direitos de uso, o controle dos impactos sobre os sistemas hídricos e o processo de tomada de decisão.

Deste modo, a PNRH criou instrumentos para atuar de modo conjunto, objetivando resultados positivos na gestão e planejamento dos recursos hídricos. Os instrumentos definidos são: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes de usos preponderantes; a outorga de direitos de usos da água; o sistema de informações em recursos hídricos; e a cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

A aplicabilidade desses instrumentos deve ser realizada em integração entre si e com os instrumentos preconizados em outras políticas para uma bem-sucedida gestão das águas. O fortalecimento da gestão integrada de recursos hídricos a nível federal e estadual é essencial para a plena implementação da PNRH, cujos instrumentos de gestão visam organizá-la por meio de ações de planejamento, regulação, fiscalização e divulgação de informações (ANA, 2017).

O Quadro 2 apresenta o fluxo dos instrumentos estabelecidos na PNRH e os objetivos principais.



Quadro 2 - Instrumentos de gestão de recursos hídricos estabelecidos na PNRH

POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - LEI Nº 9.433/1997				
Plano de Recursos Hídricos	Enquadramento de corpos de água	Outorga de direito dos recursos hídricos	Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos	Cobrança pelo uso dos recursos hídricos
Fundamentar e orientar o gerenciamento dos Recursos Hídricos em uma bacia hidrográfica com perspectiva em longo prazo de garantir o uso da água às gerações futuras.	Instrumento orientador de planejamento de uso da água a partir de definição de um objetivo de qualidade de água em um segmento de corpo hídrico correspondente a uma classe preestabelecida.	Autorização de utilização de determinado recurso, concedida pelos órgãos públicos de controle. Em termos gerais, a outorga estabelece a quantidade possível de ser utilizada com base na finalidade de uso.	Sistema responsável pela coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos.	Dar ao usuário dos recursos hídricos uma indicação do real valor da água; incentivar o uso racional da água; e obter recursos financeiros para recuperação das bacias hidrográficas do País.

Fonte: Adaptado de ANA (2015).

A Figura 3 apresenta a relação dos instrumentos definidos na PNRH e a sua interdependência.

Figura 3 - Relação entre os instrumentos de gestão de recursos hídricos estabelecidos na PNRH



Fonte: ANA (2011).

A Lei das águas institui o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos – SINGREH, consistindo em um conjunto de órgãos e colegiados que possuem o papel de fazer a gestão dos usos da água de forma compartilhada, integrada e participativa. O gerenciamento dos recursos hídricos ocorre no âmbito federal, estadual e local, nas bacias hidrográficas.

A Figura 4 apresenta a matriz institucional do SINGREH, destacando as instâncias de deliberações e os entes nas diferentes escalas de participação.

Figura 4 - Matriz institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH)



Fonte: ANA (2011).

### 3.2.1 Conselho Nacional de Recursos Hídricos

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, representa a instância mais alta na hierarquia do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. É representado por um colegiado que estabelece as estratégias e diretrizes maiores para a implementação da política de recursos hídricos no país.

O CNRH é considerado como o colegiado superior do sistema, a quem compete decidir sobre as grandes questões envolvendo o setor hídrico e dirimir conflitos, nos casos em que estes não possam ser resolvidos em âmbito regional (ANA, 2011). Instituído pela Lei nº 9.433/1997 e regulamentado pelo Decreto nº 4.613 de 11 de março de 2003, é presidido pelo Ministro de Estado do meio Ambiente e composto por representantes dos Ministérios e da Secretaria da Presidência da República, com atuação no gerenciamento ou no uso dos recursos hídricos; representantes indicados pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; representantes dos usuários de recursos hídricos e organizações civis.

### **3.2.2 Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal**

Os conselhos estaduais de recursos hídricos possuem funções semelhantes às do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, no entanto a atuação cabe ao domínio sobre as águas dos estados. De acordo com ANA (2011), os Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos - CERH estão instalados na maioria dos estados brasileiros e exercem funções de caráter normativo e deliberativo, sendo assim as instâncias máximas dos Sistemas Estaduais de Gerenciamento de Recursos Hídricos na esfera estadual.

Os conselhos estaduais possuem composição similar ao CNRH, no entanto, considera-se o âmbito estadual, sendo constituído por representantes das secretarias estaduais, representantes dos municípios, representantes dos usuários de águas e organizações civis de recursos hídricos. Os conselhos estaduais são disciplinados por legislação específica de cada Estado, que leva em conta os preceitos estabelecidos na Constituição Federal e Estaduais, sempre com os pressupostos filosóficos norteados do SINGREH, definidos na Lei nº 9.433/97 (ANA, 2011).

### **3.2.3 Agência Nacional das Águas**

A Agência Nacional de Águas (ANA), criada pela lei nº 9.984 de 2000 é a agência reguladora vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) responsável pelo cumprimento dos objetivos e diretrizes da definidos na lei nº 9.433/97.

As Unidades da Federação (UF) possuem características distintas quanto à quantidade e a qualidade das águas superficiais, embora estejam conectadas geograficamente. Algumas delas possuem papel fundamental na entrega de água, pois em seu território estão localizadas nascentes de importantes cursos d'água que adentram os limites de outros estados. Neste contexto, cabe a ANA regular e gerenciar as condições, características e limites mínimos de entrega de água de uma UF a outra (ANA, 2017).

### **3.2.4 Comitês de bacias hidrográficas e agências de água**

A palavra comitê, do latim *committere*, significa “confiar, entregar, comunicar”. Este termo é empregado para dar significado à comissão, à junta, à

delegação, à reunião de pessoas com o objetivo de debater e executar uma ação de interesse comum (HOUAISS, 2001).

Com base na diversidade de interesses em relação ao uso da água e os conflitos existentes entre os diversos setores usuários, os comitês surgem como uma forma de melhoria para o cenário de gestão dos recursos hídricos, ao constituir uma base de gestão participativa e integrada. O Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) é, assim, a instância-base dessa nova forma de fazer política: descentralizada por bacia hidrográfica e contando com a participação dos poderes públicos, dos usuários e das organizações da sociedade civil (ANA, 2011).

O Quadro 3 apresenta as principais atribuições definidas para os comitês de bacias hidrográficas.

Quadro 3 - Atribuições definidas para os comitês de bacias hidrográficas.

Atribuições dos comitês de bacias		
Deliberativas	Propositivas	Consultivas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arbitrar em primeira instância administrativa os conflitos pelo uso da água;</li> <li>- Aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica e consequentemente: metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade; prioridades para outorga de direito de uso de recursos hídricos; diretrizes e critérios gerais para cobrança; e condições de operação de reservatórios, visando a garantir os usos múltiplos;</li> <li>- Estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos;</li> <li>- Estabelecer critérios e promover o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Acompanhar a execução do Plano de Recursos Hídricos da Bacia e sugerir as providências necessárias ao cumprimento de suas metas;</li> <li>- Indicar a Agência de Água para aprovação do Conselho de Recursos Hídricos competente;</li> <li>- Propor os usos não outorgáveis ou de pouca expressão ao Conselho de Recursos Hídricos competente;</li> <li>- Escolher a alternativa para enquadramento dos corpos d'água e encaminhá-la aos conselhos de recursos hídricos competentes;</li> <li>- Sugerir os valores a serem cobrados pelo uso da água;</li> <li>- Propor aos conselhos de recursos hídricos a criação de áreas de restrição de uso, com vista à proteção dos recursos hídricos;</li> <li>- Propor aos conselhos de recursos hídricos as prioridades para aplicação de recursos oriundos da cobrança pelo uso dos recursos hídricos do setor elétrico na bacia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades intervenientes</li> </ul>

Fonte: Adaptado de ANA (2011).

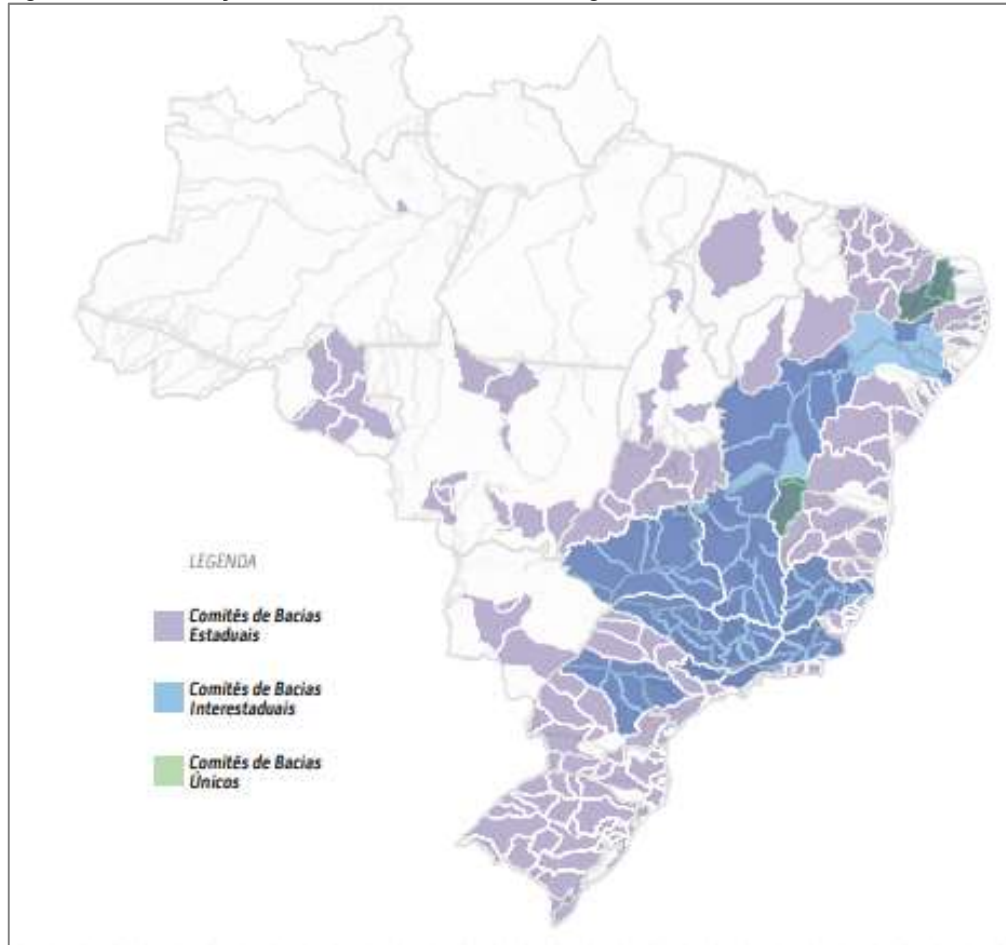
Após a promulgação da Lei das Águas, identificou-se um aumento de comitês definidos no Brasil. De acordo com Mesquita (2018), a criação de comitês foi potencializada por um conjunto de fatores e movida por diversos interesses.

Portanto, a criação dos CBHs ocorre por diferentes motivos, podendo ser: (I) aspectos financeiros; (II) conflitos; (III) negociações entre os atores envolvidos; (IV) determinação legal; ou (V) eventos críticos. Essa dinâmica se relaciona com as diversas finalidades de usos dos recursos hídricos na indústria, na agricultura, no saneamento básico e na proteção ambiental. Considerando essa diversidade de interesses, a efetiva participação e a representatividade dos membros dos comitês são fatores críticos para garantir a democratização e a resolução de conflitos (Mesquita, 2018).

Verifica-se que a maior concentração de comitês criados está na região Nordeste, Sudeste e Sul do País, onde já havia um desdobramento sobre o tema de gestão de recursos hídricos mais presente. A região Centro-Oeste apresenta um número expressivo de comitês criados, destacando-se no cenário o estado de Goiás. Na região Norte, os estados de Rondônia e Tocantins apresentam a criação de comitês de bacias, e o estado do Amazonas com um comitê, sendo a região com menor quantidade de comitês existentes.

Para Nascimento e Vilaça (2008), o gerenciamento dos recursos hídricos, centralizado em comitês de bacias hidrográficas, possibilita um novo mecanismo de cooperação multilateral entre as esferas federal e estadual. A criação de comitês vem apresentando crescimento positivo, conforme apresentado na Figura 5, que corresponde ao total de comitês criados até o ano de 2016.

Figura 5 - Distribuição de comitês de bacias hidrográficas no Brasil até o ano de 2016.



Fonte: ANA (2017).

De acordo com ANA (2014), as agências de água são consideradas como “braço técnico” dos comitês de bacias hidrográficas, estendendo sua atuação aos aspectos administrativos e financeiros e às atividades de articulação no âmbito de um modelo de gestão.

As atribuições das agências de água são locais, técnicas e multiespecializadas, além de ter que manter contínuo apoio ao funcionamento do comitê da respectiva bacia (ANA, 2014). Verifica-se que as atribuições dos comitês de bacias e das agências de águas são complementares, segundo orientações estabelecidas pela Lei nº 9.433/97. Portanto, suas funções devem ser articuladas, para que as competências de cada organismo cumpram seu papel, garantindo a gestão integrada das águas na bacia hidrográfica.

### 3.2.5 Divisão de regiões hidrográficas brasileiras

A Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH instituiu a divisão hidrográfica do território brasileiro, a nível macro, em 12 (doze) regiões hidrográficas. Segundo ANA (2011), cada região hidrográfica é formada por uma ou por um agrupamento de bacias ou sub-bacias com características ambientais, sociais e econômicas similares.

As bacias hidrográficas que constituem as regiões hidrográficas são delimitadas a partir de divisores topográficos. Os divisores topográficos são caracterizados pelos pontos altos entre duas ou mais bacias, que dividem a água precipitada que esco superficialmente para cada bacia contida na região hidrográfica considerada (ANA, 2011). A Figura 6 apresenta a divisão em regiões hidrográficas no Brasil.

Figura 6 - Divisão Hidrográfica Nacional



Fonte: ANA (2015).

Essa divisão em regiões hidrográficas considerou as áreas de influência dos principais rios de domínio federal do País. O Quadro 4 apresenta as principais bacias pertencentes às regiões hidrográficas brasileiras.

Quadro 4- Regiões hidrográficas e bacias hidrográficas principais

Região Hidrográfica	Bacias Hidrográficas Principais
Amazônia	Bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional; Bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha de Marajó; Bacias hidrográficas dos rios situados no Amapá.
Tocantins-Araguaia	Bacia hidrográfica do rio Tocantins até a sua foz no Oceano Atlântico.
Atlântico Norte Ocidental	Bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste; Limitada a oeste pela região hidrográfica do Tocantins/Araguaia, exclusive, e a leste pela região hidrográfica do Parnaíba.
Parnaíba	Bacia hidrográfica do rio Parnaíba.
Atlântico Nordeste Oriental	Bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Nordeste; Limitada a oeste pela região hidrográfica do Parnaíba e ao sul pela região hidrográfica do São Francisco.
São Francisco	Bacia hidrográfica do rio São Francisco.
Atlântico Leste	Bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Leste; Limitada ao norte e a oeste pela região hidrográfica do São Francisco e ao sul pelas bacias hidrográficas dos rios Jequitinhonha, Mucuri e São Mateus.
Atlântico Sudeste	Bacias hidrográficas de rios que deságuam no Atlântico - trecho Sudeste; Limitada ao norte pela bacia hidrográfica do rio Doce, a oeste pelas regiões hidrográficas do São Francisco e do Paraná e ao sul pela bacia hidrográfica do rio Ribeira.
Atlântico Sul	Bacias hidrográficas dos rios que deságuam no Atlântico - trecho Sul; Limitada ao norte pelas bacias hidrográficas dos rios Ipiranguinha, Iriiraiá-Mirim, Candapuí, Serra Negra, Tabagaça e Cachoeria, a oeste pelas regiões hidrográficas do Paraná e do Uruguai e ao sul pelo Uruguai.
Paraná	Bacia hidrográfica do rio Paraná situada no território nacional.
Uruguai	Bacia hidrográfica do rio Uruguai situada no território nacional;



Região Hidrográfica	Bacias Hidrográficas Principais
	Limitada ao norte pela região hidrográfica do Paraná, a oeste pela Argentina e ao sul pelo Uruguai.
Paraguai	Bacia hidrográfica do rio Paraguai situada no território nacional.

Fonte: Adaptado de MMA (2015).

### 3.3 A IMPLEMENTAÇÃO DA OUTORGA PELO USO DA ÁGUA NO CENÁRIO NACIONAL

A definição da outorga e da respectiva vazão outorgável deve levar em consideração, além dos aspectos hidrológicos, as opções e as metas de desenvolvimento social e econômico que se pretende atingir, considerando os múltiplos usos, a capacidade de suporte do ambiente e a busca do desenvolvimento sustentável (ANA, 2016).

Segundo o Código de Águas de 1934 são particulares as nascentes e todas as águas situadas em terrenos que também o sejam, quando elas não estiverem classificadas entre as águas comuns de todos, as águas públicas ou as águas comuns. No que se refere aos usos de recursos hídricos, as utilizações deste recurso eram autorizadas por meio de concessões ou autorizações.

As concessões eram outorgadas por meio de decreto do Presidente da República, após encaminhamento pela entidade outorgante. Já as autorizações não necessitavam passar pelo Presidente da República. Em caso de previsões de pouca expressão, o Código das Águas previa a dispensa de outorga, no entanto, não estabelecia critérios para a dispensa.

De acordo com a Política Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 1997), estão sujeitos à outorga pelo poder público:

Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; a extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; o lançamento em corpo de água dos esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; e o aproveitamento dos potenciais hidrelétricos.

A outorga é o ato administrativo mediante o qual o poder público outorgante (União, estado ou Distrito Federal) faculta ao outorgado o direito de uso de recursos hídricos, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo

ato (ANA, 2011). As outorgas de recursos hídricos de domínio da União são emitidas pela Agência Nacional de Águas – ANA, no entanto, a Lei nº 9.433/1997 estabelece a possibilidade de delegação de competência para emissão de outorga de águas de domínio da União para os Estados ou para o Distrito Federal.

A vazão outorgável configura uma parcela da vazão de referência, e é estabelecida pela União ou Estados, de acordo com a dominialidade do curso d'água. A quantificação da vazão outorgável, é comumente centrada na adoção de uma vazão de referência. No contexto brasileiro, as principais vazões de referência adotadas pelos órgãos gestores são a  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$  (LEITE, 2015).

Na formulação de um sistema de outorga adequado à gestão dos recursos hídricos conforme a legislação vigente é necessária a definição das vazões de referência para a concessão de outorga, de forma a auxiliar nas tomadas de decisão. (AMORIM JÚNIOR, 2014).

### **3.3.1 Método $Q_{7,10}$**

O método do  $Q_{7,10}$  considera a vazão média mínima de sete dias consecutivos, com dez anos de recorrência. A metodologia recomenda vazões ecológicas baseado numa série histórica de vazões, especificamente a vazão mínima observada durante sete dias consecutivos, para um período de verificação, para mesma época do ano, de dez anos (LONGHI, 2011).

Segundo Von Sperling (2007), a vazão  $Q_{7,10}$  representa o valor anual da menor média de 7 vazões diárias consecutivas que pode se repetir, em média, uma vez a cada 10 anos. Considerando cada ano da série histórica, procede-se a análise das 365 médias diárias de vazões e seleciona-se, em cada ano, o período de 7 dias consecutivos que resulta na menor média de 7 valores. Após a obtenção dos valores da menor média de 7 dias, de cada ano, realiza-se uma análise estatística, que permite interpolar ou extrapolar o valor para o tempo de retorno de 10 anos.

A  $Q_{7,10}$  constitui um importante instrumento da Política Nacional dos Recursos Hídricos do Brasil, fornecendo estimativa estatística da disponibilidade hídrica dos escoamentos naturais de água (VESTENA, 2012). Para a obtenção do valor de vazão para o período de retorno de 10 anos, são utilizadas distribuições de probabilidades que permitem o melhor ajuste aos dados obtidos.

As distribuições comumente utilizadas para esses cálculos são as de Weibull, Gumbel para valores mínimos, Log-Normal e Log-Pearson tipo III. A escolha da distribuição de probabilidade para cálculo da  $Q_{7,10}$  está relacionado ao ajuste desta distribuição aos dados observados.

### **3.3.2 Método Q90 e Q95**

As vazões de permanência são obtidas por curvas de duração ou permanência que relacionam a vazão com a porcentagem do tempo em que ela é igualada ou superada (MENDES, 2007). No País, a legislação brasileira utilizada com larga frequência a  $Q_{90}$  e a  $Q_{95}$ . A  $Q_{90}$  é a vazão com 90 % de permanência no tempo e a  $Q_{95}$  com 95% podendo ser extrapolada nos períodos chuvosos em que há um significativo aumento da vazão do rio (ASANUMA, 2001).

As curvas de permanência são elaboradas a partir de séries históricas de registros fluviométricos, baseadas nas vazões diárias, mensais ou anuais, arranjadas em ordem decrescente e definida a sua frequência de ocorrência dentro da série histórica (RUTHES, 2017). As informações são dispostas em um gráfico, as quais são ordenadas de forma crescente. A permanência de cada vazão é o percentual de vezes em que ela foi equiparada ou extrapolada.

### **3.3.3 Determinação de vazão outorgável nos estados brasileiros**

Segundo Cruz (2001), no Brasil, cada estado, bem como em nível federal, tem adotado critérios específicos para o estabelecimento das vazões mínimas de referência para outorga sem, entretanto, apresentar justificativas para a adoção desses valores. Verifica-se que órgãos gestores utilizam diferentes vazões mínimas de referência, bem como percentuais considerados outorgáveis, nos critérios que devem ser analisados para a concessão da outorga.

A diversidade de vazões mínimas de referência adotadas, assim como de diferentes percentuais desta vazão para outorga, afeta diferentes usuários e suas atividades econômicas, como irrigação, abastecimento urbano, geração de energia, produção industrial, diluição de efluentes, recreação, entre outros (SILVA, 2015).

A Tabela 1 apresenta as vazões de referência e vazões máximas outorgáveis para diversos estados brasileiros. Verifica-se que as vazões de referência

apresentam similaridades de acordo com as regiões do País, como no Sudeste, por exemplo, onde as vazões outorgáveis são baseadas da Q<sub>7,10</sub>, um método que considera cenários críticos de disponibilidade hídrica.

Tabela 1 - Vazões de referência utilizadas por estados brasileiros.

Região	Estado	Vazão de Referência	Vazão Máxima Outorgável
Norte	Acre	Q95	70% da Q95
	Pará	Q95	70% da Q95
	Tocantins	Q90	70% da Q90
Nordeste	Alagoas	Q90	Q90
	Bahia	Q90	80% da Q90
	Ceará	Q90	90% da Q90
Centro-Oeste	Distrito Federal	Q <sub>7,10</sub> ou Q90	80% da Q <sub>7,10</sub> ou da Q90
	Goiás	Q95	50% da Q95
	Mato Grosso	Q95	70% da Q95
Sudeste	Espírito Santo	Q <sub>7,10</sub> ou Q90	50% da Q <sub>7,10</sub> ou 50% da Q90
	Minas Gerais	Q <sub>7,10</sub>	30% da Q <sub>7,10</sub>
	São Paulo	Q <sub>7,10</sub>	50% da Q <sub>7,10</sub>
Sul	Santa Catarina	Q98	50% da Q98
	Rio Grande do Sul	Plano de Bacias	Varia entre as bacias
	Paraná	Q95	50% da Q95

Fonte: Adaptado de Ruthes (2017).

### 3.4 A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NO ESTADO DO PARÁ

A gestão dos recursos hídricos no estado do Pará teve início a partir da Lei de Nº 5.793 de 4 de janeiro de 1994, que determinava os objetivos, diretrizes e instrumentos da Política Minerária e Hídrica do Estado do Pará. Tal Lei abordava em seu conteúdo atribuições para o uso dos recursos minerais, cabendo a alguns parágrafos a gestão dos recursos hídricos. Tal política objetivava estimular a geração de empregos, investimentos, entre outros, assim como, criar programas e projetos para forma uma cadeia produtiva articulada.

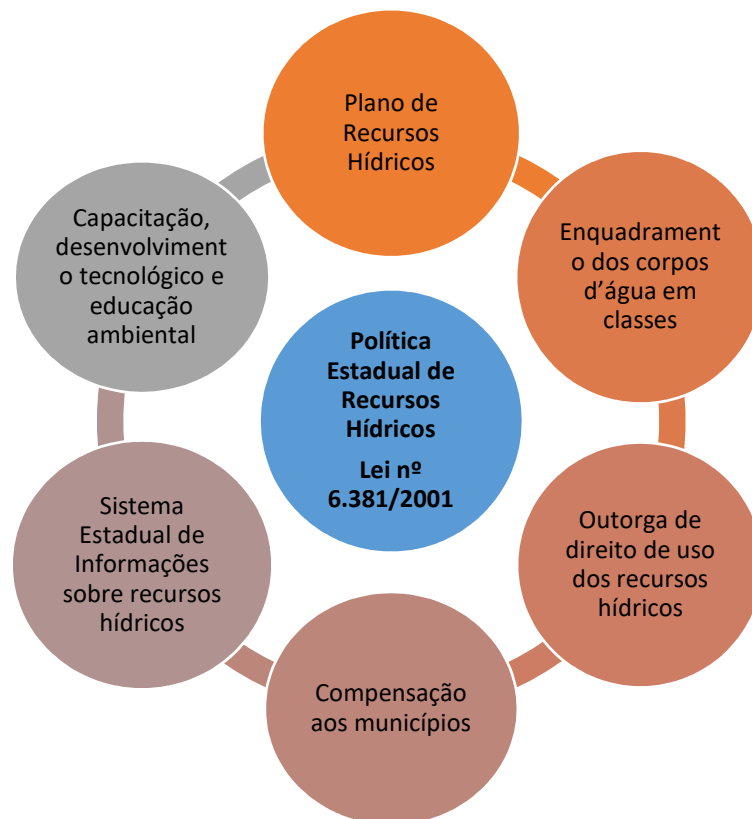
A partir da Lei Nº 5.793/1994, surgiram outras normatizações legais como a Lei nº 5.807, de 24 de janeiro de 1994 que designa o Conselho Consultivo da Política Minerária e Hídrica do Estado do Pará; a Lei nº 6.105, de 14 de janeiro de 1998, que discorre sobre a Conservação e Proteção dos Depósitos de Águas Subterrâneas no Estado do Pará e a Lei Nº 5.887, de 9 de maio de 1995, que regulamentava a Política Estadual de Meio Ambiente. Deste modo, foi possível identificar o desenvolvimento

de políticas direcionadas à utilização de modo sustentável dos recursos hídricos no Estado.

A partir da criação da Lei Nº 6.381 de 27 de julho de 2001 que a gestão dos recursos hídricos se configura como mais significativa. A Lei Nº 6.381/2001 estabeleceu a Política Estadual de Recursos Hídricos – PERH e constituiu o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A Política Estadual de Recursos Hídricos apresenta princípios, objetivos, diretrizes e instrumentos para gestão similares aos definidos na PNRH.

A PERH inovou ao estabelecer no contexto da gestão a outorga para a utilização das hidrovias para o transporte; e a capacitação, desenvolvimento tecnológico e educação ambiental. A PERH também apresenta como uma das diretrizes de ação a criação e operação da rede hidrometeorológica do Estado e o intercâmbio das informações com instituições federais, estaduais, municipais e privadas. A Figura 7 apresenta os instrumentos definidos na política estadual de recursos hídricos.

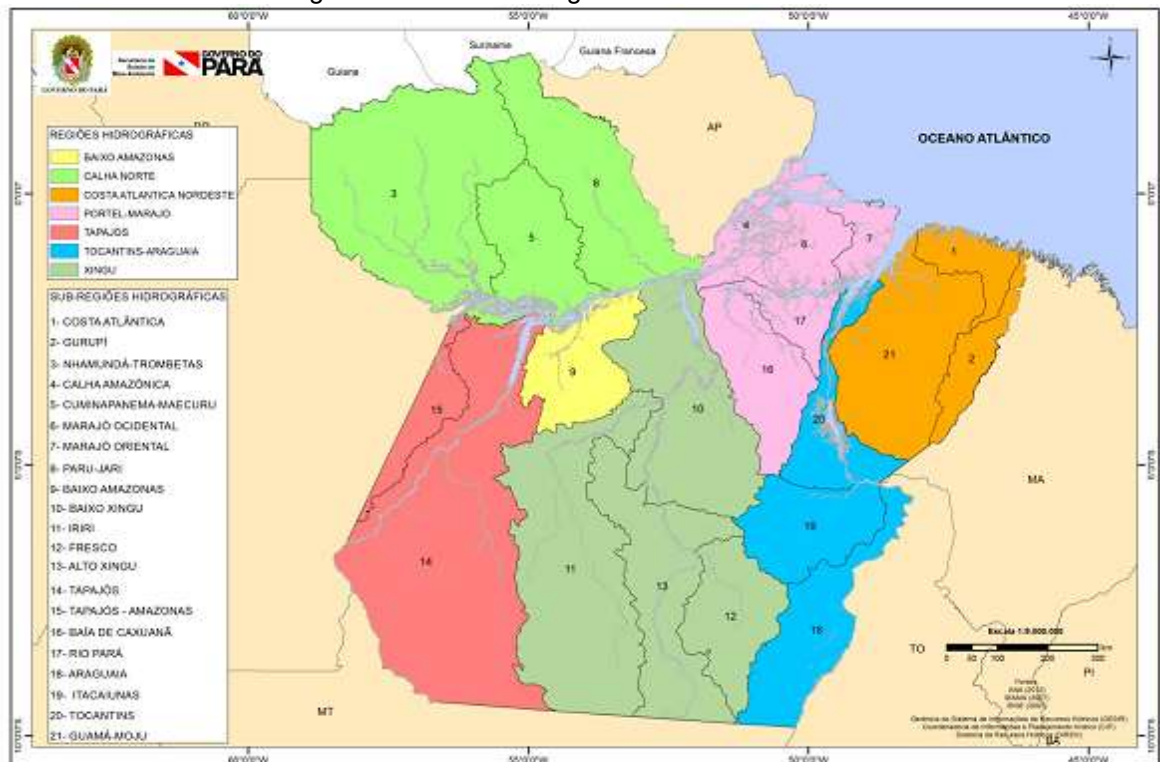
Figura 7 - Instrumentos definidos na Política Estadual de Recursos Hídricos



Fonte: Adaptado de SEMAS (2017).

A Resolução CERH N° 04/2008 adotou uma metodologia de referência que permitiu procedimentos padronizados de subdivisões e agrupamentos de bacias e regiões hidrográficas. Para a gestão e planejamento dos recursos hídricos no estado do Pará, o Estado foi subdividido em 7 Regiões Hidrográficas, sendo elas: Calha Norte, Tapajós, Baixo Amazonas, Xingu, Portel-Marajó, Tocantins-Araguaia e Costa Atlântica-Nordeste. A Figura 8 apresenta a divisão do estado do Pará com base nas regiões hidrográficas.

Figura 8 - Divisão Hidrográfica do Estado do Pará



Fonte: SEMA (2013).

O critério de divisão em regiões hidrográficas considerou a geomorfologia, geologia, hidrografia, solos e fator hidroclimático. Além disso, foram considerados os municípios envolvidos e os limites geográficos das regiões hidrográficas com os divisores de água das bacias limítrofes da região considerada; a homogeneidade nos aspectos geofisiográficos, em termos de ecossistemas componentes e socioeconômicos e históricos de ocupação e desenvolvimento econômico próximos (SEMAS, 2012). A Tabela 2 apresenta a área das regiões hidrográficas pertencentes ao estado do Pará.

Tabela 2- Regiões hidrográficas e área de extensão

Regiões Hidrográficas	Área (em km <sup>2</sup> ) Região Hidrográfica
Calha Norte	276.327,95
Tapajós	217.732,54
Baixo Amazonas	59.741,02
Xingu	313.233,00
Portel-Marajó	123.209,90
Tocantins-Araguaia	139.942,45
Costa Atlântica-Nordeste	122.050,94

Fonte: SEMAS (2012).

### 3.4.1 A Outorga de Direito de Uso dos recursos hídricos no Estado do Pará

A Política Estadual de Recursos Hídricos define que a outorga tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos corpos hídricos e o efetivo exercício do direito de acesso à água. Neste contexto, o Art. 12 da Lei nº 6.891/2001 estabelece que estão sujeitos à outorga pelo Poder Público os seguintes usos dos recursos hídricos:

- Derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público ou insumo de processo produtivo;
- Extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- Lançamento de esgotos e demais resíduos, tratados ou não, em corpo de água, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;
- Aproveitamento de potenciais hidrelétricos;
- Utilização das hidrovias para o transporte;
- Outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

O Art. 11 da Resolução CERH Nº 03, de 03 de setembro de 2008, estabelece que a outorga será deferida em função do nível de disponibilidade hídrica da bacia/região hidrográfica, considerando os seguintes elementos:

- O volume outorgável, considerado o máximo volume que pode ser outorgado em um corpo hídrico (soma do volume já outorgado com o volume ainda disponível para outorga);

- A quantidade mínima de água para prevenção da degradação ambiental e manutenção dos ecossistemas aquáticos;
- A quantidade mínima de água para manutenção das características de navegabilidade do corpo de água;
- O balanço hídrico na área afetada, abrangendo seus aspectos quantitativos e qualitativos, e suas variações ao longo do tempo;
- O aumento de disponibilidade hídrica gerada na(s) bacia(s) hidrográfica(s), quando couber.

O Art. 14º, §3º, da Resolução CERH nº 10, de 03 de setembro de 2010, dispõe sobre as referências para análise da disponibilidade hídrica a ser avaliada junto aos pedidos de outorga preventiva e de direito de uso de recursos hídricos, para captação de água superficial.

De acordo com o disposto na Resolução, o padrão de vazão de referência para análise de disponibilidade hídrica superficial dos pedidos de outorga é a vazão com 95% de permanência, de modo que o somatório das vazões de captação, outorgadas e independentes de outorga devidamente cadastradas, ficará limitado a 70% da vazão de referência e será aplicado em corpos hídricos perenes e perenizados e a reservatórios implantados em corpos hídricos perenes e intermitentes.

O limite máximo individual para o padrão de captação a ser outorgado é de até 20% da vazão de referência para cada usuário do recurso hídrico.

### **3.4.2 Dispensa de Outorga de Direito de uso dos recursos hídricos**

A dispensa de Outorga de recursos hídricos consiste em um documento expedido pelo órgão competente pela gestão dos recursos hídricos que autoriza a utilização dos mesmos. Isso quer dizer que, o usuário comprovando a utilização inferior a uma vazão determinada ou insignificante, está dispensado da outorga de direito de uso dos recursos hídricos.

A Lei Nº 9.433/97 estabelece que independem de outorga pelo Poder Público os seguintes usos dos recursos hídricos:

- I. o uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural;
- II. as derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; e



III. as acumulações de volumes de água considerados insignificantes.

A Resolução ANA Nº 1175, de 16 de setembro de 2013, que dispõe sobre critérios para definição de derivações, captações e lançamentos de efluentes insignificantes, bem como serviços e outras interferências em corpos d'água de domínio da União não sujeitos a outorga, estabelece que captações iguais ou inferiores a 86,4 m<sup>3</sup>/dia são consideradas insignificantes.

A alteração da Resolução CERH/PA Nº 9, de 12/02/2009, determina que:

Art. 2º. É considerada captação superficial insignificante aquela que não exceda a vazão máxima de 86 m<sup>3</sup>/dia, com a vazão instantânea máxima de 1L/s, para qualquer uso.

§1º. Serão estabelecidos valores diferenciados para regiões classificadas como áreas de escassez hídrica.

§2º. As áreas de escassez hídrica serão definidas pelo órgão gestor, com base pelo menos na precipitação e na evaporação.

§3º. Na ausência de definição das áreas e valores para regiões de escassez, será considerado o valor 0,5L/s nas áreas definidas como tal no momento de análise pelo órgão gestor de recursos hídricos (SEMÁS, 2009).

A concessão da dispensa de outorga é realizada mediante uma análise preliminar de documentos técnicos que comprovem o uso dos recursos hídricos dentro da faixa limite para Dispensa.

### **3.4.3 Metodologia de cálculo para disponibilidade hídrica para captação superficial**

Para Lima e Cruz (2010), o conhecimento das vazões outorgáveis em cada ponto ao longo da rede hidrográfica, é importante para a determinação das áreas de contribuição para cada trecho de rio que compõe a bacia hidrográfica, permitindo a gestão dos recursos hídricos e visando o atendimento das demandas nos diversos usos.

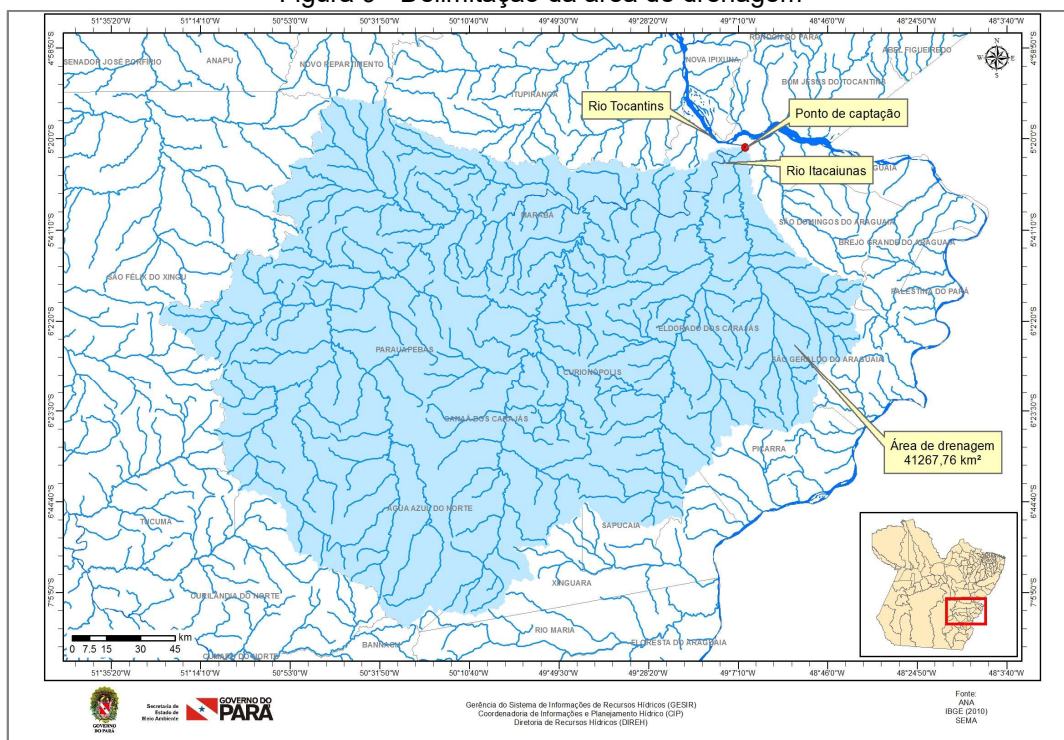
Os procedimentos adotados para determinação da vazão específica no ponto de captação consistem nas seguintes etapas:

- I. Identificação da bacia de captação: A partir das coordenadas geográficas fornecida pelo solicitante de outorga, realiza-se a plotagem do ponto de captação na base cartográfica para identificar a bacia de captação;

- II. Delimitação da área da bacia de captação (Acp): Após a identificação da bacia no qual o ponto de captação foi determinado, delimita-se a área da mesma, utilizando-se a ferramenta *ArcHydro* do software *ArcGis*;
- III. Definição da série histórica da estação fluviométrica: Utilizando dados de séries históricas disponíveis no Hidroweb, verifica-se a série histórica da estação fluviométrica mais próxima à bacia de captação, ou que esteja no rio principal do ponto de captação;
- IV. Identificação da área da bacia de contribuição (Ad): Por meio da ferramenta HidroWeb, identifica-se a área da bacia de contribuição, ou seja, aquela onde se localiza a estação fluviométrica escolhida para a verificação da disponibilidade hídrica;
- V. Simulação dos Dados de Vazão: Com base nos dados de vazão de uma estação fluviométrica conhecida, pode-se extrapolar valores de vazão para os demais pontos da bacia de forma linear.

A Figura 9 apresenta a delimitação da área de drenagem, considerando a bacia do rio principal, no qual o ponto de captação está localizado.

Figura 9 - Delimitação da área de drenagem



Fonte: SEMAS (2017).

O processo de outorga para captação de águas superficiais, no estado do Pará, utiliza como base a vazão de referência  $Q_{95}$ , que é obtida diretamente da curva de permanência de vazões de uma dada estação fluviométrica situada em uma bacia hidrográfica.

As definições das disponibilidades hídricas nas seções de captação propostas, assim como os percentuais da vazão de referência utilizados como limites para captação, são obtidas com base na transposição da informação hidrológica de uma seção monitorada de maior proximidade em relação ao local onde se solicitou a captação, por meio do uso da vazão  $Q_{95}$  específica (SEMAS, 2017).

Para a obtenção da vazão específica, realiza-se o cálculo conforme Equação 1:

$$Q_e = \frac{Q_{95}}{Ad} \quad (1)$$

Onde:

$Q_e$  – vazão específica ( $m^3/(s.Km^2)$ );

$Q_{95}$  – vazão mínima de referência com 95% de permanência no tempo ( $m^3/s$ );

$Ad$  – área de drenagem da estação fluviométrica ( $km^2$ ).

Para a determinação da  $Q_{95}$  no ponto de captação, tem-se a seguinte equação:

$$Q_{95 \text{ ponto}} = Q_e \times Adp \quad (2)$$

Sendo que,

$Q_{95 \text{ ponto}}$ : vazão com 95% de permanência no tempo, no ponto de intervenção;

$Q_e$  – vazão específica ( $m^3/(s.Km^2)$ );

$Adp$ : área de drenagem do ponto.

Após a obtenção do valor da  $Q_{95}$  no ponto, aplica-se o cálculo de 70% sobre a vazão de referência (Equação 3).

$$70\% \text{ da Q95 ponto} = 0,7 \times \text{Q95 ponto} \quad (3)$$

Em casos de ausência de dados do órgão outorgante, a Resolução CERH nº 10/2010, dispõe que:

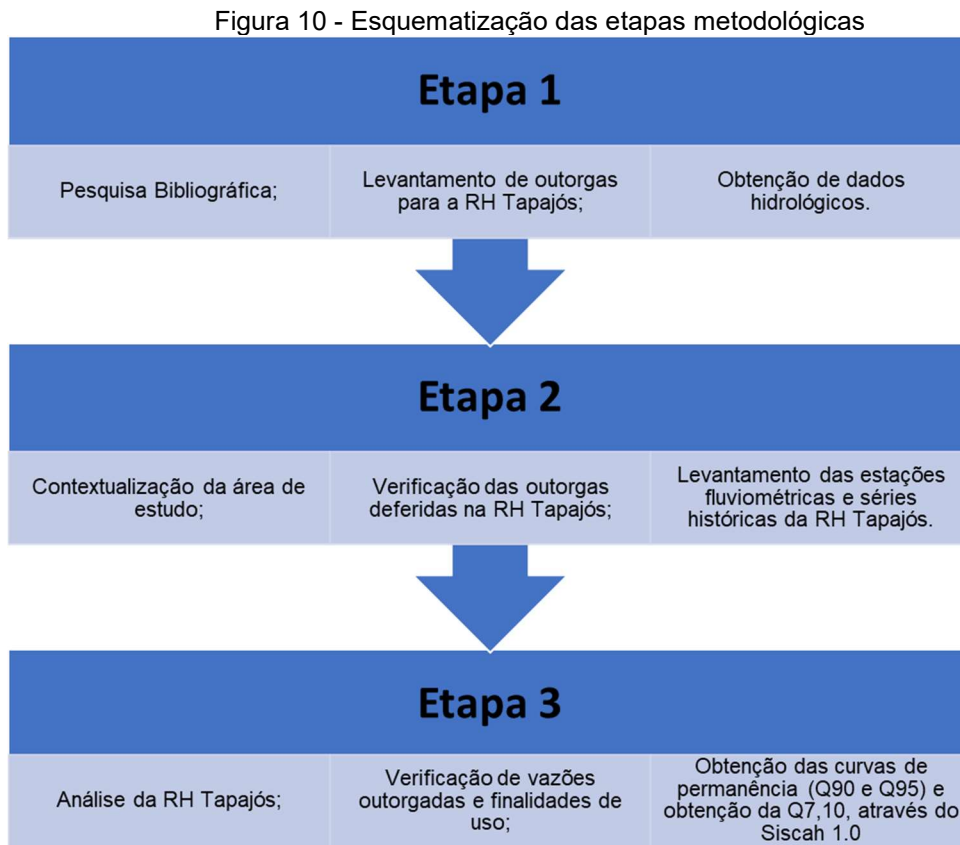
§5º Na ausência de dados oficiais dos órgãos gestores federal e estadual, serão consideradas as informações hidrológicas fornecidas pelo usuário, estando sujeitas à avaliação e à comprovação por parte do Órgão Gestor da Política Estadual de Recursos Hídricos.

No que se refere à vigência, o Art. 35 dispõe sobre os prazos da Outorga de Direito de uso dos recursos hídricos, que serão contados a partir da data de publicação dos respectivos atos administrativos, ou seja, no ato da sua impressão, os prazos são:

- I - até dois anos, para início da implantação do empreendimento objeto da outorga;
- II - até seis anos, para conclusão da implantação do empreendimento projetado; e
- III - até trinta e cinco anos, para vigência da outorga de direitos de uso.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo, serão apresentados de forma sistemática as etapas realizadas para a obtenção dos objetivos definidos neste trabalho, conforme fluxograma na Figura 10.



Fonte: Autor (2018).

### 4.1 ÁREA DE ESTUDO

A região hidrográfica do Tapajós ocupa uma área de 16,8% do estado. A região hidrográfica é constituída pela bacia do rio Tapajós, possuindo como principais drenagens os rios Tapajós, Teles Pires, Jamaxim, São Benedito e rio Arapiuns. A região hidrográfica é dividida pela sub-região hidrográfica Tapajós-Amazonas e Tapajós. A sub-região hidrográfica do Tapajós está dividida em 4 sub-bacias: Alto Tapajós, Médio Tapajós, Baixo Tapajós e Jamanxim.

Os municípios que compõe a região hidrográfica são: Itaituba, Rurópolis, Trairão, Aveiro, Juriti, Jacareacanga, Novo Progresso, Belterra e Santarém. A Tabela 3 apresenta as informações sobre área da unidade territorial dos municípios e o quantitativo populacional.

Tabela 3- Municípios da região hidrográfica Tapajós

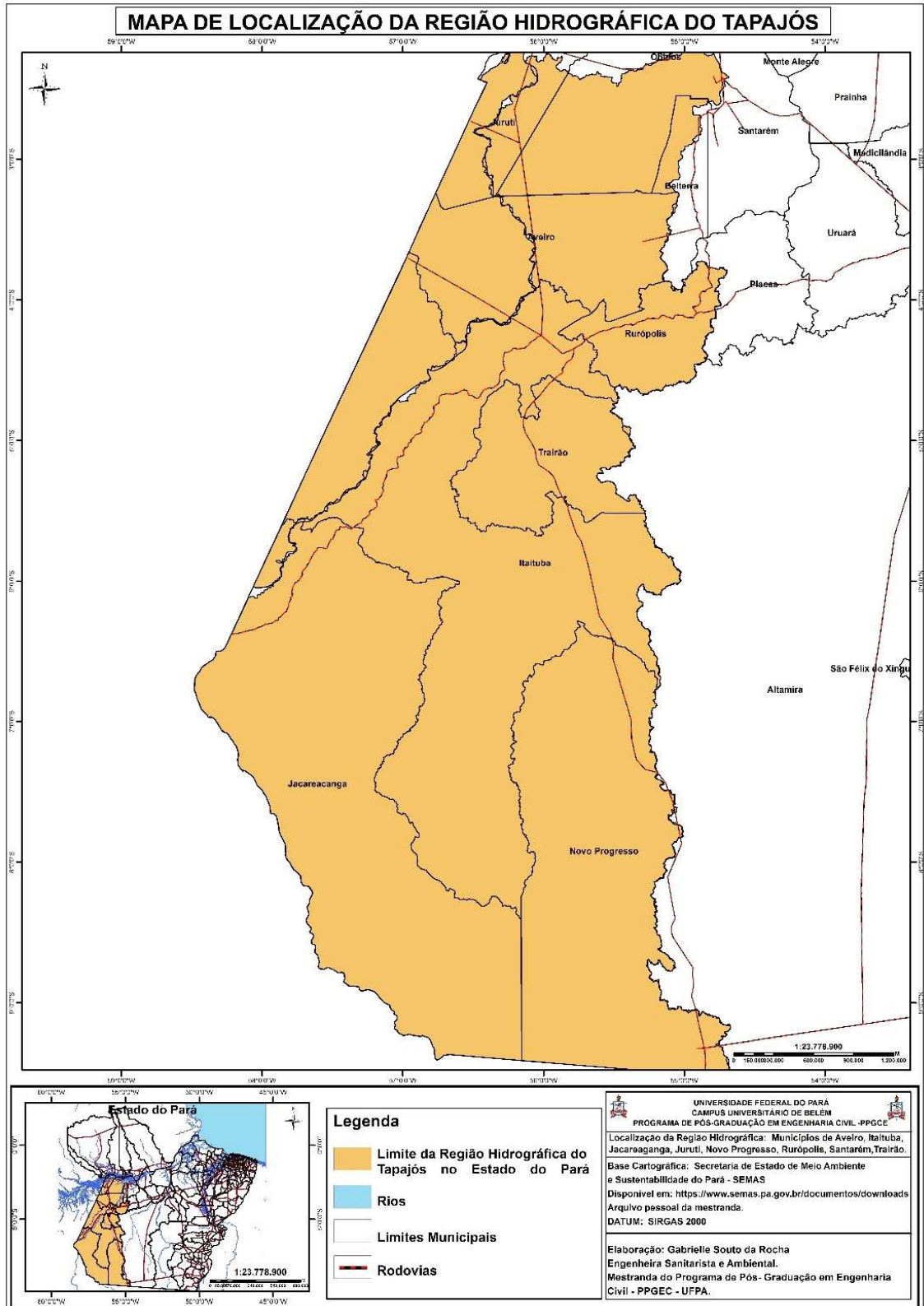
Município	População (Censo 2010)	Área da Unidade Territorial (km <sup>2</sup> )
Aveiro	15.849	17.074,052
Belterra	16.318	4.398,418
Itaituba	97.493	62.042,472
Jacareacanga	14.103	53.304,564
Juruti	47.086	8.305,128
Novo Progresso	25.124	38.162,035
Rurópolis	40.087	7.021,321
Santarém	294.580	17.898,389
Trairão	16.875	11.991,085

Fonte: IBGE (2010).

O rio Tapajós, principal rio da região hidrográfica, é formado pela confluência do rio Teles Pires com o rio Juruena, na fronteira entre Pará e Mato Grosso (MMA, 2011). A bacia do rio Tapajós drena uma área de aproximadamente 492 mil km<sup>2</sup>, dividida entre os estados do Amazonas (3%), Pará (38%) e Mato Grosso (59%).

Para a delimitação da região hidrográfica do Tapajós, foi utilizado o software *ArcGIS* e a ferramenta disponível para realizar a delimitação da região hidrográficas e a extração das redes de drenagem. A Figura 11 apresenta a área delimitada referente à região hidrográfica do Tapajós e bacia do rio Tapajós no âmbito estadual.

Figura 11- Localização da região hidrográfica Tapajós



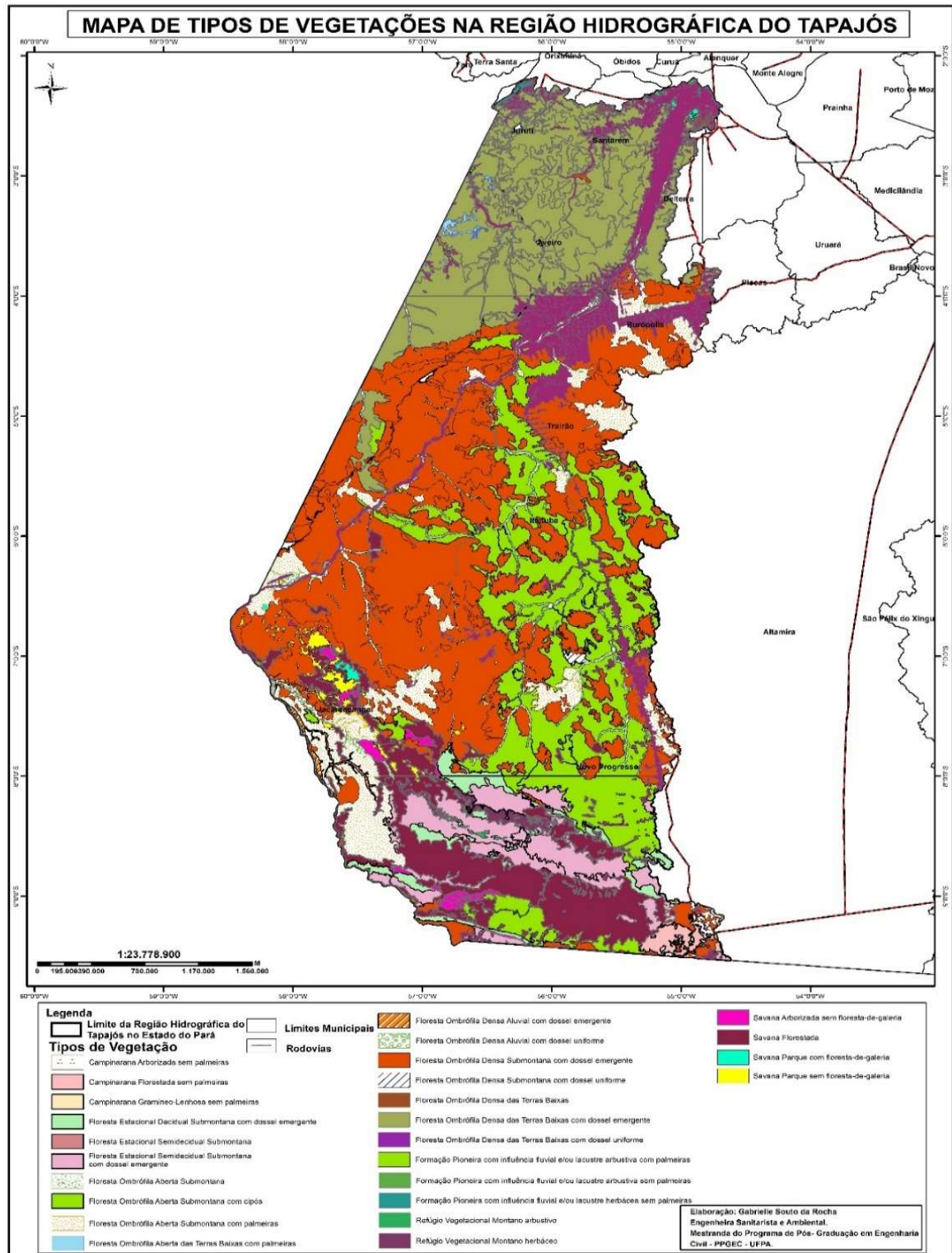
Fonte: Autor (2018).

De acordo com Kottek et al. (2006), a bacia do rio Tapajós está representada por duas tipologias climáticas: na parte superior da bacia, verifica-se o clima classificado como Am, caracterizando-se pelo clima tropical de monção, de breve estação seca e com chuvas intensas durante o resto do ano, apresentando temperatura média superior a 18°C e precipitação anual em torno de 2000 mm; na parte inferior da bacia, o clima é classificado como sendo Aw, com chuvas de verão, característica climática de regiões de savana, atingindo em média 1800 mm/ano (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Na região próxima à cabeceira do rio Tapajós, verifica-se a alteração para a vegetação de cerrado, enquanto que ao norte da região hidrográfica tem-se gradativamente a substituição pela floresta amazônica, ao longo de uma extensa área de transição, que vem sofrendo o processo de antropização. Seguindo em direção ao rio Amazonas, observa-se a predominância de florestas ombrófilas abertas e florestas ombrófilas densas, com encaves de florestas estacionais, campos e campinaranas, e florestas aluviais ao longo dos rios, conforme apresentado na Figura 12.



Figura 12 - Tipos de vegetação na região hidrográfica do Tapajós



Fonte: Autor (2018).

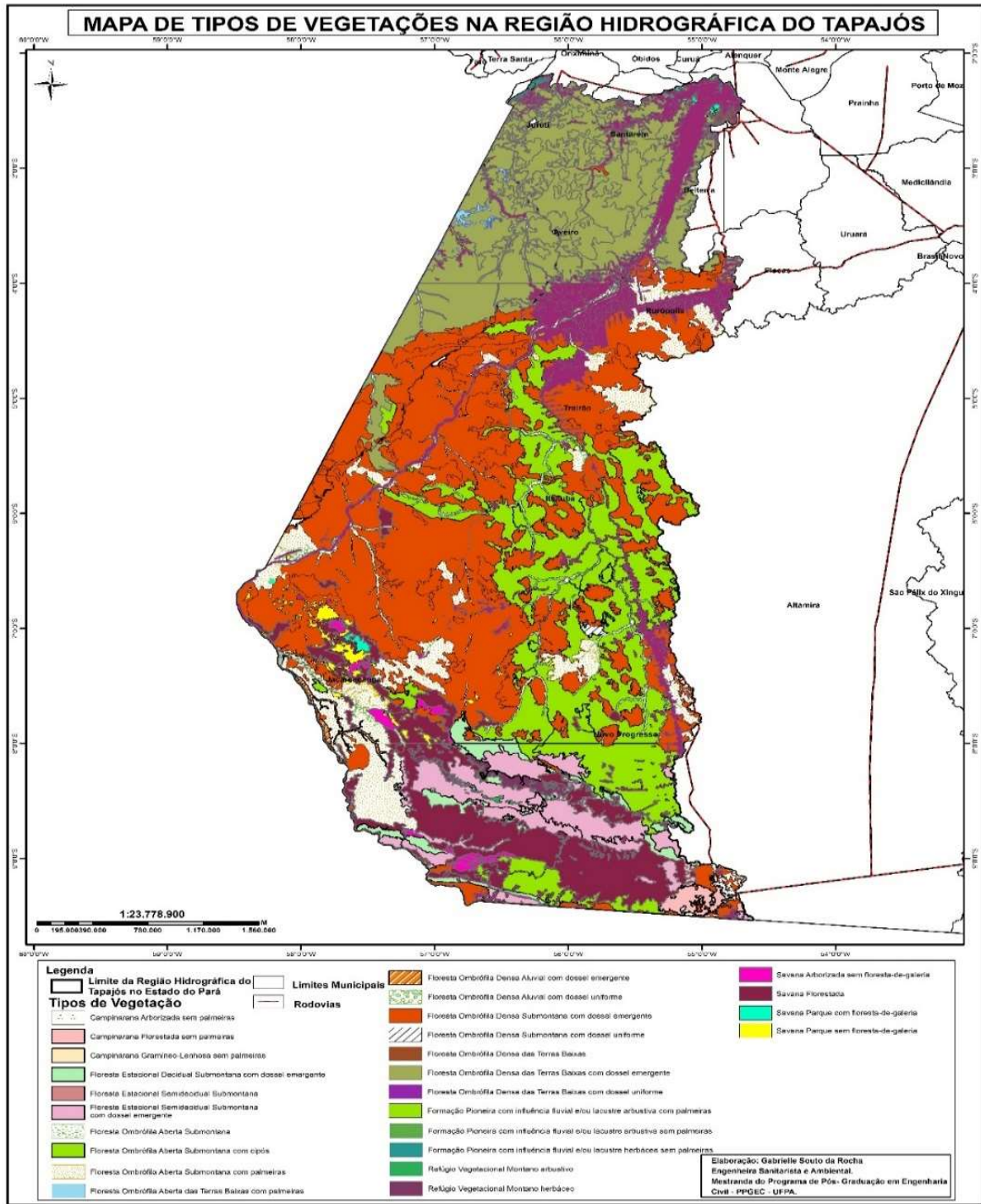
Os principais tipos de solo evidenciados na bacia do rio Tapajós correspondem a solos litólicos, areias quartzosas, latos solos, podzólicos, solos de várzea, solos concrecionários e cambissolos (FIGUEIREDO, 2014).

Ao longo da região hidrográfica, verifica-se uma faixa extensa de nitossolo vermelho eutrófico, abrangendo parte dos municípios de Novo Progresso, Trairão, Itaituba e Rurópolis. A característica dessa ocorrência configura como solos de cores vermelhas e vermelho-escuras, argilosos e muito argilosos, de estrutura em blocos fortemente desenvolvidos, derivados de rochas básicas e ultrabásicas, também conhecido como Terra Roxa, de alta fertilidade.

Na região norte da região hidrográfica do Tapajós, abrangendo os municípios de Santarém, Aveiro, Belterra e Juruti identifica-se a predominância de latossolo amarelo distrófico. As características desse solo são de materiais argilosos ou areno-argilosos sedimentares da formação Barreiras na região litorânea do Brasil ou nos baixos platôs da região amazônica.

Na Figura 13, observa-se a uma ampla faixa de neossolo quartzarênico órtico, classe de solo de ocorrência em relevo plano ou suave ondulado, apresenta textura arenosa ao longo do perfil e cor amarelada, próximo à fronteira com estado do Mato Grosso.

Figura 13 -Tipos de solo na região hidrográfica do Tapajós



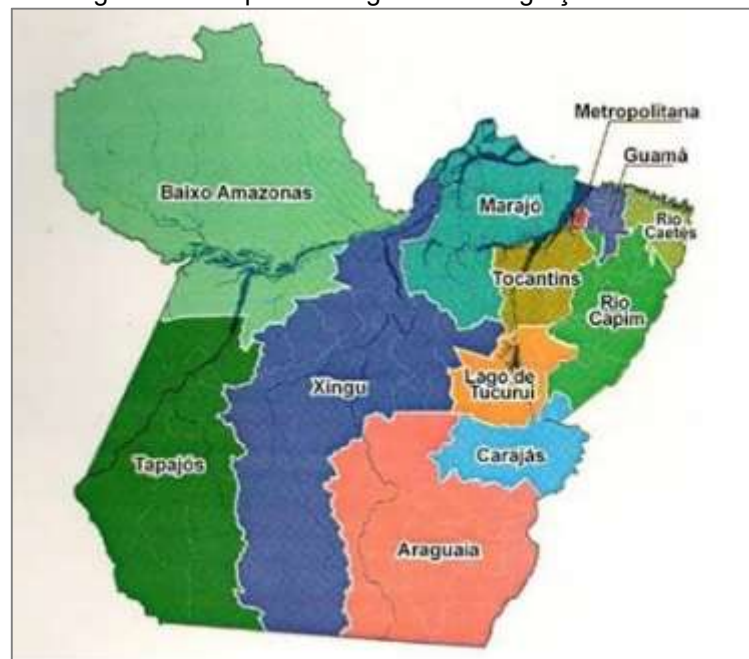
Fonte: Autor (2018).

#### 4.1.1 Aspectos socioeconômicos da região do Tapajós.

No que se refere aos aspectos sociais e econômicos da região hidrográfica Tapajós, a região configura-se hoje como uma potencial área para a investimentos em hidrelétricas e crescimento econômico da Amazônia. A região apresenta uma grande área verde preservada, freando deste modo o desmatamento impulsionado pela produção de commodities, na área de transição com o Cerrado (WWF, 2016).

O Decreto Estadual Nº 1.066, de 19 de junho de 2008, estabeleceu uma regionalização a fim de definir regiões que possam representar espaços com semelhanças de ocupação, de nível social e de dinamismo econômico e cujos municípios mantenham integração entre si, com a finalidade de definir espaços que possam se integrar de forma a serem partícipes do processo de diminuição das desigualdades regionais. Das 12 regiões de integração definidas, inclui-se a Região de Integração do Tapajós, apresentada na Figura 14.

Figura 14 - Mapa das Regiões de Integração do Pará



Fonte: IDESP (2011).

A Região de Integração do Tapajós (RI Tapajós) é formada por seis municípios, que também fazem parte da RH Tapajós, com exceção de Belterra, Juruti e Santarém. A RI Tapajós possui três grandes eixos de circulação de pessoas e produtos: o Rio Tapajós, a BR-163 (Rodovia Cuiabá-Santarém) e a BR-320 (Rodovia Transamazônica).

Em aspectos gerais, a RI Tapajós representa cerca de 1,6% do PIB paraense. De acordo com dados da FAPESPA (2016), entre as principais atividades econômicas, tem-se a extração de ouro no município de Itaituba, respondendo por 60% da produção estadual, destacando-se, também, a extração de calcário para insumo da indústria de cimento no município. No setor de agropecuária, a região corresponde a 7% do rebanho estadual. O setor madeireiro representa também uma grande parte da parcela econômica da região, com foco no município de Itaituba.

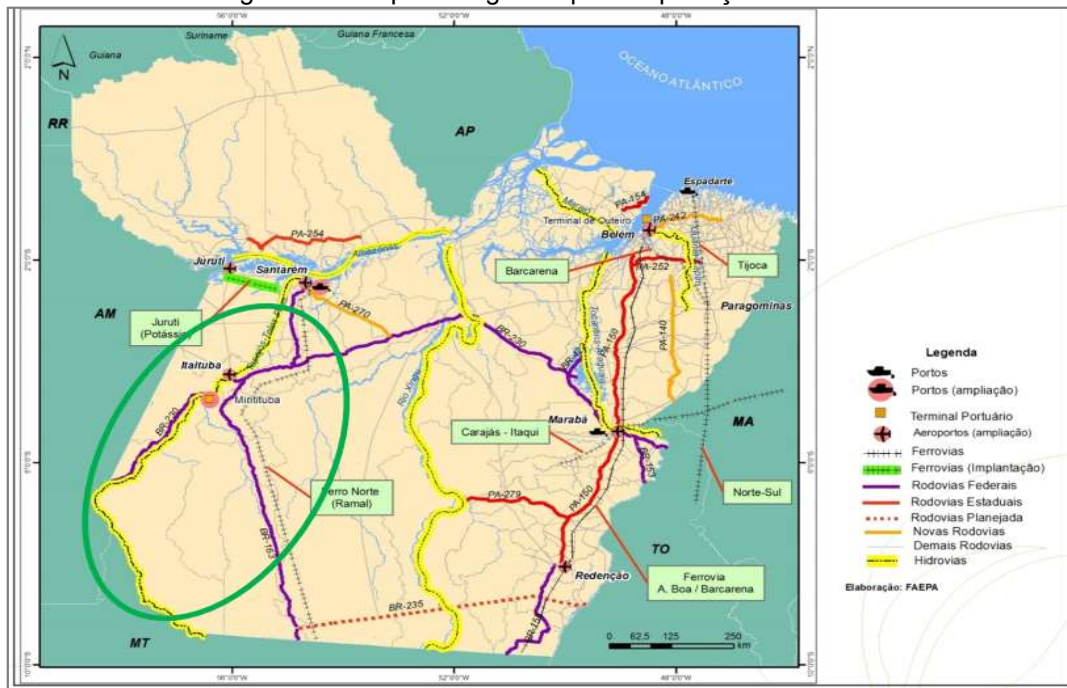
Os principais municípios pertencentes à região são Santarém e Itaituba. O município de Santarém, localizado na foz do rio Tapajós, possui cerca de 300 mil habitantes e o apresenta o maior Produto Interno Bruto (PIB) da região. Nos últimos anos, tornou-se um dos principais produtores de grãos, com destaque para a soja, tornando-se parte dos grandes complexos logísticos de escoamento de soja e outros grãos.

O município de Itaituba também se destaca na região hidrográfica do Tapajós. O município apresenta cerca de 100 mil habitantes e uma área de 62.042,472 km<sup>2</sup> e está localizada em uma área estratégica, às margens do rio Tapajós e com acesso rápido e de menor extensão à BR 163, favorecendo a expansão das atividades agrícolas na região, facilitando o escoamento de grãos e outros insumos.

Diversos projetos de infraestrutura estão sendo implementados e avaliados para instalação na região hidrográfica do Tapajós. A Figura 15 apresenta o mapa do Estado com as principais rotas logísticas de exportação, de modo que, para a região hidrográfica tem-se a ampliação de terminal portuário, ampliação de aeroportos e ampliação de portos.



Figura 15 - Mapa de logística para exportação do Pará



Fonte: FAPESPA (2016).

Para Schuber (2015), a região do Tapajós é considerada estratégica no plano de desenvolvimento nacional em função do seu potencial energético e localização privilegiada em relação à nova rota de exportação da produção agrícola do centro-oeste do país. Na Figura 16, verifica-se as obras de infraestrutura para a região do Tapajós e o status de andamento.

Figura 16- Quadro com obras de infraestrutura previstas para a região do Tapajós.

Infraestrutura	Equipamento	Situação
<b>Portos</b>	Terminal Portuário Miritituba	Construção
<b>Hidrovia</b>	Tapajós - Teles Pires (Juruema)	Em Operação
	Tapajós - Teles Pires (Juruema)	Projetada
<b>Ferrovia</b>	Norte Brasil - Ferronorte	Projetada
<b>Hidrelétrica</b>	<b>São Luiz do Tapajós</b>	Planejada
	<b>Jatobá</b>	Planejada
	Chacorão	Planejada
	Cachoeira do Caí	Planejada
	Jamanxim	Planejada
	Cachoeira dos Patos	Planejada
	Jardim de Ouro	Planejada
	<b>São Manoel</b>	Planejada
Teles Pires	Construção	

Fonte: FAPESPA (2016).

## 4.2 LEVANTAMENTO DAS ESTAÇÕES FLUVIOMÉTRICAS

Para a análise dos dados e obtenção dos resultados, foi utilizada a base de informações do banco de dados da rede hidrometeorológica da Agência Nacional de Águas (ANA), através do Sistema de Informações Hidrológicas (Hidro Web). Nesta etapa, realizou-se o levantamento das estações fluviométricas existentes na bacia hidrográfica do rio Tapajós, considerando a série temporal e a distribuição espacial das estações.

A partir do levantamento de estações fluviométricas localizadas na região hidrográfica Tapajós, foi realizada a análise das séries históricas de cada estação, de modo que, o critério para a determinação das estações considerou a existência de pelo menos 20 anos de dados.

A região hidrográfica Tapajós apresenta poucos dados fluviométricos disponíveis, uma vez que muitas estações fluviométricas existentes na região não possuem dados ou possuem dados desatualizados. Para este estudo, foram definidas 5 estações fluviométricas para a análise da vazão e geração das curvas de permanência das estações. Os dados das estações são apresentados na Tabela 4.

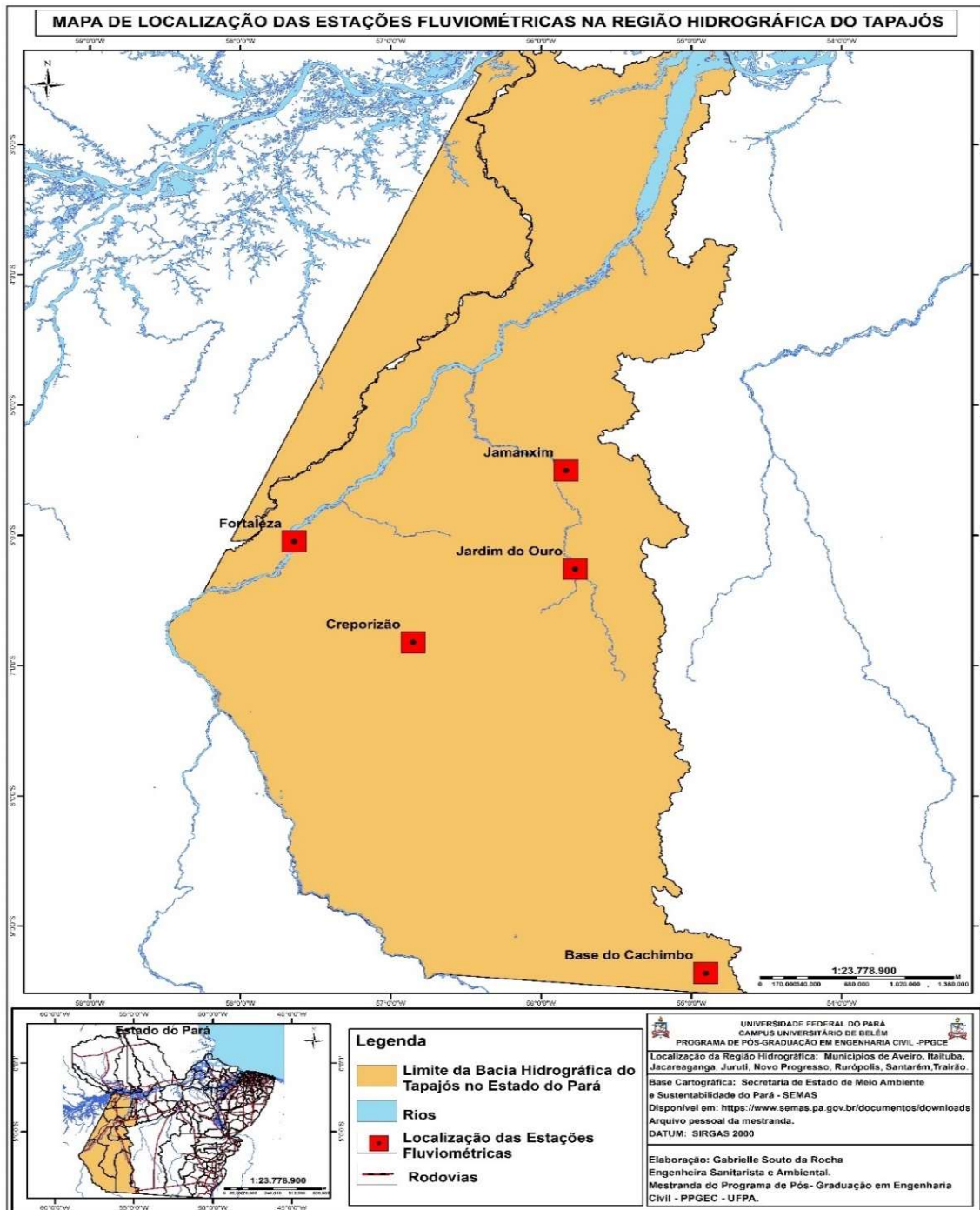
Tabela 4- Estações fluviométricas localizadas na RH Tapajós

ID	Código	Estação Fluviométrica	Série Histórica	Município	Área de Drenagem (Km <sup>2</sup> )	Latitude	Longitude
1	17680000	Jamanxim	1986 - 2007	Itaituba	40.200,00	5° 30' 0.00"S	55° 50' 0.00"W
2	17500000	Fortaleza	1983 - 2007	Itaituba	363.000,00	6° 2' 43.08"S	57° 38' 34.08"W
3	17675000	Jardim do Ouro	1987 - 2007	Itaituba	37.400,00	6° 15' 27.00"S	55° 46' 21.00"W
4	17610000	Creporizão	1987 - 2007	Jacareacanga	6240,00	6° 49' 10.92"S	56° 51' 6.12"W
5	17345000	Base do Cachimbo	1980 - 2009	Novo Progresso	465,00	9° 21' 32.04"S	54° 54' 14.04"W

Fonte: Adaptado de Hidroweb (2018).

Na Figura 17 apresenta-se a localização das estações e a distribuição espacial na região hidrográfica Tapajós.

Figura 17 - Localização das estações fluviométricas na região hidrográfica Tapajós.



Fonte: Autor (2018).

#### 4.3 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA

Segundo Silva (2015), as vazões de referência adotadas pelos órgãos gestores para fins de outorga, influenciam diretamente no total disponível para outorga. Por questões práticas consideram-se, para fins de outorga, referências baseadas exclusivamente em métodos hidrológicos escolhidas empiricamente, como



a vazão mínima de sete dias consecutivos com tempo de retorno de dez anos,  $Q_{7,10}$ , ou vazões de permanência  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  (JUNIOR, 2014).

Para a determinação das vazões de referência utilizou-se dados diários de vazões estabelecidos a partir das séries históricas das estações fluviométricas. O processamento de dados para traçar as curvas de permanência para a  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , para cada estação fluviométrica, foi realizado a partir do Sistema Computacional para Análises Hidrológicas (SisCAH 1.0), desenvolvido e disponibilizado pelo Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos (GPRH), da Universidade Federal de Viçosa. A Figura 18 apresenta a interface do programa Siscah 1.0 para a manipulação dos dados.

Figura 18 - Interface para a manipulação dos dados hidrológicos no programa Siscah 1.0

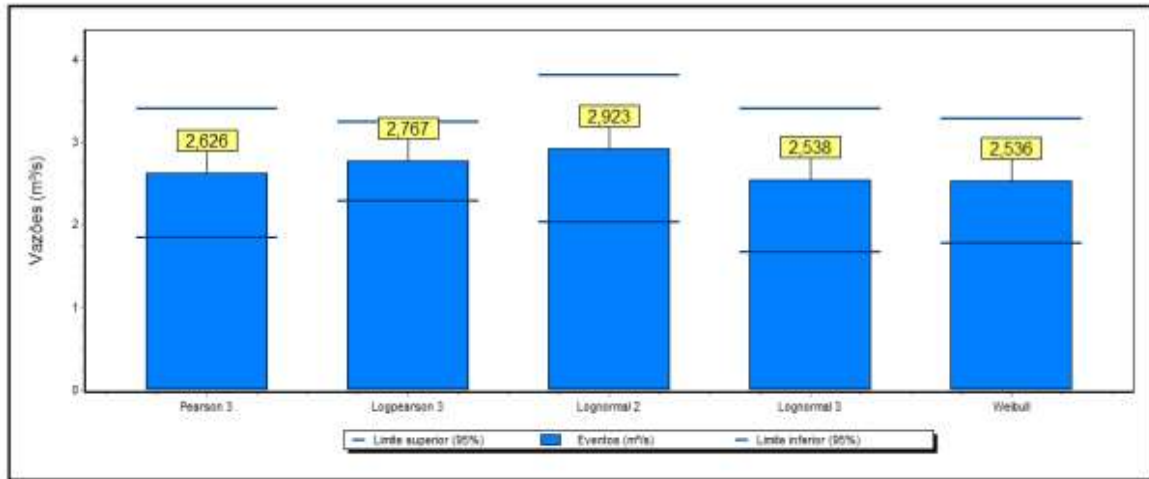
Mês	Situação	% Falhas	Dia 01	Dia 02	Dia 03	Dia 04	Dia 05	Dia 06	Dia 07	Dia 08	Dia 09	Dia 10	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15	Dia 16	Dia 17	Dia 18	
Jan/1987	Considerado	0%	25,14	25,06	31,16	39,35	49,86	45,10	36,50	28,22	25,14	27,42	30,74	29,48	33,35	30,32	23,64	27,42	31,16	28,6	
Fevereiro/1987	Considerado	0%	31,58	29,90	27,80	27,80	27,42	27,42	26,28	24,76	23,64	32,90	54,20	50,48	52,34	52,34	51,10	52,96	43,94	36,0	
Março/1987	Considerado	0%	29,06	31,58	31,58	33,35	34,70	30,74	34,25	43,36	42,20	33,80	29,06	27,42	27,80	28,22	28,22	27,42	24,00	26,2	
Abril/1987	Considerado	0%	32,45	32,00	35,15	38,78	45,10	58,16	53,58	38,78	32,45	28,22	25,90	24,76	22,92	25,90	26,28	25,52	24,76	24,7	
Mai/1987	Considerado	0%	31,58	29,06	25,52	23,64	22,56	24,00	22,92	19,72	17,68	15,60	18,02	20,06	20,40	20,40	20,06	19,72	19,04	18,7	
Junho/1987	Considerado	0%	18,36	17,68	17,34	17,00	17,00	17,00	16,72	16,72	16,44	16,16	16,44	16,72	16,72	16,72	17,00	17,00	17,34	17,0	
Julho/1987	Considerado	0%	15,88	15,60	15,32	15,32	15,32	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	15,04	14,76	14,48	14,48	14,4
Agosto/1987	Considerado	0%	15,04	15,04	14,76	14,76	15,88	18,02	18,02	17,00	16,44	16,16	16,44	16,44	17,00	16,16	15,88	16,16	15,88	15,3	
Setembro/1987	Considerado	0%	12,64	12,90	13,42	13,94	13,68	13,42	13,16	12,90	13,16	15,04	15,32	14,76	14,76	14,48	14,48	15,04	14,48	14,4	
Outubro/1987	Considerado	0%	13,42	13,42	13,68	13,68	14,20	13,68	13,42	13,42	13,16	13,16	13,42	13,42	14,76	15,04	14,48	13,68	15,04	15,6	
Novembro/1987	Considerado	0%	16,72	20,06	15,60	14,48	14,20	13,94	14,76	16,44	19,38	21,48	21,48	21,12	36,60	29,90	23,28	22,56	22,56	23,2	
Dezembro/1987	Considerado	0%	40,49	28,64	22,92	21,12	21,12	20,40	20,06	18,36	22,20	21,84	21,84	20,06	21,48	22,20	21,84	22,92	22,56	24,3	
Jan/1988	Considerado	0%	28,64	33,35	35,15	38,21	48,00	42,20	31,58	26,28	29,06	29,90	30,32	31,58	32,90	84,35	82,70	59,48	45,10	35,1	
Fevereiro/1988	Considerado	0%	29,06	29,06	33,80	32,45	31,16	29,48	27,80	27,42	27,80	27,42	27,04	31,58	35,15	38,21	44,52	49,86	50,48	51,1	
Março/1988	Considerado	0%	32,90	30,32	26,28	26,28	26,66	27,04	27,42	29,06	28,22	28,64	39,92	42,20	41,63	42,20	46,26	37,64	31,16	28,2	
Abril/1988	Considerado	0%	26,28	25,90	25,90	25,52	29,48	28,22	26,28	25,90	26,28	26,28	26,28	26,66	29,48	30,74	30,74	30,74	30,32	29,9	
Mai/1988	Considerado	0%	24,76	24,00	24,00	22,20	19,04	19,04	19,04	18,70	18,70	18,02	17,68	17,34	17,34	17,68	17,68	18,02	17,68	17,0	
Junho/1988	Considerado	0%	20,76	19,72	18,02	17,34	17,68	17,68	17,34	17,34	17,00	17,00	17,00	17,00	16,72	16,72	16,72	16,72	16,44	16,4	
Julho/1988	Considerado	0%	14,76	14,48	14,20	13,94	13,68	13,68	13,68	13,68	13,42	13,42	13,42	13,16	13,16	13,16	13,16	13,16	13,16	13,1	
Agosto/1988	Considerado	0%	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,90	12,64	12,64	12,38	12,38	12,12	12,12	12,12	12,12	11,8	
Setembro/1988	Considerado	0%	11,60	11,60	11,60	11,60	11,60	11,86	11,86	11,86	12,12	12,12	12,12	12,12	12,12	12,12	12,12	12,38	12,38	12,3	
Outubro/1988	Considerado	0%	12,90	13,16	16,16	15,32	16,44	16,44	15,60	15,32	15,04	14,20	14,48	15,32	15,32	15,88	21,48	22,42	25,2	20,4	
Novembro/1988	Considerado	0%	19,38	17,00	15,60	18,02	23,28	25,14	32,90	29,90	22,92	18,02	17,68	17,34	17,00	17,00	17,00	17,00	22,92	25,5	
Dezembro/1988	Considerado	0%	32,45	38,21	46,84	46,26	60,80	85,20	77,90	63,68	52,96	39,35	34,25	32,90	34,25	34,70	38,21	48,00	48,00	48,0	
Jan/1989	Considerado	0%	33,35	36,05	39,92	44,52	45,10	51,10	52,96	46,26	42,78	38,21	36,50	36,50	32,45	28,22	27,04	25,90	33,35	41,0	
Fevereiro/1989	Considerado	0%	45,10	42,78	41,63	50,48	65,12	75,50	71,00	54,86	45,10	41,06	41,06	40,49	38,78	39,35	71,75	65,84	51,10	39,9	
Março/1989	Considerado	0%	65,84	43,36	35,15	32,90	32,90	42,20	43,36	43,94	43,36	42,20	41,63	41,63	41,06	41,63	43,94	45,68	46,84	51,1	
Abril/1989	Considerado	0%	33,80	30,32	29,90	30,74	31,16	31,16	31,16	30,74	30,32	31,58	32,45	32,90	32,00	31,58	31,16	30,74	30,74	31,5	
Mai/1989	Considerado	0%	37,07	37,64	38,78	41,63	41,63	38,78	36,05	33,80	30,32	28,64	27,42	27,04	26,66	26,28	25,90	24,38	23,28	22,5	

Fonte: Autor (2018).

Segundo Mendes (2007), a vazão de referência  $Q_{7,10}$  se caracteriza pela média histórica das vazões mínimas de 7 dias de duração com período de retorno de 10 anos ( $Q_{7,10}$ ). Para obter a  $Q_{7,10}$  da área de influência das estações fluviométricas foi realizada a determinação de vazões mínimas pelo Siscah 1.0, os quais as vazões mínimas de cada ano foram estimadas com duração de 7 dias consecutivos. O sistema realiza análises probabilísticas a partir das distribuições como Gumbel, Log-normal tipo II, Log-normal tipo III, Pearson tipo III, Log-Pearson III e a distribuição Weibull.

Na Figura 19 visualiza-se os resultados obtidos após a realização dos cálculos probabilísticos para a obtenção da  $Q_{7,10}$ .

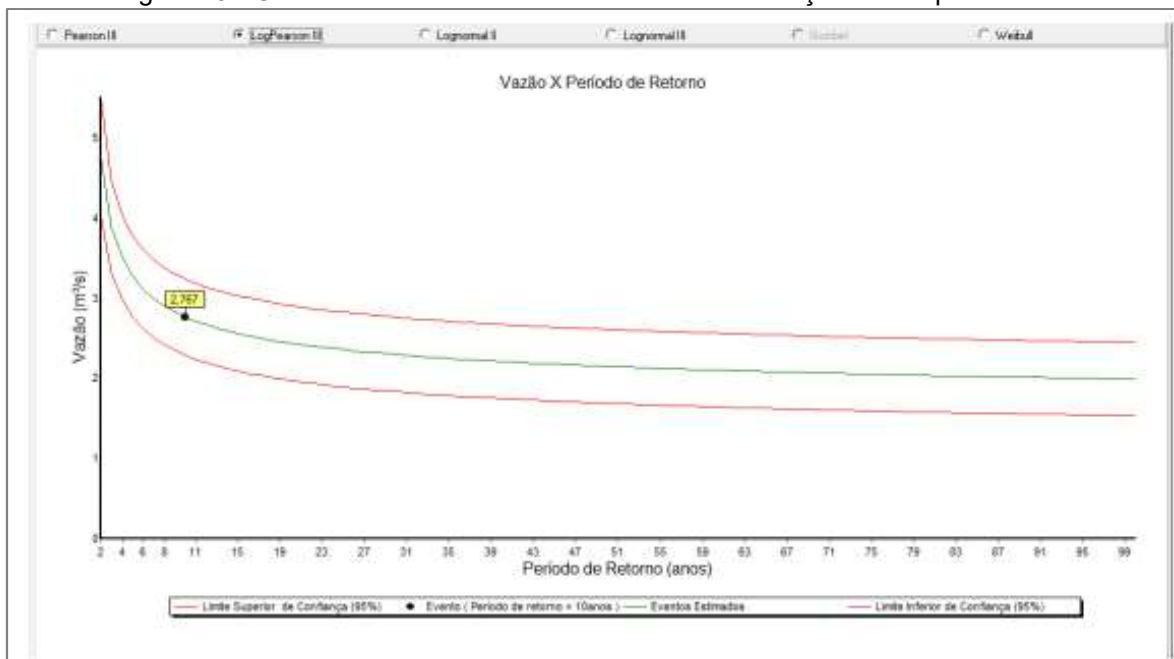
Figura 19 - Análise para vazão mínima utilizando o Siscáh 1.0.



Fonte: Rocha et al. (2014).

O Siscáh 1.0 permite também a visualização do gráfico das vazões estimadas em função ao período de retorno de dez anos, no qual são representados os limites de intervalos de confiança. A Figura 20 apresenta exemplo de gráfico obtido para a vazão mínima de referência em função do período de retorno.

Figura 20 - Gráfico da estimativa da vazão mínima em função do tempo de retorno.



Fonte: Rocha et al. (2014).

O Siscah 1.0 permite importar dados de arquivos obtidos do site da ANA, e, a partir da geração de funções de distribuição de probabilidade, foram obtidas as variáveis acima citadas.

#### 4.4 VERIFICAÇÃO DE DADOS DE OUTORGA E DISPENSAS DE OUTORGA PARA A REGIÃO HIDROGRÁFICA TAPAJÓS.

Os dados de outorga e dispensa de outorga foram obtidos a partir do banco de dados disponível no site da SEMAS/PA. As informações sobre outorgas e dispensas, assim como, os dados complementares para este estudo foram retirados de uma planilha eletrônica que apresenta os dados de processos deferidos no estado do Pará.

Para a análise desta pesquisa, considerou-se as outorgas e dispensas de outorgas para captação de água superficial, emitidas a partir de 2015 até dezembro/2017, de acordo com os dados apresentados pela SEMAS PA (Figura 21).

Figura 21 - Dados disponibilizados em planilha eletrônica pela SEMAS PA.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ANO DO PROCESSO	TIPO DE INTERFERÊNCIA (TIPO)	TIPO DE PERFIL DO USUÁRIO (QUEM VAI USAR A ÁGUA)	REGIÃO HIDROGRÁFICA ESTAB.	SITUAÇÃO DO TÍTULO	MODALIDADE DO TÍTULO	TÍTULO ATUAL	ANO DO TÍTULO			
3994	2010	SUPERFICIAL	EMPRESA DE REFORESTAMENTO	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	OUTORGA DE DIREITO	58	2015		
4027	2014	SUPERFICIAL	ÓRGÃOS MILITARES (FORÇAS ARMADAS E DELEGACIAS)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	126	2015		
4028	2014	SUPERFICIAL	ÓRGÃOS MILITARES (FORÇAS ARMADAS E DELEGACIAS)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	131	2015		
4165	2014	SUPERFICIAL	EMPRESA DE REFORESTAMENTO	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	808	2015		
4148	2014	SUPERFICIAL	AGRICULTOR / PISCICULTOR	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	823	2015		
4746	2013	SUPERFICIAL	INDÚSTRIA DE BENEFICIAMENTO DE MADEIRA (MARCENARIA /	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	306	2015		
4762	2014	SUPERFICIAL	ÓRGÃOS MILITARES (FORÇAS ARMADAS E DELEGACIAS)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	867	2015		
4768	2014	SUPERFICIAL	ÓRGÃOS MILITARES (FORÇAS ARMADAS E DELEGACIAS)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	877	2015		
4764	2014	SUPERFICIAL	ÓRGÃOS MILITARES (FORÇAS ARMADAS E DELEGACIAS)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	879	2015		
4993	2014	SUPERFICIAL	EXTRATIVISTA MINERAL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	OUTORGA DE DIREITO	2005	2015		
4921	2014	SUPERFICIAL	ÓRGÃOS MILITARES (FORÇAS ARMADAS E DELEGACIAS)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	912	2015		
5950	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5951	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5952	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5953	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5954	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5955	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5954	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5957	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5958	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1286	2015		
5959	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
5960	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
5961	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
5962	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
5963	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
5964	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
5965	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
5964	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
5967	2015	SUPERFICIAL	CONSTRUTORA E/OU CONSTRUÇÃO CIVIL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1288	2015		
6077	2015	SUPERFICIAL	RESGATAR NO SIMLAM (cess)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1290	2016		
6138	2015	SUPERFICIAL	RESGATAR NO SIMLAM (cess)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1332	2016		
6187	2015	SUPERFICIAL	RESGATAR NO SIMLAM (cess)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1272	2016		
6170	2015	SUPERFICIAL	EMPRESA DE TERRAPLANAGEM	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1350	2016		
6196	2015	SUPERFICIAL	ENXASADORA DE ÁGUA MINERAL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	OUTORGA DE DIREITO	2411	2016		
6475	2015	SUPERFICIAL	RESGATAR NO SIMLAM (cess)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1572	2016		
6776	2016	SUPERFICIAL	EXTRATIVISTA MINERAL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	OUTORGA DE DIREITO	2481	2016		
7288	2016	SUPERFICIAL	RESGATAR NO SIMLAM (cess)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1155	2016		
7291	2016	SUPERFICIAL	RESGATAR NO SIMLAM (cess)	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1154	2016		
7341	2016	SUPERFICIAL	EXTRATIVISTA MINERAL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1746	2016		
7344	2016	SUPERFICIAL	EXTRATIVISTA MINERAL	RH-TP (TAPAJÓS)	DEFERIDO	CLARAÇÃO DE DISPENSA DE OUTOR	1771	2016		

Fonte: SEMAS (2017).

Considerando a metodologia utilizada pela SEMAS PA, para a vazão de referência para a concessão de outorga ( $Q_{95}$ ), realizou-se o cálculo de disponibilidade para as demandas de outorga com base nas vazões obtidas de  $Q_{90}$  e  $Q_{7,10}$ , objetivando analisar a viabilidade da concessão das outorgas para cada método e quais os impactos significativos na bacia.

Para a  $Q_{90}$  será considerado o mesmo critério utilizado pela SEMAS, de 70% da vazão de referência (Equação 4). Para a  $Q_{7,10}$ , será calculado 50% da vazão de referência obtida (Equação 5).

$$70\% \text{ da } Q_{90} = 0,2 \times 70\% \text{ da } Q_{90} \quad (4)$$

$$50\% \text{ da } Q_{7,10} = 0,5 \times Q_{7,10} \quad (5)$$

Posteriormente, avaliou-se os municípios nos limites de abrangência da região hidrográfica com maior quantitativo de usuários outorgados, assim como as finalidades de uso dos recursos hídricos (mineração, indústria, abastecimento, irrigação, piscicultura e outros usos) que apresentam maior demanda em relação à captação superficial na região hidrográfica do Tapajós.

#### 4.5 DETERMINAÇÃO DAS SUB BACIAS E ÁREAS DE DRENAGEM

A determinação das sub bacias da região hidrográfica Tapajós foi realizada com base no método de codificação de bacias hidrográficas desenvolvido por Otto Pfafstetter. O processo definido por Pfafstetter é hierárquico e começa pelos maiores rios de uma determinada bacia, descendo em nível de detalhe a cada etapa, sucessivamente, até que se tenha codificado todos os trechos da rede hidrográfica (SNIRH, 2018).

O método de Otto Pfafstetter inicia-se pela determinação do curso d'água principal da bacia a ser codificada. Essa determinação consiste em partir da foz da bacia e decidir, a cada confluência, qual o trecho de maior área de contribuição. Esse processo é repetido a cada confluência e segue agregando trechos ao curso (ANA, 2018).

A Resolução CERH/PA nº 4, de 03/09/2008 no Art. 01 dispõe no que se refere à divisão do Estado em regiões hidrográficas:

Adotar, para efeito de codificação das bacias hidrográficas no âmbito estadual, a metodologia de Otto Pfafstetter que desenvolveu um método de subdivisão e codificação de bacias hidrográficas, utilizando dez algarismos, diretamente relacionados com a área de drenagem dos cursos d'água; em conformidade com a Resolução nº 30, de 11 de dezembro de 2002, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (SEMAS, 2008).

A definição toma o curso d'água principal como referência, determinando os quatro principais tributários, com as maiores áreas de drenagem. De jusante para

montante, acrescentam-se os dígitos pares 2, 4, 6 e 8, para representar as quatro maiores contribuições. As demais áreas contribuem diretamente para o curso d'água principal e são denominadas interbacias. Os quatro tributários principais dividem o rio em cinco trechos. As áreas de contribuição de cada um desses trechos recebem então os dígitos ímpares 1, 3, 5, 7, e 9.

De acordo com Pfafstatter (1989), esse processo de subdivisão das bacias e das interbacias pode ser dividido quantas vezes for necessário, em vários níveis até onde o detalhamento da base cartográfica permitir. O método de Pfafstatter consiste apenas na delimitação das bacias em um detalhamento maior a cada nível, a codificação das bacias seguindo um processo lógico e racional e finalmente a interpretação dos dados para a extração das informações (GOMES, 2011).

As informações sobre as Ottobacias foram obtidas no site da ANA, o qual disponibiliza a rede hidrográfica codificada para todo o Brasil em um arquivo *shp* em formato vetorial, compreendendo ottobacias do nível 1 ao 6 em um arquivo vetorial em formato *shapefile*. Obteve-se também a divisão hidrográfica nacional, conforme Resolução n° 32 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), em arquivo vetorial no formato *shapefile*.

Após as verificações das sub bacias na região hidrográfica Tapajós, foi coletada as informações de área de drenagem e rio da Otto bacia, a fim de realizar os cálculos de disponibilidade hídrica.

A Figura 22 apresenta a codificação das bacias hidrográficas na América do Sul.

Figura 22- Codificação das bacias hidrográficas da América do Sul segundo método de Otto Pfafstetter.



Fonte: ANA (2018).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

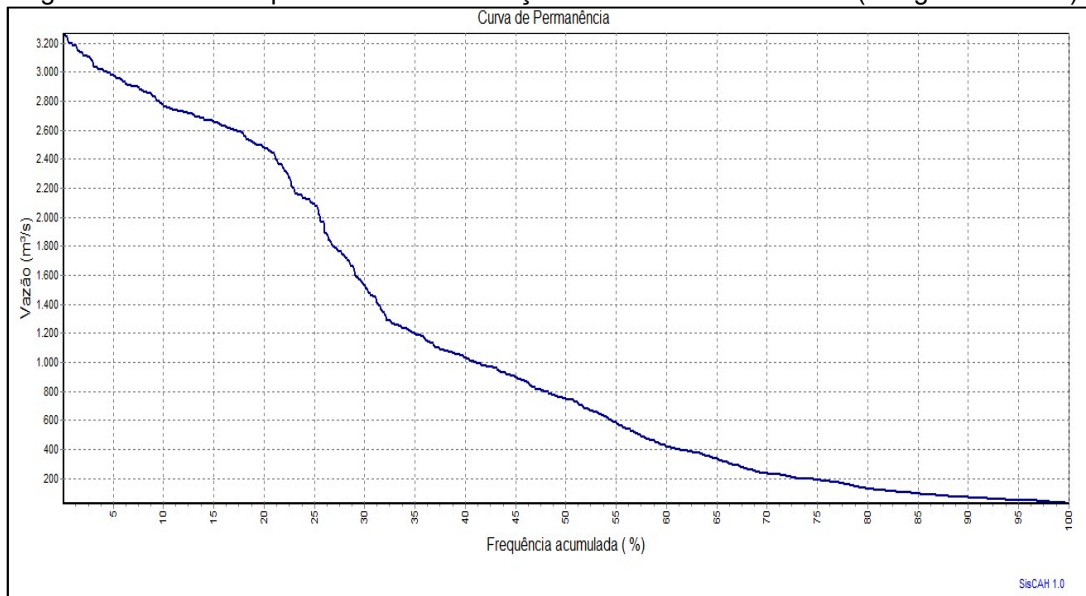
### 5.1 OBTENÇÃO E ANÁLISE DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA $Q_{90}$ E $Q_{95}$ A PARTIR DAS CURVAS DE PERMANÊNCIA

A curva de permanência permite visualizar de imediato a potencialidade natural do rio, destacando o grau de permanência das diferentes vazões. Para o processamento de dados disponíveis realizou-se a determinação da  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$  a partir das séries históricas das estações fluviométricas inseridas no software Siscah 1.0, por meio da curva de permanência gerada para cada estação fluviométrica determinada.

A definição do período histórico considerou os dados fluviométricos de 1987 a 2007 para a obtenção das curvas de permanência. O estudo considerou todos os anos com dados completos disponíveis, descartando os anos com registros incompletos ou inexistentes.

Na Figura 23, o gráfico apresenta a curva de permanência gerada para a estação fluviométrica Jamanxim, onde a  $Q_{90}$  corresponde a vazão de 67,67  $m^3/s$  e a  $Q_{95}$  apresenta vazão de 47,38  $m^3/s$ .

Figura 23 - Curva de permanência da estação fluviométrica Jamanxim (código 17680000)

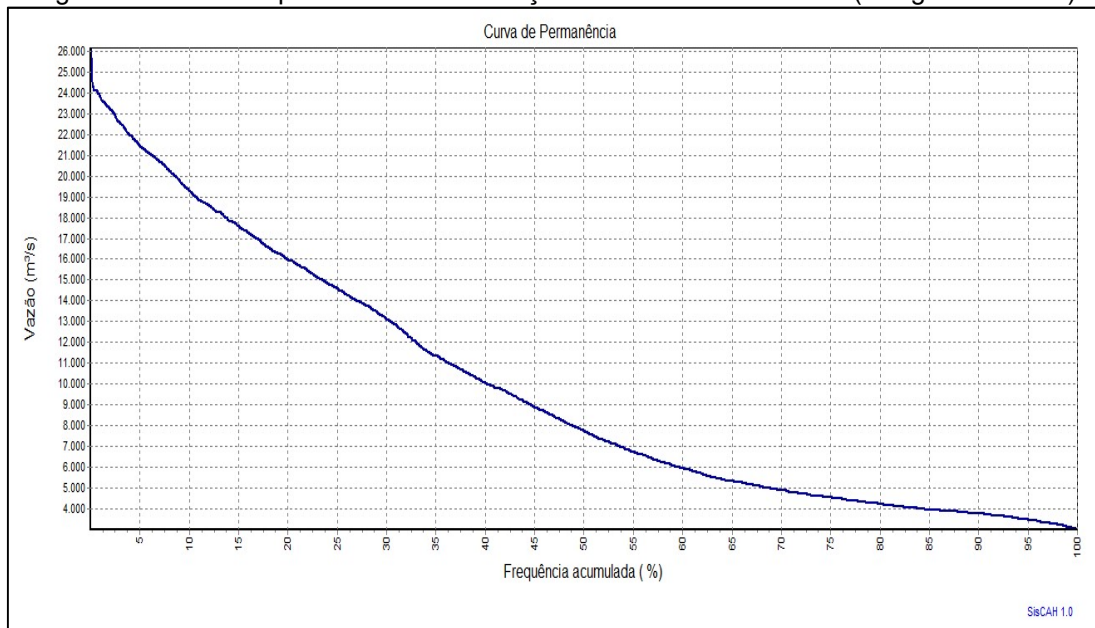


Fonte: Autor (2018).

Na curva de permanência gerada para estação fluviométrica Fortaleza, a vazão mínima de referência obtida para  $Q_{90}$  foi de 3.763,69  $m^2/s$  e a  $Q_{95}$  corresponde ao valor de 3.488,31  $m^2/s$  (Figura 24).



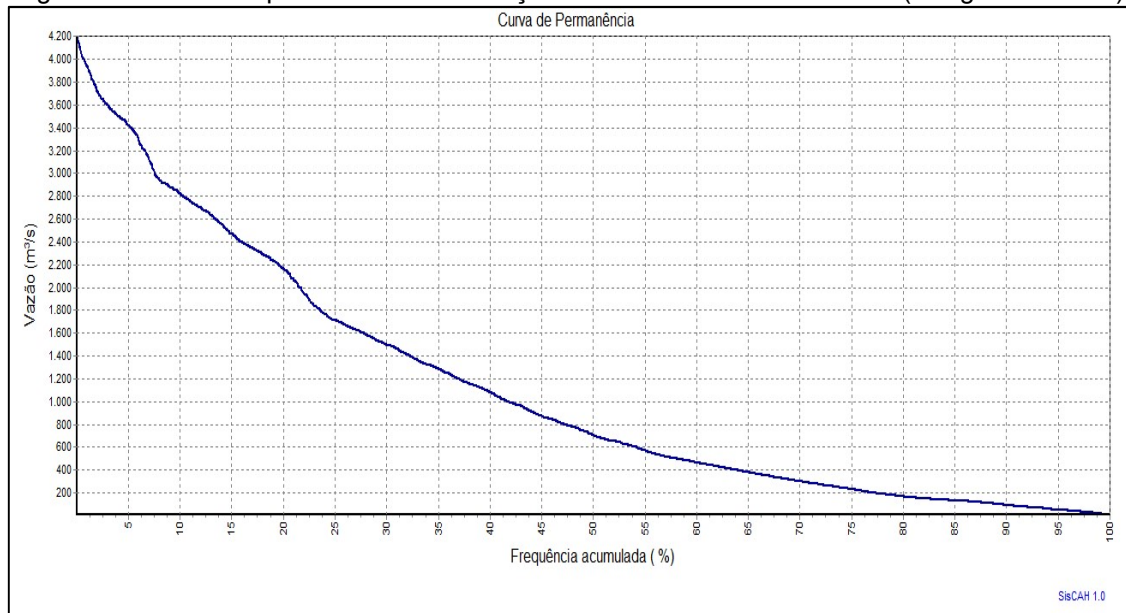
Figura 24- Curva de permanência da estação fluviométrica Fortaleza (código 17500000)



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 25, o gráfico apresenta a curva de permanência gerada a estação fluviométrica Jardim D'Ouro. Foi observado que a  $Q_{90}$  é de 92,90  $m^3/s$  e a  $Q_{95}$  corresponde ao valor de 51,26  $m^3/s$ .

Figura 25 - Curva de permanência da estação fluviométrica Jardim D'Ouro (código 17675000)

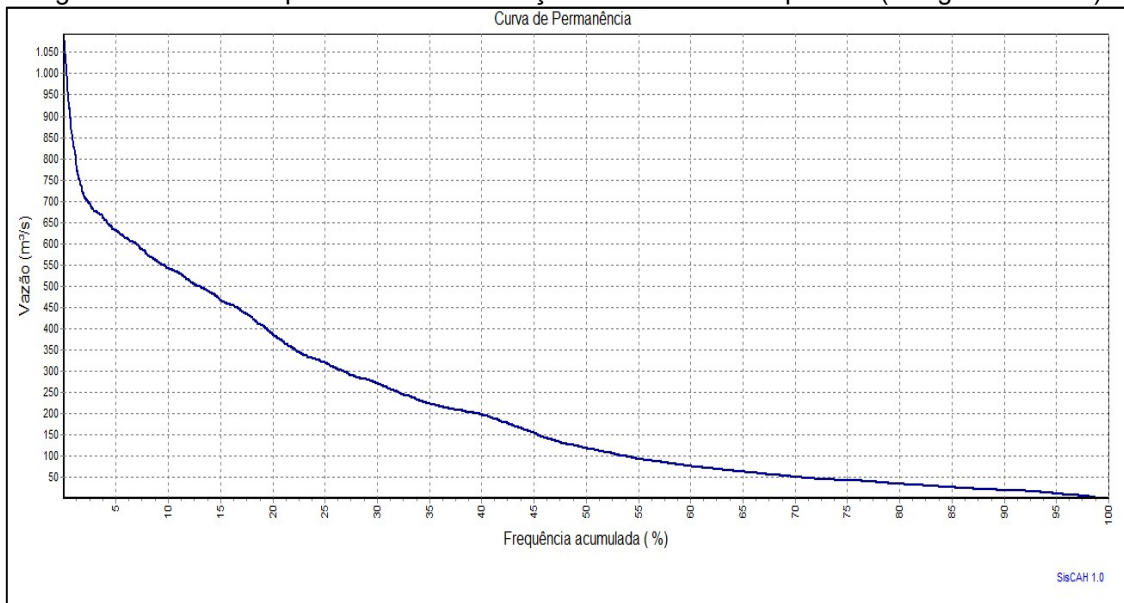


Fonte: Autor (2018).

O gráfico apresentado na Figura 26, apresenta a curva de permanência obtida para a estação fluviométrica Creporizão. A  $Q_{90}$  obtida para a estação foi de 20,58  $m^3/s$  e a  $Q_{95}$  igual ao valor de 12,42  $m^3/s$ .



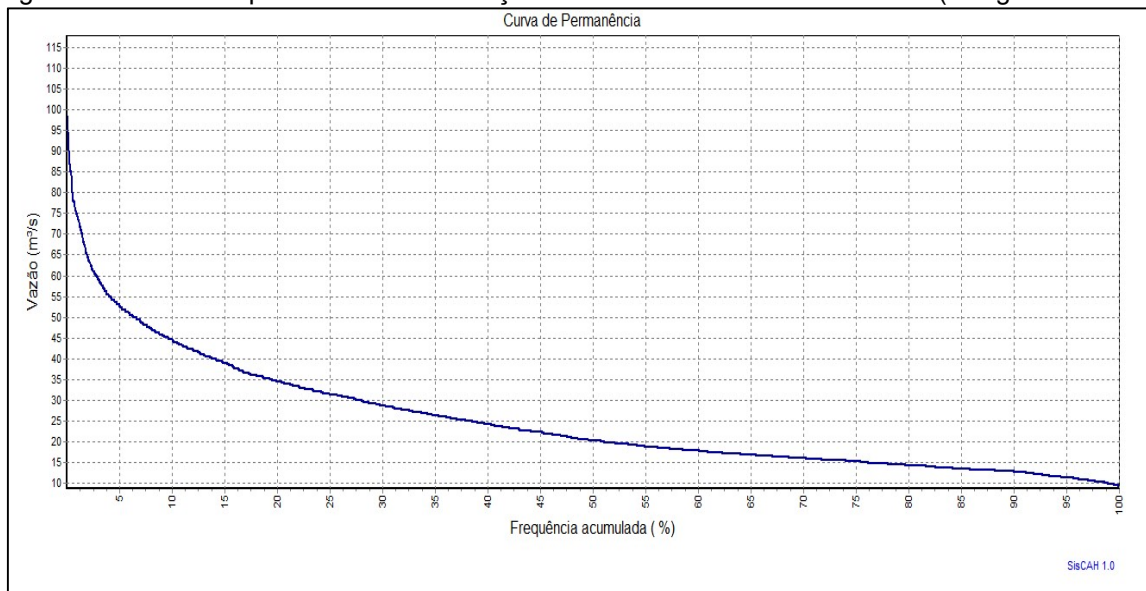
Figura 26 - Curva de permanência da estação fluviométrica Creporizão (código 17610000)



Fonte: Autor (2018).

A  $Q_{90}$  obtida para a estação fluviométrica Base do Cachimbo foi de 12,66  $m^3/s$  e a  $Q_{95}$  igual ao valor de 11,17  $m^3/s$ , conforme curva de permanência apresentada na Figura 27.

Figura 27 - Curva de permanência da estação fluviométrica Base do Cachimbo (código 17345000)



Fonte: Autor (2018).

## 5.2 OBTENÇÃO E ANÁLISE DAS VAZÕES MÍNIMAS Q<sub>7,10</sub>

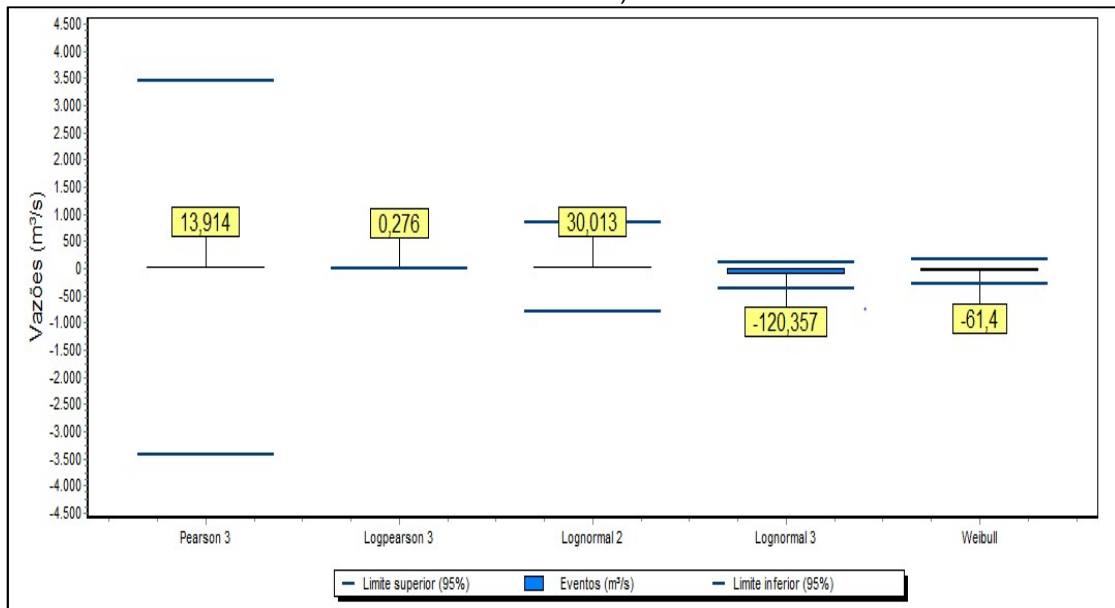
Para a determinação da Q<sub>7,10</sub> foi identificado para cada estação fluviométrica o valor da vazão mínima referente à duração de sete dias (Q<sub>7</sub>), considerando o período definido para estudo. Foram analisados modelos probabilísticos para estabelecer qual o melhor ajuste para a série: Log-Normal a dois parâmetros, Log-Normal a três parâmetros, Pearson tipo III, Log-Pearson tipo III e Weibull, com base a uma distribuição probabilística de melhor eficiência estatística, conforme parâmetros de intervalo de confiança, desvio padrão, variância e assimetria. Para a obtenção da Q<sub>7,10</sub> foi utilizado o software SisCAH.1.0 para a realização dos cálculos estatísticos.

Vogel e Wilson (1996) realizaram uma análise das distribuições de probabilidade para vazões mínimas em escala nacional, na Nova Zelândia e nos Estados Unidos. Na análise realizada o modelo Log Pearson III foi considerado pelos autores como sendo a distribuição que melhor se ajustou às séries históricas de vazões mínimas. Belico et. al. (2013) realizaram comparações de vazões mínimas de referência para o rio Formoso, em Minas Gerais. No cálculo da Q<sub>7,10</sub>, a distribuição estatística que mais se adequou à análise foi Log Pearson III.

A realização da análise estatística identificou que o método de Log Person III, foi o que apresentou melhor ajuste para as vazões mínimas Q<sub>7,10</sub> para o intervalo de confiança a 95% de significância e menor margem de erro padrão, em relação às outras distribuições.

Para a estação fluviométrica Jamanxim, o valor da vazão mínima obtida foi de 0,276 m<sup>3</sup>/s, de acordo com a Figura 28.

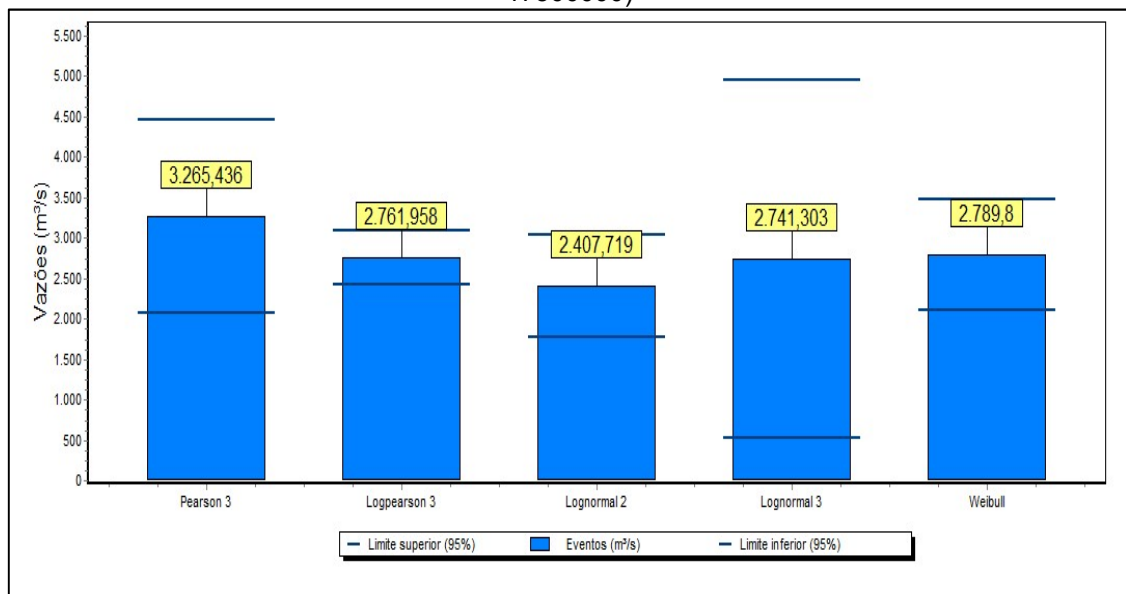
Figura 28 - Determinação da vazão mínima  $Q_{7,10}$  para a estação fluviométrica Jamanxim (código 17680000)



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 29, o gráfico apresenta a vazão mínima  $Q_{7,10}$  obtida para a estação Fortaleza de 2.761,96  $m^3/s$ .

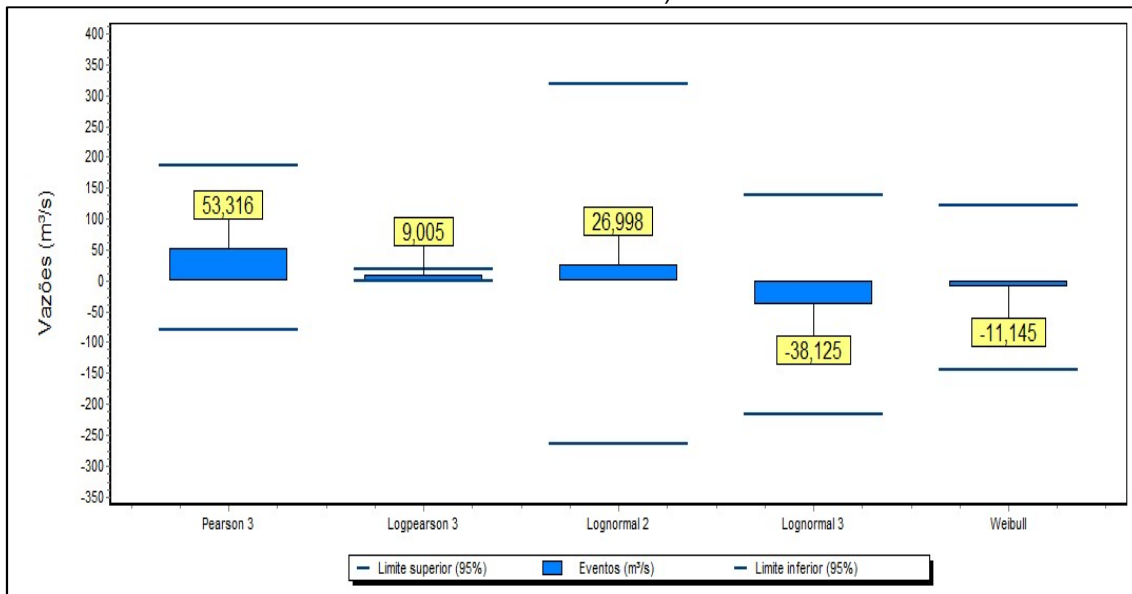
Figura 29 - Determinação da vazão mínima  $Q_{7,10}$  para a estação fluviométrica Fortaleza (código 17500000)



Fonte: Autor (2018).

O valor da vazão mínima obtida foi igual a 9,005  $m^3/s$  para a estação fluviométrica Jardim D'Ouro, conforme apresentado na Figura 30.

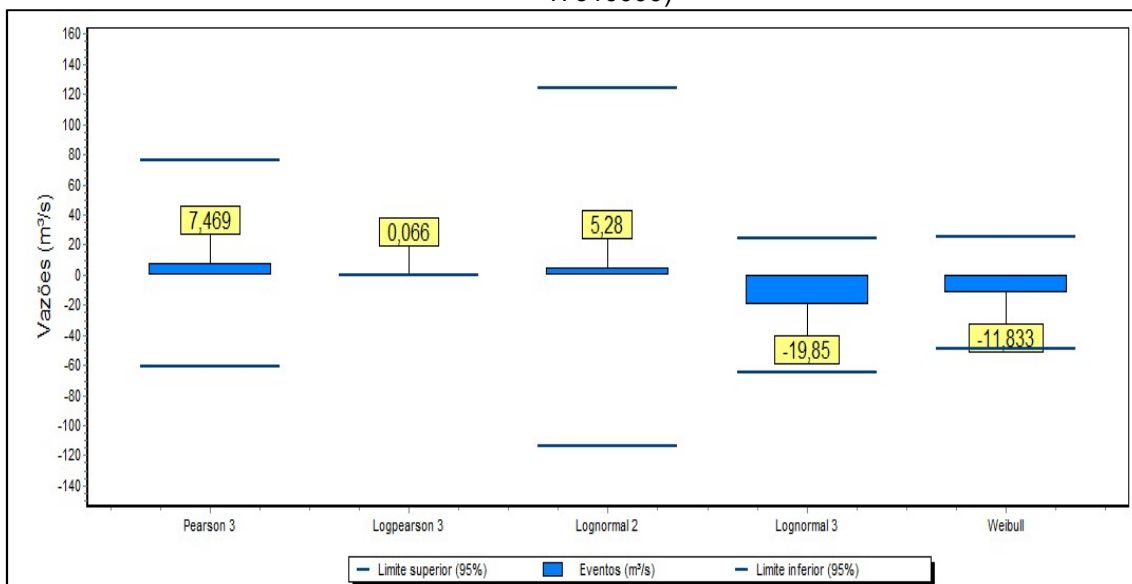
Figura 30 - Determinação da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Jardim D'Ouro (código 17675000)



Fonte: Autor (2018).

Para a estação fluviométrica Creporizão o valor da vazão mínima obtida foi igual a 0,066 m³/s, de acordo com a Figura 31.

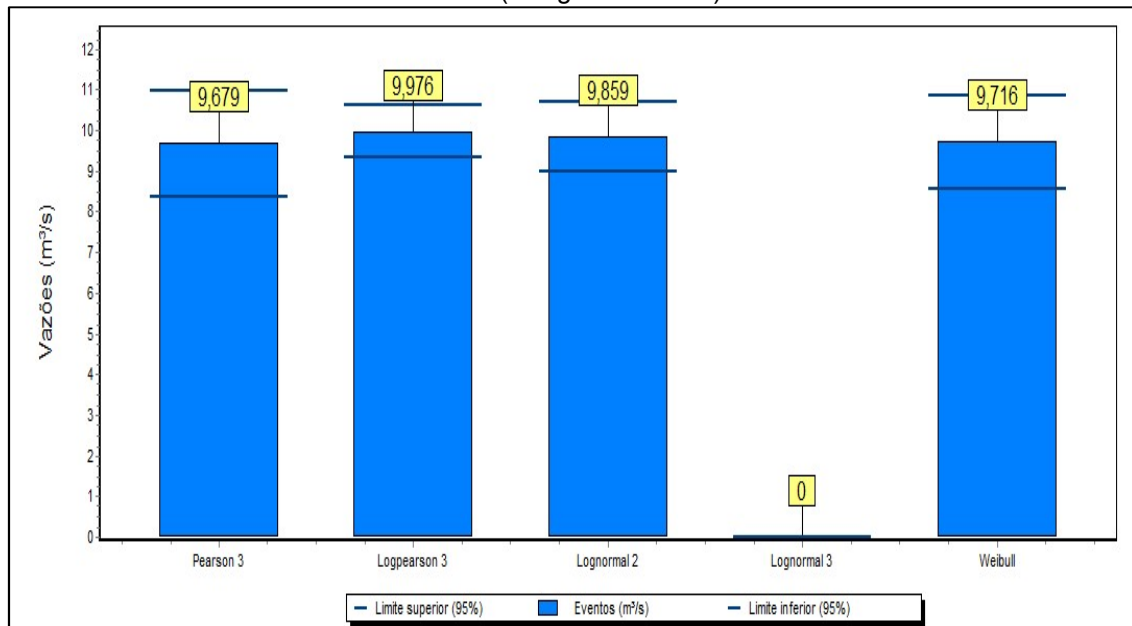
Figura 31 - Determinação da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Creporizão (código 17610000)



Fonte: Autor (2018).

O valor da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Base do Cachimbo foi igual a 9,976 m³/s, apresentado na Figura 32.

Figura 32 - Determinação da vazão mínima Q7,10 para a estação fluviométrica Base do Cachimbo (código 17610000)



Fonte: Autor (2018).

### 5.3 DETERMINAÇÃO DAS VAZÕES DE REFERÊNCIA PARA OUTORGA DE USO DE RECURSOS HÍDRICOS

Após a determinação das vazões de referência por meio das curvas de permanência para Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub> e cálculo para obtenção da Q<sub>7,10</sub>, verificou-se que os valores apresentam uma significativa diferença ao relacionar os valores de vazão. A Tabela 5 apresenta o comparativo dos valores determinados para cada estação fluviométrica.

Tabela 5 - Comparativo das vazões de referência das estações fluviométricas da região hidrográfica Tapajós

Estação Fluviométrica	Vazões de referência (m³/s)		
	Q7,10	Q90	Q95
Jamanxim	0,276	67,67	47,38
Fortaleza	2.761,96	3.763,69	3.488,31
Jardim do Ouro	9,005	92,90	51,26
Creporizão	0,066	20,58	12,42
Base do Cachimbo	9,976	12,66	11,17

Fonte: Autor (2018).

As vazões mínimas determinadas pela Q<sub>7,10</sub> apresentaram valores bem mais restritivos em relação a Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>, de modo que as estações fluviométricas Jamanxim, Jardim D'ouro e Creporizão foram as que apresentaram as menores vazões para a Q<sub>7,10</sub> em comparação com as vazões obtidas para Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub>.

#### 5.4 ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E USO DOS RECURSOS HÍDRICOS COM BASE NAS OUTORGAS DE DIREITO E DISPENSAS DE OUTORGA

Realizou-se a análise das vazões outorgadas, com base nas informações de outorgas de direito e dispensas de outorga em vigor, disponíveis no site da SEMAS PA, considerando as informações do ano de 2015 a 31 de dezembro de 2017.

As Tabelas 6 e 7 apresentam as outorgas e dispensas de outorga em vigência na região hidrográfica do Tapajós, para captação de água superficial.

Tabela 6- Informações das outorgas de direito para captação superficial na região hidrográfica do Tapajós

ID	Finalidade	Tipo de empreendimento	Município	Vazão Outorgada (m³/dia)
1	Industrial	Indústria de beneficiamento de madeira	Itaituba	45,00
2	Aquicultura	Empresa de reflorestamento	Santarém	1.513,70
3	Industrial	Extrativista mineral	Itaituba	192,58
4	Aquicultura	Empresa de reflorestamento	Santarém	240,00
5	Abastecimento Humano	Envasadora de água mineral	Novo Repartimento	18,50
6	Mineração	Indústria metalúrgica e/ou siderúrgica	Itaituba	50,00
7	Mineração	Indústria metalúrgica e/ou siderúrgica	Itaituba	50,00
8	Compactação / Terraplanagem	Construção civil	Jacareacanga	200,00
9	Compactação / Terraplanagem	Construção civil	Jacareacanga	200,00
10	Compactação / Terraplanagem	Construção civil	Jacareacanga	200,00
11	Compactação / Terraplanagem	Construção civil	Jacareacanga	200,00
12	Compactação / Terraplanagem	Construção civil	Jacareacanga	200,00
13	Mineração	Extrativista mineral	Itaituba	300,00
14	Mineração	Extrativista mineral	Itaituba	350,40
15	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	59,60
16	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	0,55

ID	Finalidade	Tipo de empreendimento	Município	Vazão Outorgada (m³/dia)
17	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	24,50
18	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	1,70
19	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	0,50
20	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	3,70
21	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	6,70
22	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	9,10
23	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	2,60
24	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	7,10
25	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	3,90
26	Obras Hidráulicas - Canalização	Extrativista mineral	Itaituba	1,50
27	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	210,00
28	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	207,89
29	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	210,00
30	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	210,00
31	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	150,00
32	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	150,00
33	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	170,00
34	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	156,86
35	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	170,00
36	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	123,77
37	Compactação / Terraplanagem	Órgãos ou agentes públicos (prefeituras)	Itaituba	170,00

Fonte: Adaptado de SEMAS (2017).

Tabela 7 - Informações das dispensas de outorgas para captação superficial na região hidrográfica do Tapajós

ID	Finalidade	Tipo de empreendimento	Município	Vazão Dispensada (m <sup>3</sup> /dia)
1	Abastecimento Humano	Indústria de Beneficiamento de Madeira	Rurópolis	3,50
2	Aquicultura	Aquicultor / piscicultor	Itaituba	80,00
3	Mineração	Extrativista mineral	Itaituba	5,00
4	Umectação de vias	Órgãos militares	Rurópolis	80,00
5	Umectação de vias	Órgãos militares	Rurópolis	75,00
6	Umectação de vias	Órgãos militares	Rurópolis	75,00
7	Umectação de vias	Órgãos militares	Rurópolis	80,00
8	Compactação / Terraplanagem	Órgãos militares	Santarém	80,00
9	Compactação / Terraplanagem	Órgãos militares	Santarém	80,00
10	Sem Informação	Sem informação	Itaituba	50,00
11	Compactação / Terraplanagem	Sem informação	Rurópolis	60,00
12	Obras de pavimentação	Sem informação	Rurópolis	60,00
13	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
14	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
15	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	28,39
16	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	30,00
17	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
18	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	59,00
19	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	59,00
20	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	15,00
21	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
22	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
23	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
24	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
25	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
26	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
27	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
28	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
29	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
30	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
31	Obras de pavimentação	Construção civil	Itaituba	60,00
32	Compactação / Terraplanagem	Sem informação	Rurópolis	60,00
33	Sem Informação	Sem informação	Jacareacanga	5,40
34	Sem Informação	Sem informação	Itaituba	9,00
35	Sem Informação	Sem informação	Trairão	7,50
36	Mineração	Extrativista mineral	Jacareacanga	9,60
37	Sem Informação	Indústria de Beneficiamento de Madeira	Rurópolis	4,00
38	Mineração	Indústria de cerâmica	Itaituba	8,70

Fonte: Adaptado de SEMAS (2017).

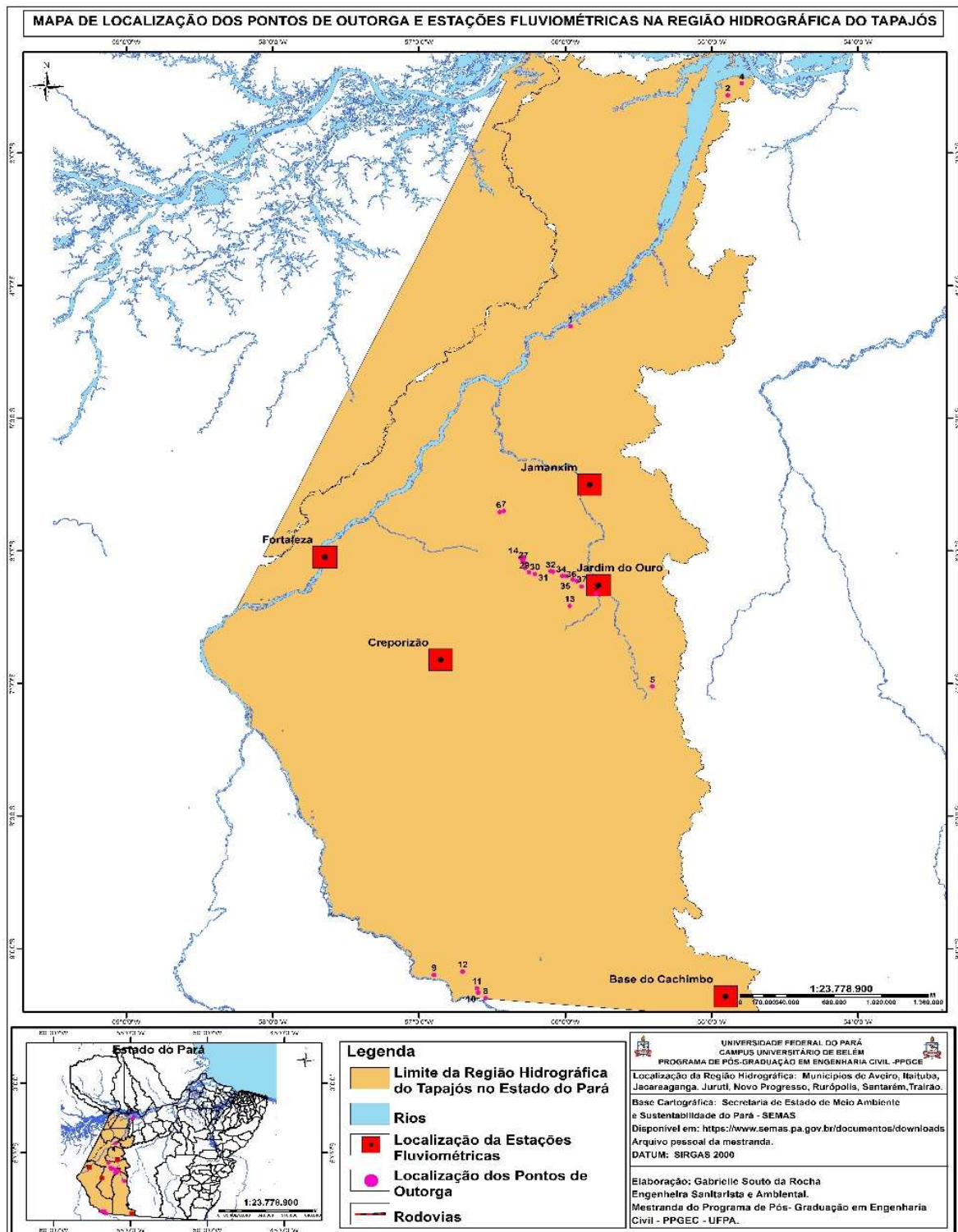


## 5.5 DETERMINAÇÃO DAS SUB-BACIAS E ANÁLISE DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

Com a obtenção das vazões de referência, a partir das análises das informações hidrológicas das estações fluviométricas, foram identificadas a localização dos pontos outorgados e de dispensa de outorga na região hidrográfica Tapajós. Para isso, foram inseridas as coordenadas geográficas de cada ponto no *shapefile* da região hidrográfica Tapajós. Na Figura 33 observa-se a distribuição dos pontos outorgados na região hidrográfica.

De acordo com a disposição dos pontos outorgados na região hidrográfica, verificou-se que a maioria das outorgas concedidas estão localizadas no município de Itaituba. O município de Itaituba é uma das áreas de principal intervenção na região hidrográfica do Tapajós, evidenciado pelo quantitativo de outorgas concedidas na região.

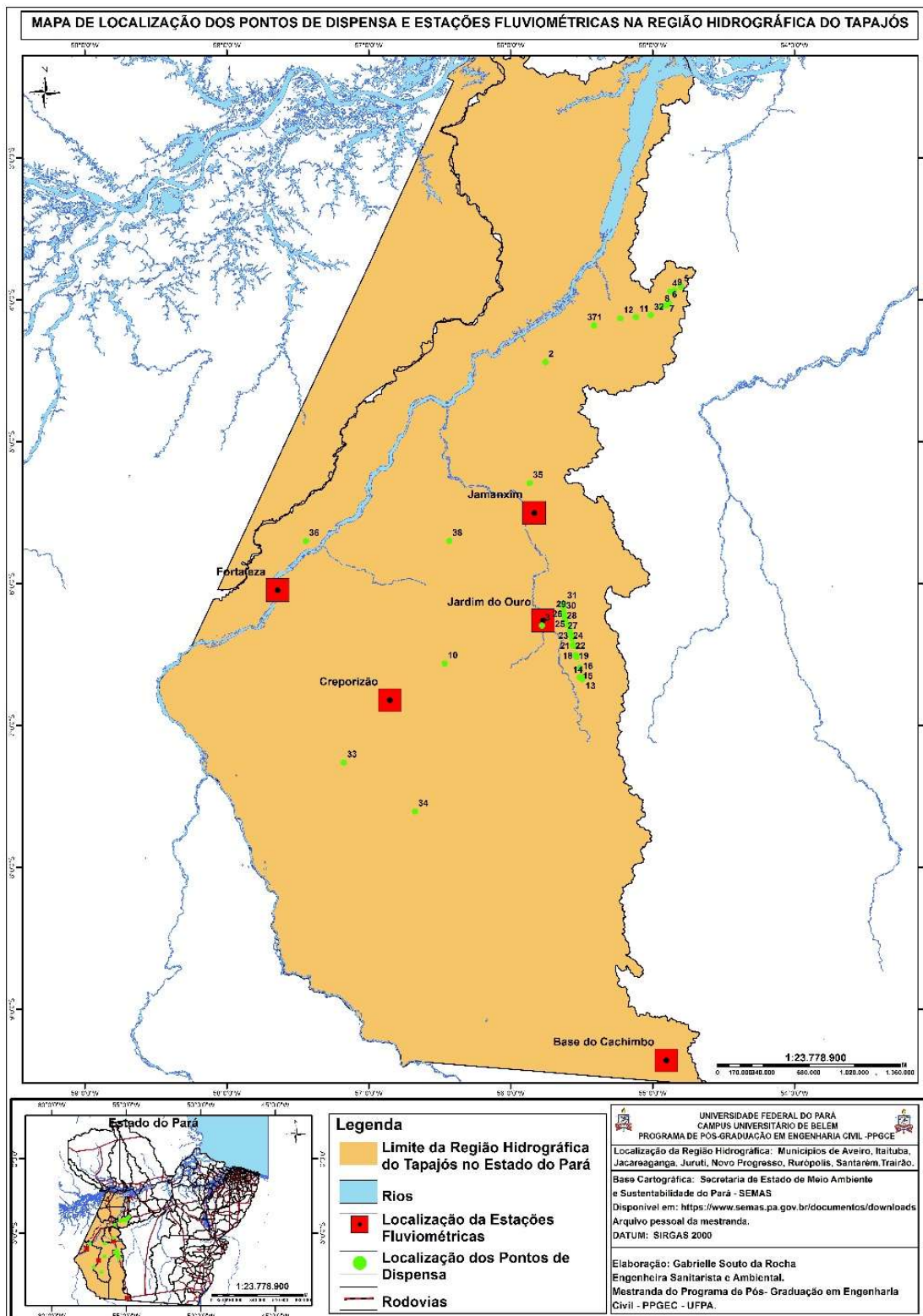
Figura 33 - Mapa de localização dos pontos outorgados na RH Tapajós



Fonte: Autor (2018).

Em relação a espacialização dos pontos de dispensa de outorga, o mapa apresentado na Figura 34, identificou que as dispensas de outorga também estão concentradas no município de Itaituba, similar às outorgas, e distribuídas no município de Rurópolis.

Figura 34 - Mapa de localização dos pontos de dispensa de outorga na RH Tapajós

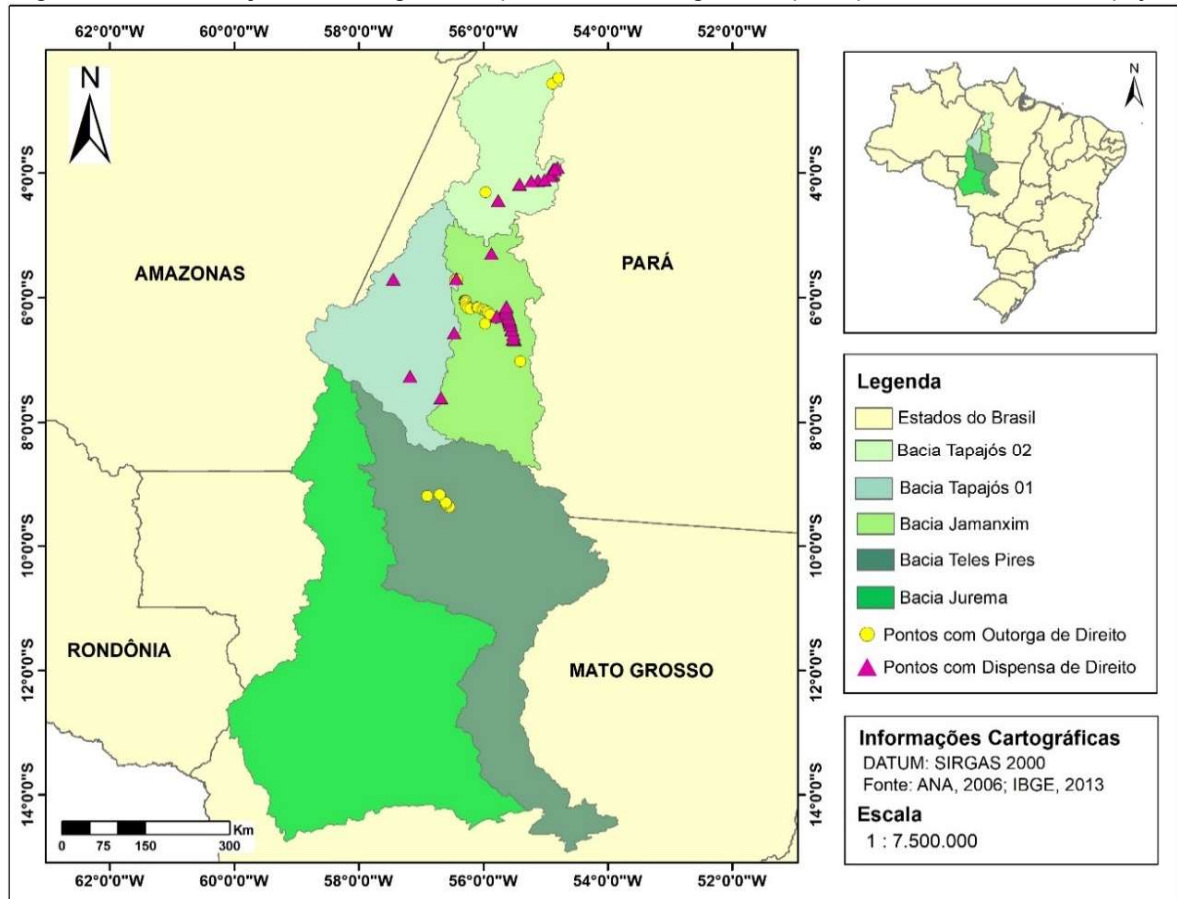


Fonte: Autor (2018).

Após a espacialização dos pontos na região hidrográfica Tapajós, foi realizado o levantamento das sub-bacias utilizando o método de codificação de Otto Pfafstetter. A Figura 35 apresenta a divisão das principais bacias localizadas na

região, onde se visualiza a maior concentração de outorgas e dispensas de outorgas na bacia Tapajós 02 e Jamanxim.

Figura 35 - Distribuição de outorgas e dispensas de outorgas nas principais bacias da RH Tapajós

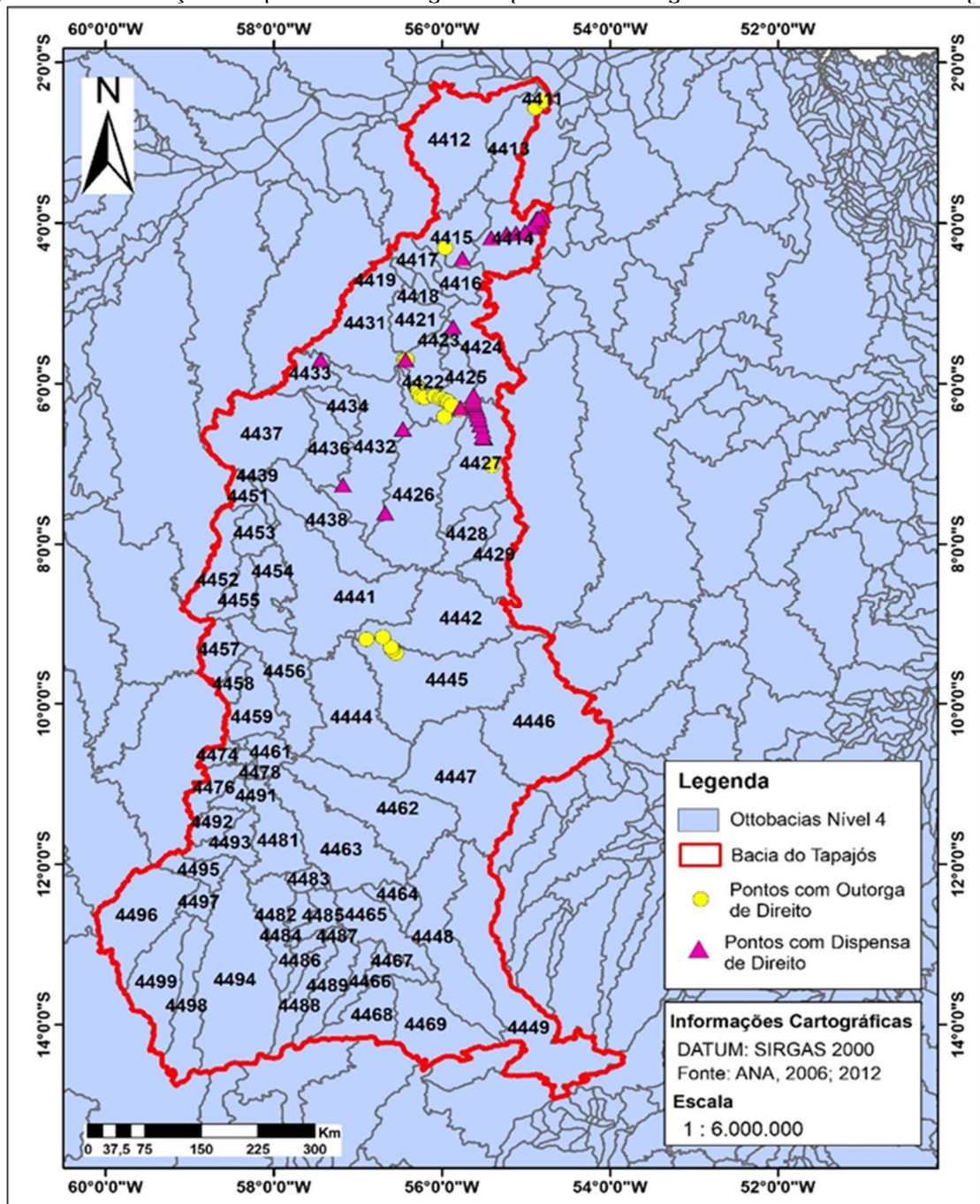


Fonte: Autor (2018).

Após a verificação das principais bacias, identificou-se os corpos hídricos principais das sub-bacias, onde ocorre as captações de água superficial, a fim de obter a área de drenagem para realizar o cálculo da vazão específica de cada sub-bacia. Foram delimitadas as sub bacias considerando a codificação no nível 4 do método de Pfafstetter, de acordo com o apresentado na Figura 36.



Figura 36 - Distribuição dos pontos de outorga e dispensa de outorga nas sub-bacias da RH Tapajós



Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 8 e 9 apresenta-se as informações obtidas a partir das coordenadas geográficas dos pontos de outorga e dispensa de outorga, respectivamente, para captação superficial na região hidrográfica Tapajós. Foram obtidas as áreas de drenagem de acordo com as sub-bacias definidas.

Tabela 8 - Identificação das sub-bacias e áreas de drenagem para os pontos outorgados

ID	Sub bacia (Nível 4)	Rio principal da Sub bacia	Área de drenagem (km <sup>2</sup> )	Município
1	Otto 4415	Rio Tapajós	5.964,00	Itaituba
2	Otto 4413	Rio Tapajós	6.412,00	Santarém
3	Otto 4426	Rio Novo	16.077,00	Itaituba
4	Otto 4411	Rio Tapajós	543,00	Santarém
5	Otto 4427	Rio Jamanxim	11.509,00	Novo Progresso
6	Otto 4431	Rio Tapajós	11.956,00	Itaituba
7				
8	Otto 4445	Rio Teles Pires	20.035,00	Jacareacanga
9				
10				
11				
12	Otto 4442	Rio São Benedito	13.859,00	Jacareacanga
13	Otto 4426	Rio Novo	16.077,00	Itaituba
14	Otto 4422	Rio Tocantins	5.632,00	Itaituba
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29				
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36	Otto 4436	Rio Jamanxim	3.353,00	Itaituba
37				

Fonte: Autor (2018).

Tabela 9 - Identificação das sub-bacias e áreas de drenagem para dispensa de outorga

ID	Sub bacia (Nível 4)	Rio principal da Sub bacia	Área de drenagem	Município
1	Otto 4414	Rio Cupari	7.308,00	Rurópolis
2	Otto 4415	Rio Tapajós	5.964,00	Itaituba
3	Otto 4426	Rio Novo	16.077,00	Itaituba
4	Otto 4414	Rio Cupari	7.308,00	Rurópolis
5				
6				
7				
8				Santarém
9				
10	Otto 4432	Rio Crepori	13.935,00	Itaituba
11	Otto 4414	Rio Cupari	7.308,00	Rurópolis
12				
13	Otto 4427	Rio Jamanxim	11.509,00	Itaituba
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				
25				
26				
27				
28				
29	Otto 4425	Rio Jamanxim	3.353,00	Itaituba
30				
31				
32	Otto 4414	Rio Cupari	7.308,00	Rurópolis
33	Otto 4432	Rio Crepori	13.935,00	Jacareacanga
34				Itaituba
35	Otto 4424	Rio Aruri Grande	7.068,00	Trairão
36	Otto 4433	Rio Tapajós	3.194,00	Jacareacanga
37	Otto 4414	Rio Cupari	7.308,00	Rurópolis
38	Otto 4431	Rio Tapajós	11.956,00	Itaituba

Fonte: Autor (2018).

Após a verificação das áreas de drenagem das sub-bacias, calculou-se as vazões disponíveis em cada unidade delimitada, considerando a vazão específica obtida da estação fluviométrica de referência ou mais próxima aos pontos de captação.

Para a verificação da disponibilidade hídrica, foram subtraídas as vazões já outorgadas, considerando a soma das vazões concedidas em outorgas e dispensas

de outorgas na região hidrográfica do Tapajós, da vazão outorgável, a fim de obter as vazões remanescentes.

A vazão natural foi calculada a partir dos dados de vazão observados na estação fluviométrica de referência ou mais próxima ao ponto de captação. Foram subtraídos os valores outorgados para os métodos de vazões mínimas de referência, considerando 70% para a  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , e 50% para a  $Q_{7,10}$ .

As sub-bacias nº 4422 e 4427 destacam-se pela quantidade de outorgas concedidas, seguida pelos altos valores de vazão total. Ambas sub-bacias compreendem às áreas do rio Tocantins e Jamanxim, respectivamente, e são áreas que apresentam grande expansão devido ao desenvolvimento desta região, agregando o maior quantitativo de uso dos recursos hídricos na região hidrográfica Tapajós.

Os resultados obtidos são considerados confortáveis em relação à demanda e disponibilidade, utilizando tanto o método da  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ . Verifica-se que os valores de vazão remanescente para cada sub-bacia permanecem em média de 99%, partindo da análise da vazão outorgável. A sub-bacia que apresentou maior valor de disponibilidade hídrica foi a nº 4432, correspondente ao rio Crepori, um dos principais afluentes do rio Tapajós. Em relação à sub-bacia nº 4411, foi observado o menor valor de disponibilidade hídrica para a área, sendo sua localização próxima a foz do rio Tapajós.

A Tabela 10 e 11 apresentam as vazões remanescentes correspondes às vazões outorgáveis (70% da  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ ) subtraída a vazão total outorgada em cada sub-bacia.

Tabela 10 - Vazão remanescente para sub bacias da RH Tapajós aplicando a  $Q_{90}$

Sub-bacia	Vazão Natural (Q90 Acumulada) $m^3/s$	Vazão Outorgável (70% da Q90 Acumulada) $m^3/s$	Vazão Outorgável (70% da Q90 Acumulada) $m^3/h$	Total de Outorgas e Dispensas	Vazão Total Outorgada	Vazão Remanescente
					( $m^3/h$ )	( $m^3/h$ )
4411	0,91405	0,639835	2.303,41	1,00	10,00	2.293,41
4413	10,794	7,555	27.199,70	1,00	63,07	27.136,63
4414	12,3018	8,61126	31.000,54	11,00	27,40	30.973,14
4415	10,039	7,028	25.299,29	2,00	5,208	25.294,08
4422	13,990	9,793	35.253,91	22,00	87,78	35.166,14
4424	11,898	8,328	29.982,46	1,00	0,312	29.982,14
4425	8,329	5,830	20.988,35	3,00	7,5	20.980,85



Sub-bacia	Vazão Natural (Q90 Acumulada) m³/s	Vazão Outorgável (70% da Q90 Acumulada) m³/s	Vazão Outorgável (70% da Q90 Acumulada) m³/h	Total de Outorgas e Dispensas	Vazão Total Outorgada	Vazão Remanescente
					(m³/h)	(m³/h)
4426	39,935	27,954	100.635,14	3,00	20,73	100.614,41
4427	28,588	20,012	72.041,42	17,00	36,08	72.005,34
4431	20,126	14,088	50.717,35	3,00	4,53	50.712,82
4432	616,736	431,715	1.554.175,05	3,00	2,68	1.554.172,37
4433	33,116	23,181	83.453,14	1,00	0,4	83.452,74
4436	8,329	5,830	20.988,35	2,00	12,24	20.976,11
4442	377,322	264,126	950.852,58	1,00	8,33	950.844,25
4445	545,469	381,828	1.374.581,96	4,00	33,33	1.374.548,63

Fonte: Autor (2018).

Tabela 11 - Vazão remanescente para sub bacias da RH Tapajós aplicando a Q95

Sub-bacia	Vazão Natural (Q95 Acumulada) m³/s	Vazão Outorgável (70% da Q95 Acumulada) m³/s	Vazão Outorgável (70% da Q95 Acumulada) m³/h	Total de Outorgas e Dispensas	Vazão Total Outorgada	Vazão Remanescente
					(m³/h)	(m³/h)
4411	0,64	0,448	1.612,80	1,00	10,00	1.602,80
4413	7,557	5,290	19.044,21	1,00	63,07	18.981,14
4414	8,613	6,029	21.705,41	11,00	27,40	21.678,01
4415	7,029	4,920	17.713,61	2,00	5,208	17.708,41
4422	7,719	5,403	19.452,27	22,00	87,78	19.364,49
4424	8,330	5,831	20.992,59	1,00	0,312	20.992,28
4425	4,596	3,217	11.580,87	3,00	7,5	11.573,37
4426	22,035	15,424	55.528,07	3,00	20,73	55.507,33
4427	15,774	11,042	39.750,73	17,00	36,08	39.714,65
4431	14,091	9,864	35.510,39	3,00	4,53	35.505,86
4432	372,199	260,540	937.942,37	3,00	2,68	937.939,69
4433	30,693	21,485	77.347,08	1,00	0,4	77.346,68
4436	4,595	3,217	11.580,87	2,00	12,24	11.568,63
4442	332,914	233,040	838.943,39	1,00	8,33	838.935,06
4445	481,271	336,890	1.212.802,57	4,00	33,33	1.212.769,23

Fonte: Autor (2018).

O valor da  $Q_{7,10}$  no exutório (sub-bacia nº 4411) apresentou o menor valor de disponibilidade hídrica da região do Tapajós. Para essa área, o valor da vazão remanescente foi considerado negativo, visto que o valor da vazão total outorgada é maior que a disponibilidade na sub-bacia.

Na Tabela 12 visualiza-se os valores obtidos para as vazões remanescentes com base na  $Q_{7,10}$ .

Tabela 12 - Vazão remanescente para sub bacias da RH Tapajós aplicando a Q7,10

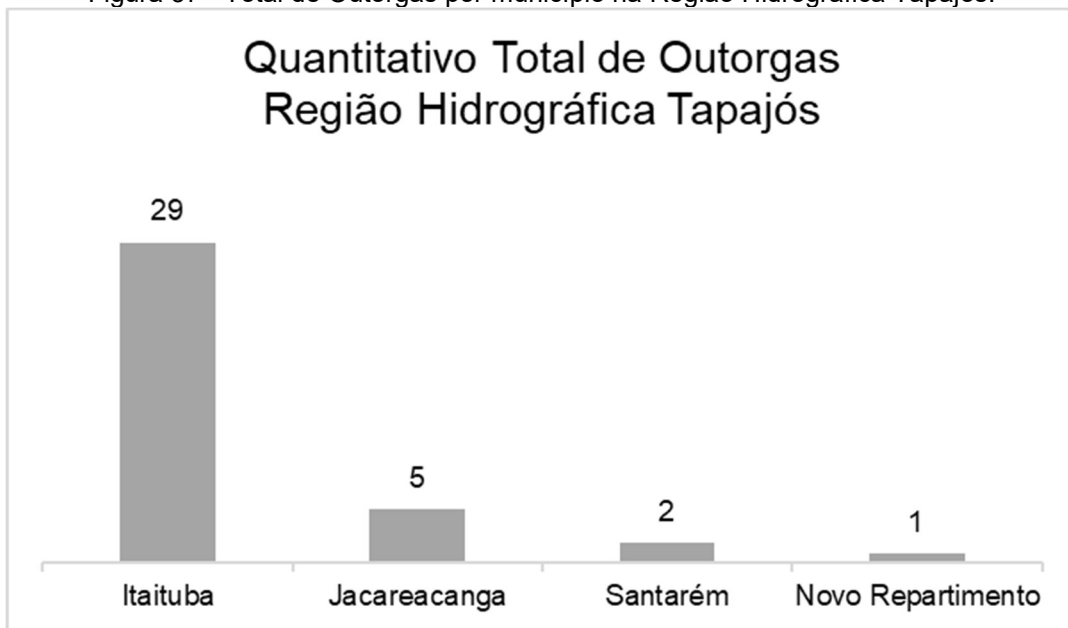
Sub-bacia	Vazão Natural (Q7,10 Acumulada) m <sup>3</sup> /s	Vazão Outorgável (50% da Q7,10 Acumulada) m <sup>3</sup> /s	Vazão Outorgável (50% da Q7,10 Acumulada) m <sup>3</sup> /h	Total de Outorgas e Dispensas	Vazão Total Outorgada	Vazão Remanescente
					(m <sup>3</sup> /h)	(m <sup>3</sup> /h)
4411	0,0037	0,0019	6,71	1,00	10,00	-3,29
4413	0,0440	0,0220	79,24	1,00	63,07	16,17
4414	0,0502	0,0251	90,31	11,00	27,40	62,92
4415	0,0409	0,0205	73,70	2,00	5,208	68,50
4422	1,356	0,678	2.440,88	22,00	87,78	2.353,11
4424	0,049	0,024	87,35	1,00	0,312	87,04
4425	0,807	0,404	1.453,18	3,00	7,5	1.445,68
4426	3,871	1,935	6.967,70	3,00	20,73	6.946,97
4427	2,771	1,386	4.987,95	17,00	36,08	4.951,87
4431	0,082	0,041	147,75	3,00	4,53	143,23
4432	1,978	0,989	3.560,17	3,00	2,68	3.557,49
4433	24,302	12,151	43.743,97	1,00	0,4	43.743,57
4436	0,807	0,404	1.453,18	2,00	12,24	1.440,94
4442	297,328	148,664	535.189,87	1,00	8,33	535.181,54
4445	429,826	214,913	773.687,07	4,00	33,33	773.653,74

Fonte: Autor (2018).

## 5.6 ANÁLISE DO USO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA REGIÃO HIDROGRÁFICA TAPAJÓS

A partir das vazões outorgadas, pode-se observar as principais finalidades de uso dos recursos hídricos nos municípios que fazem parte da região hidrográfica Tapajós. Os municípios com o maior percentual de outorgas concedidas na região hidrográfica são Itaituba e Jacareacanga, respectivamente com 78,38% e 13,51% das vazões outorgadas (Figura 37).

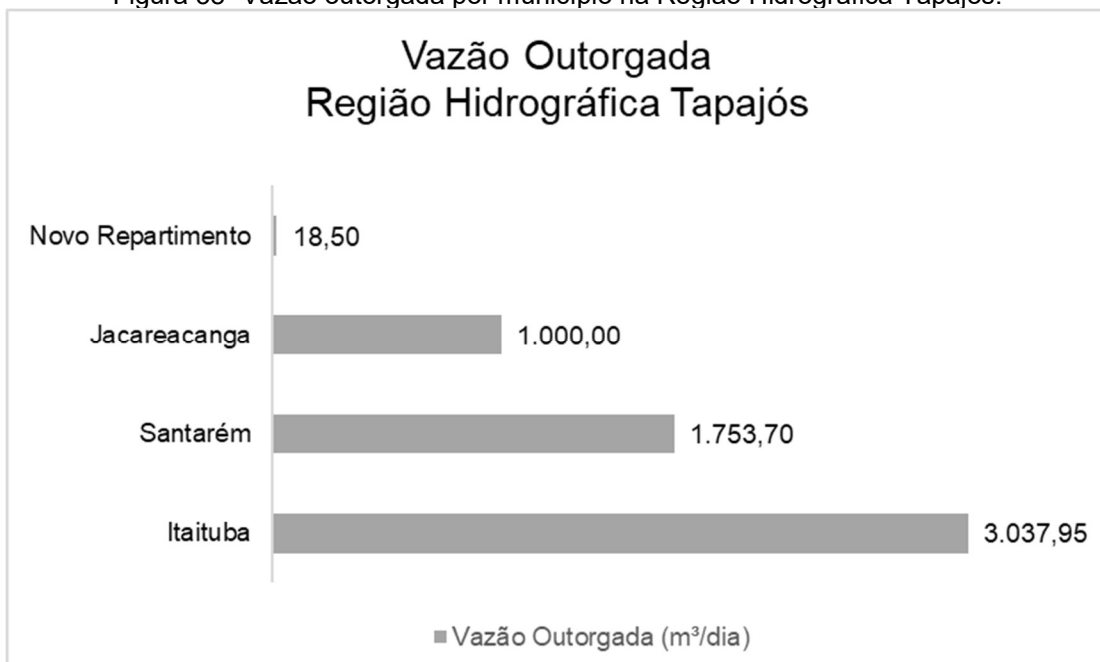
Figura 37 - Total de Outorgas por município na Região Hidrográfica Tapajós.



Fonte: Autor (2018).

Em relação às maiores vazões totais outorgadas, o município de Itaituba e Santarém são os que apresentam os maiores valores de vazão outorgada, conforme observa-se na Figura 38.

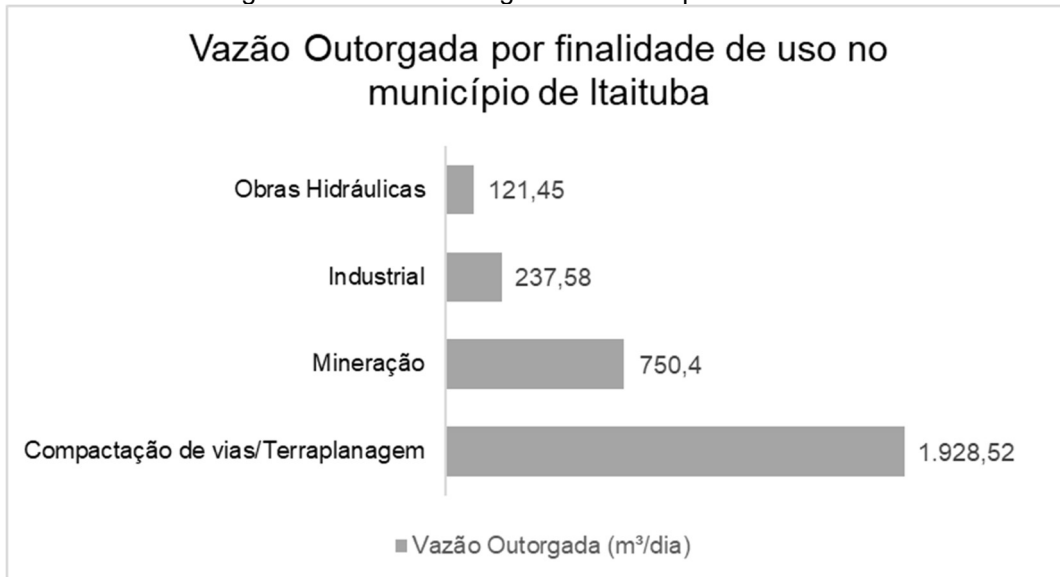
Figura 38- Vazão outorgada por município na Região Hidrográfica Tapajós.



Fonte: Autor (2018).

Em Itaituba, a compactação de vias e terraplanagem sobressai como a finalidade com maior vazão outorgada: 1,928,52 m<sup>3</sup>/dia, seguida pelo uso em mineração, com vazão outorgada de 750,40 m<sup>3</sup>/dia, apresentado na Figura 39.

Figura 39 - Vazão outorgada no município de Itaituba.



Fonte: Autor (2018).

Na Tabela 13, apresenta-se as vazões outorgadas para os demais municípios e as finalidades de uso. É possível analisar que a principal finalidade dos usos concedidos para outorgas na região refere-se a obras em para pavimentação e construção de vias.

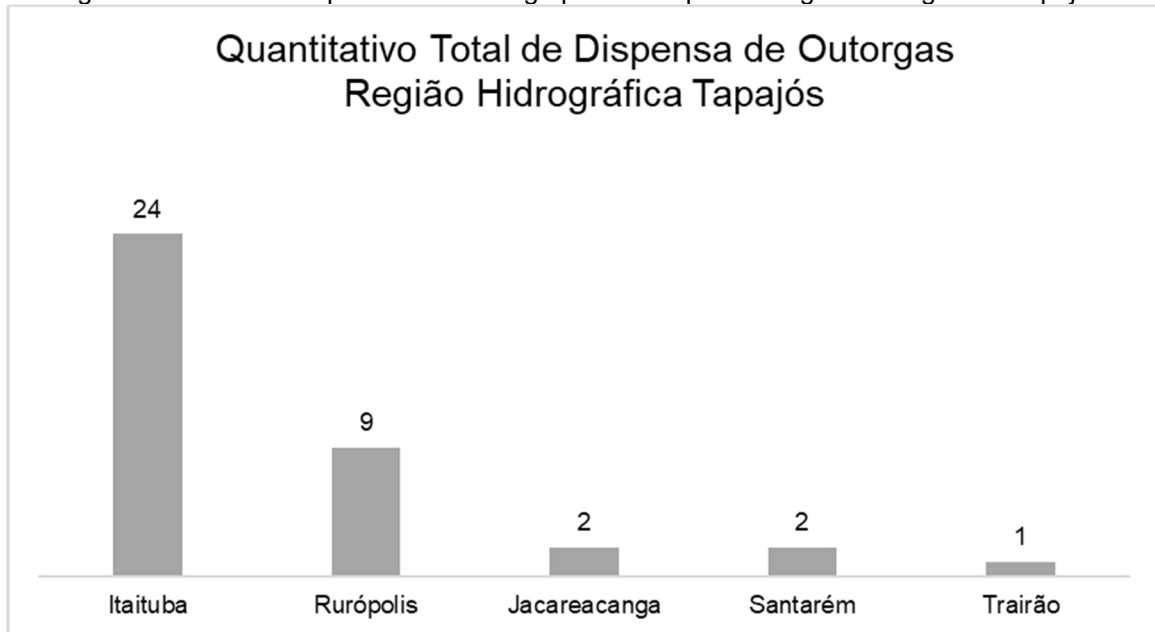
Tabela 13 - Vazão outorgada por município na Região Hidrográfica Tapajós.

Município	Finalidade de Uso	Vazão (m <sup>3</sup> /dia)
Jacareacanga	Compactação de vias/terraplanagem	1.000,00
Novo Repartimento	Abastecimento humano	18,50
Santarém	Aquicultura	1.753,70

Fonte: Autor (2018).

Os municípios com o maior percentual de dispensas de outorga concedidas na região hidrográfica são Itaituba e Rurópolis, respectivamente com 63,16% e 23,68% das dispensas de outorgas concedidas, apresentado na Figura 40.

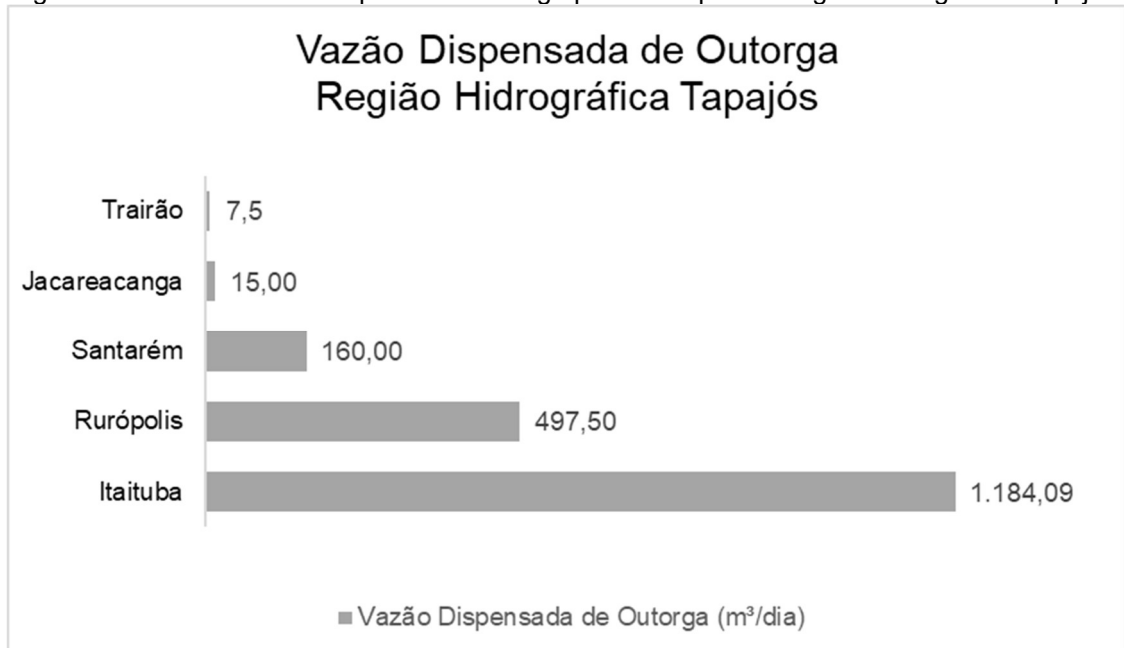
Figura 40- Total de Dispensas de Outorga por município na Região Hidrográfica Tapajós.



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 41, apresenta-se o somatório de vazão das dispensas de outorgas concedidas. O município de Itaituba e Rurópolis apresentaram o maior somatório de vazões dispensadas de outorga.

Figura 41 - Vazão total de dispensa de outorga por município na Região Hidrográfica Tapajós.

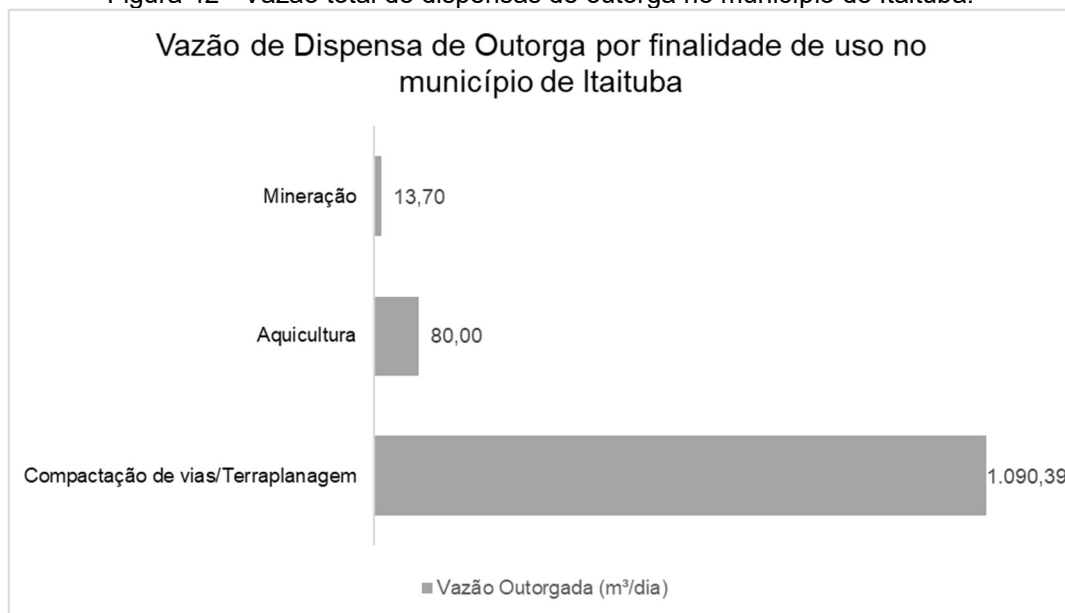


Fonte: Autor (2018).

Em Itaituba, a dispensa de outorga para fins de compactação de vias e terraplanagem possuem as maiores vazões concedidas, em relação aos demais usos. Assim como verificado nas outorgas deferidas para o município, observa-se uma grande demanda de uso de recursos hídricos para esta finalidade (Figura 42).

Esses valores corroboram a relação com a expansão de vias de acesso na região, como a pavimentação da BR 163, principal via para escoamento de parte da produção de grãos do Pará e da região do Centro-Oeste.

Figura 42 - Vazão total de dispensas de outorga no município de Itaituba.



Fonte: Autor (2018).

## 5.7 ANÁLISE DO COMPORTAMENTO SAZONAL DA PRECIPITAÇÃO NA REGIÃO HIDROGRÁFICA TAPAJÓS

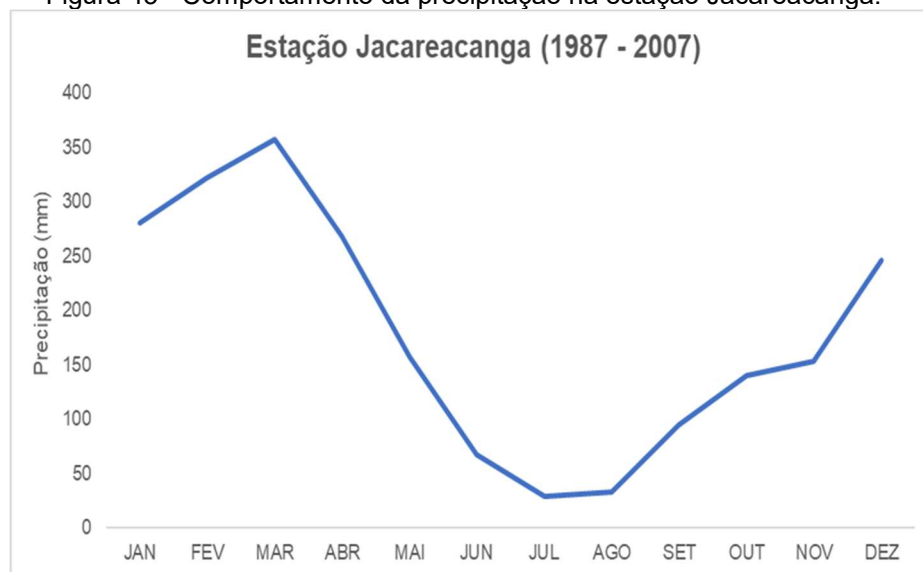
Após análise da disponibilidade hídrica e distribuição dos usos da água na região hidrográfica do Tapajós, verificou-se o comportamento pluviométrico tendo como base estações em áreas distintas da região. Para essa análise, considerou-se uma estação pluviométrica próximo à divisa do estado do Pará, Mato Grosso e Amazonas, na união dos rios Teles Pires e Juruena. Também se analisou as informações de precipitação de estação localizada em área intermediária da região hidrográfica do Tapajós, entre os municípios de Jacareacanga e Itaituba. A Tabela 14 apresenta as estações selecionadas para a obtenção da análise do comportamento sazonal.

Tabela 14 - Estações pluviométricas da região hidrográfica Tapajós.

Tipo de Estação	Estação	Código	Coordenada Geográfica		Município	UF
Pluviométrica	Jacareacanga	657000	6°14'8.16" S	57°46'31.08"W	Jacareacanga	PA
Pluviométrica	Barra São Manuel	758000	7°20'20.04"S	58°9'18.00"W	Borba	AM

A estação pluviométrica Jacareacanga, alcançou seu pico máximo de precipitação no mês de março (357,22 mm) e seu mínimo em julho (29,25mm), conforme apontado na Figura 43.

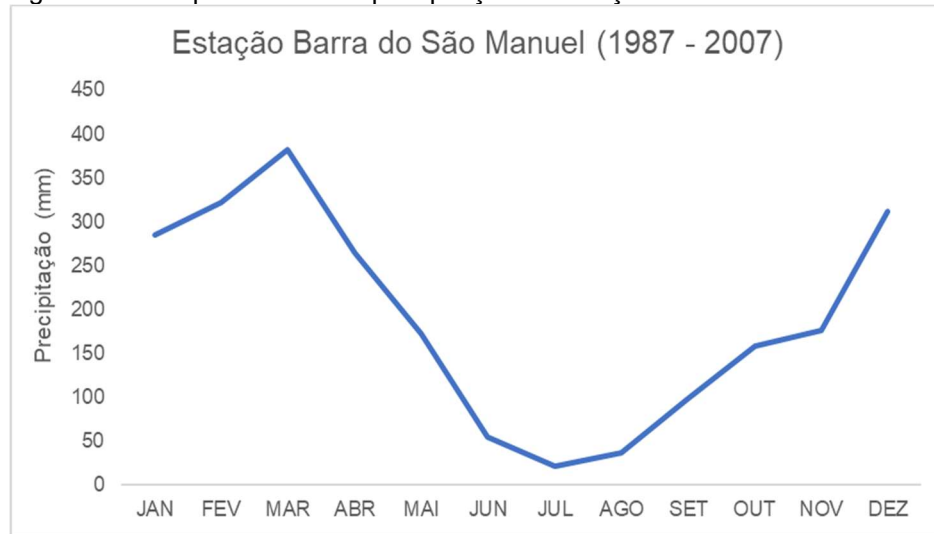
Figura 43 - Comportamento da precipitação na estação Jacareacanga.



Fonte: Autor (2018).

A estação pluviométrica Barra de São Manuel apresentou precipitação máxima no mês de março, com 381,54 mm. O valor mínimo observado no período foi de 21,39 mm no mês de julho, como apresentado na Figura 44.

Figura 44- Comportamento da precipitação na estação Barra do São Manuel.

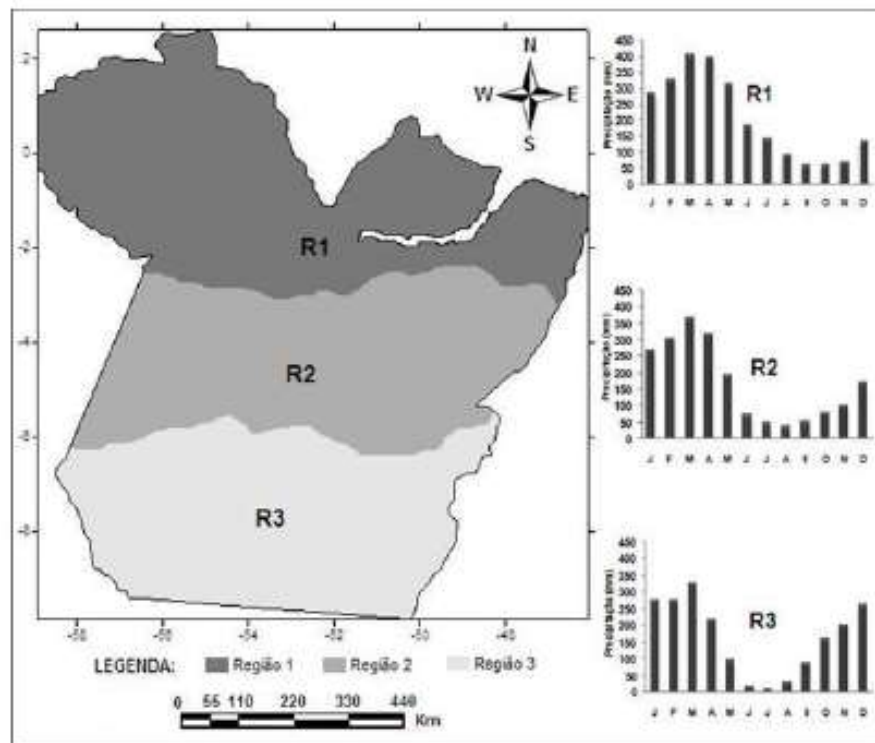


Fonte: Autor (2018).

As estações apresentam comportamento similares, conforme observado nos gráficos apresentados. Foi possível verificar que, mesmo localizadas em regiões distintas na região hidrográfica Tapajós, as relações de vazão e precipitação e máximas e mínimas foram as mesmas nos meses do período analisado. De acordo com Menezes, Fernandes e Rocha (2015) o estado do Pará apresenta 3 regiões homogêneas de precipitação, conforme apresentado na Figura 45, de modo que as áreas de abrangência, de cada grupo homogêneo definido, estão delimitadas pelos tons de cinza.



Figura 45 - Divisão do estado do Pará em regiões pluviométricas.



Fonte: Menezes, Fernandes e Rocha (2015).

A estação pluviométrica Barra do São Manuel, localizada na área de confluência do rio Tapajós, próxima à divisa do Pará, encontra-se na área de influência da Região 3 (R3). A estação Jacareacanga, estão localizadas em área intermediária entre a Região 2 (R2) e R3. Observa-se que o comportamento pluviométrico na R3 tem início do período chuvoso no último quadrimestre, entre os meses de setembro e outubro e compreende até o primeiro quadrimestre do ano.

Após a análise dos gráficos de precipitação das estações, percebe-se que o comportamento pluviométrico de ambas as estações está relacionado com as características da R3, no qual os meses de menor precipitação são junho, julho e agosto.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A região hidrográfica Tapajós possui um grande potencial hídrico, por isso, é considerada uma das regiões mais atrativas para a implantação de projetos de desenvolvimento econômico, como abertura e pavimentação de rodovias, instalação de portos, terminais hidroviários, centrais hidrelétricas, entre outros. Como forma de garantir o acesso e o uso dos recursos hídricos é imprescindível que a concessão deste recurso, por meio da outorga, seja realizada através de análise específica, observando a disponibilidade e grau de comprometimento da bacia que será realizada a captação.

Os resultados deste estudo apresentam os valores de disponibilidade hídrica para a região hidrográfica Tapajós, após análise utilizando os métodos de  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$  e identificando os principais setores usuários da região hidrográfica, visando auxiliar a tomada de decisão para a concessão de outorgas de uso dos recursos hídricos.

No que concerne à disponibilidade hídrica, foi possível observar que, de acordo com aplicação dos métodos considerando a  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ , os valores obtidos apresentam um cenário favorável para a captação de água superficial nas sub-bacias de região hidrográfica do Tapajós. O total de pontos outorgados e de vazão captada em relação à vazão outorgável não representa um impacto sobre os recursos hídricos, considerando principalmente as áreas com maior disposição de outorgas e dispensas concedidas.

Considerando o método da  $Q_{7,10}$  o cenário obtido apresenta situação de criticidade para determinadas sub-bacias, com resultados significativamente inferiores aos valores de vazão para  $Q_{90}$  e  $Q_{95}$ . Para esse método, verificou-se uma limitação de uso dos recursos hídricos nas sub-bacias que estão localizadas próximas à foz do rio Tapajós, devido o valor da vazão remanescente encontrar-se próximo ao valor da vazão total outorgável.

O método da  $Q_{7,10}$  é considerado um dos métodos mais restritivos, por considerar uma situação de estado mínimo. Relacionando com as características da região hidrográfica Tapajós, o uso do método  $Q_{7,10}$  não representa a realidade da região em sua aplicação, e pode afetar a concessão de outorgas para outros usuários.

A RH Tapajós é uma das maiores regiões hidrográficas do Estado e possui uma rede de estações fluviométricas com poucos postos de monitoramento, sendo

que os dados fluviométricos existentes apresentam falhas ou ausência de informações, reduzindo a precisão dos dados levantados. A importância de informações sólidas e detalhadas são fundamentais para a gestão dos recursos hídricos na RH Tapajós, bem como, para que sejam adotados planos e diretrizes para o gerenciamento dos recursos disponíveis, respeitando os usos prioritário e mediando possíveis conflitos quanto ao uso da água.

Em relação aos principais usos dos recursos hídricos da RH Tapajós, foi possível verificar que o quantitativo total de outorgas e dispensas de outorgas concedidas e os maiores volumes de vazão são destinados para atividades de obras civis, como terraplanagem, compactação de vias, umectação, entre outros. Tal fator aponta para o arranjo econômico que vem se estruturando na RH Tapajós, através da instalação de grandes empreendimentos; a abertura e pavimentação de rodovias estaduais e federais, permitindo mais rapidez no escoamento de produtos agropecuários para outras regiões; a construção de portos e terminais hidroviários e os interesses para fins energéticos, com a instalação de centrais hidrelétricas.

No que se refere à sazonalidade da precipitação na região, observou-se um comportamento similar nas estações analisadas, para o mesmo período de estudo. É importante destacar que o Estado não apresenta uma definição para a concessão de outorgas baseado na sazonalidade das regiões. A análise desse cenário é imprescindível para a verificação da disponibilidade hídrica, considerando as sub-bacias da região.

Ressalta-se que os resultados apresentados consideraram os dados provenientes do cadastro de outorgas e dispensas de outorga disponibilizados pela SEMAS/PA, e que, portanto, não abrange a totalidade dos usuários de recursos hídricos presentes na região hidrográfica Tapajós. Logo, definir ações e realizar fiscalizações aos usuários de recursos hídricos não outorgados e presentes na RH Tapajós é um mecanismo para obter a regularização por meio da outorga e aumentar o monitoramento na região.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERS, R.; JORGE, K. “Descentralização da gestão da água: por que os comitês de bacia estão sendo criados?” *Ambiente & Sociedade*, 8 (2), 99-124, 2005.

ARNÉZ, F. A. Análise de critérios de outorga de usos da água na bacia do Rio Santa Maria, RS. 2002. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) 2017. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – 2016. Brasília – DF. 177 p. Disponível em: <http://conjuntura.ana.gov.br>. Acesso: 20 de agosto de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) 2016. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – 2015. Brasília – DF. 105 p. Disponível em: [http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014\\_inf.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf). Acesso: 29 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) 2014. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – 2014. Brasília – DF. 105 p. Disponível em: [http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014\\_inf.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2014_inf.pdf). Acesso: 29 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) 2013. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – 2013. Brasília – DF. 434 p. Disponível em: [http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2013\\_rel.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2013_rel.pdf). Acesso: 29 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) 2012. Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – Informe 2012. Brasília – DF. 215 p. Disponível em: [http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2012\\_inf.pdf](http://conjuntura.ana.gov.br/docs/conj2012_inf.pdf). Acesso em 29 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUA (ANA). O COMITÊ DE BACIA HIDROGRÁFICA: O QUE É E O QUE FAZ?, BRASILIA. 2011. 64 p.: il. -- (Cadernos de capacitação em recursos hídricos ; v.1)

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA) Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos. Fonte: Portal de Metadados: <http://metadados.ana.gov.br/geonetwork/srv/pt/main.home?uuiid=0c75f8eb-f5c7-4643-9f91-5bf86a09fb63>. Acesso em 28 de março de 2017.

ALVES, T. L.B.; AZEVEDO, P.V. Estudo de bacias hidrográficas como suporte à gestão dos recursos naturais. *Revista Engenharia Ambiental*. v. 10, n.2, p. 166-184, mar./abr. 2013.

Amorim Júnior, J. C. Disponibilidade hídrica para outorga de captação: critérios anual e mensal para definição de vazões mínimas de referência. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico. 2014.

ASANUMA, O. K. Termos empregados em Gestão de Recursos Hídricos pela SEPLANTEC / SRH. Sergipe. 2001.

ARAI, K. F. Critérios para concessão de outorga e eficiência do uso dos recursos hídricos pela irrigação. 2014. 118 f. Tese (Doutorado em Agronomia -Produção Vegetal) – Programa de Pós Graduação, Universidade Federal da Grande Dourados, Mato Grosso do Sul. 2014.

ARAUJO, Fernanda Cristina. Flow regionalization of the piquiri river basin. 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Estadual do Oeste do Parana, Cascavel, 2015.

AZEVEDO, A. A. Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a sub-bacia do rio Paranã. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004

BAENA, L. G. N. et al. Espacialização da Q7,10, Q90% e Q95% visando a gestão dos recursos hídricos: Estudo de caso para a bacia do Rio Paraíba do Sul. Revista Engenharia na Agricultura. v.12. n.1. p. 24-31. 2004

BARBAROTTO JUNIOR, L. J.; Análise da disponibilidade hídrica da bacia do rio Jundiá por meio de simulações hidrológicas de cenários prováveis. 2014. 188 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – recursos hídricos, energéticos e ambientais) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo. 2014.

BARBAROTTO JUNIOR, L. J.; Disponibilidade hídrica para outorga de captação – critérios Anual e mensal para definição de vazões mínimas de referência. 2014. 181 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos) – Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Estado do Espírito Santo, Espírito Santo. 2014.

BARBOSA, I. D. Vazão ecológica na bacia hidrográfica do rio meia ponte, Goiás. 2013. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia do Meio ambiente) – Programa de Pós graduação, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2013.

BELICO, J. C. B.; LISBOA. L.;GUEDES, H. SOARES; SILVA, D. D. Comparação entre vazões mínimas de referência para o rio Formoso – MG. Revista ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.9, n.17; p. 2013.

BENETTI, A.D.; LANNA, A.E.; COBALCHINE, M.S. Metodologias para Determinação de Vazões Ecológicas em Rios. Revista Brasileira de Recursos Hídricos: Vol. 8, n.2 Abr/Jun, 2003.

BERNADI, S. C. E.; PANZIERA, G. A.; BURIOL, A. G.; SWAROWSKY, A. Bacia hidrográfica como unidade de gestão. *Disciplinarum Scientia*. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas, Santa Maria. v. 13 n. 2, p. 159-168. ago./ set. 2012.

BICUDO C. E. M. et al. Síntese pp. 219-222. In; BICUDO, C. E. M. et al. (eds.) Águas do Brasil. Análises Estratégicas. Academia Bras. Ciências, Inst. De Botânica. 222 pp. 2010

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Senado Federal, Brasília, DF, 2011. Disponível em: <<http://www6.senado.gov.br/legislacao/ListaPublicacoes.action?id=145411>>. Acesso em 20 de agosto 2017.

CARVALHO, R.G. As Bacias Hidrográficas enquanto unidades de planejamento e zoneamento ambiental no Brasil. Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente, n.36, Volume Especial, p. 26-43, 2014.

CHIARANDA, R.; RIZZI, N. E.; COLPINI, C.; Soares, T. S.; e Silva, V. S. M. Análise da precipitação e da vazão da bacia do Rio Cuiabá. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 7, núm. 1, pg. 117-122, 2012.

COLLISCHONN, B. (2006). Uso de precipitação estimada pelo satélite TRMM em modelo hidrológico distribuído, Dissertação de mestrado, IPHUFGRS, 193 páginas, anexos.

COUCEIRO, S. R. HAMADA, N. Os instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos na Região Norte do Brasil. Revista Oecologia Australis. ed. 15. pg 762-774, 2011. <http://dx.doi.org/10.4257/oeco.2011.1504.02> 2011.

CRUZ, C. J. Disponibilidade Hídrica para outorga: Avaliação de aspectos técnicos e conceituais. 2001. 199 f. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Rio Grande do Sul. 2001.

CRUZ, C. J.; TUCCI, M. E. C. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 13, n.1, p. 111-124, jan./mar. 2008.

DINAR, A. & SUBRAMANIA, A. (1997). Water Pricing Experiences: Internacional Perspective. World Bank Thechnical Paper, n. 386. The world Bank, Washington, D.C., E.U.A.

EUCLYDES, H.P., FERREIRA, P.A., RUBERT, O.A.V., SANTOS, R.M. Regionalização hidrológica na bacia do alto São Francisco a montante da barragem de Três Marias-Minas Gerais. Rev. Bras. de Recursos Hídricos. ed.6, pg. 81-105.

FERNANDEZ, J. C. A gestão e o planejamento integrado dos recursos hídricos: o caso da barragem de Crislândia, Bahia. Fórum Banco do Nordeste de Desenvolvimento IX Encontro Regional de Economia da ANPEC. 2004.

FERREIRA, G.M. Regionalização de vazões de referência Q7,10 e Q90. Dissertação (mestrado). Universidade Federal do Espírito Santo. 180 f. 2010.

FIGUEIREDO, N. M.; BLANCO, C. J. C. Simulação de Vazões e Níveis de Água Médios Mensais para o Rio Tapajós Usando Modelos ARIMA. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Volume 19 n.3 –Jul./Set. 2014, 111-126.

FIGUEIREDO, A. P.; OLIVEIRA, L. F. C.; FRANCO, A. P. B. Avaliação do desempenho de equações de regionalização de vazões na bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Bárbara, Goiás, Brasil. *Ambiente & Água*, Taubaté, v. 3, n. 2, p. 62- 76, 2008.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ (FAPESPA). Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental da Região de Integração do Tapajós. Disponível em: <http://feiradoempreendedorpa.com.br/site/downloads/inteligenciademercado/oportunidadedenegocios/068.pdf>. Acesso em 05 de setembro de 2018.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS DO PARÁ (FAPESPA). Diagnóstico Socioeconômico e Ambiental do Estado do Pará e Regiões de Integração. Disponível em: [https://www.seplan.pa.gov.br/sites/default/files/PDF/ppa/ppa2016-2019/perfil\\_regional\\_fapespa.pdf](https://www.seplan.pa.gov.br/sites/default/files/PDF/ppa/ppa2016-2019/perfil_regional_fapespa.pdf). Acesso em: 05 de setembro de 2018.

GOMES, R.R.K.A.; FERNANDES, L.L. Hydrological characterization of the Araguaia River through reference flows. Disponível em: <https://link.springer.com/journal/13201>. Acesso em 15 de outubro de 2017. DOI 10.1007/s13201-017-0622-5.

HOUAISS. Dicionário da Língua Portuguesa. Editora Objetiva, 2001.

LAMONICA, M.N. Impactos e reestruturação da gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio São João. Niterói, 2002.114p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal Fluminense

MAGALHÃES JUNIOR, A. P. Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, 2007.688p.

KITE, G.W. (1988). *Frequency and risk analysis in Hydrology*, Water Resources Publications, Littleton (CO), EUA.

KURTZ, F. C.; ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M.; ROBAINA, A. D.; GARCIA, S. M.; SANTOS, A. H. O.; DILL, P. R. J.; ATAIDES, P. R. V.; MARTINS, F. B. Introdução ao manejo integrado de bacias hidrográficas. Zoneamento ambiental dos banhados da estação ecológica do Taim, RS. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.33, nº1, p.56-79, 2003.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Koppen-Geiger climate classification updated. *Meteorol. Zeitschr.*, 15(3), 259–263, 2006.

LANNA, A.E.L. Gerenciamento da bacia hidrográfica: aspectos conceituais e metodológicos. Brasília, DF: IBAMA, 1995.

LEITE, O.C. Disponibilidade Hídrica Nos Sistemas Hidrográficos dos Rios Tocantins e Araguaia no Estado do Tocantins. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal

do Tocantins. Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais. 2015.

LIMA, A. M.; CRUZ, F. M. Integração entre o Sistema de Informação de Recursos Hídricos e a Outorga de Direito de Recursos Hídricos. Roteiro Orientativo. Belém, Pará: Secretaria de Estado de Meio Ambiente - SEMA. 2010.

LIU, X.; DAI, X.; ZHONG, Y.; LI, J.; WANG, P. *Analysis of changes in the relationship between precipitation and streamflow in the Yiluo River, China*. Theoretical and Applied Climatology, Vienna, v. 114, n. 1-2, p. 183-191, 2013.

LONGHI, E.H; FORMIGA, K.T.M. Metodologias para determinar vazão ecológica em rios. Revista Brasileira de Ciências Ambientais – nº. 20 , pg 33- 48, 2011.

LORANDI, R.; CANÇADO, C. J. Parâmetros Físicos para Gerenciamento de Bacias Hidrográficas. Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus, Editus, p.17-35, 2002.

MACIEL, S.A. Análise da relação chuva-vazão na bacia hidrográfica do Rio Paranaíba, Brasil. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia. 213 f. 2017.

MELLO, C.R., VIOLA, M.R., BESKOW, S. 2010. Vazões máximas e mínimas para bacias hidrográficas da região Alto Rio Grande, MG. Ciência e Agrotecnologia 34: 494-502.

MENDES, A. L. Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência. 2007. 189 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. 2007.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 206 p.

MESQUITA, L. F. G. Os comitês de bacias hidrográficas e o gerenciamento integrado na Política Nacional de Recursos Hídricos. Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente, v. 45, p. 56-80, abril 2018.

MICHELOTTI, D. Disponibilidade hídrica de pequenas bacias hidrográficas na região central do Rio Grande do Sul. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2015.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Disponível em:<http://www.mma.gov.br/port/srh/bibliot/>.>. Acesso em 20 de junho de 2017.

MOLINA, S.K.M. Disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do rio Amanbai – MS. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. 91. p. 2012.



MOURA, M. E.; RIGHETTO, M. A.; LIMA, M. R. R. Avaliação da Disponibilidade Hídrica e da Demanda Hídrica no Trecho do Rio Piranhas-Açu entre os Açudes Coremas-Mãe D'água e Armando Ribeiro Gonçalves. RBRH — Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V. 16, n.4, p. 07-19, out./dez. 2011.

NASCIMENTO, W. M. & VILAÇA, M. G.. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. Revista eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros. Três Lagoas, n. 7, p. 102-121, 2008.

NOVAES, L. F. (2005). Modelo para Quantificação da disponibilidade Hídrica na Bacia do Paracatu. 115p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Viçosa, Minas Gerais, Brasil: Universidade Federal de Viçosa.

OLIVEIRA, A. V. Regionalização de vazões nas regiões das unidades de planejamento e gestão de recursos hídricos GD1 e GD2, Minas Gerais. 2013. 103 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos em sistemas agrícolas) – Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 2013.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. Relatório mundial das Nações Unidas sobre desenvolvimento dos recursos hídricos 2016: água e emprego, fatos e números. Disponível em: [https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244041\\_por](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000244041_por). Acesso em 12 de agosto de 2017.

PARÁ. Lei nº 6.381 DE 25 de julho de 2001. Dispõe sobre a Política Estadual dos Recursos Hídricos e dá Outras Providencias. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/2001/07/25/9760/>> Acesso em: 10 de agosto de 2017.

PARÁ. Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH Nº 003 de 03 de setembro de 2008. Dispõe sobre a outorga de direito de uso dos recursos hídricos no Estado do Pará. Disponível em: <[https://www.semas.pa.gov.br/wp/Resolucao\\_CERH\\_03\\_dispoe\\_sobre\\_outorga.pdf](https://www.semas.pa.gov.br/wp/Resolucao_CERH_03_dispoe_sobre_outorga.pdf)> Acesso em: 10 de agosto de 2017.

PARÁ. Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH Nº 010 DE 03 de setembro de 2009. Dispõe sobre os critérios para análise de Outorga Preventiva e de Direito de Uso de Recursos Hídricos. Disponível em: <<https://www.semas.pa.gov.br/legislacao/cerh/>> Acesso em: 10 de agosto de 2017.

PARÁ. Resolução do Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CERH Nº 009 DE 18 de Outubro de 2010. Dispõe sobre os usos que independem de outorga (Alterada). Disponível em: <<http://www.semas.pa.gov.br/legislacao/cerh/>> Acesso em: 10 de agosto de 2017.

PELLISSARI, V. B. Vazão ecológica de rios: estudo de caso: Rio Timbuí, Santa Teresa, ES. 2000. 151p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, UFES, Espírito Santo, 2000.

PINTO, L. C.; MACHADO, E. F. P.; DE MELLO, C. R.; SILVA, A. M. Análise de Distribuições de Probabilidades e Estimativa da Q7,10 para a Região do Rio

Itabapoana, Espírito Santo/Rio De Janeiro. In: XIX Congresso de Pós-Graduação da UFLA, 19, 27 set. - 01 out. 2010. Lavras. Anais... Lavras: UFLA, 2010.

PIRES, J. S. R.; SANTOS, J. E.; DEL PRETTE, M. E. A utilização do Conceito de Bacia Hidrográfica para a conservação dos Recursos Naturais. Conceitos de Bacias Hidrográficas: teorias e aplicações. Ilhéus, Editus, p.17-35, 2002.

PORTO, A. F. M.; PORTO, L. L. R.; Gestão das Bacias Hidrográficas. Estudos Avançados. v. 22, n. 63, p. 43-60. 2008.

PRUSKI, F. F.; RODRIGUEZ, R. G.; SOUZA, J. F.; SILVA, B. M. B.; SARAIVA, I. S. Conhecimento da disponibilidade hídrica natural para a gestão dos recursos hídricos. Revista Eng. Agrícola Jaboticabal. v.31, n.1, p.67-77, jan/fev. 2011.

ROCHA, B. H. D.; ALEXANDRINO, C. H.; MOREIRA, D. P. F ;PEREIRA, G. A. & AZEVEDO, K.T. Estimativa da vazão mínima para o rio Mucuri pelo método Q7,10. Revista Águas Subterrâneas. Anais do XVIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. 2014.

RODRIGUES, S.T. Cenário das Outorgas de Lançamento Concedidas no Município de Belém no Estado do Pará. Dissertação de Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Pará, Belém, 2017.

RUTHES, J. M. A CURVA DE PERMANÊNCIA E A DISPONIBILIDADE HÍDRICA PARA OUTORGA NO ESTADO DO PARANÁ. Dissertação (mestrado). Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Cascavel/PR. 62 f. 2017.

SANTANA, L. R. Contribuição à classificação de pequenas bacias hidrográficas em função da área de drenagem. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará. Instituto de Tecnologia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Belém, 2018.

SCHUBER, E. S.M; MORAES, S.C. Desenvolvimento Regional do Tapajós: Um olhar sob o cenário socioeconômico na região de Integração do Tapajós. Revista de Estudos Sociais, N. 34, Vol. 17, Pag. 94, 2015.

SEMAS – SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. Balanço Hídrico Quantitativo Superficial da Bacia Hidrográfica do Rio Itacaiúnas, Sub-Região Hidrográfica Itacaiúnas, Sudeste Do Pará. Belém/PA. 2016.

SEMAS. Outorgas e Declarações de Dispensa em vigor. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/diretorias/recursos-hidricos/outorga/processos/>. Acesso em 20 de junho de 2017.

SEMAS PA. Região Hidrográfica do Tapajós.: Disponível Em: <http://www.sema.pa.gov.br/diretorias/recursos-hidricos/gesir/>. Acesso em: 20 de junho de 2017.

SETTI, A. A. et al. Introdução ao gerenciamento dos recursos hídricos. 2. ed. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica; Superintendência de estudos e informações hidrológicas, 207 p, 2001.

SHIKLOMANOV IA. World Water resources and Water Use, present assessment and outlook for 2050. State Hydrological Institute, St Petersburg, Russia. 1999.

SILVA, B. M. B. Influência da sazonalidade da disponibilidade hídrica dos critérios de outorga do uso da água e avaliação de índices para a gestão de planejamento de recursos hídricos na Bacia do Rio Paraopeba. 2012. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Programa de Pós Graduação, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais. 2012.

SILVA, B. M. B.; SILVA, D. D.; MOREIRA, C. M. Influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga de uso da água: estudo de caso da bacia do rio Paraopeba. Rev. Ambient. Água. v. 10 n. 3, p. 623-634. jul./ set. 2015.

SISCAH 1.0 – SISTEMA COMPUTACIONAL PARA ANÁLISES HIDROLÓGICAS. Brasília, DF: ANA; Viçosa, MG, 2009.

SOARES, P. A.; PINHEIRO, A.; SOARES, H. K.; ZUCCO, E. Estimativa da disponibilidade hídrica em pequenas Bacias hidrográficas com escassez de dados fluviométricos. Revista de estudos ambientais. v.12, n. 1, p. 29-38, jan./jun. 2010.

SOUZA, F. A. O.; Silva, C. L.; Maggiotto, S. R.; e Júnior, M. P. O. Caracterização das vazões em uma pequena bacia hidrográfica do Distrito Federal, Brasil. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.16, n.1, p.10–17, 2012.

SOUZA, M. C. A.; SILVA, F. R. M.; DIAS, S. N.; Gestão de recursos hídricos: o caso da bacia hidrográfica Apodi/Mossoró (RN). IRRIGA. v. 1, n. 01, p. 280-296. 2012.

SOUZA, N. R. Trajetórias virtuosas na regulação da água no Brasil: Os pressupostos inovadores do Código das Águas. NAEA, pag 220. 2008.

TRANCOSO, R.; CARNEIRO FILHO, A.; TOMASELLA, J.; SCHIETTI, J.; FORSBURG, B. R.; MILLER, R. P. Deforestation and conservation in major watersheds of the Brazilian Amazon. Environmental Conservation, United Kingdom, v. 36, n. 4, p. 277-288, 2009. <http://dx.doi.org/10.1017/S0376892909990373>.

TUCCI, C. E. M. (Org.). Modelos hidrológicos. Ed. Da Universidade – UFRGS / Associação Brasileira de Recursos Hídricos – ABRH, 2 ed. Porto Alegre, 2005.

TUCCI, E. M.; CLARKE, R. T. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

TUCCI, C. E. M; SILVEIRA, A. L. L et al. (organização). Hidrologia: ciência e aplicação. 4ª Ed. Alegre: Editora da GARCEZ, Lucas N. Hidrologia. São Paulo: UFRGS / ABRH, 2012.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE R. T. Regionalização hidrológica. In: PAIVA, E. M. C. D. de; PAIVA. J. B. D. de (Org.). Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABRH, p.3-13, 2003.

TUNDISI, G. J. Recursos Hídricos no Brasil: problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 76 p, 2014.

ULIANA, E.M.; SILVA, D.D.; ULIANA, E.M.; RODRIGUES, B.S; CORRÊDO, L.P. Análise da tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso estatístico não paramétrico. Revista Ambiente & Água. vol 10, n. 1, Taubaté – jan./mar.. 2015.

VESTENA, R. L.; OLIVEIRA, D. E.; CUNHA, C. M.; THOMAZ, L.E. Vazão ecológica e disponibilidade hídrica na Bacia das Pedras, Guarapuava–PR. Rev. Ambient. Água. v. 7 n. 3, p. 212-227. jul./ set. 2012

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3ª Ed. Belo Horizonte : Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. Editora UFMG, 2007. 452p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION — WMO., 1994. *Guide to hydrological Practices. Data acquisition and processing, analysis, forecasting and other applications*. 5th Edition, nº158, Genebra — Suíça, pp. 735.

YAPO, P. O.; GUPTA, H. V.; SOROOSHIAN, S. *Multi-objective global optimization for hydrologic models*. Journal of hydrology. v. 204. p. 83-97. 1998.