



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS
CURSO DE ENGENHARIA HÍDRICA



ISADORA MENEGON

**MANUAL PARA ESTIMATIVA DE VAZÕES DE
REFERÊNCIA APLICADO A OUTORGA DE USO DA
ÁGUA**

Porto Alegre
Maio de 2022

ISADORA MENEGON

**MANUAL PARA ESTIMATIVA DE VAZÕES DE REFERÊNCIA APLICADO A
OUTORGA DE USO DA ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Hídrica.

Orientador: Rodrigo Cauduro Dias de Paiva

Coorientadora: Amanda Wajnberg Fadel

Porto Alegre

Maio de 2022

CIP - Catalogação na Publicação

Menegon, Isadora

MANUAL PARA ESTIMATIVA DE VAZÕES DE REFERÊNCIA
APLICADO A OUTORGA DE USO DA ÁGUA / Isadora Menegon.

-- 2022.

115 f.

Orientador: Rodrigo Cauduro Dias de Paiva.

Coorientadora: Amanda Wajnberg Fadel.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia Hídrica,
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. Manual. 2. Estudos Hidrológicos. 3. Vazões de
Referência. 4. Outorga. 5. Disponibilidade Hídrica. I.
Cauduro Dias de Paiva, Rodrigo, orient. II. Wajnberg
Fadel, Amanda, coorient. III. Título.

ISADORA MENEGON

MANUAL PARA ESTIMATIVA DE VAZÕES DE REFERÊNCIA APLICADO A
OUTORGA DE USO DA ÁGUA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira Hídrica.

Aprovado em: Porto Alegre, 09 de Maio de 2022.

Prof. Dr. Fernando Mainardi Fan – IPH/UFRGS

Examinador

Eng^a. Doutoranda Larissa de Castro Ribeiro – PPGRHSA/UFRGS

Examinadora

Eng^a. Mestre Raíza Cristóvão Schuster – DIPLA/SEMA-RS

Examinadora

Em memória de minha tia e segunda
mãe, Nelma.
Minha maior ouvinte e apoiadora de
todos os meus sonhos.

AGRADECIMENTOS

Esse presente trabalho de conclusão e a jornada acadêmica que estou encerrando neste semestre não seriam possíveis sem o apoio e dedicação de muitos que cruzaram o meu caminho. Por isso, os meus agradecimentos se dirigem a:

À minha mãe e meu pai, que estiveram comigo desde sempre. Os dois entendem a importância e o poder que conhecimento tem na vida de uma pessoa e, por isso, sempre me incentivaram a seguir nos trilhos do saber. A minha irmã, que me observava com um olhar curioso de mana mais nova, atenta a aprender com todas as minhas decisões.

Aos meus avós que, com toda certeza, são os meus maiores exemplos de dedicação e determinação. Aos meus primos Dizi e Deivi que estão comigo nos momentos mais gostosos e também difíceis da vida. São certamente os melhores primos/irmãos que eu poderia ter.

Ao meu namorado, Vini, por ser meu maior apoiador e grande motivador das minhas ideias. Obrigada por não ter me deixado desistir quando os trabalhos das disciplinas pareciam nunca terminar. A Lucy, por passar os finais de semana do meu lado e por ser meu momento de relaxamento da semana.

Aos meus amigos que, acabaram abdicando, muitas vezes, da minha presença física nos eventos e comemorações. Obrigada por entenderem que a graduação era algo importante pra mim. Obrigada especialmente aos meus companheiros de graduação que sempre entenderam cada sentimento que eu vivi na UFRGS.

Aos meus mestres da Iniciação Científica, por terem despertado em mim o prazer da ciência. Certamente, a felicidade de um trabalho bem publicado é algo ímpar. A UFRGS, por ter me proporcionado a vivência de experiências novas e o crescimento intelectual que apenas uma instituição como está poderia ter me proporcionado.

Ao meu orientador, por me guiar na construção do TCC. A minha co-orientadora, que surgiu com a proposta deste trabalho e que foi fundamental na sua elaboração. Obrigada pela ajuda de vocês com seus conhecimentos e persistências.

Por fim, obrigada a todos os professores que tive o privilégio de poder aprender. Muito além do conhecimento adquirido foram os momentos de troca de apoio e de experiências de vida que acabaram formando minha construção pessoal.

*“e quando falamos temos medo
de nossas palavras não serem ouvidas
nem bem-vindas
mas quando estamos em silêncio ainda
assim temos medo*

*É melhor falar então
lembrando
sobreviver nunca foi nosso destino”*

Audre Lorde

RESUMO

A outorga de uso da água é uma licença emitida pelo Estado que permite ao usuário a utilização de determinadas quantidades de água para atender as suas demandas. Para que a outorga seja um instrumento de gestão eficiente é necessário estimar a oferta e a demanda hídrica. A demanda é estimada por meio do cadastramento dos usuários e a disponibilidade hídrica através de estudos de frequência de vazões observadas na qual são determinadas as vazões de referência. Ao solicitar a vazão necessária para atender a sua demanda o usuário pode tê-la autorizada ou não. Neste ponto do processo de outorga, o usuário pode realizar um estudo hidrológico para comprovar que a demanda solicitada está contida na vazão de referência. É neste processo em que o presente trabalho se insere como necessário. Atualmente, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul não possui um documento orientativo para o desenvolvimento de estudos hidrológicos. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi propor um manual para elaboração de estudos hidrológicos que busque orientar a construção desses documentos visando aos usuários de outorga de uso da água no Rio Grande do Sul. O manual foi desenvolvido baseado em um questionário e entrevista realizada junto a equipe do Divisão de Outorga (DIOUT) a fim de identificar as questões a serem abrangidas pelo manual. Além disso, foram avaliados estudos hidrológicos já entregues a DIOUT a fim de reconhecer quais as características mais comuns identificadas nestes e selecionar um deles para empregar diferentes metodologias de estimativa da disponibilidade hídrica. Através desses mecanismos foi desenvolvido um manual objetivo e focado nas necessidades identificadas. Este foi dividido em capítulos e cada um destes, inicialmente, contém um breve resumo do que se espera e um *checklist* dos pontos importantes a serem abordados naquele item. Posteriormente, segue a exemplificação do capítulo que é realizada através do ponto de estudo selecionado e das metodologias de estimativa da disponibilidade hídrica empregadas.

Palavras-chaves: *manual, outorga, estudos hidrológicos, disponibilidade hídrica.*

ABSTRACT

The water use grant is a license issued by the State that allows the user to use certain amounts of water to meet their demands. For the grant to be an efficient management tool, it is necessary to estimate the supply and demand for water. The demand is estimated through the registration of users and the water availability through studies of the frequency of observed flows in which the reference flows are determined. When requesting the flow required to meet your demand, the user can have it authorized or not. At this point in the granting process, the user can carry out a hydrological study to prove that the requested demand is contained in the reference flow. It is in this process that the present work is inserted as necessary. Currently, the State Secretariat for the Environment and Infrastructure of Rio Grande do Sul does not have an orientation document for the development of hydrological studies. Therefore, the objective of this work was to propose a manual for the elaboration of hydrological studies that seeks to guide the construction of these documents aimed at users of water use grants in Rio Grande do Sul. The manual was developed based on a questionnaire and interview carried out with the Grant Division (DIOUT) team to identify the issues to be covered by the manual. In addition, hydrological studies already delivered to DIOUT were evaluated to recognize the most common characteristics identified in them and select one of them to employ different methodologies for estimating water availability. Through these mechanisms, an objective manual was developed, focused on the identified needs. This was divided into chapters and each of these, initially, contains a summary of what is expected and a checklist of the important points to be addressed in that item. Subsequently, the exemplification of the chapter follows, which is carried out through the selected point of study and the methodologies used to estimate water availability.

Keywords: *manual, grant, hydrological studies, water availability.*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fluxograma da gestão da Lei das Águas.	26
Figura 2. Linha do tempo de marcos e bases legais de interesse para a presente pesquisa.	28
Figura 3. Critérios de outorga de águas superficiais definidos para as bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul.	34
Figura 4. Fluxograma da metodologia aplicada pelo Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul na geração da disponibilidade hídrica nas bacias do estado.	35
Figura 5. Distribuição de frequência dos erros nas estimativas da vazão para os diferentes métodos.	40
Figura 6. Resultados obtidos na estimativa de vazões mínimas em locais sem dados utilizando diferentes metodologias.	41
Figura 7. Modelo simplificado do Método Silveira.	49
Figura 8. Fluxograma para aplicação do Método Silveira.	50
Figura 9. Fluxograma de execução da metodologia.	54
Figura 10. Resposta encontrada no questionamento 3 do formulário.	60
Figura 11. Resposta encontrada no questionamento 4 do formulário.	61
Figura 12. Resposta encontrada no questionamento 6 do formulário.	63
Figura 13. Resposta encontrada no questionamento 7 do formulário.	63
Figura 14. Localização do ponto de interesse.	72
Figura 15. Bacia hidrográfica de contribuição do ponto estudado.	73
Figura 16. Mapa de litologia da região de estudo.	74
Figura 17. Localização das estações fluviométricas da ANA utilizadas no Método de Regionalização de vazões.	78
Figura 18. Mapa das estações pluviométricas pré-selecionadas e suas isoietas.	80
Figura 19. Evaporação média diária na estação de Cruz Alta (INMET)	82
Figura 20. Localização do ponto de coleta dos dados em relação ao ponto de estudo.	83
Figura 21. Imagens do local onde ocorreram as coletas de dados de vazão. ...	84
Figura 22. Ilustrações do perfil batimétrico encontrado nas seções de lançamento e chegada do flutuador.	84

Figura 23. Curvas de permanência obtidas através do Método de Regionalização de Vazões.....	87
Figura 24. Regionalização da vazão de referência para o ponto de estudo.....	89
Figura 25. Diferença entre a vazão medida e calculada pela metodologia.	90
Figura 26. Modelo chuva-vazão obtido da aplicação do Método Silveira.	91
Figura 27. Curva de Permanência no ponto estudado a partir do Método Silveira.	92
Figura 28. Distribuição de velocidades em uma seção transversal de um rio.	112
Figura 29. Ilustração do Método do Flutuado	113
Figura 30. Ilustração de um vertedor.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Demandas por finalidade no Brasil no ano de 2019.	20
Tabela 2. Variáveis explicativas correlacionadas aos seus parâmetros.	42
Tabela 3. Principais Métodos de Regionalização de Vazão utilizados no Brasil.	44
Tabela 4. Tipos de modelos hidrológicos e suas definições.	52
Tabela 5. Estudos hidrológicos e suas características principais.	58
Tabela 6. Identificação do empreendimento e vazões de referência resultantes do estudo hidrológico.	67
Tabela 7. Formulário técnico de identificação do empreendedor e empreendimento.	69
Tabela 8. Formulário técnico de responsável técnico.	69
Tabela 9. Tabela resumo estações fluviométricas da ANA utilizadas no Método de Regionalização de vazões.	79
Tabela 10. Disponibilidade de dados das estações pluviométricas.	81
Tabela 11. Vazões observadas a partir da coleta de campo.	84
Tabela 12. Resumo de dados utilizados nas metodologias.	85
Tabela 13. Vazões de referência para cada estação utilizada.	89
Tabela 14. Valores obtidos no emprego do Método do Vizinho mais Próximo com medição esporádica.	92
Tabela 15. Resumo dos resultados obtidos.	94
Tabela 16. Matriz dos métodos utilizados.	96

LISTA DE SIGLAS

ANA: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

CRH: Conselho de Recursos Hídricos

DIOUT: Divisão de Outorga do Rio Grande do Sul

Dd: Densidade de Drenagem

INC: Método da Vazão Específica Incremental

MGB: Modelo Hidrológico de Grandes Bacias

ML: Método Baseado em Dados

OTI: Método da Vazão Específica com Doador Único Otimizado

Pa: Precipitação Média Anual

Pm: Precipitação Média

PNRH: Política Nacional de Recursos Hídricos

Q_{mld} : Vazão média

Q_{95} : Vazão com 95% de probabilidade de ser igualada ou superada em um dia qualquer

Q_{50} : Vazão com 50% de probabilidade de ser igualada ou superada em um dia qualquer

Q_{90} : Vazão com 90% de probabilidade de ser igualada ou superada em um dia qualquer

Q_{95} : Vazão com 95% de probabilidade de ser igualada ou superada em um dia qualquer

$Q_{7,10}$: Vazão mínima de 7 dias de duração e 10 anos de tempo de retorno

RDH: Reserva de Disponibilidade Hídrica

RHH: Região Hidrologicamente Homogênea

RS: Rio Grande do Sul

SEMA-RS: Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul

SINGERH: Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SIOUT: Sistema de Outorga do Estado do Rio Grande do Sul

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	17
2. OBJETIVOS.....	19
2.1 OBJETIVO GERAL.....	19
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
3.1 CONCEITOS RELEVANTES.....	19
3.1.1 SITUAÇÃO, RELEVÂNCIA E DESAFIOS DO APRIMORAMENTO DAS FERRAMENTAS E INSTRUMENTOS DE GESTÃO NO BRASIL	20
3.1.2 MARCOS E BASES LEGAIS.....	23
3.1.3 OUTORGA DE USO DA ÁGUA	29
3.1.4 DISPONIBILIDADE E DEMANDA HÍDRICA.....	30
3.1.4.1 VAZÕES DE REFERÊNCIA.....	31
3.1.4.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NO RIO GRANDE DO SUL... 34	
3.2 PROCEDIMENTO PARA EMISSÃO DA OUTORGA DE USO DA ÁGUA	36
3.3 MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA	37
3.3.1 METODOLOGIAS PARA ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA.....	38
3.3.2 METODOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES	41
3.3.2.1 MÉTODO TRADICIONAL (ELETROBRÁS)	45
3.3.2.2 METODOLOGIA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO E VIZINHO MAIS PRÓXIMO COM MEDIÇÃO ESPORÁDICA	46
3.3.3 METODOLOGIA SILVEIRA	47
3.3.4 MODELOS HIDROLÓGICOS.....	50
3.4 COMETÁRIOS FINAIS SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	53
4. METODOLOGIA.....	53
4.1 ENTENDIMENTO DA PROBLEMÁTICA	54
4.1.1 OBJETO DE ESTUDO	54
4.1.2 REUNIÃO E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO JUNTO A DIVISÃO DE OUTORGA.....	55
4.2 SELEÇÃO DO ESTUDO HIDROLÓGICO	56
4.3 APLICAÇÃO DAS DIFERENTES METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DE VAZÃO	59
4.4 DESENVOLVIMENTO DO MANUAL PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS.....	59
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
5.1 ENTENDIMENTO DA PROBLEMÁTICA	60

5.2 SELEÇÃO DO ESTUDO HIDROLÓGICO	65
5.3 MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS: APLICADO A OUTORGA	66
5.3.1 QUADRO RESUMO E RESPONSABILIDADE TÉCNICA	67
5.3.2 INFORMAÇÕES GERAIS	68
5.3.3 INFORMAÇÕES DO EMPREENDIMENTO	69
5.3.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA.....	70
5.3.5 METODOLOGIA	74
5.3.5.1 DADOS DISPONÍVEIS	75
5.3.6 RESULTADOS	85
5.3.7 CONCLUSÃO.....	94
5.3.8 VERIFICAÇÃO E REPRODUÇÃO DE TODOS OS RESULTADOS.....	95
5.4 CONSIDERAÇÃO FINAIS	95
6. CONCLUSÃO	99
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
ANEXO I.....	110

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural finito, componente fundamental na dinâmica da natureza, elemento representativo de valores sociais e culturais, importante fator de desenvolvimento de diversas atividades econômicas e responsável pela manutenção da vida na terra (SANTIN e GOELLNER, 2013). No entanto, esta vem sendo alterada quantitativamente e qualitativamente devido aos diversos usos que possui (DE AGUIAR, 2020).

O aumento da pressão antrópica sobre os usos dos recursos hídricos faz com que haja a necessidade de estímulos de novas soluções para o gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos, a nível local, regional, nacional e internacional (TUNDISI, 2006). O planejamento dos recursos hídricos visa adequar o uso, controlar e proteger a água às demandas sociais e/ou governamentais, fornecendo subsídios para o gerenciamento dos mesmos (LANNA, 1993).

Segundo Kobiyama *et al.* (2008) a hidrologia tem um papel indispensável no gerenciamento e planejamento dos recursos hídricos, visto que esta pode auxiliar na obtenção de informações básicas e fundamentais como na coleta e análise de dados hidrológicos.

No Brasil, a Lei nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997, instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGERH). A outorga de direito de uso da água, é um dos instrumentos previstos na PNRH (BRASIL, 1997).

A outorga de uso da água visa garantir que as captações e lançamentos não comprometam quantitativamente e qualitativamente, respectivamente, os cursos hídricos. A quantificação da disponibilidade hídrica, portanto, é essencial para a gestão dos recursos hídricos e conseqüentemente para a outorga de uso da água.

A disponibilidade hídrica pode ser obtida através de estudos de frequência de vazões observadas na qual são determinadas as vazões de referência e as demandas são registradas através das solicitações ao órgão gestor (DA SILVEIRA, ROBAINA, *et al.*, 1998). As vazões de referência podem ser encontradas através de funções de probabilidade, tais como: vazões médias e mínimas ou por meio da curva de permanência de vazões (BACK, ZAMBRANO e CORSEUIL, 2019).

As vazões de referências mais empregadas pelos órgãos gestores de recursos hídricos no Brasil para fins de avaliação de outorga de uso da água são: sete dias consecutivos com tempo de retorno de dez anos ($Q_{7,10}$), ou vazões de permanência (Q_{90} e Q_{95}), fixando-se tetos de uso (AMORIN JÚNIOR, 2014).

No Estado do Rio Grande do Sul a outorga de uso da água está condicionada no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacia Hidrográficas do estado (RIO GRANDE DO SUL, 1996). A vazão de referência para outorga no Rio Grande do Sul foi instituída pela Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul nº 141, de março de 2014. O padrão estipulado é a Q_{90} , sendo que 50% o máximo outorgável dessa vazão (CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL, 2014), podendo esta ser reavaliada por meio dos Planos de Bacia Hidrográfica.

A solicitação da outorga de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul deve ser realizada ao órgão gestor, a Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura (SEMA/RS), por meio da Divisão de Outorga (DIOUT) do Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento (DRHS). Este avalia a demanda solicitada, comparando-a à disponibilidade hídrica de referência do Estado (Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento, 2021). Caso o órgão gestor indique que não há disponibilidade hídrica para atender à solicitação, o solicitante pode apresentar um estudo hidrológico mais detalhado para verificação da disponibilidade hídrica.

Atualmente, o processo de verificação destes estudos hidrológicos acaba sendo moroso ao órgão gestor por haver a falta de padronização desses documentos. A sua verificação é realizada individualmente e são observados problemas de faltas de informações básicas nos documentos e o emprego de metodologias que não seguem os critérios básicos das mesmas.

Além disso, não são documentos claros em que se pode verificar a metodologia empregada. Por esses motivos, muitos destes acabam não sendo suficientes para comprovar a existência de disponibilidade hídrica para atender à vazão solicitada pelo usuário o que acaba sendo um desperdício de investimento financeiro e tempo.

Neste contexto, o presente trabalho visa dar suporte a essa parcela do processo de outorga de uso da água por meio de um manual de estudos hidrológicos.

2. OBJETIVOS

A seguir são apresentados os objetivos deste trabalho de conclusão de curso.

2.1 OBJETIVO GERAL

Propor um manual para estimativa de vazões de referência aplicado a outorga de uso da água visando o melhoramento da interface outorgante e usuário.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho de conclusão de curso consistem em:

- Verificar quais as necessidades encontradas pela Divisão de Outorga (DIOUT) do Rio Grande do Sul na avaliação dos estudos hidrológicos a fim de saná-las através do desenvolvimento do manual;
- Aplicar diferentes métodos de análise nos estudos de casos selecionados da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul e gerar um quadro de tomada de decisões destas metodologias;
- Desenvolver um manual para elaboração dos estudos hidrológicos.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica apresenta os principais conceitos teóricos necessários para o entendimento do presente trabalho de conclusão de curso. Inicialmente, é realizada uma revisão de conceitos relevantes para o entendimento do trabalho, posteriormente, são descritas algumas aplicações estatísticas.

3.1 CONCEITOS RELEVANTES

A seguir são descritos conceitos importantes para o entendimento do papel deste trabalho e para o pleno acompanhamento das atividades desenvolvidas ao longo do mesmo.

3.1.1 SITUAÇÃO, RELEVÂNCIA E DESAFIOS DO APRIMORAMENTO DAS FERRAMENTAS E INSTRUMENTOS DE GESTÃO NO BRASIL

Os sistemas de gestão das águas foram se estabelecendo de formas diferentes em cada local do planeta Terra. Diversas características são fundamentais para que isso aconteça, tais como: as diferentes condições hidrológicas de cada região, as diversas atividades econômicas e assim conflitos entre usuário distintos, as diferentes características ecológicas de cada região, as demandas da população, entre outros fatores (SANTOS, 2010).

O Brasil possui em seu território grande quantidade da água doce existente do planeta terra, na qual certa de 80% da água superficial encontra-se na Região Hidrográfica Amazônica (FAGUNDES, OLIVEIRA, *et al.*, 2020). No país, a água é utilizada majoritariamente pela irrigação, abastecimento humano e indústria, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Demandas por finalidade no Brasil no ano de 2019.

Usos (m ³ /s)	Retirada ¹	Consumo ²	Retorno ³
Irrigação	1.038,1	743,5	294,6
Abastecimento humano	505,7	101,1	404,6
Indústria	202,3	108,7	93,6
Abastecimento Rural	33,6	26,9	6,7
Mineração	36,0	10,5	25,5
Termelétrica	92,9	3,1	89,8
Uso Animal	174,8	130,9	43,9

Fonte. Agência Nacional De Águas e Saneamento Básico, 2020.

Segundo a Agência Nacional De Águas e Saneamento Básico (2020):

¹ Retirada: refere-se à água total captada para um uso. Exemplo: água retirada para abastecimento urbano.

² Consumo: refere-se à água retirada que não retorna diretamente aos corpos hídricos. De uma forma simplificada, é a diferença entre a retirada e o retorno. Exemplo: água retirada para abastecimento urbano menos a água que retorna como esgoto

³ Retorno: refere-se a parte da água retirada para um determinado uso que retorna para os corpos hídricos. Exemplo: esgotos decorrentes do uso da água para abastecimento urbano.

A demanda por uso de água no Brasil é crescente, com aumento estimado de aproximadamente 80% no total de retirado de água nas últimas duas décadas. A previsão é de que, até 2030, a retirada aumente 23%. O histórico da evolução dos usos da água está diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país.

A ANA estimou o grau de implementação de gestão integrada de recursos hídricos no Brasil, na qual mede, de forma relativa, diversos parâmetros relacionados a implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, entre outros. Essa estimativa vai de 0 a 100 e, atualmente, o Brasil está com um peso de 63,1 (Agência Nacional De Águas e Saneamento Básico, 2020).

Além disso, também houve um diagnóstico relativo à qualidade e a quantidade do recuso hídrico existente. A proporção de corpos hídricos com boa qualidade de água e o nível de estresse hídrico no país são, respectivamente, 77,5% e 1,76% (Agência Nacional De Águas e Saneamento Básico, 2020).

Segundo Borelli (2018) o aumento da demanda da água em relação a impossibilidade de elevação da disponibilidade hídrica existente acaba tornando o recurso como não sendo um bem comum, embora este seja estratégico para o desenvolvimento econômico e a manutenção da vida. Em países como o Brasil, por exemplo, a abundância e a escassez hídrica convivem simultaneamente, evidenciando que este não depende da ação da natureza, mas da ação humana.

A habilidade de propor soluções de conflitos resultantes da exploração humana e da degradação de recursos hídricos é uma tarefa complexa. Um dos principais avanços conceituais foi a mudança de paradigmas quanto a gestão. Esta consiste em incentivar que o gerenciamento centralizado dos entes se torne um sistema integrado, preditivo e no âmbito de ecossistemas, neste caso, bacias hidrográficas (TUNDISI, 2006).

Para que ocorra amparo na tomada de decisões nas bacias hidrográficas é fundamental que existam ferramentas que auxiliem e deem suporte tecnológico. Estas devem possuir acesso rápido aos dados e de sistematização

simplificada, permitindo a integração entre ideias e entes interessados (CEREZINI e HANAI, 2017).

No Brasil, houve uma ineficácia na aplicação de legislação até a década de 1990, juntamente com uma ausência de planejamento e uma precariedade de investimentos na infraestrutura na qual acarretaram problemas socioambientais. Sendo assim, a integração do planejamento ambiental para a gestão do recurso hídrico se tornou estratégico e fundamental para o país (SILVA e SILVA, 2014).

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), instituída pela Lei Federal nº 9.433, estabelece que a gestão da água não deve dissociar aspectos quantitativos e qualitativos da água. Inclusive, deve levar em consideração as características geográficas e socioeconômicas de cada região, também devem ser promovidas a integração entre os setores de usuários, órgãos gestores e gestão ambiental (BRASIL, 1997).

A Lei também estabelece que os Planos de Recursos Hídricos são os planos diretores que orientam a implementação da PNRH. De acordo com Leal (2012) os planos constituem um instrumento fundamental para a gestão dos recursos hídricos e a sua elaboração e implementação são uma ferramenta de gestão.

A partir da análise das características atuais da gestão no Brasil, das normativas instituídas pela Lei e pelo conhecimento de como devem ser a gestão integrada dos recursos hídricos, pode-se esperar que existem desafios de grandes magnitudes no gerenciamento dos recursos hídricos. Um dos principais destes, é a estrutura de “comando e controle”.

A expressão “comando e controle” é utilizada frente a determinadas abordagens de gestão ambiental. Este conceito pressupõe que os recursos hídricos são de responsabilidade do Estado, ou seja, cabe a ele a função de estabelecer padrões, fiscalizar as normas, aplicar multas e mediar conflitos (CARVALHO, 2005).

Essa atribuição ao Estado é uma tarefa enorme e que exige esforço e organização gigantesco, além de um orçamento igualmente compatível. Essa

estrutura é enraizada no cotidiano da sociedade brasileira, mas aos poucos vem se estabelecendo um compartilhamento de responsabilidade com a sociedade através, por exemplo, dos comitês de bacias.

Outro problema enfrentado é a magnitude e distribuição da disponibilidade hídrica no Brasil. Por ser um país com grande abundância de recursos hídricos espera-se que haja uma situação confortável, mas existe uma distribuição heterogênea no território o que acarreta a disputa pelo recurso.

Também são enfrentados desafios quanto a articulação entre os órgãos e entidades nos diferentes níveis da federação. Por exemplo, as autoridades outorgantes de recursos hídricos necessitam se articular com o órgão ambiental licenciador para o cumprimento das metas dos enquadramentos dos corpos hídricos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2020).

A dupla dominiabilidade dos corpos hídricos é um grande desafio para a outorga de modo que coexistem, em uma mesma bacia hidrográfica, diversos entes outorgantes. Além disso, outro desafio é a ampliação da regularização dos usos nas bacias, tendo em vista as dimensões do Brasil e o enorme número e diversidade de usuários (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019).

3.1.2 MARCOS E BASES LEGAIS

A história do Brasil em termos de normas e leis relacionadas a recursos hídricos se iniciou através das Ordenações Afonsinas e Filipinas que vigoraram até a promulgação do Código Civil de 1916. Nestas Ordenações todo rio perene e navegável pertencia ao direito Real e sua utilização dependia de autorização do mesmo (CARVALHO, 2005).

Com o Código Civil de 1916, definiu-se a competência a União para legislar sobre a navegação em rios que cruzassem mais de um estado ou se estendessem a territórios estrangeiros (GRANZIERA, 1993). Em 10 de julho de 1934, foi instituído o Decreto Federal nº 24.643, conhecido como Código das Águas.

O Código das Águas, originalmente, foi a primeira norma legal a traçar diretrizes que permitam ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento

industrial das águas. Uma característica importante deste Decreto é que ele prevê que os infratores paguem pelos trabalhos de salubridade das águas, além de responder um processo criminal.

Este foi sofrendo revogações e alterações ao longo do tempo, mas ainda é dividido em uma parte que trata das águas em geral e de seu domínio, e outra que versa sobre o aproveitamento dos potenciais hidráulicos, tratando da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (BRASIL, 1934).

A Lei das Águas, Lei nº 9.433, que foi sancionada em 08 de janeiro de 1997, institui a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGERH (BRASIL, 1997). Esta Lei tem como objetivo (art. 2º):

Assegurar a disponibilidade de água; a utilização racional e integrada dos recursos hídricos; a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais e também incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

A Política Nacional de Recursos Hídricos implementou uma gestão descentralizada e participativa, com atuação do Poder Público, usuários e comunidade em geral, implementando assim um marco na mudança do ambiente institucional regulador do uso da água. Nesse sentido, houve a criação de um arcabouço de instituições atuantes, como: os Conselhos Nacional e Estadual de Recursos Hídricos, a Agência Nacional de Águas e os Comitês de Bacia (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021).

As diretrizes que esta Lei se baseia é descrito pelo seu art. 1º, disposto da seguinte forma:

I - A água é um bem de domínio público; II - A água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico; III - Em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais; IV - A gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; V - A bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; VI - A gestão dos recursos

hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

O inciso I do art. 1º estabelece, em outras palavras, que o uso da água não pode ser apropriado por uma só pessoa, física ou jurídica, com exclusão absoluta dos outros usuários em potencial; o uso da água não pode significar a poluição ou a agressão desse bem; o uso da água não pode esgotar o próprio bem utilizado; e a concessão ou a autorização do uso da água deve ser motivada ou fundamentada pelo gestor público (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021).

Por ser um recurso natural limitado e dotado de valor, conforme inciso II do art.1º, o uso da água tem um valor que pode ser mensurado a partir dos preceitos da economia. Outros bens naturais sofrem oscilações por sua oferta e procura, mas, no Brasil, a água é de domínio público e não pode ser negociada no mercado.

A priorização do uso da água é descrita no inciso III do art. 1º. Ela define um compromisso social em que a vida humana e dos animais prevalece aos interesses econômicos (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021).

O inciso IV do art. 1º estabelece que, tanto para usos consuntivos quanto para uso não consuntivos, o uso da água deve ser proporcionado. Existem diversos interessados pelo uso da água, gerando assim, múltiplos conflitos o que indica a necessidade de compatibilização desses diferentes setores. Tendo em vista disso, o inciso V, se torna uma alternativa para a gestão desses conflitos.

A bacia hidrográfica é uma unidade territorial cuja região é compreendida por uma área e por diversos cursos d'água, onde toda a água da chuva que cair em sua área e não evaporar irá escoar para um ponto comum de saída (exutório). Este sistema de gerenciamento não tem limites administrativos e fronteiras por base, incentivando assim ações mais coordenadas e integradas que defendam os interesses que passam a ser reconhecidos como sendo comuns, e não mais isolados (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2021).

Além disso, como forma de incentivar uma melhor gestão dos conflitos, o inciso VI do art. 1º, estabeleceu uma gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos. O mecanismo base para essa gestão são os Comitês de Bacias que contam com a participação dos poderes públicos, dos usuários e das organizações da sociedade civil. As decisões são tomadas em cada bacia hidrográfica por meio de seu Comitê de Bacia.

Cabe aos Comitês de Bacias promover o debate sobre os problemas relacionados à bacia, arbitrar conflitos, aprovar o Plano de Bacia e estabelecer os mecanismos de cobrança e sugerir os valores a serem cobrados. Outra persona importante para a articulação dos mecanismos de gestão segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos são as Agências de Águas (CARVALHO, 2005).

As Agências de Águas atuam como executoras das resoluções dos Comitês de Bacias, ou seja, cabem a elas a execução dos Planos de Bacias, proceder as outorgas e as cobranças pelo uso da água. Um aspecto importante sobre as Agências de Águas é que estas não foram definidas em Lei, então cabe a cada Estado defini-las conforme a necessidade. Os instrumentos e entes principais para a gestão da PNRH previstos pela Lei das Águas estão dispostos conforme Figura 1.

Figura 1. Fluxograma da gestão da Lei das Águas.



Fonte. Carvalho, 2005.

Os instrumentos estabelecidos na Política Nacional de Recursos Hídricos são: os Planos de Recursos Hídricos; o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (BRASIL, 1997).

A outorga para uso da água é o mecanismo pelo qual o órgão gestor pode realizar o controle quantitativo e qualitativo dos recursos hídricos. Esta permite ao usuário, por um período estabelecido, o direito de uso de determinada quantidade de água, conforme a sua disponibilidade (SILVA, SILVA e MOREIRA, 2015).

A Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000, criou a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), a qual cabe a função regular o uso das águas em rios e lagos de domínio da União. Além disso, cabe a ANA a responsabilidade pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico (BRASIL, 2000).

A Lei Estadual nº 10.350, de 30 de dezembro de 1994, instituiu o Sistema Estadual de Recursos Hídricos no estado do Rio Grande do Sul. Em seu art. 29º, determina que qualquer empreendimento ou atividade que altere as condições quantitativas e qualitativas, ou ambas, dependerá de outorga do uso da água. Sendo esta Lei válida tanto para águas superficiais quanto para águas subterrâneas (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

A outorga deve ser emitida pelo Departamento de Recursos Hídricos quando relativa a usos que alterem as condições quantitativas da água. Para usos que alterem as condições qualitativas, a outorga de uso da água deve ser emitida pelo órgão ambiental do Estado (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

O Decreto Estadual nº 37.033, de 21 de novembro de 1996, regulamenta a outorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul, prevista na Lei nº 10.350. Este decreto estabeleceu critérios para a concessão, licença de uso, autorização e para a dispensa de outorga (RIO GRANDE DO SUL, 1996). Além disso, estabeleceu que, enquanto não houver o plano de uma determinada Bacia Hidrográfica, ficará a critério do órgão gestor do Estado a definição das vazões de referência.

As vazões de referência que estabelecem as vazões a serem outorgadas na captação de água subterrânea no Estado do Rio Grande do Sul, foram estabelecidas conforme a Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul n° 163, de dezembro de 2014 (CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL, 2014). A Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul n°179, de setembro de 2015, alterou as tabelas anexas da Resolução n° 163 (CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDO DO SUL, 2015). As vazões de referência para outorga de água superficial no Rio Grande do Sul foram instituídas pela Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul n° 141, de março de 2014. A Figura 2 ilustra os principais marcos e bases legais expostos nesse capítulo em ordem cronológica.

Figura 2. Linha do tempo de marcos e bases legais de interesse para a presente pesquisa.



Fonte. Própria da autora.

3.1.3 OUTORGA DE USO DA ÁGUA

A outorga de uso de recursos hídricos é um dos instrumentos de gestão prevista na Política Nacional (Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997) e Estadual (Lei Estadual 10.350, de 30 de dezembro de 1994). Por ser um bem público que não possui posse privada, cabe ao Estado administrar a sua locação.

De acordo com Collischon (2014) a outorga tem o objetivo de assegurar o controle quantitativo e qualitativo da água, além de garantir o direito do acesso a água. Esta é garantida através de atos administrativos do órgão gestor na qual são estabelecidas condições específicas de captação de água e lançamento de efluentes (COLLISCHONN e LOPES, 2009).

O modelo brasileiro de outorga é um instrumento de controle de usuários, através de retirada ou lançamento de efluentes, e de controle por objetivos, através de vazões mínimas residuais e enquadramento de rios. Pante (2006) destaca que os instrumentos do tipo mandato e controle são os mais efetivos na limitação de efeitos danosos causados ao meio ambiente. Silva *et al.* (2015) também defendem essa metodologia de controle já que, do ponto de vista administrativo e institucional, o setor de recursos hídricos no Brasil já está estruturado de forma individualizada.

Segundo Da Silva *et al.* (2004) a outorga é um instrumento que possui aspectos técnicos, legais e econômicos que colaboram para uma boa implementação de um sistema racionado dos recursos hídricos. Tendo em vista isso, é um instrumento essencial de gerenciamento dos recursos hídricos.

Por outro lado, Collischon (2014) relata que a abordagem realizada na outorga é centralizadora e de difícil operacionalização, por isso assume-se uma garantia alta para impedir conflitos já no ato da outorga. Esse fato faz com que possa haver a subutilização da água em alguns casos.

Além disso, existe uma grande dificuldade em relação ao recorte geográfico visto que os recursos hídricos exigem uma gestão compartilhada com vários setores e estes respondem a uma divisão administrativa distinta da bacia hidrográfica (PORTO e PORTO, 2008).

Existem também grandes desafios de articulação e pactuação entre os entes federados visto que a lei previu que a unidade de gestão dos recursos hídricos são as bacias hidrográficas e a Constituição Federal dividiu em cursos d'água. Com isso, em uma única bacia hidrográfica podem existir vários órgãos gestores de recursos hídricos que administram em comum a mesma disponibilidade hídrica (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019).

Como pode ser observado, existem divergência entre os autores se a outorga utilizada no Brasil seria a melhor forma de gerenciar os recursos hídricos. Visto isso, observa-se a necessidade e a importância de modernizar e padronizar os mecanismos já existente na outorga.

3.1.4 DISPONIBILIDADE E DEMANDA HÍDRICA

Duas grandezas principais são necessárias para o equacionamento da outorga de uso da água, são elas: a disponibilidade hídrica e a demanda hídrica. A disponibilidade hídrica é calculada através de séries históricas de vazões na qual são determinadas as vazões de referência e as demandas são registradas através das solicitações ao órgão gestor (DA SILVEIRA, ROBAINA, *et al.*, 1998).

Para uma gestão sustentável dos recursos hídricos se observa imprescindível o conhecimento sobre a disponibilidade hídrica e fatores ecológicos em comparação com fatores administrativos, econômicos e políticos (BULLER, 1996; DE QUEIROZ e DE OLIVEIRA, 2013). Segundo Amorin Júnior (2014) a disponibilidade hídrica é uma informação básica de apoio para a outorga de direito de uso da água.

De acordo com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2019) a disponibilidade hídrica é:

A estimativa da quantidade de água ofertável aos mais diversos usos, que para fins de gestão, considera um determinado nível de garantia. No caso adotado pela ANA, a disponibilidade nos trechos de rio corresponde à vazão de referência (ou de estiagem) Q_{95} (vazão que passa no rio em pelo menos 95% do tempo). Nos trechos sob influência de reservatórios, a disponibilidade é estimada de forma específica, tal que a jusante da barragem adota-se a vazão mínima defluente do reservatório somada às contribuições de vazões Q_{95} que afluem a partir dali. Já no lago do reservatório adota-se a vazão regularizada com 95%

de garantia deduzida da vazão defluente. No lago dos reservatórios operados pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS), é desconsiderada a capacidade de regularização, adotando-se apenas a vazão Q_{95} do local das barragens.

Conforme De Moura (2007) a disponibilidade hídrica e disponibilidade hídrica para outorga podem ter conceitos distintos. A disponibilidade hídrica é o total de vazão ao longo do ano, na medida que parte dela é utilizada nas demandas dos usos consuntivos e não consuntivos; e a outra parte é mantida em forma de vazão ecológica no rio. Por outro lado, a disponibilidade hídrica para outorga é a vazão que atende uma parcela de garantia compatível com a responsabilidade intrínseca do poder outorgante frente aos direitos consentidos aos usuários na outorga.

Além disso, a disponibilidade hídrica não se refere apenas a valores quantitativos da água, mas também a parâmetros qualitativos. Em alguns casos, a capacidade de diluição de poluentes do corpo hídrico pode estar comprometida mesmo havendo vazão para suprir as necessidades dos usuários (CRUZ, 2001).

As demandas hídricas são dependentes de fatores demográficos, econômicos, tecnológicos, sociais, políticos e de desenvolvimento regional. Esta demanda é a necessidade de uso do recurso hídrico e o seu cadastramento é o primeiro passo quando se começa a implementar o processo de outorga em uma bacia (CRUZ, 2001).

Os conflitos entre as disponibilidades hídricas e as demandas hídricas são resultado do desenvolvimento econômico das regiões e da falta de adoção de estratégias de gestão do recurso hídrico. A estimativa correta das vazões de referência de forma a haver a conservação dos corpos d'água e a gestão integrada dos usos são alternativas a problemática (LIMA, 2004; LANNA, 1993).

3.1.4.1 VAZÕES DE REFERÊNCIA

O regime hidrológico possui grande variabilidade, na qual existe uma variação das vazões dos rios em períodos de cheia e de estiagem. De modo que, é fundamental para a implementação efetiva da outorga como instrumento de gestão a determinação das vazões de referência (RIBEIRO, DE ALBUQUERQUE, *et al.*, 2011).

De acordo com Dos Santos *et al.* (2011) as vazões de referência são o limite máximo em que a água pode ser utilizada em um curso d'água. No Brasil, essas vazões estão relacionadas com a individualidade de cada bacia hidrográfica na qual está inserida, fazendo com que ocorram diferentes padrões adotados para as vazões de referência.

Geralmente, são utilizadas como vazão de referência a Q_{90} (vazão de permanência) ou a $Q_{7,10}$ (vazões mínimas). Cada estado fixa a vazão de referência como o máximo outorgável para os usos e a parcela restante é destinada a manutenção do meio biótico - vazão ecológica (MENDES, 2007).

As vazões mínimas de referência dão suporte a gestão de outorga de diluição. Através da média das vazões de 7 dias consecutivos de estiagem com 10 anos de tempo de retorno em que a estatística de vazão mínima é obtida por meio do ajuste de uma distribuição estatística, como a de Gumbel, Weibull entre outras. A vazão de permanência é a vazão cuja probabilidade de superação é de 90% e esta porcentagem do tempo é denominada de garantia. O tempo em que não é satisfeita é denominada de risco.

A implementação de vazões de referência que estejam disponíveis a maior parte do ano garante elevada segurança na alocação da água, porém pode acarretar a limitação de usos consuntivos na bacia. Por outro lado, a adoção de vazões menos restritivas pode acarretar na superexploração do recurso hídrico e o desabastecimento em períodos de seca (DA SILVA, DE OLIVEIRA, *et al.*, 2006; RIBEIRO, DE ALBUQUERQUE, *et al.*, 2011; AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2011).

No Espírito Santo, por exemplo, o Instituto de Energia e Meio Ambiente emitiu a Instrução Normativa nº 010/2009, estabelecendo que a vazão de referência para outorga de águas superficiais no Estado é a Q_{90} , sendo o valor máximo outorgável em uma seção do curso d'água limitado a 50% dessa vazão. Além disso, foi estabelecida a possibilidade de concessão de valores superiores em situações de interesse público e sem prejuízos a direitos de terceiros; barramentos com regularização de vazões em situações de conflito ou sem que haja o retorno de vazões do próprio usuário (Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo, 2018). No Estado de Minas Gerais se estabeleceu

uma vazão de referência de $Q_{7,10}$ para outorga, conforme a Portaria nº 010, de dezembro de 1998 (INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS , 1998).

No Estado do Rio Grande do Sul, a Lei 10.350, de 30 de dezembro de 1994, estabeleceu que a outorga de uso da água está condicionada no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos de Bacia Hidrográficas do estado (RIO GRANDE DO SUL, 1996). As vazões de referência para outorga no RS foram instituídas pela Resolução do Conselho de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul nº 141, de março de 2014. O padrão da vazão de referência estipulado é a Q_{90} (vazão com garantia de 90%) (CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL, 2014).

O padrão máximo outorgável não está explicitamente definido na Resolução CRH/RS nº 141/2014 (ou em outro instrumento), porém o Art. 12 permite inferir que 50% da vazão de referência pode ser outorgada sem que seja necessário um gerenciamento diferenciado, ou seja, o percentual máximo outorgável utilizado no RS é de 50% sobre a vazão de referência.

O padrão estipulado da vazão de referência e do percentual máximo outorgável pode ser modificado a partir de estudos específicos dos Planos de Bacia Hidrográficas. A Figura 3 mostra o resumo dos padrões estipulados para cada Bacia Hidrográfica do Estado do Rio Grande do Sul.

Figura 3. Critérios de outorga de águas superficiais definidos para as bacias hidrográficas do Estado do Rio Grande do Sul.



Fonte. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura RS, 2022.

3.1.4.2 DISPONIBILIDADE HÍDRICA SUPERFICIAL NO RIO GRANDE DO SUL

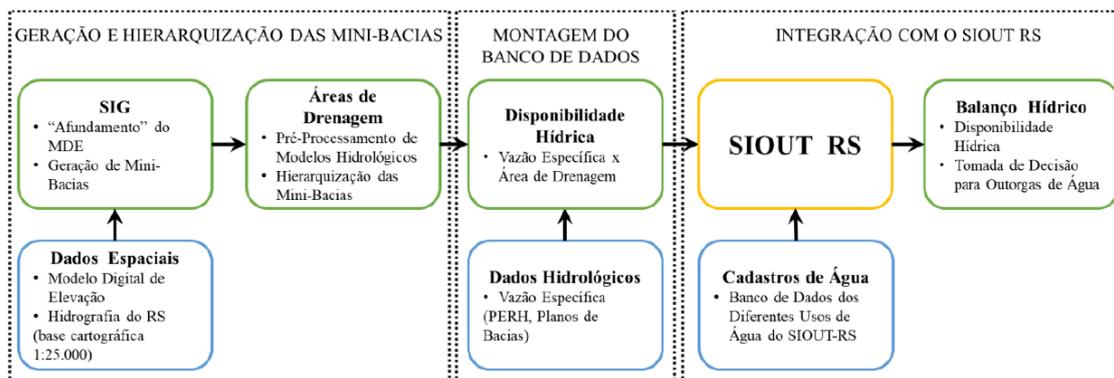
A disponibilidade hídrica superficial é a quantidade de água disponível em determinado local por determinado tempo para um uso. Ela está associada a componentes sociais, econômicos, políticos e ambientais na qual é expressa em função de uma vazão de referência.

O Estado do Rio Grande do Sul, não possui a medição de vazão *in loco* de todos os corpos hídricos existentes. Por isso, se fez necessário estimar as vazões de referência através de modelagem hidrológica ou de metodologias mais simplificadas como regionalização de vazões.

A metodologia empregada para esta determinação consistiu em estimar vazões para todos os trechos de drenagem da Base Cartográfica do Estado a partir dos valores de vazões específicas (produção hídrica por unidade de área) dos estudos mais robustos disponíveis para cada região. Dessa forma, em posse da área de drenagem de qualquer curso hídrico, foi possível estabelecer uma

vazão de referência (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA RS, 2021). A Figura 4 apresenta o fluxograma da metodologia aplicada pelo Departamento de Recursos Hídricos para geração da disponibilidade hídrica das bacias do Estado.

Figura 4. Fluxograma da metodologia aplicada pelo Departamento de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul na geração da disponibilidade hídrica nas bacias do estado.



Fonte. Manara *et al.*, 2019.

A geração e hierarquização das mini-bacias utilizou a base cartográfica do Estado em escala 1:25.000 e do Modelo Digital de Elevação (MDE) da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) em resolução espacial de 30 metros. A partir desses dados e utilizando ferramentas de geoprocessamento, foram geradas e hierarquizadas as mini-bacias. A montagem do banco de dados consistiu em compilar dados dos estudos disponíveis mais robustos para cada região do estado.

Através do banco de dados e mini-bacias são geradas as vazões específicas e informações de cada mini-bacia. Além disso, foi gerado um percentual máximo outorgável de cada bacia.

A partir dos dados obtidos, foi possível inserir essas informações na plataforma do SIOUT. Quando uma outorga é solicitada, o Sistema de Outorga do Estado do Rio Grande do Sul identifica a qual mini-bacia esta é referida e as informações relacionadas da mesma. Através da relação de hierarquia entre as mini-bacias, é delimitada a área de drenagem à montante do ponto simulado e identificadas quais as mini-bacias à jusante deste ponto podem ter a sua disponibilidade impactada por uma captação adicional simulada (MANARA, PELINSON, *et al.*, 2019).

3.2 PROCEDIMENTO PARA EMISSÃO DA OUTORGA DE USO DA ÁGUA

A solicitação de outorga no Estado do Rio Grande do Sul é realizada eletronicamente através do Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul – SIOUT (www.siout.rs.gov.br). Sua operação teve início em 2015 e tornou-se obrigatório para procedimentos administrados relativos ao uso dos recursos hídricos em 2018 através da Portaria SEMA-RS nº 110/2018 (SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2018).

O SIUOUT é uma ferramenta inteligente que tem o intuito de modernizar, aperfeiçoar e tornar o processo de outorga mais transparente e ágil (BRASIL, 2021). Além disso, este sistema é um mecanismo muito útil ao órgão gestor, pois possibilita uma análise rápida da disponibilidade hídrica em relação aos possíveis conflitos nos usos da água nas bacias do estado. Sendo assim, torna-se uma ferramenta capaz de auxiliar em políticas de gestão dos recursos hídricos.

Os usos solicitados na outorga podem ser do tipo: consuntivos e não consuntivos. Os usos consuntivos são aqueles que exigem o consumo de água efetivamente. Os usos não consuntivos são aqueles que não possuem coeficiente de consumo de água, porém são dependentes de quantidade e qualidade para a sua existência (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO RS, 2020).

O consumo que os usos consuntivos possuem precisa ser avaliado no processo de outorga, por isso, o usuário de água deve solicitar, através do SIOUT, a reserva de disponibilidade hídrica (RDH) ou sua dispensa, que é o instrumento através do qual o Poder Público informa que existe disponibilidade de água para um determinado uso.

O uso consuntivo com vazão dispensada é estabelecido pela Resolução CRH nº 91, de 17 de agosto de 2011. O uso consuntivo com dispensa de outorga precisa estar cadastrado e regularizado no SIOUT, porém, por não impactarem significativamente a quantidade de água disponíveis para outros usos, são analisados de forma automática pelo sistema (CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL, 2011).

De acordo com a Secretaria Do Meio Ambiente e Infraestrutura RS, 2022:

A RDH ou sua dispensa deve ser solicitada para intervenções em águas superficiais, que estão em fase de projeto (de construção ou de reforma). De posse da RDH ou sua dispensa, o usuário pode solicitar a outorga ou sua dispensa através do SIOUT RS. Para usuários que já estão com a intervenção instalada, a regularização do uso é feita diretamente pela solicitação da outorga ou sua dispensa.

Os critérios para outorga dos usos não consuntivos estão estabelecidos pela Resolução CRH-RS nº 312, de 7 de novembro de 2018 (CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL, 2018). Os usos não consuntivos devem ser cadastrados no SIOUT para o seu planejamento e para a resolução de conflitos com os demais usos. Os cadastros possuem validade de 10 anos e, após esse período, devem ser renovados para que a atividade continue a ser considerada na gestão de recursos hídricos.

Para a análise de disponibilidade hídrica, os técnicos da DIOUT analisam o balanço hídrico na bacia hidrográfica na qual está inserida a outorga solicitada. Esta verificação é realizada utilizando o SIOUT e levará em conta que já existem outros usuários outorgados nesta bacia e que é necessário garantir o acesso à água de forma segura sem que haja problemas de escassez hídrica por superexploração do recurso hídrico.

Esta análise busca desenvolver indicativos de comprometimento individual que expressem em que medida o usuário se apropria da vazão de referência. Além disso, indicativos de comprometimento coletivo que demonstre o quanto os usuários outorgados já comprometem a vazão da bacia. Através dessas ferramentas de análise é possível que seja realizada uma verificação técnica adequada a solicitação do outorgante (AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO, 2019).

3.3 MÉTODOS PARA ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

A seguir são descritos métodos utilizados para a estimativa da disponibilidade hídrica que são comumente empregados nos estudos hidrológicos entregues a DIOUT.

3.3.1 METODOLOGIAS PARA ESTIMATIVA DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA

O conhecimento da disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas é fundamental para um melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos, na qual é representado através do entendimento das vazões médias e mínimas (MOLINA, 2014; PRUSKI, NUNES, *et al.*, 2013). Cecílio *et al.* (2018) descreve que:

As vazões médias são utilizadas na determinação da disponibilidade hídrica potencial e as vazões mínimas caracterizam a disponibilidade hídrica natural, a qual é a vazão mais crítica no sentido de atender as demandas dos múltiplos usuários.

Segundo Silva *et al.* (2003) a definição sobre a disponibilidade hídrica para diferentes usos da água depende do adequado conhecimento das vazões de pequenas bacias hidrográficas. De acordo com Schneider *et al.* (2017) a disponibilidade hídrica varia no tempo e no espaço e pode ser estimada por meio da avaliação do regime hidrológico da bacia.

Dos Reis *et al.* (2008) descrevem que a quantificação dos processos hidrológicos necessita da observação de variáveis cuja estimativa condiciona-se a amostras confiáveis e representativas. Nesse sentido, séries temporais são importantes ferramentas de informações que podem ser consultadas para caracterização de variáveis hidrológicas (DETZEL, FERNANDES e MINE, 2016).

O período de dados pode influenciar diretamente nos resultados obtidos. Laaha *et al.* (2014) relatam que, utilizando um ano de dados o erro médio da estimativa da Q_{95} pode ser de 30% em bacias mais úmidas e de mais de 50% em bacias mais secas. Porém, utilizando 15 anos de dados o erro estimado para a Q_{95} é menor de 10% para bacias secas e úmidas.

No Brasil, a Rede Hidrometeorológica Nacional, administrada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA), é a principal fornecedora de dados hidrológicos (BORK, 2018). Bressiani *et al.* (2015) expõem que, frequentemente, é difícil a aquisição de séries de dados de boa qualidade, sendo que muitas das estações existentes não estão bem calibradas.

Além disso, a distribuição espacial, o adensamento e os períodos de operação das estações, por muitas vezes, são inadequados. De acordo com Tucci (2002), dificilmente existirá uma rede de monitoramento hidrométrica que cobrirá todos os locais de interesse para o gerenciamento dos recursos hídricos.

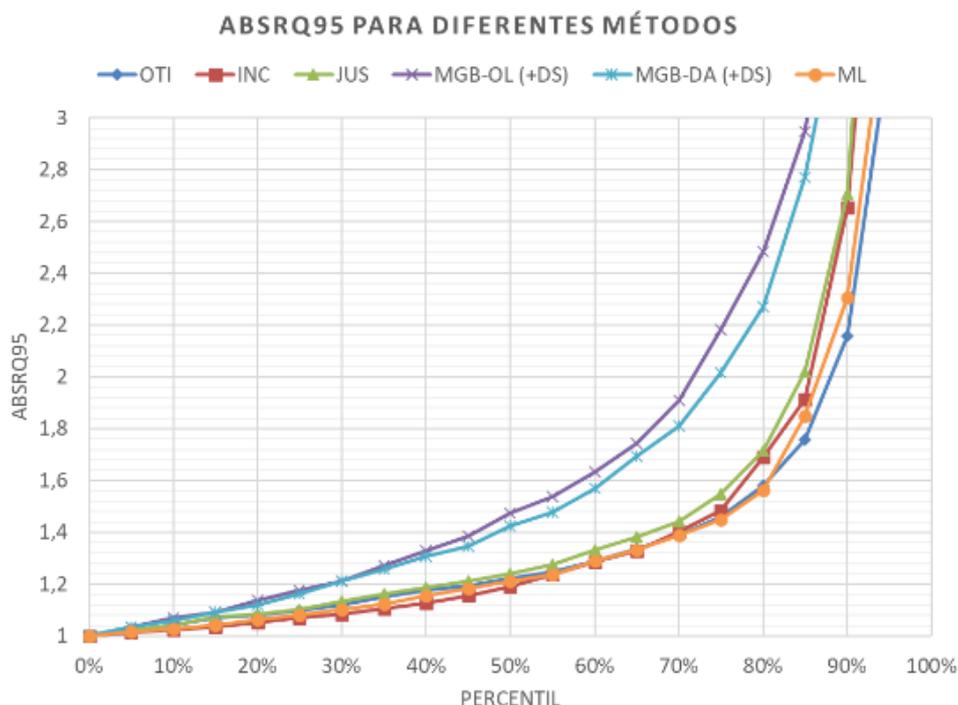
Aliando as limitações das séries de dados fluviométricos disponíveis e a necessidade de se conhecer a vazão ao longo da rede hidrográfica, encontram-se dificuldades e limitações na realização de uma adequada gestão de recursos hídricos no processo de outorga de uso da água (MOREIRA e DA SILVA, 2014).

Diferentes metodologias buscam suprir a necessidade de estimar vazões em locais com dados insuficientes ou inexistentes, tais como: transferência de vazões, regionalização de vazão, Método Silveira, modelagem hidrológica, entre outras (SORRIBAS, COLLISCHONN, *et al.*, 2021). A aplicação de diferentes métodos para a estimativa das vazões significa que diferentes erros podem ser obtidos.

O trabalho desenvolvido por Sorribas *et al.* (2021) buscou avaliar os métodos para a regionalização de vazões naturais em escala nacional usando o modelo hidrológico MGB. Para essa avaliação, foram selecionados 1069 postos fluviométricos da base de dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (Hidroweb) e aplicadas métricas para a estimativa do erro. As bases para comparação foram: MGB com e sem assimilação de dados (MGB-DA e MGB-OL), método da vazão específica com doador único otimizado (OTI), método da vazão específica incremental (INC) e método baseado em dados (ML).

Foi possível identificar que os erros relativos para a estimativa das vazões apresentaram um padrão próximo para os métodos de vazão específica com doador único otimizado, a vazão específica incremental e método baseado em dados, porém a utilização do MGB demonstrou maiores erros em relação aos demais, conforme Figura 5. Apesar disso, é possível analisar que houveram benefícios na assimilação de dados nas vazões mínimas para esta metodologia.

Figura 5. Distribuição de frequência dos erros nas estimativas da vazão para os diferentes métodos.



Fonte. Sorribas *et al.*, 2021.

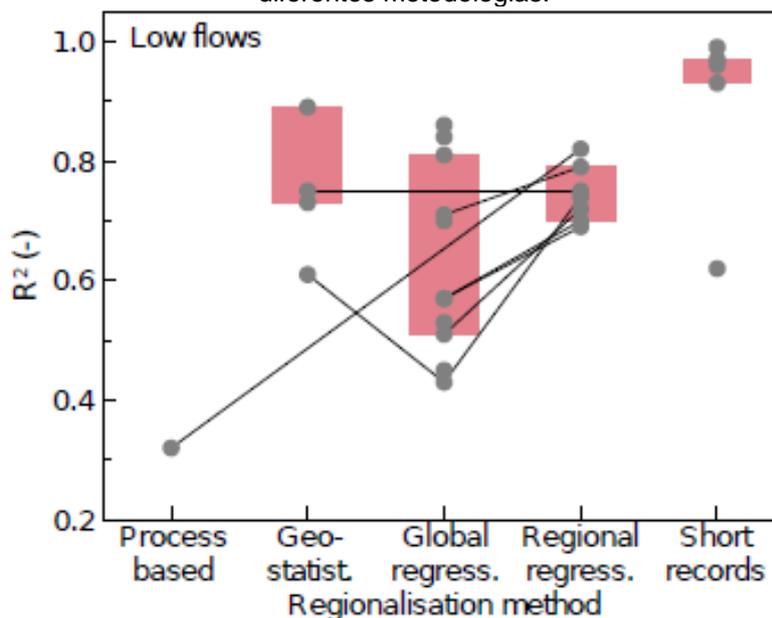
Outro resultado encontrado foi em relação aos erros para diferentes áreas de drenagem, sendo consideradas áreas de drenagem inferiores a 1000 km² e superiores a 1000 km². Para ambos os casos, também foi obtido resultados com maiores erros relativos utilizando o MGB em comparação as demais metodologias.

O método da vazão incremental foi o que demonstrou melhor resultados quando empregado para bacias com áreas de drenagem superiores a 1000 km². Em relação a bacias com áreas de drenagem inferiores a 1000 km² o método que apresenta o melhor desempenho é o baseado em dados. Além disso, os erros de diferentes métodos na estimativa de vazões mínimas em bacias pequenas (<1000 km²) variam de 20 a 60% na média, podendo ser maior que 100% em muitos casos.

Outro trabalho que comparou diferentes metodologias de estimativa de vazão foi desenvolvido por Salinas *et al.* (2013) que faz parte da *Prediction in Ungauged Basins* (PUB). Foram avaliadas as seguintes metodologias: Métodos de Regressão, Métodos de interpolação geoestatística, Métodos de séries curtas e Modelos Hidrológicos baseados em processos (chuva-vazão).

A Figura 6 representa os resultados obtidos. Os pontos ilustrados na imagem são estudos publicados e as linhas são estudos que comparam dois métodos que foram consistentes na mesma bacia. A metodologia que obteve o melhor resultado foi de séries curtas e o método baseado em processos foi a que se identificou o pior desempenho.

Figura 6. Resultados obtidos na estimativa de vazões mínimas em locais sem dados utilizando diferentes metodologias.



Fonte. Salinas *et al.*, 2013.

Pode-se observar que podem ser aplicadas diferentes metodologias para a obtenção da estimativa da disponibilidade hídrica e que essas podem ter resultados com diferentes erros embutidos. Tendo em vista disso, serão descritos alguns métodos para estimativa de vazão a seguir.

3.3.2 METODOLOGIA DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

De acordo com Tucci (2002) a regionalização de vazões é uma técnica utilizada para estimar valores hidrológicos onde existe a ausência ou escassez de dados medidos disponíveis. Este é um processo de transferência de informações de um local para outro que possuem características hidrológicas semelhantes.

O método de regionalização de vazões correlaciona as equações de regressão entre o parâmetro de vazão e as características físicas e climática da

bacia. Essa relação pode ser estabelecida, pois essas características interferem diretamente no regime hidrológico das bacias hidrográficas (PRUSKI, A., *et al.*, 2012; PEREIRA, CAMPO, *et al.*, 2016).

A escolha dessas variáveis explicativas depende de algumas condições, como: estas devem ser facilmente determinadas, deve-se evitar métodos indiretos com muitas incertezas para a determinação das variáveis, a regionalização deve fornecer as incertezas, entre outras (TUCCI, 2002). A Tabela 2 apresenta exemplos de parâmetros em relação as variáveis explicativas.

Tabela 2. Variáveis explicativas correlacionadas aos seus parâmetros.

Variável Regionalizada	Variáveis explicativas
Vazão média	Área da bacia, precipitação
Vazão média de cheia	Área da bacia, precipitação, declividade e comprimento do rio
Vazão mínima	Área da bacia e densidade de drenagem
Tempo de concentração	Comprimento, declividade e área da bacia

Fonte. Tucci, 2002.

As variáveis explicativas mais utilizadas em estudo de regionalização de vazão são: área de drenagem, comprimento do rio, a densidade de drenagem e a declividade média do rio principal. Sendo que a área de drenagem possui a melhor correlação com as outras características físicas da bacia. A característica climática utilizada em estudos de regionalização de vazão costuma ser a precipitação (DE AMORIM, NETTO e MENDIONDO, 2005; ULIANA, SOUZA, *et al.*, 2016).

De Amorin *et al.* (2005) relatam que a regionalização de vazões pode ser realizada nas seguintes situações:

- I. Quando uma variável, como a vazão mínima, precipitação média, entre outras, é determinada numa região com base em relações estabelecidas a partir de dados pontuais existentes;

- II. Quando uma função hidrológica, como a curva de permanência ou de duração, a curva de regularização, a curva de intensidade-duração-frequência, entre outras, é determinada numa região com base em dados hidrológicos existentes;

- III. Quando os parâmetros de uma função ou modelo matemático são determinados pela sua relação com características físicas das bacias, a partir do ajuste de um modelo com base em dados observados em algumas bacias representativas.

Existem várias propostas de métodos para a regionalização de vazões sendo que cada uma delas possui vantagens e desvantagens (CECÍLIO, ZANETTI, *et al.*, 2018). Segundo Ferreira (2010), as mais empregadas são aquelas que permitem a transferência de informações através de modelos de cálculos estaticamente ajustadas às variáveis independentes. De Aguiar (2020) explica que os principais métodos propostos de regionalização de vazão, utilizados no Brasil, estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Principais Métodos de Regionalização de Vazão utilizados no Brasil.

Método de Regionalização	Principais comentários	Autores	Área de estudo	Dados de entrada
Interpolação Linear (ELETROBRÁS SA, 1985a)	A vazão de interesse é obtida por uma relação de proporcionalidade entre as vazões e as áreas de drenagem das estações fluviométricas próximas.	(CECÍLIO, ZANETTI, <i>et al.</i> , 2018) (MOLINA, ALMEIDA, <i>et al.</i> , 2014) (SILVA, <i>et al.</i> 2009)	Bacia do rio Itapemirim, ES Bacia do rio Amambaia, MS Bacia do rio São Francisco	Vazão na seção de interesse, Pm e A. $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} e P anual e Pm. $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} e A, Dd, L, Pa.
Interpolação Linear Modificada (Eletrobrás, 1985)	Considera-se que a vazão na seção de interesse é proporcional aos volumes precipitados.	(MOREIRA e DA SILVA, 2014) (NOVAES, PRUSKI, <i>et al.</i> , 2007)	Bacia do rio Paraopeba, MG Bacia do rio Paracatu, MG	$Q_{7,10}$, Q_{mld} e A. $Q_{7,10}$, Q_{mld} , Q_{98} e A.
Chaves (Chaves et al, 2002)	Utiliza técnicas de interpolação e extrapolação de vazões, dispensando o uso de RHH.	(VEIGA, MELO, <i>et al.</i> , 2011) (NOVAES, PRUSKI, <i>et al.</i> , 2007)	Bacia do rio Teles, AM Bacia do rio Paracatu, MG	Q_{95} e A. $Q_{7,10}$, Q_{mld} , Q_{98} e A.
Conservação de Massas (Pereira,2004)	Consiste no ajuste das equações de regressão, utilizando a Ad ou vazão equivalente ao volume precipitado.	(BAZZO, GUEDES, <i>et al.</i> , 2017) (MOLINA, ALMEIDA, <i>et al.</i> , 2014)	Bacia do rio Taquari, RS Bacia do rio Amambaia,MS	Q_{95} e A. $Q_{7,10}$, Q_{90} e Q_{95} e Pa e Pm.

Fonte. De Aguiar, 2020.

Nota: RHH é a regiões hidrologicamente homogênea; Q_{50} , Q_{90} , Q_{95} , Q_{98} , $Q_{7,10}$, Q_{mld} (Vazão em $m^3.s^{-1}$); A é a área de drenagem (km^2), Dd é a densidade de Drenagem ($km.km^{-2}$); L é o comprimento do rio principal (km), Pa é a precipitação média anual (mm/ano) e Pm é a precipitação média (mm)

Jos *et al.* (2011) relatam que não existe um método de regionalização universal para ser utilizado, sendo a melhor abordagem é testar vários métodos de regionalização para identificar o mais adequado. A seguir serão descritas algumas técnicas de regionalização de vazões existentes.

3.3.2.1 MÉTODO TRADICIONAL (ELETROBRÁS)

O Método Tradicional de regionalização de vazões é um dos métodos mais difundidos dentre as diferentes técnicas de regionalização de vazões. Esta metodologia pode ser empregada para regionalização de vazões mínimas, máximas, médias, bem como nas curvas de regularização e de permanência (DE NOVAES, PRUSKI, *et al.*, 2007; GONÇALVES, DE OLIVEIRA, *et al.*, 2018).

Eletrobras SA (1985a) descreve que essa metodologia consiste em duas etapas: definir as regiões hidrologicamente homogêneas e, num segundo momento, obter as equações de regressão que permitem associar a vazão com variáveis topológicas e climáticas.

As regiões são consideradas hidrologicamente homogêneas quando seus atributos são semelhantes, dessa forma é possível a transferência de informações de bacias hidrográficas monitoradas para bacias sem monitoramento. Os atributos podem ser características físicas, climáticas e hidrológicas (CUPAK, 2017).

A definição de que determinadas regiões são homogêneas é considerado um dos estágios da metodologia de regionalização de vazão com o maior grau de dificuldade e esta, por muitas vezes, requer uma determinação subjetiva (GONÇALVES, BLANCO, *et al.*, 2016). Além disso, as interações entre os atributos são tão complexas que a homogeneidade não garante uma resposta semelhante (BURN, 1997; ZRINJI e BURN, 1994).

Existem diversos métodos que buscam delimitar o mais próximo de uma região homogênea, são elas: regressão simples ou múltipla, redes neurais artificiais, análise multivariada, entropia, entre outros (BORK, 2018). Porém, de acordo com De Aguiar (2020), muitas vezes, a identificação das regiões homogêneas é feita delimitando as regiões com base nas características locais e realizando testes estatísticos que analisam os resultados preliminares obtidos.

Estudos de Regionalização de Vazão utilizando o Método Tradicional obtiveram bons resultados como, por exemplo, Ribeiro *et al.* (2005) que

aplicaram diferentes metodologias de regionalização de vazões para a bacia hidrográfica do Rio Doce - utilizando 57 estações fluviométricas. A comparação entre o Método Tradicional, Método de Chaves e Interpolação Linear demonstrou que o método com maior precisão foi o Método Tradicional, sendo o seu erro relativo médio de 16,56%.

Cecílio *et al.* (2018) também aplicaram diferentes métodos de regionalização de vazões, mas para a bacia hidrográfica do Rio Itapemirim (ES). Foram comparadas as seguintes metodologias: Tradicional, Interpolação Linear, Interpolação Linear Modificado, Chaves e Chaves Modificado. O Método Tradicional apresentou melhor desempenho para a regionalização das vazões mínimas ($Q_{7,10}$ e Q_{90}). No estudo de Matuguma (2019), aplicada na bacia do rio Braço do Norte, os resultados demonstram bons resultados para o Método Tradicional, sendo que foram encontrados valores de coeficiente de determinação ajustado (R^2a) e erro padrão fatorial (σF) considerados satisfatórios ($R^2a > 0,90$ e $\sigma F < 1,5$).

3.3.2.2 METODOLOGIA DO VIZINHO MAIS PRÓXIMO E VIZINHO MAIS PRÓXIMO COM MEDIÇÃO ESPORÁDICA

Para haver confiabilidade dos parâmetros estatísticos na estimativa de vazão através de séries históricas é recomendado um registro de 20 anos ou mais (TALLAKSEN e VAN LANEN, 2004). Porém, em muitos casos, os registros são mais curtos do que o recomendado. Nessa situação, os métodos de séries curtas são uma alternativa viável para a estimativa de vazão (LAAHA e BLOSCHL, 2005).

O Método do Vizinho mais Próximo é baseada na regressão dos dados de um posto doador que tenha disponível os registros de séries históricas longas. A seleção dos postos doadores, geralmente, é realizada levando em consideração a hidrogeologia e o clima da região.

O Método do Vizinho mais Próximo com Medição Esporádica considera a medição de vazão no local sem dados, sendo essa realizada em período de estiagem. Para a obtenção dessa estimativa também é necessário a vazão medida no local com dados sendo esta estimada de forma direta ou indireta (SORRIBAS, COLLISCHONN, *et al.*, 2021).

3.3.3 METODOLOGIA SILVEIRA

O Método Silveira é uma metodologia consolidada para estimativa de vazões mínimas em pequenas bacias (< 100 km²). Esta metodologia necessita de poucas medições de vazão *in loco* em época de estiagem, dados históricos de chuva e evapotranspiração para gerar um modelo hidrológico simplificado (TSCHIEDEL, DAL PIZZOL, *et al.*, 2017).

O método baseia-se na análise do significado de uma curva de depleção obtida de medições de vazão *in loco*. A curva de depleção medida representa o comportamento da bacia após a ocorrência de precipitação e esse fato é considerado graças ao pequeno tempo de concentração das bacias menores (DA SILVEIRA, DA SILVEIRA e TUCCI, 1998).

Essas condições eliminam a necessidade de parâmetros como condutividade hidráulica, gradiente hidráulico, classe de tipo do solo, entre outros. Além disso, usa apenas a área de drenagem, evapotranspiração e precipitação diária, o que torna o método simples e fácil de aplicar (COMINI, DA SILVA, *et al.*, 2020).

Tamiosso (2012) indica que esta metodologia seja utilizada para as seguintes situações: geração de uma curva de permanência confiável, para o estabelecimento de uma série cronológica de vazões, para fornecer elementos quantitativos de vazões em estudos ambientais e de gestão de recursos hídricos.

A aplicação do Método Silveira consiste em duas etapas:

1. Amostragem de vazões:

Amostragem de dados de vazão é realizada num curto espaço de tempo de modo a realizar medições instantâneas, sem a necessidade de extensas séries de dados e, ou, de instalação tradicionais de monitoramento contínuo. Segundo Tamiosso (2012) a amostragem de dados de vazão funciona como ancoragem hidrológica aos procedimentos de simulação, ou seja, uma vinculação local às estimativas.

De acordo com Da Silveira *et al.* (1998) o método exige um mínimo de três medições de descarga na seção de interesse com intervalos de 2 dias. Além disso, é necessário que os 7 dias anteriores a amostragem não tenham a ocorrência de chuvas e que ao longo de toda a amostragem a chuva acumulada não ultrapasse os 15 mm. É importante ressaltar que uma boa preparação pré-

campo é necessária para que não ocorram saídas de campo em períodos posteriores a eventos de chuvas, o que acarretaria o descarte dos dados coletados.

Intervalos maiores de 2 dias entre as medições caracterizariam melhor o deplecionamento fluvial na estiagem, em função da melhor estabilização do processo. Por outro lado, essa mudança de abordagem em campo aumenta a probabilidade de uma descaracterização do período de estiagem necessário nas coletas de dados para essa metodologia.

2. Simulação de séries de vazões: Esta etapa envolve a execução de outras fases, tais como: (i) Obtenção dos valores de Coeficiente de Infiltração (C_{inf}) e do Coeficiente de Decaimento (K_b); (ii) Ajuste dos parâmetros; (iii) Simulação e geração das séries históricas; (iv) Obtenção das curvas de permanência.

Para que o Método Silveira possa utilizar o menor número de parâmetros possíveis, permitir um fácil ajuste e extensão das séries são necessárias algumas simplificações. De acordo com Da Silveira *et al.* (1998) são elas:

- I. O armazenamento na camada superior do solo é desprezível no intervalo de tempo de análise (diário);
- II. A evapotranspiração potencial é retirada da precipitação, quando houver, em cada intervalo de tempo.

Para a obtenção do parâmetro de Coeficiente de Infiltração (C_{inf}) é utilizada a Equação 1.

Equação 1. Coeficiente de infiltração.

$$V_i = C_{inf} * P_r$$

Onde V_i é o volume de infiltração que alimenta diretamente o aquífero (mm), C_{inf} é o Coeficiente de Infiltração de água no solo (mm), P_r é a precipitação

gerada no escoamento na bacia (mm). O Coeficiente de Decaimento (K_b) é obtido por meio do modelo de regressão linear simples.

O ajuste destes parâmetros pode ser realizado de forma automatizada ou manual. Sendo, geralmente, realizado de forma manual (tentativa e erro) por utilizar uma série de dados reduzida – 3 valores de vazões observados. Este ajuste é realizado através do histórico de precipitações e evapotranspiração potencial.

Após realizado o ajuste dos parâmetros Coeficiente de Infiltração (C_{inf}) e do Coeficiente de Decaimento (K_b) estima-se os valores médios diários de vazão (Equação 2).

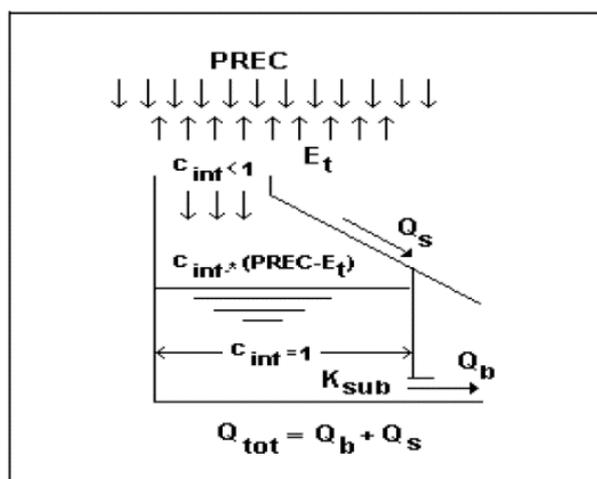
Equação 2. Vazão diárias pelo Método Silveira.

$$Q_s(t) = \left[Q_b(t-1) * e^{-\frac{\Delta t}{K_b}} \right] + \left[V_i(t) * \left(1 - e^{-\frac{\Delta t}{K_b}} \right) \right]$$

Onde $Q_s(t)$ vazão total do escoamento subterrâneo diário (mm), $Q_b(t-1)$ é a vazão total do escoamento subterrâneo diário do dia anterior (mm), $V_i(t)$ é o volume total infiltrado (mm), Δt intervalo de tempo entre as medições (dias). Após isso é possível obter, por meio de frequência acumulada contínua, as curvas de permanência.

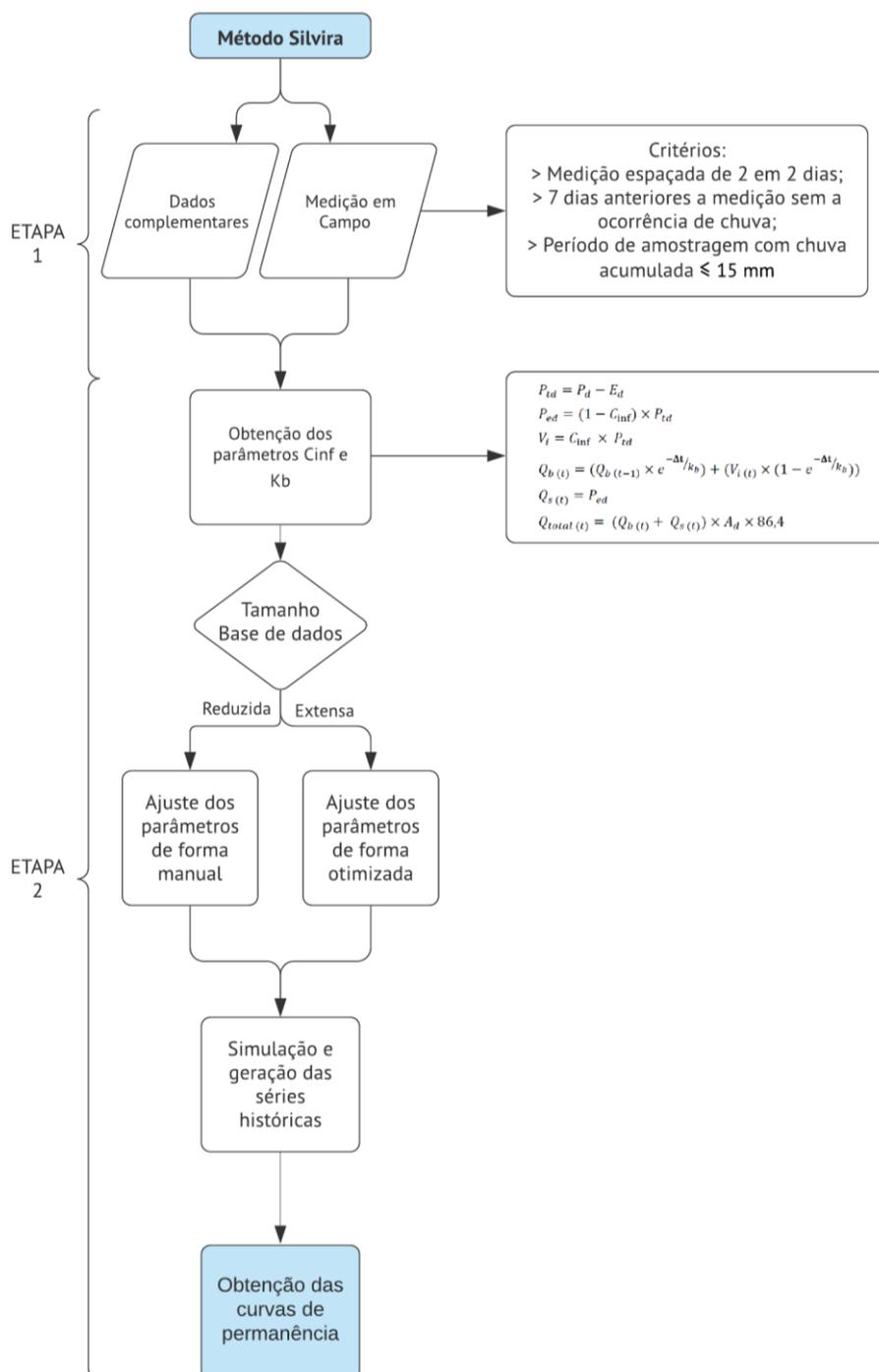
A Figura 7 representa o modelo simplificado do balanço hídrico considerado pelo Método Silveira e a Figura 8 o fluxograma para aplicação do método.

Figura 7. Modelo simplificado do Método Silveira.



Fonte. Da Silveira, 1998.

Figura 8. Fluxograma para aplicação do Método Silveira.



Fonte. Adaptado de Da Silveira, 1998.

3.3.4 MODELOS HIDROLÓGICOS

Para compreender melhor o funcionamento dos fenômenos naturais (precipitação, evaporação, vazão, entre outros) que acontecem no ciclo hidrológico, tem-se desenvolvido modelos hidrológicos que buscam simular esses fenômenos nas bacias hidrográficas (SILVA, 2007).

Segundo Spruill *et al.* (2000) os modelos hidrológicos são uma importante ferramenta, pois podem auxiliar a avaliar o desempenho de práticas de manejo, entender o ciclo hidrológico e avaliar o risco ou benefícios de diferentes tipos de uso do solo. Os modelos hidrológicos podem ser utilizados para prever condições futuras, sendo assim importantes ferramentas de gestão dos recursos hídricos (ALMEIDA e SERRA, 2017).

De acordo com Tucci (2005) os modelos hidrológicos surgiram da necessidade de se obter séries hidrológicas mais longas e representativas de vazões. Esses modelos procuram representar matematicamente o ciclo hidrológico, transformando a precipitação que cai sobre a bacia em vazão numa determinada seção de um rio.

Marinho Filho *et al.* (2013) relatam que os modelos hidrológicos podem ser classificados sob diferentes aspectos, tais como:

Tipo de variáveis utilizadas na modelagem (estocásticos ou determinísticos), o tipo de relações entre essas variáveis (empíricos ou conceituais), a forma de representação dos dados (discretos ou contínuos), a existência ou não de relações espaciais (concentrados ou distribuídos) e a existência de dependência temporal (estacionários ou dinâmicos).

A Tabela 4 explicita as diferentes classificações que os modelos hidrológicos podem possuir.

Tabela 4. Tipos de modelos hidrológicos e suas definições.

Modelos Determinísticos
São aqueles modelos que produzem respostas idênticas para o mesmo conjunto de entradas, mesmo quando uma variável de entrada tiver caráter aleatório.
Modelos Estocásticos
São aqueles modelos quando uma ou mais variáveis envolvidas na modelagem têm um comportamento aleatório, possuindo distribuição de probabilidade.
Modelos Empíricos
São ditos empíricos quando sua formulação não possui nenhuma representação explícita dos processos físicos da bacia, podendo possuir uma característica regionalista.
Modelos Conceituais
Os modelos conceituais são baseados nas equações que descrevem o processo físico conceitual ou hipotético, não sendo necessariamente baseado no processo real.
Modelos Concentrados
Nos modelos concentrados, a área da bacia é representada de forma única, isto é, homogênea, não sendo possível a distribuição das características físicas relacionadas ao solo, à vegetação e à chuva. No seu desenvolvimento são atribuídos valores médios representativos para toda a área de acordo com cada parâmetro do modelo.
Modelos Distribuídos
Estes modelos permitem que toda a área seja dividida em unidades irregulares ou regulares, consideradas como homogêneas, reconhecendo desta forma a distribuição espacial das variáveis e dos parâmetros considerados. Este tipo de modelo permite a manipulação de dados de pluviometria levando em consideração sua variabilidade espacial, sendo, portanto, mais representativa do que real.

Fonte. Almeida *et al.*, 2017.

Atualmente, existem diversos modelos de simulação hidrológica disponível para aplicação. Os modelos se diferem, principalmente, pela forma de processamento, pelos componentes hidrológicos empregados e pela finalidade/objetivo que o *software* se propõe (DI SILVA, 2016).

Alguns modelos hidrológicos utilizados são: TOPMODEL, SHE (*System Hydrologic Europe*), ANSWERS (*Areal Nonpoint Source Watershed Environment Response Simulation*), MGB (Modelo hidrológico de Grandes Bacias), HEC-HMS (*Hydrologic Engineering Center's - Hydrologic Modeling System*), SWAT, entre outros (ARNOLD E ALLEN, 1996; USACE, 1999; BOURAQUI, BRAUD e DILLAHA, 2002; KIRKBY e BEVEN, 1979; JARDIM, FLEISCHMANN, *et al.*, 2017; ABBOTT, BATHURST *et al.*, 1986).

3.4 COMETÁRIOS FINAIS SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Através da revisão bibliográfica realizada pode-se construir o entendimento de conceitos relevantes para o acompanhamento do presente trabalho de conclusão de curso. Além disso, observou-se a importância do desenvolvimento de instrumentos de gestão eficientes para auxiliar o adequado gerenciamento dos recursos hídricos existentes no Brasil.

Neste contexto, este trabalho apresenta caráter relevante, pois tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta que auxilie no melhoramento da interface outorgante e usuário de água através de um manual para estimativa de vazões de referência aplicado a outorga.

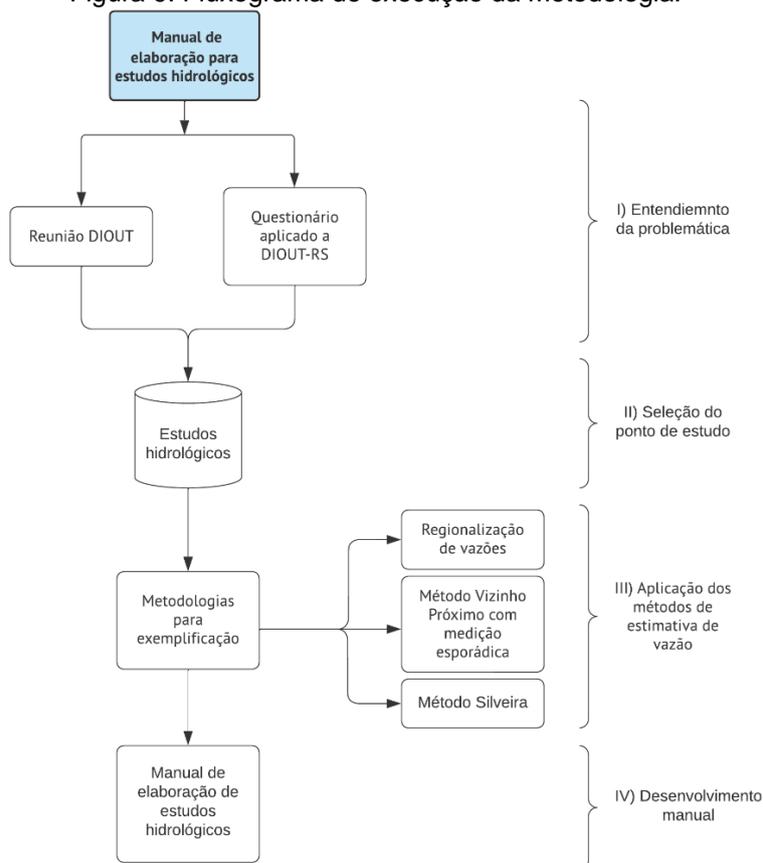
4. METODOLOGIA

A metodologia abordada nesse trabalho seguirá as seguintes etapas:

- I) Entendimento da problemática;
- II) Seleção dos estudos hidrológicos;
- III) Aplicação das diferentes metodologias de quantificação de vazão;
- IV) Desenvolvimento do manual de elaboração para estudos hidrológicos.

A Figura 9 representa as etapas de execução desta metodologia.

Figura 9. Fluxograma de execução da metodologia.



4.1 ENTENDIMENTO DA PROBLEMÁTICA

Esta etapa da metodologia consistiu no entendimento da problemática a fim de que o manual elaborado possa realmente auxiliar e suprir as necessidades encontradas nos estudos hidrológicos. No intuito de buscar a compreensão da problemática, foi realizada uma entrevista com a equipe da Divisão de Outorga da Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Infraestrutura do estado do Rio Grande do Sul e também aplicado um questionário aos funcionários da mesma.

A seguir serão descritos o objeto de estudo e as metodologias empregadas no entendimento da problemática.

4.1.1 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo deste trabalho é o processo de outorga das águas de domínio do Estado do Rio Grande do Sul. A outorga de direito de uso da água neste Estado é de responsabilidade da Divisão de Outorga da Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Infraestrutura do Rio Grande do Sul (DIOUT).

O Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul (SIOUT) é o sistema oficial de concessão de outorga empregada pela DIOUT. O SIOUT possibilita a análise técnica da solicitação de outorga realizada pelo outorgante através do balanço hídrico que está disponível aos técnicos da DIOUT. Este é uma integração entre as informações de disponibilidade hídrica superficial do Estado e os usuários que estão registrados no SIOUT.

Através do Relatório Anual sobre a situação dos Recursos hídricos no Estado do Rio Grande do Sul (SEMA, 2022) é possível entender a proporção das atividades envolvidas no processo de outorga. Foi identificado uma demanda hídrica superficial no Estado do Rio Grande do Sul de 106,25 m³/s, sendo essa dividida em 1610 solicitações realizadas através do SIOUT. Destaca-se que a irrigação representa 77,2% das vazões registradas e o abastecimento público/consumo humano representam 13,1% desse montante.

Além disso, em relação a disponibilidade hídrica no Estado do Rio Grande do Sul, é observado que existe uma vazão de referência de 992,52 m³/s, se consideradas as 24 bacias hidrográficas existentes no RS. Deste montante, 579,83 m³/s representam a vazão outorgável no Estado (SEMA, 2022).

O processo de solicitação de outorga deve ser realizado pelo outorgado por meio do SIOUT. Após o cadastramento da solicitação de outorga, o técnico analisa a solicitação feita pelo usuário e defere ou indefere a vazão solicitada. Porém, em caso de discordância entre a vazão solicitada pelo usuário e a vazão de referência considerada pela DIOUT, pode ser realizado um estudo hidrológico para verificação das vazões de referência do curso hídrico em questão.

A realização deste estudo hidrológico é de responsabilidade do usuário. Sendo que estes documentos não possuem uma padronização estabelecida pelo órgão gestor e, por isso, o objeto de estudo desse trabalho se enfoca nessa necessidade existente.

4.1.2 REUNIÃO E APLICAÇÃO DE QUESTIONÁRIO JUNTO A DIVISÃO DE OUTORGA

A DIOUT é a responsável pela análise dos estudos hidrológicos. O intuito de uma reunião e aplicação de questionário junto a esse departamento é coletar os pontos cruciais a serem sanados através do manual.

O entendimento do perfil do técnico que realiza a avaliação dos estudos hidrológicos é um dos pontos a serem sanados na reunião e questionário. Dessa forma, é possível contemplar e abranger os conflitos que estes possam ter na avaliação da qualidade técnica e entendimento dos estudos entregues a eles. Além disso, é crucial entender quais são os problemas mais comuns que os técnicos da DIOUT identificam nos estudos hidrológicos avaliados.

Tendo em vista essas considerações, a entrevista com a DIOUT focou na proposta de uma estrutura de manual e o formulário, que foi realizado utilizando a plataforma Google Forms, abrangeu as seguintes perguntas:

1. Qual seu nome?
2. Qual sua formação?*
3. Você já teve de avaliar um estudo hidrológico ao trabalhar no DIOUT?*
4. Ao avaliar algum destes estudos, percebeu a necessidade de padronização dos mesmos?*
5. Você encontrou dificuldades ao avaliar estes estudos? Quais foram?
6. Você acredita que o desenvolvimento de um manual de elaboração para estes estudos hidrológicos possa ajudar no cotidiano de trabalho da DIOUT?*
7. Ao avaliar estes estudos hidrológicos, percebeu que alguns pontos problemáticos são repetidos sucessivamente nos documentos?*
8. Comente sobre os pontos problemáticos identificados.
9. Existe um método para a determinação da vazão de referência que julgue mais adequado e/ou menos adequado para receber nos relatórios?
10. Você tem alguma contribuição que ache importante para o desenvolvimento do manual de estudos hidrológicos?

*Estes itens eram de resposta obrigatórias entre as perguntas realizadas no formulário.

4.2 SELEÇÃO DO ESTUDO HIDROLÓGICO

A seleção do estudo hidrológico levou em consideração documentos que já foram analisados pela DIOUT. Estiveram em análise 7 documentos que foram disponibilizados pelo órgão gestor.

Esta foi uma etapa importante da metodologia deste trabalho, pois através dela pode-se realizar a aplicação das metodologias de estimativa da disponibilidade hídrica que é utilizada como forma de exemplificação no manual. Além disso, para que fosse realizada a seleção do estudo foi necessário avaliar os documentos o que já possibilitou um panorama geral do material que é avaliado pela DIOUT.

Os critérios utilizados para a identificação da melhor alternativa levaram em consideração: disponibilidade de dados e características comumente observadas nas áreas de interesse. A disponibilidade de dados foi um dos critérios analisados para que fosse possível a aplicação de mais de uma metodologia de estimativa da disponibilidade hídrica e assim abranger mais problemáticas identificadas na aplicação dessas metodologias.

Para analisar a disponibilidade de dados dos relatórios foram utilizados dados das estações fluviométricas e pluviométricas da Rede Hidrometeorológica Nacional, administrada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA). Também foi avaliada a existência de dados diários e mensais de evapotranspiração do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). A avaliação da disponibilidade de dados foi realizada para os 7 estudos hidrológicos disponíveis.

A identificação das características mais comuns nas áreas de interesse foi levada em consideração para que fosse possível focar o manual na vivência da equipe técnica da DIOUT. Ou seja, foram escolhidas características predominantes desses relatórios para que fosse abrangido a maior quantidade de soluções.

Foram levadas em consideração informações como, por exemplo, tipo do sistema, área de drenagem da bacia de captação, largura do rio, entre outras características. Na Tabela 5 são identificadas as principais características dos estudos hidrológicos.

Tabela 5. Estudos hidrológicos e suas características principais.

Relatório	Bacia hidrográfica	Cidade	Corpo hídrico	Finalidade da captação	Tipo de sistema	Metodologia utilizada	Área de drenagem da bacia de captação (km ²)	Largura do rio (m)
1	Apuaê-Inhandava	Coxilha	Arroio Cachoeira	Irrigação	Composto*	Regionalização de vazões e modelagem Chuva - vazão	49,82	1,58
2	Mirim São Gonçalo	Pelotas	Arroio Pelotas	Abastecimento público	Simplex**	Curva de permanência	8,52	17,20
3	Vacacaí - Vacacaí Mirim	Itaara	Afluente do Arroio Grande	Abastecimento público	Simplex**	Verificação junto ao SIOUT***	1,25	3,74
4	Butuí - Icamaguã	Unistalda	Restinga dos Lopes	Abastecimento público	Simplex**	Verificação junto ao SIOUT***	2,13	1,16
5	Ijuí	Palmeira das Missões	Afluente do Arroio Divisa	Irrigação	Composto*	Regionalização de vazões	1,26	2,21
6	Ijuí	Panambi	Afluente do Arroio Alonso Batista	Irrigação	Composto*	Método Silveira (1994)	5,29	1,66
7	Várzea	Dois Irmãos das Missões	Lajeado Taboão	Irrigação	Composto*	Método Silveira (1994)	53,44	7,37

Fonte. Própria da autora.

*Sistema composto: Possui fonte complementar para atender a vazão necessária a finalidade de uso.

**Sistema simples: Uma única fonte de captação é suficiente para atender a vazão necessária a finalidade de uso.

***Verificação junto ao SIOUT: Nestes estudos, apenas verificou-se as vazões de referências junto ao SIOUT como método de verificação da disponibilidade hídrica existente.

4.3 APLICAÇÃO DAS DIFERENTES METODOLOGIAS DE QUANTIFICAÇÃO DE VAZÃO

Na busca de um manual de estudo hidrológico prático identificou-se a necessidade de aplicação de diferentes metodologias para a estimativa da disponibilidade hídrica existente, visto que existem diversas possibilidades. Para analisar as possíveis metodologias que podem ser empregadas nos estudos hidrológicos entregues a DIOUT e entender qual seria mais adequado a cada situação, foram levantados os seguintes métodos de quantificação de vazão: regionalização de vazões, Método do Vizinho mais Próximo com medição esporádica e o Método Silveira.

Estes métodos foram aplicados ao estudo hidrológico selecionado no intuito de entender e estabelecer critérios para a tomada de decisão da metodologia mais adequada a cada caso. Esta aplicação funcionará como um guia prático de como devem ser aplicadas as metodologias citadas.

4.4 DESENVOLVIMENTO DO MANUAL PARA ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Após a elaboração das etapas anteriores, foi desenvolvido o manual para estudos hidrológicos. Este tem por necessidade envolver cada persona desse processo estabelecendo uma linguagem clara e objetiva que os oriente na confecção dos estudos hidrológicos.

O entendimento do processo, a orientação da qualidade técnica necessária nos estudos e a padronização são os principais objetivos que se deseja alcançar ao desenvolver o manual. O manual contém, inicialmente, uma orientação do que deve ser abrangido em cada capítulo e, posteriormente, é exemplificado como espera-se que o conteúdo do capítulo seja. A exemplificação é realizada através das metodologias empregadas no ponto de estudo deste trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados os resultados obtidos no presente trabalho de conclusão de curso seguindo a metodologia já descrita. Os resultados estão organizados em: entendimento da problemática, seleção do estudo hidrológico, desenvolvimento do manual e considerações finais.

5.1 ENTENDIMENTO DA PROBLEMÁTICA

Para o entendimento da problemática foi realizada uma entrevista e aplicação de questionário junto ao órgão gestor. A reunião com a equipe da DIOUT aconteceu de forma presencial na SEMA, no dia 11/02/2022 e contou com a presença de dois técnicos, sendo eles: a engenheira agrônoma Daiana Althaus e o engenheiro civil Kevin Caselani da Siqueira. Nessa conversa, foram discutidos os principais pontos a serem abrangidos pelo manual e também como é realizada atualmente a avaliação destes laudos hidrológicos.

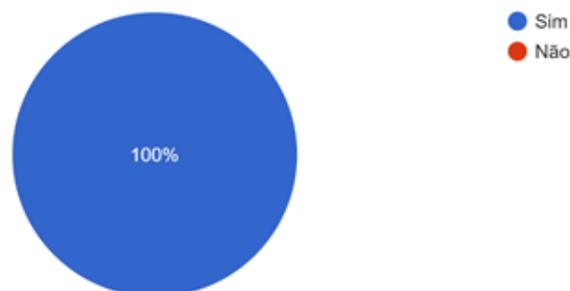
Foi relatado que uma das principais problemáticas vivenciadas pelos técnicos são a falta de padronização dos relatórios e a dificuldade de entendimento das metodologias por escassez de descrição. Além disso, foi descrito pelos técnicos uma necessidade crescente de um manual para estes relatórios pelo aumento de casos de contestação da base cartográfica do Rio Grande do Sul.

Nesta reunião, também foi solicitado o preenchimento de um formulário no Google Forms pelos técnicos do DIOUT. Este formulário foi enviado a todos os técnicos da DIOUT, sendo opcional o seu preenchimento. O formulário continha os questionamentos descritos na metodologia (capítulo 4.1.2).

O índice de resposta recebidas no formulário foi de 30,7% em relação ao número total de técnicos da DIOUT. Destas respostas, 100% delas relataram que já tiveram de avaliar um estudo hidrológico ao trabalhar na SEMA e 100% deles perceberam a necessidade de padronização, conforme Figura 10 e Figura 11.

Figura 10. Resposta encontrada no questionamento 3 do formulário.
Você já teve de avaliar um estudo hidrológico ao trabalhar no DIOUT?

4 respostas

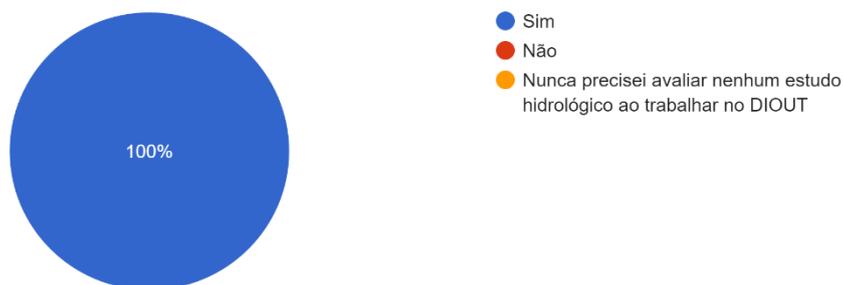


Fonte. Própria da autora.

Figura 11. Resposta encontrada no questionamento 4 do formulário.

Ao avaliar algum destes estudos, percebeu a necessidade de padronização dos mesmos?

4 respostas



Fonte. Própria da autora.

Em relação as dificuldades encontradas (questionamento 5) foram obtidas as seguintes respostas:

- “Após capacitação realizada pela Divisão de Planejamento - DIPLA do Departamento de Gestão de Recursos Hídricos e Saneamento - DRHS, foi possível começar a analisar estes estudos de forma mais criteriosa, compreendendo os elementos básicos que devem constar no documento, bem como avaliar se o método utilizado está de acordo com o local onde se localiza a intervenção. No entanto, o DRHS ainda carece de uma padronização, através de um manual/diretriz técnica, que possa balizar tanto nossa análise na Divisão de Outorga - DIOUT, quanto aos elementos que cada responsável técnico deverá obrigatoriamente apresentar, para que seja avaliada de fato e possa comprovar o objetivo do estudo. Hoje a apresentação destes estudos não possui um formato padrão, muitas vezes sem os elementos mínimos necessários e, em sua maioria, com intuito de contestar a classificação de reservatórios, se açudes ou barragens, considerando determinados cursos d'água como efêmeros, ou invés de intermitentes como o Sistema de Outorga de Água do Rio Grande do Sul - SIOUT RS enquadra.”
- “Acredito que neste momento a principal dificuldade é pela falta de repetição, estamos recém iniciando esse tipo de análise.”
- “Sim. Até o momento avalei poucos estudos hidrológicos, mas considerando os já avaliados, algumas dificuldades são no seguinte sentido: falta de padronização na apresentação do estudo, sendo que o

fato da DIOUT não ter um modelo a ser disponibilizado aos usuários de água/responsáveis técnicos contribui para isso; falta de informações básicas necessárias para o estudo (identificação, coordenadas geográficas, bacia hidrográfica, dados de vazão e chuva, etc.) no documento enviado, tendo que se procurar pelas informações, quando existentes, nos demais locais de registro do cadastro/processo SIOUT RS; não aplicação correta e/ou completa da metodologia utilizada em todos seus detalhes; atividade descrita na ART anexada junto ao processo SIOUT RS pode até estar relacionada a outorga de uso de água, mas não necessariamente corresponde a atividade quanto ao estudo hidrológico; etc.”

- “Sim. Existem diversas informações que são apresentadas no Laudo e são de difícil análise, ou seja, as vezes é complicado definir o que é importante analisar e quais são as informações que, de fato, podem ser inconsistentes.”

Destaca-se que critérios mínimos/padronização nos relatórios, falta de informações básicas, inconsistências nas aplicações das metodologias e a falta de Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) adequada são elementos importantes de serem sanadas pelo manual.

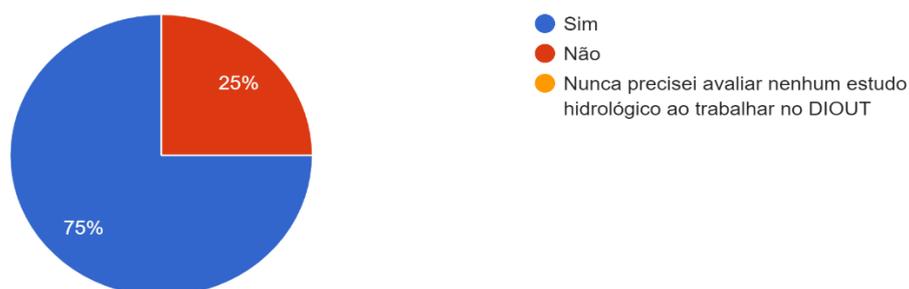
Sobre os técnicos acreditarem que o desenvolvimento de um manual de elaboração para estes estudos hidrológicos possa ajudar no cotidiano de trabalho da DIOUT foram obtidos 100% de respostas apontando ser relevante (Figura 12). Para 75% das respostas percebe-se que alguns pontos problemáticos são repetidos sucessivamente nos documentos (Figura 13).

Figura 12. Resposta encontrada no questionamento 6 do formulário.
 Você acredita que o desenvolvimento de um manual de elaboração para estes estudos hidrológicos possa ajudar no cotidiano de trabalho da DIOUT?
 4 respostas



Fonte. Própria da autora.

Figura 13. Resposta encontrada no questionamento 7 do formulário.
 Ao avaliar estes estudos hidrológicos, percebeu que alguns pontos problemáticos são repetidos sucessivamente nos documentos?
 4 respostas



Fonte. Própria da autora.

A respeito dos pontos problemáticos identificados foram identificados os seguintes:

- “Conforme mencionado anteriormente, até o momento avalei poucos estudos hidrológicos, mas considerando os já avaliados, os pontos problemáticos identificados são no mesmo sentido das dificuldades mencionadas: falta de padronização na apresentação do estudo, sendo que o fato da DIOUT não ter um modelo a ser disponibilizado aos usuários de água/responsáveis técnicos contribui para isso; falta de informações básicas necessárias para o estudo (identificação, coordenadas geográficas, bacia hidrográfica, dados de vazão e chuva, etc.) no documento enviado, tendo que se procurar pelas informações, quando

existentes, nos demais locais de registro do cadastro/processo SIOUT RS; não aplicação correta e/ou completa da metodologia utilizada em todos seus detalhes; atividade descrita na ART anexada junto ao processo SIOUT RS pode até estar relacionada a outorga de uso de água, mas não necessariamente corresponde a atividade quanto ao estudo hidrológico; etc.”

- “Na tentativa desta comprovação, são encaminhados estudos hidrológicos que não consideram vegetação, declividades, por exemplo, bem como época em que se realiza vistoria no reservatório, em sua grande maioria realizando apenas uma vistoria no reservatório, em época de estiagem, impossibilitando assim uma correta base de dados para comprovar o que pretendem.”
- As informações sobre as seções transversais e a largura dos canais são fundamentais para definição da vazão de referência. Não sei se existe alguma definição de que ponto se deve fazer a medição, pois o nível do curso hídrico se altera bastante durante o ano. O mais importante para as análises dos Laudos é que eles tenham um padrão de informações a serem apresentadas pelos Responsáveis técnicos e que essas informações técnicas possam ser avaliadas nos processos de outorga e também, posteriormente, serem vistoriadas a campo para aferição e validação das informações.

Sendo assim, identifica-se a falta de caracterização climática, pluviométrica, fluviométrica e geomorfológica da região nos estudos. Para mais, é necessário evidenciar a importância de apurados critérios para medição de dados em campo em períodos adequados.

No que diz respeito aos métodos para a determinação da vazão de referência que julgassem ser mais adequado, as respostas foram variadas. Porém uma parte das respostas não estabeleceram uma metodologia de preferência, pois relatam que isso deva ser avaliado caso a caso. Os demais, indicaram o Método Silveira como uma possibilidade (evidenciando que não era a única metodologia) ou preferiram não responder.

Sobre a resposta final do questionário na qual os técnicos poderiam apontar contribuições que analisassem importantes, foram observadas as seguintes contribuições:

- “Seria interessante ter algum tipo de método para validar posteriormente os valores informados nos estudos, algo como um 'pós-estudo hidrológico' que poderia ser usado como condicionante da portaria de uso de água.”
- “Acredito que o desenvolvimento de um manual de orientação para a elaboração de estudos hidrológicos, tal como já existe para a FEPAM (DIRETRIZ TÉCNICA Nº 04.2018), será fundamental para os técnicos da DIOUT, auxiliando estes na análise dos processos SIOUT RS, e para os usuários de água/responsáveis técnicos, no sentido de auxiliar estes na elaboração de um documento com maior qualidade e padronização.”
- “Avaliar a influência de outras intervenções, como barragens de nível, nas vazões do curso hídrico. Isto é, se existe uma barragem de nível ou até mesmo um canal de derivação ou bombeamento, seria interessante existir uma definição de onde deveriam ser feitas as medições de campo para fins de estimar as vazões de referência. Talvez as medições precisariam ser feitas a uma distância 'X' da intervenção e também a jusante da intervenção. A padronização das distâncias e locais das medições nesse caso, seriam importantes para que possam ser minimizados os erros de medições. Isadora, desculpe não responder antes, mas fico à disposição para conversarmos sobre o assunto. Parabéns pela iniciativa do trabalho.”

5.2 SELEÇÃO DO ESTUDO HIDROLÓGICO

A seleção do estudo levou em consideração a disponibilidade de dados e as características comumente observadas nas áreas de interesse. Em relação a disponibilidade de dados, foi priorizado o estudo que pudesse ser aplicado o Método Silveira e que houvesse a possibilidade de aplicar outros métodos simultaneamente.

Este método foi priorizado, pois, através do questionário aplicado a equipe da DIOUT, identificou-se que pode ser uma metodologia bastante empregada nos estudos e que se encontra muitas inconsistências. Focando nos estudos com dados coletados em campo, pois a metodologia exige um período de amostragem, foram pré-selecionados o relatório 6 e 7.

Em relação ao relatório 7, não foi possível a sua utilização como ponto de estudo, pois os dados de campo não foram coletados nos intervalos indicados pela metodologia. Foram coletados dados fluviométricos em campo em dias consecutivos, não sendo o indicado pelo Método Silveira.

Analisando o relatório 6, foi possível verificar que este seguiu as especificações necessárias para a aplicação do Método Silveira. Quanto a disponibilidade de dados de chuva, vazão e evapotranspiração, foi verificada a existência de dados que dessem suporte a aplicação das 3 metodologias pretendidas.

A respeito das características comumente observadas nas áreas de interesse, é possível identificar que 71,4% desses estudos estão na faixa de pequenas bacias hidrográficas e que a maior parte dos estudos estão entre o tipo composto de sistema. Além disso, a maioria dos rios possui uma largura de rio pequena. Sendo essas as principais características diferenciadas entre os estudos analisados. Estas características são reconhecidas no relatório 6.

Tendo em vista o que foi discutido, o relatório 6 foi o escolhido como ponto de estudo.

5.3 MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA ELABORAÇÃO DE ESTUDOS HIDROLÓGICOS: APLICADO A OUTORGA

Este item destina-se a apresentar o manual de instruções para elaboração de estudos hidrológicos focado nos solicitantes de outorga de uso da água do Rio Grande do Sul. Foram utilizadas as informações obtidas na etapa do entendimento da problemática (reunião e formulário), seleção do estudo hidrológico e os resultados obtidos pelas diferentes metodologias de estimativa da disponibilidade hídrica.

O manual foi desenvolvido para, inicialmente, conter um breve resumo das informações necessárias em cada capítulo e, em seguida, os resultados da aplicação das metodologias de estimativa da disponibilidade hídrica são utilizados como forma de exemplificação de estes devem ser desenvolvidos.

É importante destacar que o tipo de sistema identificado no relatório de estudo é composto, mas não havia informações suficientes no relatório 6 sobre todo o sistema envolvido. Visto isso, este foi considerado como um sistema simples

e só houve a verificação da disponibilidade hídrica para a captação direta no rio de interesse.

5.3.1 QUADRO RESUMO E RESPONSABILIDADE TÉCNICA

Este capítulo deve ser composto pelos resultados obtidos da vazão de referência para o local de estudo e informações sobre a responsabilidade técnica. Não foram preenchidas algumas informações de identificação na exemplificação para evitar a identificação do solicitante de outorga. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

- Identificação do responsável técnico: nome, nº CREA e nº da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART). Importante destacar que a ART deve ser correspondente a estudos hidrológicos;
- Identificação do empreendimento: nome e CPF ou CNPJ;
- Coordenadas do ponto de interesse (Sistema SIRGAS 2000);
- Assinatura e carimbo do Responsável Técnico.

Exemplificação:

O laudo foi elaborado pelo profissional (NOME COMPLETO DO PROFISSIONAL), responsável técnico (RESPECTIVO GRAU DE FORMAÇÃO DO PROFISSIONAL), sob registro do CREA-RS (NÚMERO DO CREA-RS). A Anotação de Responsabilidade Técnica (ART) vinculada ao estudo é de número (X). Na Tabela 6 apresentam-se, de forma resumida, as informações resultantes do presente estudo para a seção analisada.

Tabela 6. Identificação do empreendimento e vazões de referência resultantes do estudo hidrológico.

Identificação do empreendimento	Nome completo CPF ou CNPJ
Coordenadas do ponto de interesse	
Área da bacia de drenagem	
Curso d'água	
Vazão de referência (Q_{90})	

Fonte. Própria da autora.

ASSINATURA DO RESPONSÁVEL

ISADORA MENEGON
CREA-RS XXX
Responsável Técnica

5.3.2 INFORMAÇÕES GERAIS

Devem conter informações gerais de forma a localizar o técnico que irá avaliar o estudo hidrológico entregue a DIOUT. Neste capítulo, não foram preenchidas informações de identificação do empreendedor, empreendimento e responsável técnico na exemplificação para evitar a identificação do solicitante de outorga. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

- Informações de identificação do empreendedor, empreendimento e responsável técnico;
- Quais portarias foram seguidas;
- Destaca-se que as informações devem estar de forma clara representando as informações de cada uma das partes;
- Indica-se que as informações estejam divididas em tabelas de forma que estejam bem separadas.

Exemplificação:

Neste item estão apresentadas as informações gerais do empreendedor, do empreendimento e Responsável Técnico. Na Tabela 7 são listadas algumas identificações mínimas necessárias para o empreendedor e empreendimento. Na Tabela 8 seguem as informações técnicas do Responsável Técnico. Este documento segue o padrão de apresentação para laudos hidrológicos definido pela (Diretriz Técnica nº 4) de 2018 da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM).

Tabela 7. Formulário técnico de identificação do empreendedor e empreendimento.

Informações do empreendedor e empreendimento	
Dado	Informação
Figura Jurídica:	() Pessoa Física () Empresa Privada () Empresa Pública () Sociedade Empresária Limitada
Nome ou Razão Social:	
CPF ou CNPJ:	
Número do processo SIOU:	
Endereço do empreendedor:	
Telefone:	
E-mail:	

Fonte. Própria da autora.

Tabela 8. Formulário técnico de responsável técnico.

Informações do responsável técnico	
Dado	Informação
Nome da empresa:	
Nome do engenheiro responsável:	
CNPJ:	
Número CREA-RS:	
Número da Anotação de Responsabilidade Técnica (ART):	
Endereço da empresa:	
Telefone:	
E-mail:	

Fonte. Própria da autora.

5.3.3 INFORMAÇÕES DO EMPREENDIMENTO

Neste capítulo do laudo hidrológico espera-se identificar informações mais específicas sobre o empreendimento, ou seja, inicia-se a descrição mais aprofundada do ponto de interesse e suas características. Não foram exemplificadas algumas informações para evitar a identificação do solicitante de

outorga de uso da água. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

- Identificação do uso da água captada;
- Número do processo SIOUT;
- Qual a vazão que está sendo solicitada pelo usuário;
- Qual a vazão que foi liberada pela DIOUT;
- Informações do sistema adotado (simples ou composto);
- Em caso de sistema composto, descrição do sistema e seus elementos. Indica-se o uso de croquis e/ou mapas que auxiliam o técnico no entendimento dos elementos desse sistema.

Exemplificação:

A outorga de uso da água solicitada tem a finalidade de irrigar 103,7 ha de culturas como milho, soja, trigo, feijão e pastagem. Seu sistema é do tipo simples, sendo o número registrado no processo solicitado a DIOUT XXXX/XXX.XXX. A este processo foi emitida uma vazão de referência de X m³/s, porém solicita-se uma adequação para a vazão de X m³/s.

5.3.4 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

Este capítulo é fundamental para o entendimento da área em que se encontra a solicitação de outorga, então deve conter o máximo possível de informações sobre o local. As informações devem estar bem ilustradas em mapas e fotos que ajudem o técnico da DIOUT entender a área de interesse e os elementos que estão inseridos na região. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

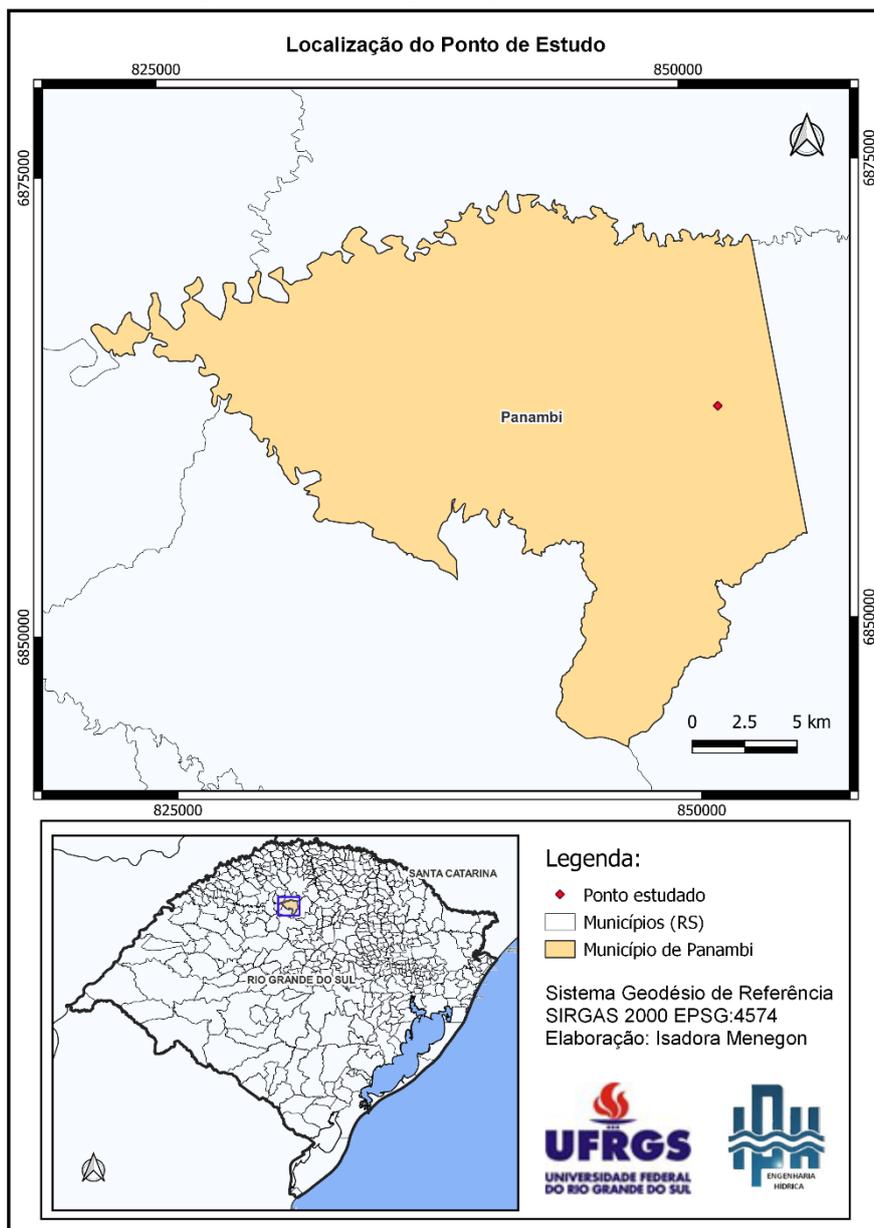
- Coordenadas dos pontos de interesse. Se for um sistema composto é fundamental que exista um quadro com todas as coordenadas dos pontos de interesse. As coordenadas devem estar em sistema SIRGAS 2000;
- Identificação do nome do corpo hídrico de interesse;
- Identificação da bacia hidrográfica e Unidade de Planejamento de Gestão (UPG) na qual o ponto de interesse está inserido;

- Mapas que identifiquem o ponto de interesse;
- Delimitação da bacia de drenagem do ponto de interesse;
- Identificação da área da bacia de drenagem a partir do ponto de interesse;
- Se possível, fotos de identificação do local;
- Caracterização das propriedades físicas da região como, por exemplo: clima, pluviometria, geologia do solo, entre outros;
- Apontamento de estruturas como PCH e/ou CGH que possam vir a alterar a disponibilidade hídrica.

Exemplificação:

O ponto estudado está inserido no município de Panambi com localização nas coordenadas -28,3239 (latitude) e -53,4165 (longitude), conforme Figura 14. O corpo hídrico se desenvolve no sentido sudoeste-nordeste na qual é contribuinte à margem esquerda do arroio Alonso Batista, afluente do rio Fiuza. O rio Fiuza se encontra à margem esquerda com o arroio Palmeiras, formando o rio Ijuí, que por sua vez, é afluente do rio Uruguai (rio fronteiro entre o estado do Rio Grande do Sul e Argentina).

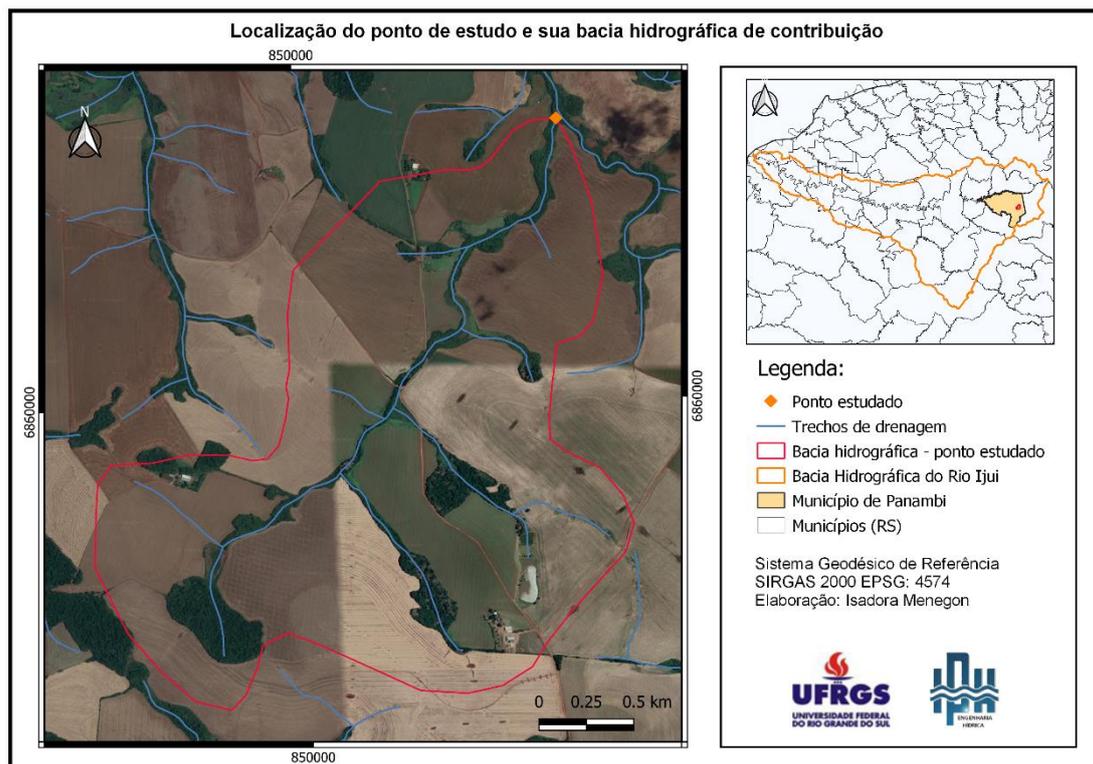
Figura 14. Localização do ponto de interesse.



Fonte. Própria da autora.

A bacia do córrego, em que foi realizado esse estudo, está inserida na Região Hidrográfica do Uruguai e ocupa parte da Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí (U090), região Noroeste do Rio Grande do Sul. A partir de dados de altimetria do terreno foi possível delimitar a bacia de influência do ponto informado, conforme Figura 15, que possui uma área de drenagem de 5,29 km².

Figura 15. Bacia hidrográfica de contribuição do ponto estudado.



Fonte. Própria da autora.

A partir dos dados das estações pluviométricas disponíveis (identificadas no capítulo de dados disponíveis) e utilizando a ferramenta de interpolação do *software* QGIS, foi possível gerar um mapa de isoietas da região (Figura 18). Neste mapa, a precipitação média anual é de 1836,53 mm/ano, sendo a região com maior pluviosidade identificada a noroeste do ponto de estudo. O clima na região é caracterizado pela sua homogeneidade no que se refere à pluviometria.

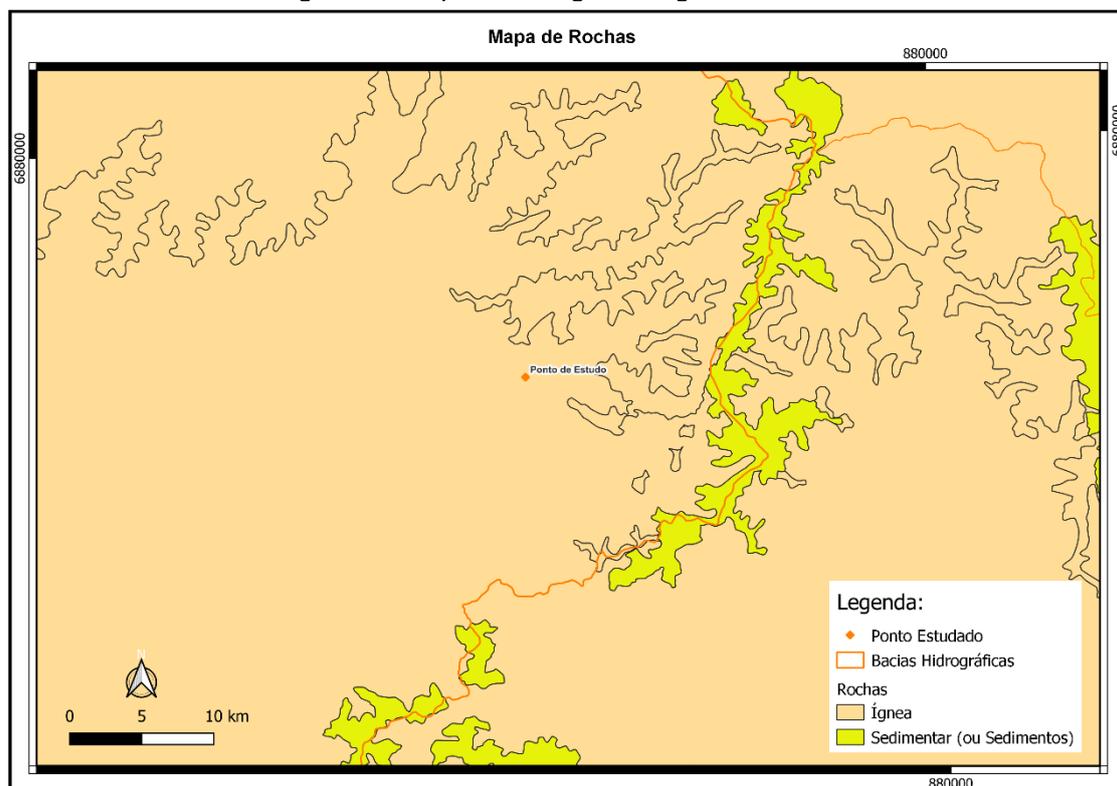
Para o melhor entendimento da geologia e geomorfologia do local de estudo, foi obtido o mapa de litologia (Figura 16) através do portal RIGeo, da CPRM (<http://rigeo.cprm.gov.br/jspui/handle/doc/14710>). Foram identificados dois tipos de rochas: ígneas e sedimentares.

As rochas ígneas se formam pela solidificação direta do magma. Caso a solidificação tenha ocorrido no interior da crosta terrestre, a rocha é classificada como intrusiva, como o granito. Caso a rocha tenha sofrido o processo de solidificação na superfície, ela é classificada como extrusiva, como o basalto.

As rochas sedimentares são rochas que se formaram na superfície da terra pela desagregação de rochas pré-existentes por processos de agente

intempéricos (vento, água, variação do clima, vegetação, entre outros) onde as mesmas passam por um processo de transporte e deposição para em seguida se agregarem formando uma nova rocha. Como o processo depende da deposição de partículas de rochas degradadas, esse tipo de rocha comumente possui diversas camadas e podem apresentar vestígios de fósseis bem como o acúmulo de combustíveis fósseis como o petróleo, carvão e gás natural (BRANCO, 2014).

Figura 16. Mapa de litologia da região de estudo.



Fonte. Própria da autora.

5.3.5 METODOLOGIA

Neste capítulo deve-se realizar a descrição da metodologia utilizada para se obter o comportamento hidrológico do curso hídrico em questão. É importante que seja realizada uma descrição apurada neste capítulo, pois é através dele que o técnico do DIOUT irá avaliar a solicitação realizada. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

- Descrição da metodologia utilizada para obtenção do comportamento hidrológico. É importante que esta descrição seja detalhada e clara;
- A metodologia empregada deve ser adequada a disponibilidade de dados do local e as suas características. Indica-se que a metodologia empregada seja mais robusta que a empregada no plano de bacia hidrográfica na qual o ponto está inserido.

Exemplificação:

O presente estudo foi embasado em três metodologias para obtenção de vazões de referência: Regionalização de vazões, Método Silveira e o Vizinho mais próximo com medição esporádica. A Regionalização de vazões é um processo de transferência de informações de um local para outro que possuem características hidrológicas semelhantes.

Esta metodologia utiliza as curvas de permanências geradas através de séries históricas fluviométricas, relacionando a vazão com a probabilidade de ocorrência ao longo do tempo das variáveis selecionadas. Neste caso, foram correlacionadas a área da bacia de estudo com a vazão de referência Q_{90} .

O Método Silveira (1998) permite estimar vazões em pequenas bacias hidrográficas com pouco monitoramento utilizando dados pluviométricos e de evapotranspiração. Através de dados medidos em período de estiagem, este método pode ser calibrado garantindo mais confiabilidade no modelo.

O Método do Vizinho mais próximo com medição esporádica também consiste na transferência de informações de um local para outro sendo aperfeiçoado por medições esporádicas em campo.

5.3.5.1 DADOS DISPONÍVEIS

Neste item, é necessário que seja realizada uma descrição detalhada dos dados disponíveis e utilizados para o emprego da metodologia escolhida. É recomendada atenção neste item, pois a tomada de decisão dos dados utilizados pode influenciar diretamente no resultado da metodologia empregada. A escolha dos dados utilizados é um item decisivo para a verificação se a vazão encontrada na metodologia pode ser a real vazão do local de estudo. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

- Identificar a origem/fonte dos dados utilizados;
- Identificar o período de dados existentes;
- Identificar o período de dados utilizados na metodologia;
- Descrever as falhas identificadas;
- Se houver a necessidade de preenchimento de falhas na série de dados é importante a descrição a origem dos dados utilizados para a falha e justificativa de homogeneidade entre os pontos;
- Mapa de localização do ponto de interesse em relação aos pontos de utilização de dados;
- Mapa do ponto de interesse em relação a sua bacia hidrográfica;
- Tabelas resumo dos dados utilizados para facilitar o entendimento do técnico que avaliará o estudo;
- Se a fonte de dados utilizada for através de medição de dados em campo, é importante que sejam utilizadas metodologias consolidadas de medição e seguir normativas como, por exemplo, norma nº 13403 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1995).
É importante destacar que algumas metodologias de estimativa de vazões são utilizadas como pré-avaliação e só devem ser usadas para avaliação se não houver a possibilidade de emprego de metodologias mais confiáveis;
- Em caso de utilização de metodologias de coleta de dados que seriam para pré-avaliação, recomenda-se a realização de múltiplas medições;
- Em caso de medição de dados em campo, também é recomendada a utilização de recursos visuais como fotos do local de coleta;
- Em caso de aplicação de mais de uma metodologia, é importante que a descrição dos dados seja clara para qual dado em relação a qual metodologia foi utilizado;
- Em caso de aplicação da metodologia de regionalização de vazões é recomendado que a área da bacia de drenagem do ponto de estudo e da estação fluviométrica sejam compatíveis para evitar extrapolação da curva.

Exemplificação:

Para o emprego da metodologia de Regionalização de vazões foi necessário buscar postos fluviométricos pela Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí, tendo em vista a inexistência de dados hidrológicos observados na região da área de estudo. Desta forma, foi possível elaborar uma equação de regionalização para a Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí.

Foram identificados 72 postos fluviométricos existentes dentro da bacia utilizando a plataforma HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Do total de postos levantados inicialmente, apenas 8 postos apresentaram dados e foram selecionados.

Todos os postos selecionados possuem, no mínimo, 10 anos de dados registrados em suas séries. Porém, não foi possível realizar uma seleção dos postos com área de drenagem igual ou inferior a 100 km², pois nenhum dos 8 postos fluviométricos possuem essa característica. As estações utilizadas e suas características podem ser observadas na Tabela 9 e Figura 17.

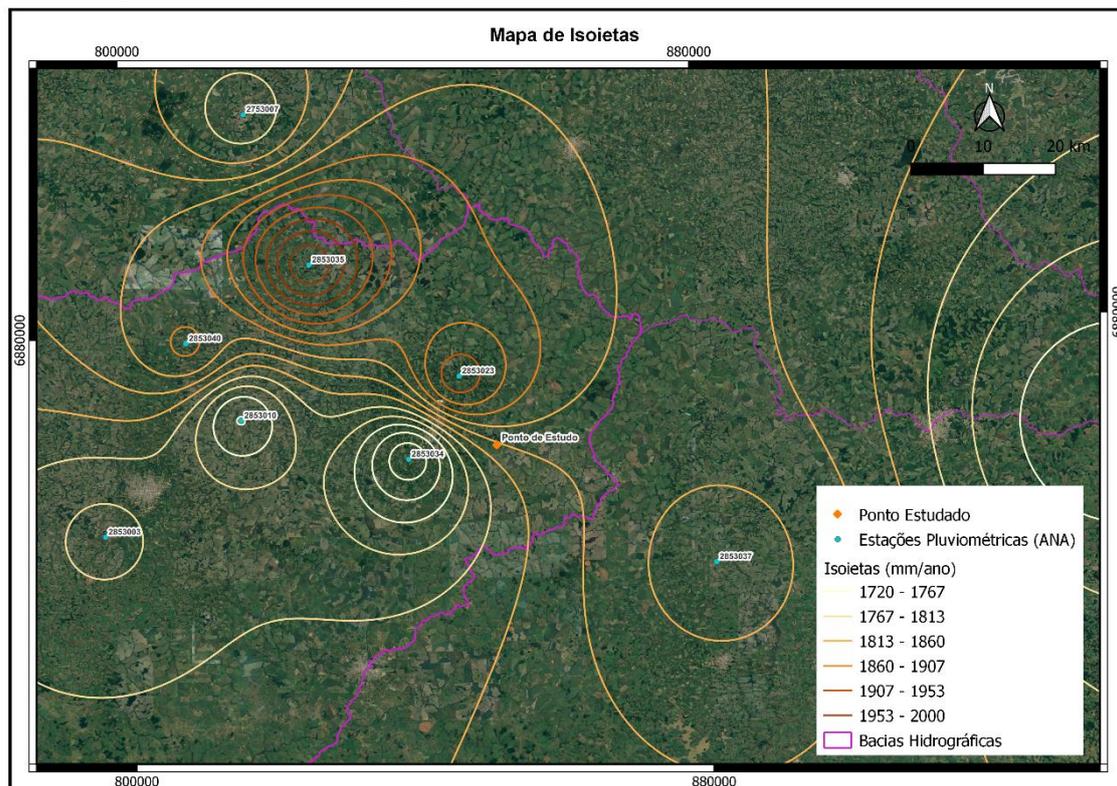
Tabela 9. Tabela resumo estações fluviométricas da ANA utilizadas no Método de Regionalização de vazões.

Código	Latitude	Longitude	Início operação	Fim operação	Área de drenagem (km²)
75155000	-53,7808	-28,2869	01/01/1986	08/07/2020	1940
75185000	-53,8756	-28,3792	04/09/1963	31/12/1995	609
75186000	-53,8792	-28,3708	04/06/2002	31/07/2021	613
75200000	-53,9731	-28,4544	12/06/1942	31/07/2021	811
75205000	-54,0314	-28,3847	01/11/1974	31/12/2018	970
75230000	-54,2675	-28,3553	23/11/1941	31/07/2021	5440
75295000	-54,3308	-28,3897	12/11/1974	31/07/2021	2160
75320000	-54,7383	-28,1814	16/09/1958	27/07/2009	9450

Fonte. Própria da autora.

Para o emprego do Método Silveira foram necessários dados pluviométricos, dados de evapotranspiração e coleta de dados de vazão no local de interesse. Os dados pluviométricos foram obtidos através da plataforma HidroWeb da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Foram pré-selecionadas 9 estações pluviométricas (Figura 18) mais próximas do ponto estudado com disponibilidade de dados.

Figura 18. Mapa das estações pluviométricas pré-selecionadas e suas isoietas.



Fonte. Própria da autora.

Na Tabela 10, pode-se observar as estações e suas disponibilidades de dados. Em cor cinza escuro são considerados anos completos, em cor cinza claro são considerados anos com até 30 dias de falha e em cor branca são os anos com falhas em mais de 30 dias. A estação pluviométrica utilizada para realizar o Método Silveira foi a Condor (2853023), porém houve a necessidade de utilizar as estações pluviométricas Panambi (2853034), Campinas (2853037), Passo Faxinal (2853010), Nova Ramada (2853035) e Santo Augusto (2753007) para o preenchimento das falhas encontradas na série histórica. Estas estações foram selecionadas por serem as estações mais próximas ao local de estudo, por terem um comportamento pluviométrico próximo ao identificado no local de estudo e pela disponibilidade de dados.

Tabela 10. Disponibilidade de dados das estações pluviométricas.

Ano	SANTO	PASSO FAXINAL	CONDOR	PANAMBI	NOVA RAMADA	CAMPINAS	MAUA	CONCEIÇÃO	PULADOR
1948									
1949									
1950									
1951									
1952									
1953									
1954									
1955									
1956									
1957									
1958									
1959									
1960									
1961									
1962									
1963									
1964									
1965									
1966									
1967									
1968									
1969									
1970									
1971									
1972									
1973									
1974									
1975									
1976									
1977									
1978									
1979									
1980									
1981									
1982									
1983									
1984									
1985									
1986									
1987									
1988									
1989									
1990									
1991									
1992									
1993									
1994									
1995									
1996									
1997									
1998									
1999									
2000									
2001									
2002									
2003									
2004									
2005									
2006									
2007									
2008									
2009									
2010									
2011									
2012									
2013									
2014									
2015									
2016									
2017									
2018									
2019									
2020									
2021									

Fonte. Própria da autora.

Para os dados de evapotranspiração potencial diários foram utilizados dados de normais climatológicas da estação de Cruz Alta (83912) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), sendo esta a estação mais próxima com esse tipo de dado. O comportamento da evaporação média diária ao longo dos meses na referida pode ser observada na Figura 19.

Figura 19. Evaporação média diária na estação de Cruz Alta (INMET)



Fonte. Própria da autora.

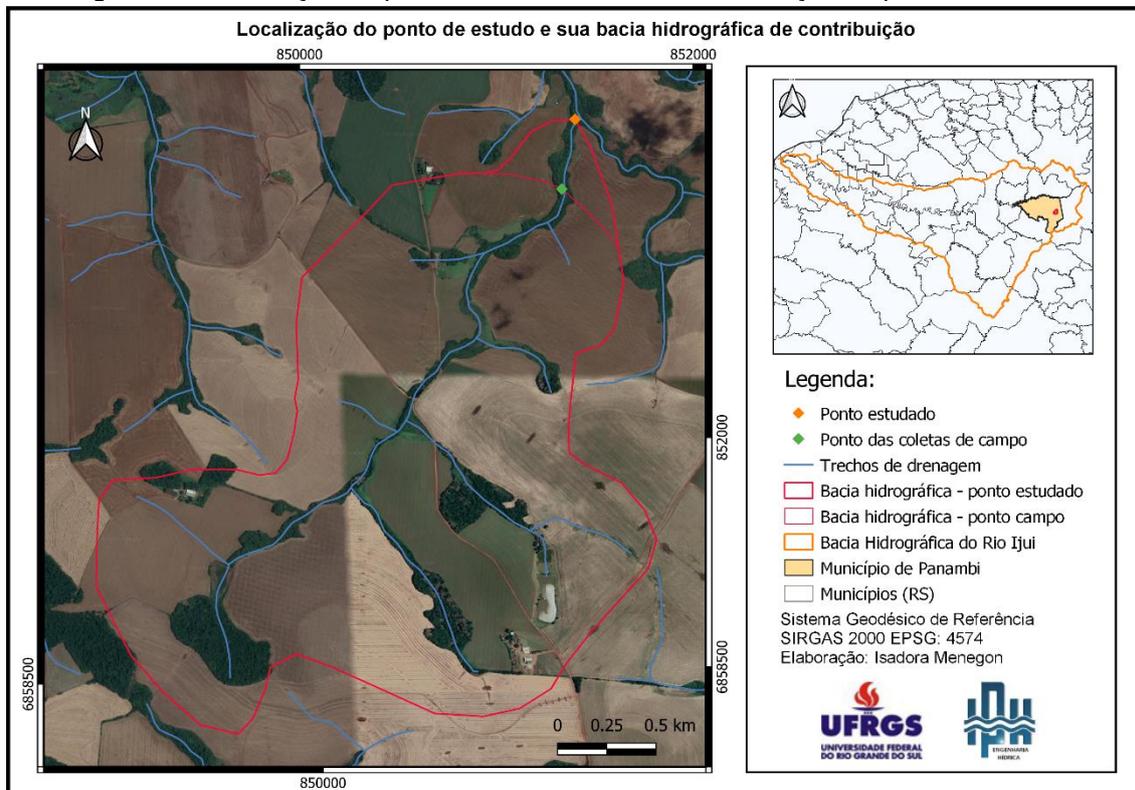
As coletas de dados de campo foram realizadas nos dias 16/05/2021, 18/05/2021 e 20/05/2021, conforme intervalo entre as medições recomendado por Silveira (1998). O horário em que foram realizadas as medições foram, aproximadamente, às 10:00 horas, 9:30 horas e 8:00 horas, respectivamente.

Para verificar a ocorrência de chuvas no período anterior as coletas, foi utilizada a estação de Cruz Alta (A853) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esta estação é a mais próxima do ponto de estudo. Houve a ocorrência de 6 milímetros acumulados de precipitação na semana anterior a coleta, sendo que este acumulado não inviabiliza a utilização dos dados.

As medições de vazão foram realizadas utilizando o método do flutuador, descrita por Palhares *et al.* (2007). Não foi possível realizar as medições no exato ponto de estudo, tendo em vista que esse é de difícil acesso e com características morfológicas distintas da recomendada pelo método. Por esse motivo, as medições foram realizadas aproximadamente 400 m a montante do

ponto de estudo, conforme Figura 20. A delimitação da bacia de influência do ponto onde se realizaram as coletas possui uma área de drenagem de 5,13 km².

Figura 20. Localização do ponto de coleta dos dados em relação ao ponto de estudo.



Fonte. Própria da autora.

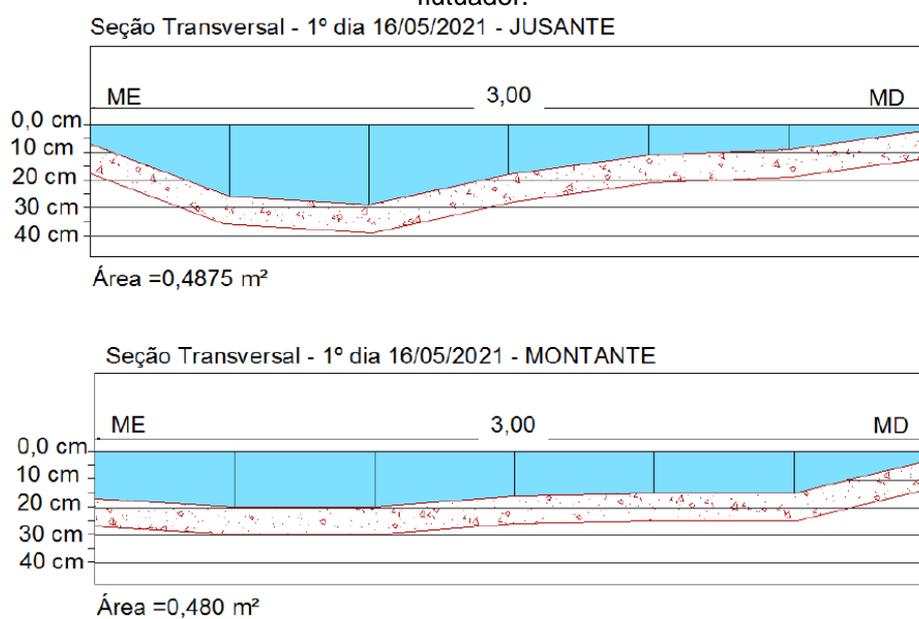
Foram determinadas duas seções transversais (partida e chegada do flutuador) no local das coletas de dados de vazão com 6 metros de distância entre estas, conforme pode ser observado na Figura 21. A velocidade foi estimada através da distância percorrida pelo flutuador em um intervalo de tempo, sendo está a média de dez lançamentos. A Figura 22 ilustra a seção transversal existente na partida e chegada do flutuador nos dias em que houve as coletas de dados de vazão.

Figura 21. Imagens do local onde ocorreram as coletas de dados de vazão.



Fonte. Reckziegel, 2021.

Figura 22. Ilustrações do perfil batimétrico encontrado nas seções de lançamento e chegada do flutuador.



Fonte. Reckziegel, 2021.

As vazões obtidas em campo, utilizando o método do flutuador, podem ser observadas na Tabela 11.

Tabela 11. Vazões observadas a partir da coleta de campo.

Período	Área média da seção transversal (m ²)	Velocidade média (m/s)	Vazão observada (m ³ /s)	Vazão observada (L/s)
16/05/2021	0,4338	0,2133	0,0826	82,56
18/05/2021	0,5775	0,1426	0,0823	82,34
20/05/2021	0,5438	0,1368	0,0744	74,36

Fonte. Reckziegel, 2021.

Para o Método do Vizinho mais próximo é necessário a utilização de séries históricas fluviométricas e os dados de campos já descritos anteriormente. Para a utilização desta metodologia utilizou-se a mesma seleção de estações fluviométricas que o Método da Regionalização de vazões (Tabela 9). Para a escolha da estação fluviométrica levou-se em consideração a estação com a menor área de contribuição, ou seja, a estação 751860000. Na Tabela 12 estão descritas o resumo das estações e dados utilizados para as três metodologias empregadas.

Tabela 12. Resumo de dados utilizados nas metodologias.

ID	Tipo dado	Responsável	Latitude	Longitude	Período dados utilizados
Método de Regionalização de Vazões					
75155000	FLU	ANA	-53,7808	-28,2869	jan/86 - jul/20
75185000	FLU	ANA	-53,8756	-28,3792	set/63 - dez/95
75186000	FLU	ANA	-53,8792	-28,3708	jun/02 - jul/21
75200000	FLU	ANA	-53,9731	-28,4544	jun/42 - junh/21
75205000	FLU	ANA	-54,0314	-28,3847	nov/74 - dez/18
75230000	FLU	ANA	-54,2675	-28,3553	nov/41 - jul/21
75295000	FLU	ANA	-54,3308	-28,3897	nov/74 - jul/21
75320000	FLU	ANA	-54,7383	-28,1814	set/58 - jul/09
Método Silveira					
2753007	PLU	ANA	-53,7764	-27,8517	jan/00 - mai/21
2853010	PLU	ANA	-53,7794	-28,2894	jan/00 - mai/21
2853023	PLU	ANA	-53,4703	-28,2256	jan/00 - mai/21
2853034	PLU	ANA	-53,5417	-28,3444	jan/00 - mai/21
2853035	PLU	ANA	-53,6833	-28,0667	jan/00 - mai/21
2853037	PLU	ANA	-53,1047	-28,4908	jan/00 - mai/21
A853	PLU	INMET	-53,6300	-28,6300	maio/2021
83912	EVAP	INMET	-53,6138	-28,6261	jan/00 - mai/21
Dado de campo	FLU	Reckziegel, 2021	-23.3239	-53,4166	16/05/2021 18/05/2021 20/05/2021
Vizinho mais Próximo com Medição Esporádica					
75186000	FLU	ANA	-53.8792	-28.3708	jun/02 - jul/21
Dado de campo	FLU	Reckziegel, 2021	-23.3239	-53,4166	16/05/2021 18/05/2021 20/05/2021

Fonte. Própria da autora.

5.3.6 RESULTADOS

Este capítulo irá trazer os resultados obtidos através das metodologias empregadas. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

- Descrever os valores obtidos em m^3/s , sendo importante levar em consideração a vazão de referência em que está inserido o ponto analisado;
- Estimar e/ou descrever a incerteza da metodologia utilizada para obtenção dos valores apresentados;
- Recomenda-se facilitar a visualização dos resultados em tabelas e gráficos;
- Recomenda-se listar os resultados intermediários encontrados na aplicação a metodologia.

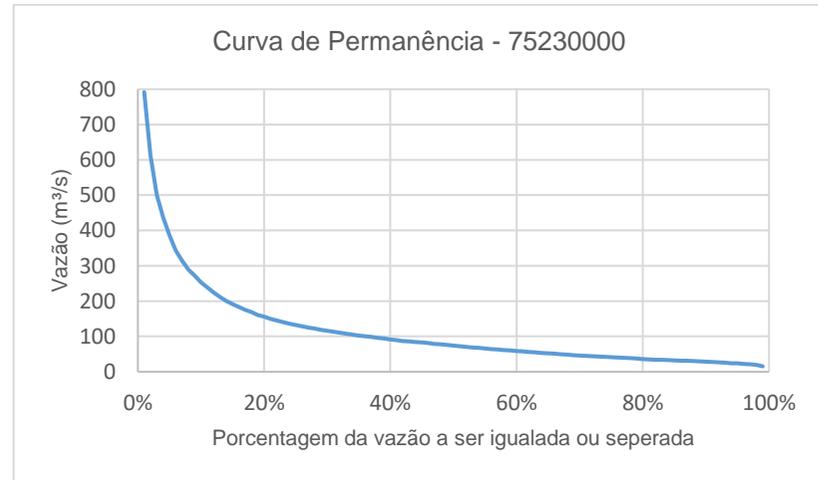
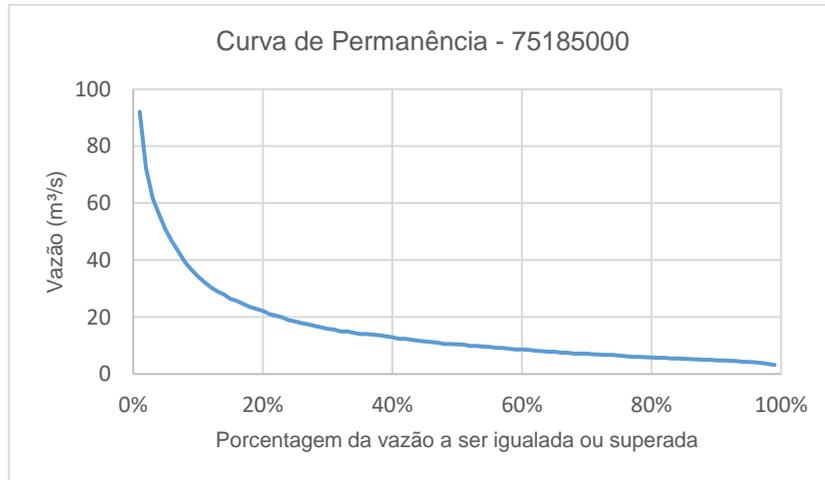
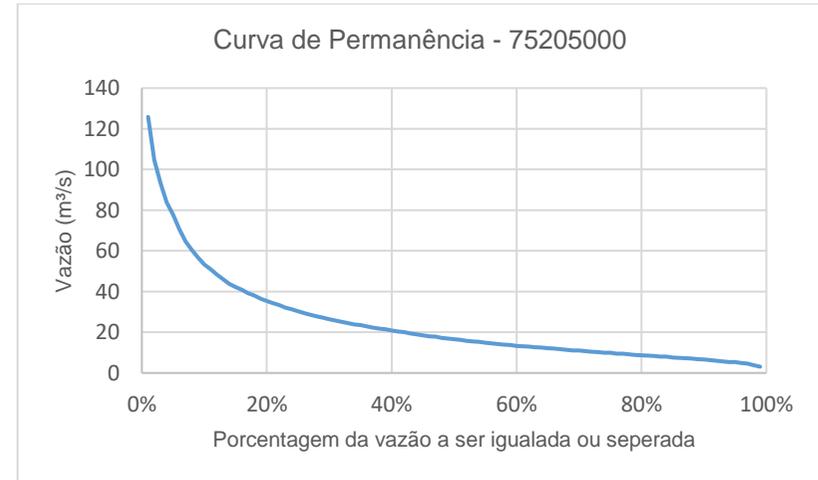
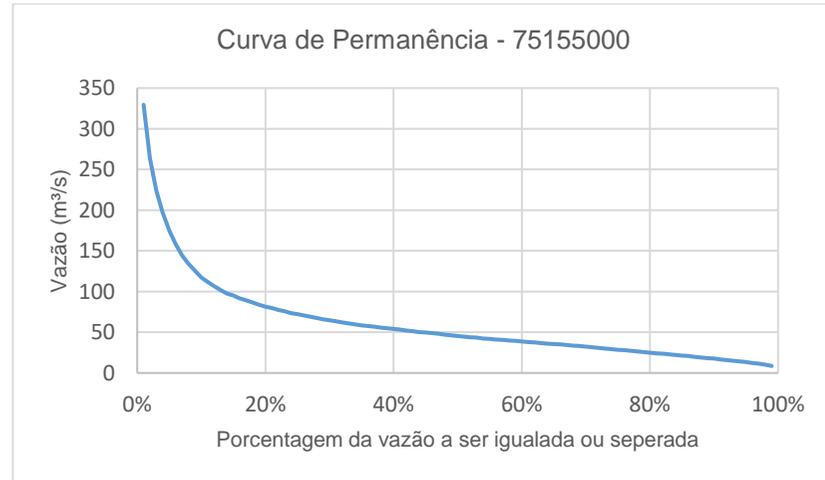
Exemplificação:

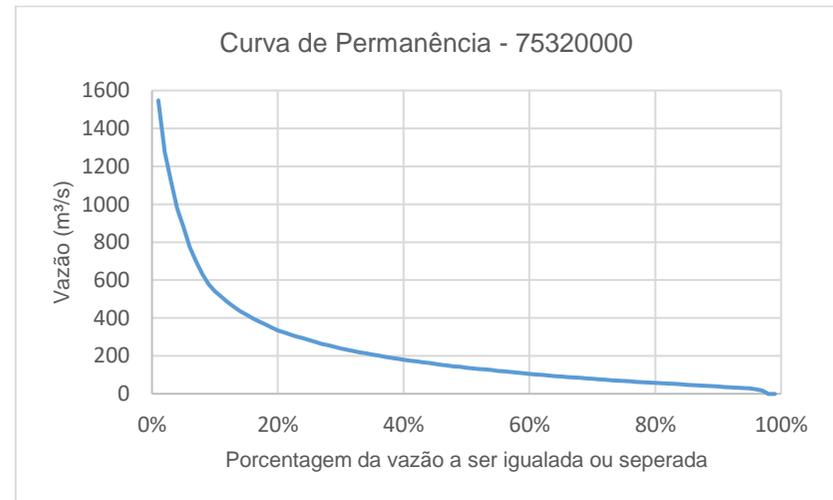
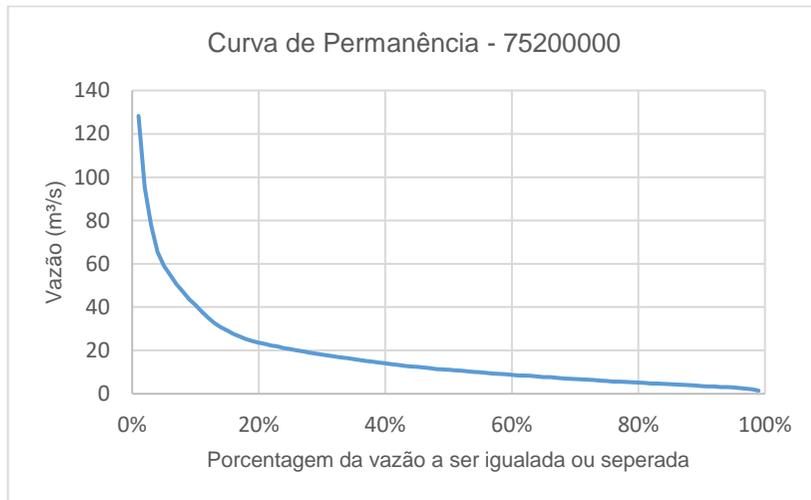
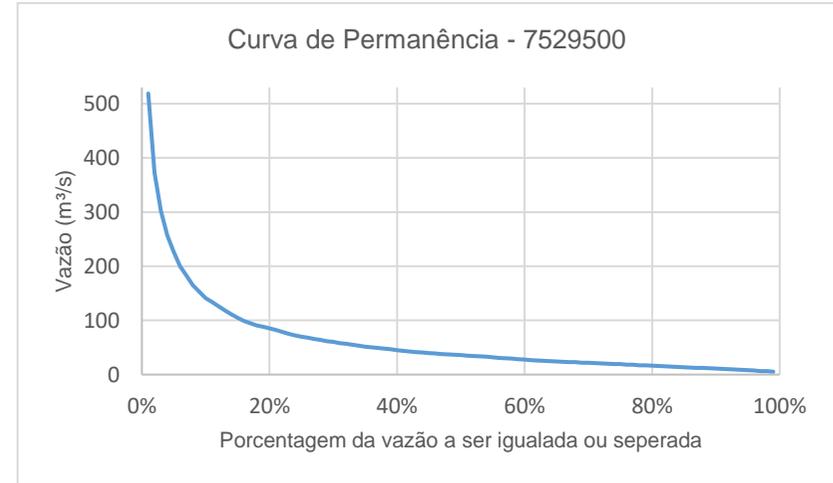
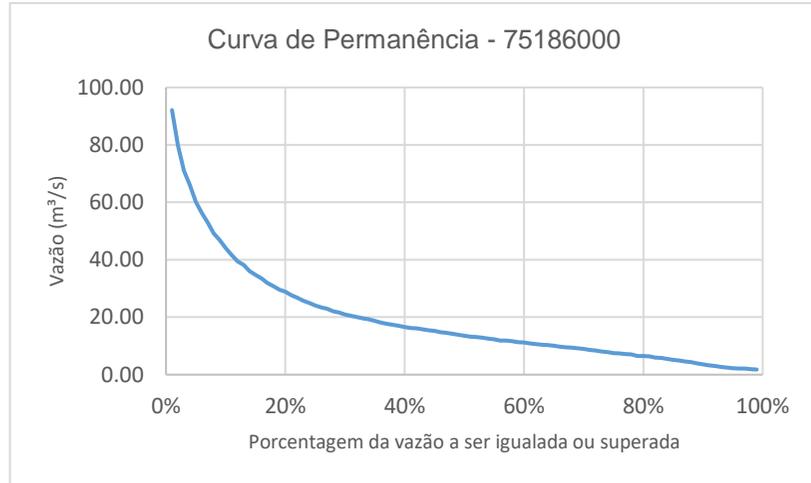
1) Método de Regionalização de Vazões

Utilizando as estações fluviométricas já descritas, foi possível aplicar o Método de Regionalização de Vazões para a Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí. As curvas de permanência obtidas para cada estação podem ser observadas na Figura 23.

Através da obtenção da curva de permanência, é possível identificar o dado de vazão de referência (Q_{90}) para a região de estudo (Tabela 13). A partir desses resultados foi possível realizar uma regressão linear para encontrar uma equação que permitisse obter a Q_{90} do ponto de análise deste estudo (Figura 24).

Figura 23. Curvas de permanência obtidas através do Método de Regionalização de Vazões.





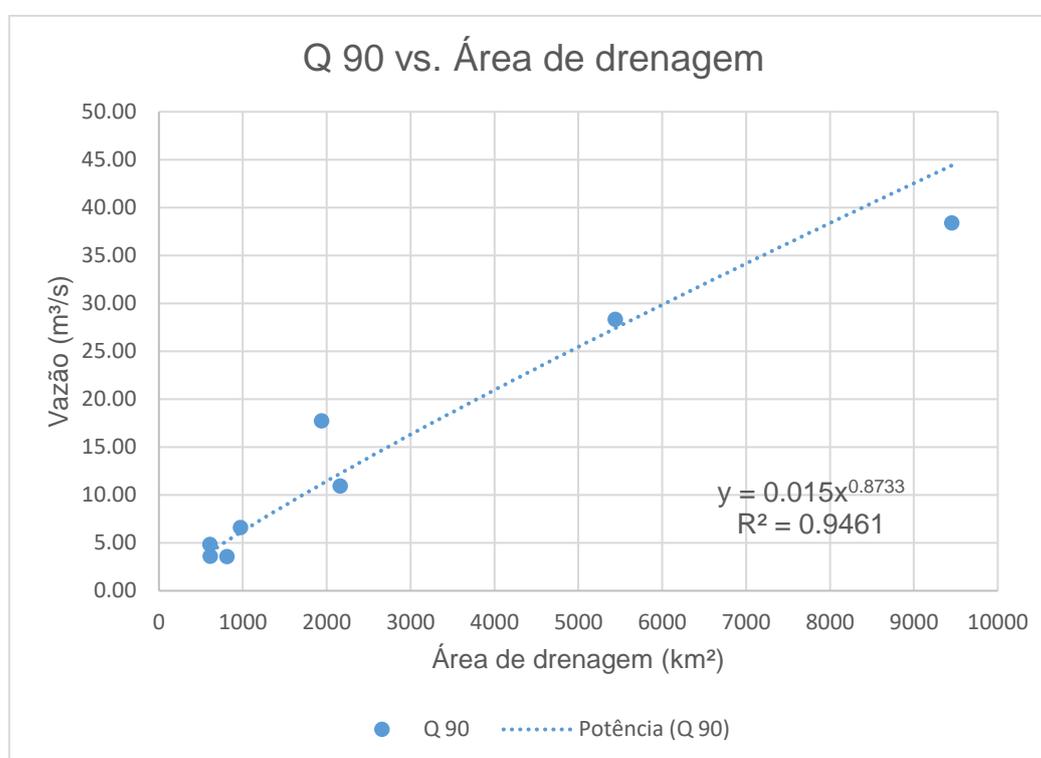
Fonte. Própria da autora.

Tabela 13. Vazões de referência para cada estação utilizada.

N° estação fluviométrica (ANA)	Área da bacia de contribuição da estação (km ²)	Q ₉₀ (m ³ /s)
75155000	1940,00	17.72
75185000	609,00	4.83
75186000	613,00	3.60
75200000	811,00	3.58
75205000	970,00	6.58
75230000	5440,00	28.34
75295000	2160,00	10.92
75320000	9450,00	38.40

Fonte. Própria da autora.

Figura 24. Regionalização da vazão de referência para o ponto de estudo.



Fonte. Própria da autora.

A Equação 3 foi obtida através do emprego da metodologia de Regionalização de Vazões.

Equação 3. Equação obtida através do emprego da metodologia.

$$Q_{90} = 0,015 A^{0,8733}$$

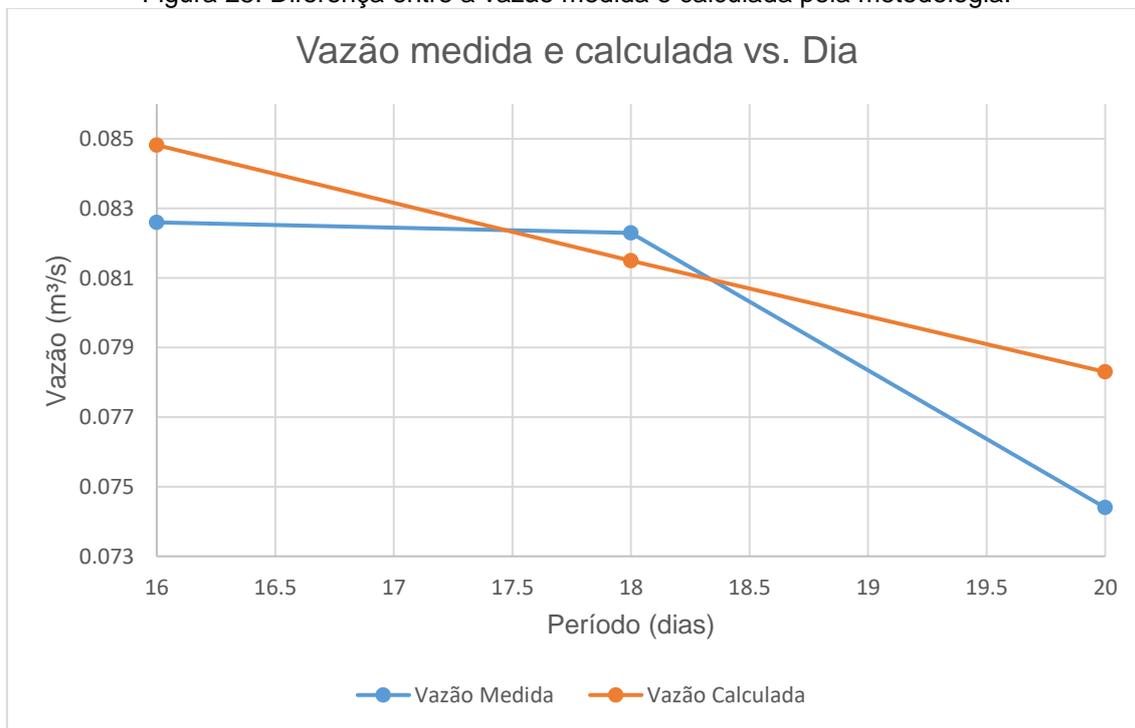
Onde Q_{90} é a vazão de referência (m^3/s) e A é a área de drenagem do ponto de interesse (km^2).

A vazão de referência (Q_{90}) encontrada para o ponto de estudo, utilizando essa metodologia, foi de $0,0642 m^3/s$.

2) Método Silveira

Para a aplicação do Método Silveira foram utilizados dois parâmetros de calibração, sendo eles: coeficiente de infiltração das águas da chuva no solo (C_{inf}) e o tempo de esvaziamento do reservatório (K_b). Para termos o menor erro possível entre os valores experimentais e teórico, foram calibrados os valores de C_{inf} e K_b até ser encontrada a menor diferença entre as retas que representem as vazões medidas e calculadas. Para que fossem encontradas as diferenças demonstradas na Figura 25, foram utilizados os valores de 0,56 e 50 para C_{inf} e K_b , respectivamente.

Figura 25. Diferença entre a vazão medida e calculada pela metodologia.

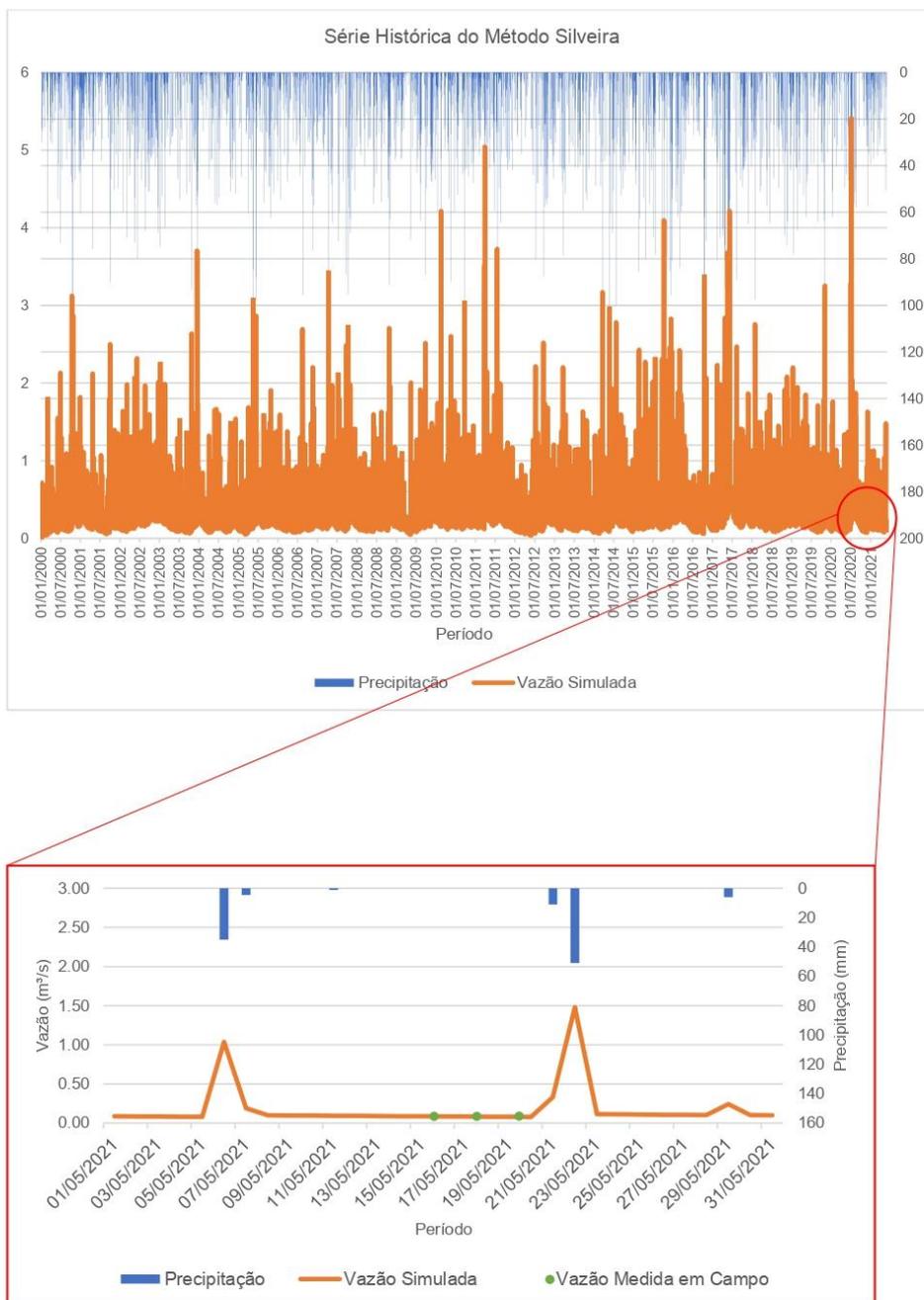


Fonte. Própria da autora.

O resultado simulado através do Método Silveira consiste em uma série de vazões que é obtida conforme a precipitação local considerada. A Figura 26

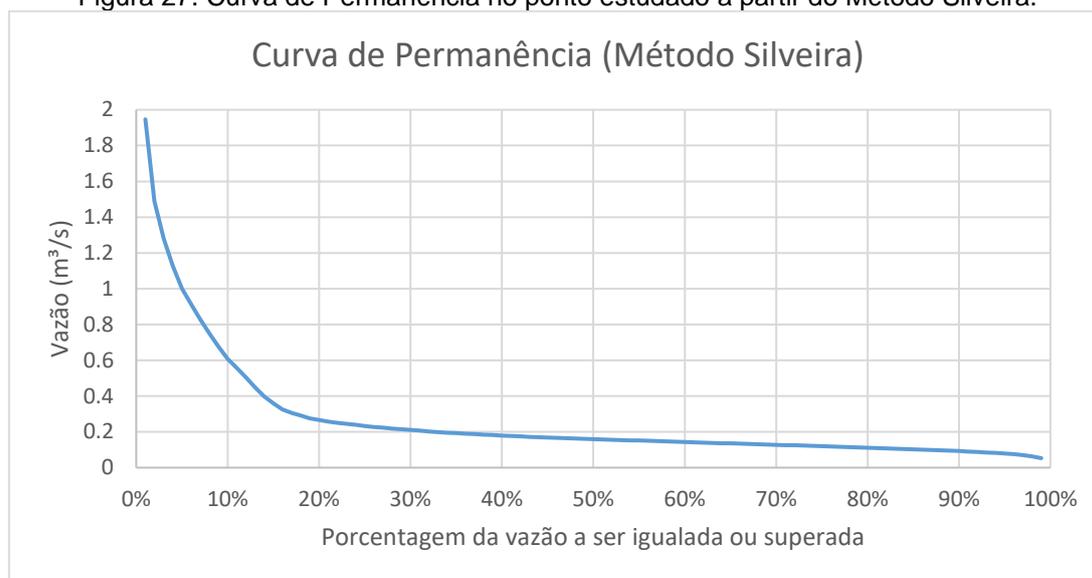
representa a relação chuva-vazão resultantes para o ponto de estudo na qual foram utilizados os dados descritos no capítulo de dados disponíveis. Por meio desse modelo chuva-vazão, foi encontrado a curva de permanência, conforme a Figura 27.

Figura 26. Modelo chuva-vazão obtido da aplicação do Método Silveira.



Fonte. Própria da autora.

Figura 27. Curva de Permanência no ponto estudado a partir do Método Silveira.



Fonte. Própria da autora.

Por meio da curva de permanência, foi obtida uma vazão de referência (Q_{90}) de 0,0923 m³/s no ponto de estudo.

3) Método do Vizinho mais Próximo com medição esporádica

Para a aplicação do Método do Vizinho mais Próximo com medição esporádica foram utilizados os dados da estação 7518600. Através desta estação e sua curva chave (Figura 23) foi possível identificar a vazão de referência (Q_{90}) de 3,21 m³/s no ponto desta estação. Com os dados medidos nos dias 16/05/2021, 18/05/2021 e 20/05/2021 na estação foi calculado o fator de proporcionalidade no local com dados (K).

Após obter o fator K e tendo os valores medidos no ponto de interesse nos dias 16/05/2021, 18/05/2021 e 20/05/2021, foi possível encontrar a vazão de referência. A Tabela 14 apresenta os valores obtidos aplicando essa metodologia.

Tabela 14. Valores obtidos no emprego do Método do Vizinho mais Próximo com medição esporádica.

	16/05/2021	18/05/2021	20/05/2021
Vazão medida no ponto da estação 75186000	1,9807	1,9807	1,7853
Fator K	1,6242	1,6242	1,8019
Vazão medida no ponto de interesse	0,0826	0,0823	0,0744
Vazão referência no ponto de interesse	0,0508	0,0506	0,0412

Fonte. Própria da autora.

A vazão de referência (Q_{90}) aplicando o Método do Vizinho mais Próximo com medição esporádica é de 0,0476 m³/s no ponto de estudo.

4) Incertezas dos Métodos

Em relação as incertezas decorrentes da utilização dos métodos utilizados decorrem de três fatores: (1) das informações que alimentam o modelo; (2) da estrutura do modelo hidrológico e (3) da aleatoriedade dos parâmetros. Neste caso, destacam as incertezas em relação as informações que alimentam os modelos.

Como havia uma baixa disponibilidade de estações pluviométricas para aplicação do Método Silveira, por exemplo, houve a necessidade de grandes preenchimentos de falhas através de dados de outras estações. Sendo essa condição não totalmente ideal para a aplicação da metodologia. Além disso, a obtenção dos dados de campo utilizando o método do flutuador emprega uma incerteza maior do que em comparado com outras metodologias de medição de vazão.

Em relação as incertezas aplicadas ao Método de Regionalização de Vazões, haviam poucas estações fluviométricas na Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí. Portanto, utilizaram-se estações distantes do ponto de interesse, sendo a estação mais próxima utilizada a 45,5 km em relação ao ponto de estudo.

Também existem incertezas decorrentes do uso de vazões calculadas para uma bacia com área superior a área de contribuição da bacia em estudo, sendo potencialmente possível a subestimação e/ou superestimação dos valores das vazões. Não foi avaliada a existência de PCH e/ou CGH na bacia o que pode aumentar o erro decorrente desta metodologia.

Apesar de ter sido utilizada a bacia com menor área em relação ao posto fluviométrico, o Método do Vizinho mais Próximo com medição esporádica também carrega a incerteza gerada pela área da bacia do posto fluviométrico ser maior em relação a bacia de contribuição da estação utilizada. Além disso, se espera um grau de incerteza devido a utilização do método do flutuador para a medição de vazão em campo.

5.3.7 CONCLUSÃO

Neste ponto do relatório deve-se resumir as informações processadas nas metodologias de forma clara e objetiva. Algumas informações foram omitidas a fim de preservar a identidade de outorgado. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

- Descrição da vazão identificada em m^3/s , através da metodologia empregada;
- Comparação com a vazão emitida pelo órgão gestor.

Exemplificação:

O relatório desenvolvido teve o intuito de estimar a vazão característica do ponto de estudo através do emprego de três metodologias: Regionalização de Vazão, Método Silveira e Vizinho mais Próximo com medição esporádica de vazão.

A vazão de referência utilizada na bacia hidrográfica na qual o ponto de estudo está inserido é 50% da Q_{90} , sendo os resultados descritos na Tabela 15. Estes estão dentro da mesma ordem de grandeza, porém observa-se variações entre os resultados. Estas variações podem ser resultado das aproximações realizadas para a obtenção de cada método.

Tabela 15. Resumo dos resultados obtidos.

	Q_{90} (m^3/s)
Método de Regionalização de vazões	0,0642
Método Silveira	0,0923
Método do Vizinho mais Próximo com medição esporádica	0,0476

Fonte. Própria da autora.

A vazão de referência para o ponto de estudo pode ser estimada entre os intervalos de 0,04 e 0,06 m^3/s . A vazão de referência liberada pela DIOUT-RS é de X m^3/s , sendo esta (CONTIDA OU NÃO CONTIDA) dentro do intervalo encontrado pelas metodologias empregadas neste relatório.

5.3.8 VERIFICAÇÃO E REPRODUÇÃO DE TODOS OS RESULTADOS

Neste item devem conter as informações adicionais necessárias para a verificação do emprego da metodologia. Não foram adicionadas exemplificações a fim de não tornar o manual extenso. A seguir são listados alguns requisitos básicos para este capítulo:

- Séries históricas obtidas através do emprego das metodologias;
- Dados de campo, quando tiver ocorrido;
- Fotos e mapas adicionais;
- Em caso de medição de dados em campo, é necessário identificar as múltiplas medições realizadas em campo através de uma tabela.

5.4 CONSIDERAÇÃO FINAIS

Através da aplicação das metodologias foi possível identificar características do seu desenvolvimento, com isso foi desenvolvido uma matriz de tomada de decisões dos métodos utilizados. Conforme já descrito, foram utilizados três métodos para a quantificação da disponibilidade hídrica, são eles: Regionalização de vazões, Método Silveira e Vizinho mais Próximo com medição esporádica.

Estes métodos foram selecionados por serem metodologias que são frequentes de serem analisados pela DIOUT nos relatórios recebidos e por serem aplicáveis ao ponto selecionado. Foram identificadas vantagens e desvantagens nas três metodologias, conforme pode-se observar na Tabela 16. Esta matriz de tomada de decisões pode auxiliar na orientação da metodologia a ser empregada nos estudos.

Tabela 16. Matriz dos métodos utilizados.

Método	Dados necessários	Nível de dificuldade	Produto	Vantagem	Desvantagem
Regionalização de vazões	Dados concomitantes em vários postos fluviométricos	Rápido e de fácil aplicação	Vazões de referência	<p>Não há necessidade de saídas de campo e, com isso, pode ser uma metodologia financeiramente mais vantajosa aos usuários;</p> <p>Necessita apenas de um tipo de dado (fluviométrico);</p> <p>Pode ser aplicado para bacias pequenas e grandes;</p> <p>Pode ser aplicado em locais com baixa disponibilidade de dados;</p>	<p>Necessita de homogeneidade entre o ponto de estudo e o posto fluviométrico utilizado;</p> <p>Necessita de dados históricos de bases governamentais que, nem sempre, possui localização e tamanho de séries desejadas;</p> <p>Desconsidera a escala e variabilidade espacial;</p>
Método Silveira	Dados concomitantes de chuva, evapotranspiração e vazão coletada em campo	Método mais moroso e de maior complexidade	Vazões de referência	<p>Pode ser aplicada em locais com pouca disponibilidade de dados;</p> <p>Possibilita calibração da série histórica através dos dados medidos em campo;</p> <p>É indicado para bacias pequenas;</p> <p>A estimativa da vazão não depende de equações regionais;</p>	<p>É obrigatório dados de campo;</p> <p>Necessita de dados históricos de bases governamentais que, nem sempre, possui localização e tamanho de séries desejadas;</p> <p>Exige um grande planejamento de campo, pois necessita de intervalos entre as medições e estas precisam ser em período de estiagem;</p> <p>É necessário haver concomitância de dados entre o posto pluviométrico disponível e o dado coletado em campo;</p> <p>Necessita de dados de evapotranspiração que são de difícil obtenção em determinadas regiões;</p>

Método	Dados necessários	Nível de dificuldade	Produto	Vantagem	Desvantagem
Vizinho mais Próximo com medição esporádica	Dados concomitantes de chuva e vazão coletada em campo	Rápido e de média dificuldade de aplicação	Vazões de referência	Não necessita de grande número de medições em campo e estas podem ser realizadas em qualquer período do ano;	Sua qualidade depende da homogeneidade das características do clima e da bacia; Necessita de dados históricos de bases governamentais que, nem sempre, possui localização e tamanho de séries desejadas; É obrigatório dados de campo; É necessário haver concomitância de dados entre o posto fluviométrico disponível e o dado coletado em campo;

Fonte. Própria da autora.

Segundo o que foi apontado na matriz de tomada de decisões, é fundamental como primeiros passos a identificação da disponibilidade de dados para analisar a aplicabilidade das metodologias. Independente da metodologia escolhida, necessita-se de uma gama de dados pré-existentes para ser possível a aplicação dos métodos.

É importante destacar que duas das metodologias aplicadas necessitam de dados coletados em campo e estes podem ser onerosos a aplicação da metodologia. Neste trabalho, não foi analisada a influência da utilização de diferentes metodologias de coleta dos dados, mas outros autores já exploraram essa temática. No Anexo I existe uma breve revisão bibliográfica sobre algumas metodologias de coleta de dados fluviométricos em campo e suas características.

Além disso, independente da metodologia empregada esta irá conter uma faixa de erro. O trabalho desenvolvido por Sorribas *et al.* (2021), por exemplo, estimou o erro relativo equivalente para Q_{95} em diferentes regiões do Brasil utilizando regionalização de vazões e medições esporádica (Spot Gauging). Na região denominada de Paraná e Paraguai teve um erro médio relativo equivalente variando de -12% ou +13%, sendo o erro máximo relativo equivalente para essa região de -33% ou +50%.

A região denominada como Uruguai teve um erro médio relativo equivalente variando de -23% ou +30%, sendo o erro máximo relativo equivalente para essa região de -56% ou +125%. Outras regiões do Brasil foram consideradas e em relação ao erro relativo equivalente médio destas se encontrou uma variação de -14% ou +17%.

Outro trabalho, por exemplo, estimou a vazão média e Q_{95} para o Arroio Capitão Jango, em Camaquã (RS). Foi utilizado o Método Silveira para realizar essa estimativa e identificou-se que a metodologia possui um erro de até 30% para mais ou menos em relação aos resultados obtidos. Sendo que esse erro pode diminuir para a ordem de 15% caso existissem 10 medições em depleções no hidrograma (TSCHIEDEL, DAL PIZZOL, *et al.*, 2017). Collischonn *et al.* (2011) também estudaram o erro desta metodologia, através de dados da ANA, e identificou erros de 15 a 23% na estimativa da Q_{90} .

Estas variações nos erros estimados demonstram o quanto as metodologias podem ser sensíveis as variáveis utilizadas e as escolhas

realizadas pelo responsável técnico. É importante que, ao realizar as tomadas de decisões nos estudos, sejam sempre levadas em consideração a situação mais a favor da segurança hídrica e qualidade técnica dos resultados.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho teve o objetivo de propor um manual para estimativa de vazões de referência aplicado a outorga de uso da água visando o melhoramento da interface outorgante e usuário. Através das metodologias empregadas foram identificadas as principais carências observadas nos estudos hidrológicos que são entregues a DOIUT. Além disso, através destas foi desenvolvido um manual para a elaboração destes estudos hidrológicos.

Desafios relacionados a problemas de gestão dos recursos hídricos são complexos e demandam de uma grande quantidade de soluções. É necessário se ter em mente que, por algumas vezes, soluções de padronização possam abrir caminhos para discussões que vão evoluindo de complexidade à medida que problemas iniciais sejam transpostos.

A integração entre órgão gestor e usuários de uso da água vem avançando e com isso novas demandas acabam surgindo, como é o caso do tema proposto neste trabalho de conclusão de curso. A busca pela padronização deste processo veio da necessidade identificada no cotidiano do órgão gestor.

Diferentes metodologias foram aplicadas a um ponto de estudo e este proporcionou o desenvolvimento da padronização necessária para que outros locais possam guiar seus relatórios ao serem entregues a SEMA. Foi possível criar uma ferramenta que facilite o processo de outorga para o outorgante, empresas de consultoria que possam ser contratadas para essa demanda e para os técnicos da DOIUT.

De forma geral, os avanços trazidos por esse trabalho de conclusão são:

1. Um manual de estudos hidrológicos que é descrito de forma clara, objetivando as principais problemáticas identificadas nos estudos já entregues e que pode ser utilizado por todos os outorgantes do Rio Grande do Sul;
2. Além de ser utilizado pelos outorgantes, de forma geral, este manual pode servir de base para outros relatórios que necessitem de estudos dessa natureza;

3. Agilidade no processo de outorga considerando que a padronização deste processo não existia.

Tendo em vista disso, espera-se que o manual para estudos hidrológicos seja utilizado para aprimorar o processo de outorga de uso da água no Rio Grande do Sul. Este trabalho pode ser aprimorado através das seguintes sugestões:

1. O desenvolvimento de uma diretriz técnica para estudos hidrológicos aplicada a captação da água;
2. Avaliar a eficiência e otimização que o desenvolvimento do manual e/ou diretriz técnica trouxe ao processo de outorga de uso da água.
3. Avaliação da criação de uma tabela que indique fatores de redução de estimativas de vazões de referência de diferentes métodos para levar em consideração as suas incertezas;
4. O desenvolvimento de uma diretriz técnica para orientação de dados coletados em campo que são utilizados na aplicação das metodologias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, M.B. *et al.* An introduction to the European Hydrological System — Systeme Hydrologique Europeen, “SHE”, 2: Structure of a physically-based, distributed modelling system. **Journal of Hydrology**, p. 61-77, 1986.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Outorga de direito de uso dos recursos hídricos. Cadernos de capacitação em recursos hídricos, v. 6, 2011.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Informe anual, Brasília, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Enquadramento dos Corpos d`água em classes**. Brasília, 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Unidade 1 - Fundamentos legais sobre a Gestão da Qualidade das Águas**. 2021.

ALMEIDA, Lizane ; SERRA, Juan C. V. Modelos hidrológicos, tipos e aplicações mais utilizadas. **Revista da FAE**, v. 20, n. 1, p. 129-137, 2017.

AMORIN JÚNIOR, Joãozito C. Disponibilidade Hídrica para Outorga de Captação - Critérios Anual e Mensal para Definição de Vazões Mínimas de Referência. **Dissertação de mestrado da Universidade Federal do Estado do Espírito Santo**, Vitória, 2014.

ARNOLD, J. G.; ALLEN, P. M. Estimating hydrologic budgets for three Illinois watersheds. **Journal of Hydrology**, 1996, p. 57-77.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13403: Medição de vazão em efluentes líquidos e corpos receptores - Escoamento livre**. Rio de Janeiro. 1995.

BACK, Álvaro ; ZAMBRANO, Gustavo J. D.; CORSEUIL, Cláudia. Streamflow permanence curve of the river Timbó, Santa Catarina, Brazil. **Acta Brasiliensis**, v. 3, n. 2, p. 56-62, 2019.

BÁSICO, Agência N. D. Á. E. S. **Módulo I - Lei das Águas**. [S.l.]: [S.n.], 2021.

BAZZO, K. R. *et al.* Regionalização da vazão Q95: comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. **Revista Ambiente e Água**, Taubaté, v. 12, n. 5, p. 855-870, 2017.

BONIFÁCIO, Cássia ; FREIRE, Rosane. Comparação de três métodos para a medição da vazão e velocidade aplicados em dois cursos d`água da Bacia do Ribeirão Maringá. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista**, 9, n. 2, 2013.

BORELLI, Elizabeth. Economia política da água no Brasil. **Economia brasileira em debate: subsídio ao desenvolvimento**, p. 277-293, 2018.

BORK, Carina. Regionalização de vazões mínimas para o estado do Rio Grande do Sul, Pelotas, 2018.

BOURAOUI, F.; BRAUD, I.; DILLAHA, T. A. ANSWERS: a nonpoint source pollution model for water, sediment and nutrient losses. **Mathematical models of small watershed hydrology and applications**, p. 833-882, 2002.

BRANCO, Pércio D. M. **Dicionário de mineralogia e gemologia**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014. 608 p.

BRASIL. Decreto Nacional nº 24.643, 10 Julho 1934.

BRASIL. Lei Federal nº 9.433, 1997.

BRASIL. Lei Federal nº 9.984, 17 Julho 2000.

BRASIL. Lei nº 10.350, 2001.

BRASIL. Governo do Brasil, 10 Outubro 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos-estaduais/solicitar-outorga-de-uso-de-agua-cadastro-autorizacao-previa-outorga-ou-dispensa-de-outorga>.

BRESSIANI, Danielle D. A. *et al.* Effects of spatial and temporal weather data resolutions on streamflow modeling of a semi-arid basin, Northeast Brazil. **International Journal of Agricultural and Biological Engineering**, v. 8, n. 3, p. 125-139, Junho 2015.

BULLER, Henry. Towards sustainable water management. Catchment planning in France and Britain. **Land Use Policy**, v. 13, p. 289-302, 1996.

BURN, Donald H. Catchment similarity for regional flood frequency analysis using seasonality measures. **Journal of hydrology**, v. 202, p. 212-230, Dezembro 1997.

CARVALHO, Rocine C. Gestão dos Recursos Hídricos: Conflito e Negociação na Questão das Águas Transpostas da Bacia do Paraíba do Sul. **Tese de doutorado na Universidade Federal do Rio de Janeiro**, Rio de Janeiro, Março 2005.

CECÍLIO, R. A. *et al.* Avaliação de métodos para regionalização das vazões mínimas e médias na bacia do rio Itapemirim. **Revista Scientia Agraria**, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 122-132, 2018.

CEREZINI, Monise T.; HANAI, Frederico. Gestão sustentável e integrada da água em bacias hidrográficas: 20 anos da Lei das Águas no Brasil. **Caminhos de Geografia**, v. 18, n. 64, p. 159-168, 2017.

CHAVES, Henrique M. L. *et al.* Regionalização de Vazões Mínimas em Bacias Através de Interpolação em Sistemas de Informação Geográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 3, p. 43-51, Julho/Setembro 2002.

COELHO, Luiz D. S.; E SILVA, José F. R.; FARIAS, José A. M. Primeira campanha de medição de vazão com ADCP (correntômetro com efeito Doppler) nos Rios Acaraú, Jaguaribe, Banabuiú e Quixere. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Maceió, 2011.

COLLISCHONN, Bruno ; LOPES, Alan V. Sistema de Apoio à Decisão para Análise de Outorga na Bacia do Rio Paraná. **XVIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Novembro 2009.

COLLISCHONN, Bruno. Sistema de Apoio à Decisão para Outorga de Uso de Recursos Hídricos, Outubro 2014.

COLLISCHONN, Walter ; DORNELLES, Fernando. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 1, 2013.

COLLISCHONN, B., & PANTE, A. R. (2011). TRMM-forced rainfall--runoff modelling for water management purposes in small ungauged basins. GRACE, Remote sensing and ground-based methods in multi-scale hydrology. Wallingford, UK: **International Association of Hydrological Sciences**, IAHS Publ, 343, 66-71.

COMINI, Ulisses *et al.* Hydrological modelling in small ungauged catchments. **Brazilian Academy of Sciences**, 92, 2020.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL. Resolução CRH nº 91, Porto Alegre, 2011.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL. Resolução CRH nº 141, Porto Alegre, 2014.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL. Resolução CRH n° 163, Porto Alegre, 2014.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL. Resolução CRH n° 312, Porto Alegre, 2018.

CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS DO RIO GRANDE DO SUL. Resolução CRH n° 179, Porto Alegre, 2015.

CRUZ, Jussara C. Disponibilidade hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais. **Tese de doutorado na Universidade Federal do Rio Grande do Sul**, Dezembro 2001.

CUPAK, Agnieszka. Initial results of nonhierarchical cluster methods use for low flow grouping. **Journal of Ecological Engineering**, v. 18, n. 2, p. 44-50, 2017.

DA SILVA, Antônio M. *et al.* Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, p. 374-380, 2006.

DA SILVA, Luciano M. C.; MONTEIRO, Roberto A. Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos: Uma das Possíveis Abordagens, 2004.

DA SILVEIRA, Geraldo ; DA SILVEIRA, André L. L.; TUCCI, Carlos E. M. Quantificação de vazão em pequenas bacias sem dados. **ResearchGate**, Janeiro 1998.

DA SILVEIRA, Geraldo L. *et al.* Outorga para uso dos recursos hídricos: aspectos práticos e conceituais para o estabelecimento de um sistema informatizado. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 3, p. 5-16, 1998.

DE AGUIAR, Amarfelina F. D. O. Regionalização de vazões mínimas diárias e mensais em bacias hidrográficas do sul de Santa Catarina, Brasil. **Dissertação de Mestrado em Energia e Sustentabilidade na Universidade Federal de Santa Catarina**, Araranguá, 2020.

DE ALMEIDA, Diego B. avaliação da capacidade de atendimento da demanda hídrica local pelo reservatório da Barragem do Braga, Varzedo - BA. **Tese de conclusão de curso (Engenharia Sanitária e Ambiental). Universidade Federal do Recôncavo da Bahia**, Cruz das Almas, 2016.

DE AMORIM, Eduardo L. C.; NETTO, Antonio P. D. O.; MENDIONDO, Eduardo. Estudo para Métodos de Regionalização de Vazão. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, João Pessoa, 2005.

DE ARAUJO, Ana M. R. Prova conceitual de um equipamento para medição de vazão de rios de pequeno porte. **Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná**, Medianeira, 2019.

DE CARVALHO, Thiago M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.

DE MOURA, Eulina M. 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. **Dissertação de mestrado na Universidade Federal do Rio Grande do Norte**, Natal, março 2007.

DE NOVAES, Luciano *et al.* Avaliação do Desempenho de Cinco Metodologias de Regionalização de Vazões. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 12, p. 51-61, Abril/Junho 2007.

DE NOVAES, Luciano F. *et al.* Modelo para a Quantificação da Disponibilidade Hídrica: Parte 1 - Obtenção da Equação de Recessão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 14, n. 1, p. 15-26, 2009.

DE OLIVEIRA, Jessica Ramos ; DERLAN, Tiago ; DE QUEIROZ, Tadeu M. Comparação entre vazões estimadas e medidas: um estudo para a Bacia Hidrográfica do Rio Branco/MT. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 3, p. 136-148, 2018.

DE PAIVA, João B. D.; DIAS DE PAIVA, Eloiza Maria C. **Hidrologia Aplicada à Gestão de Pequenas Bacias Hidrográficas**. 2001.

DE QUEIROZ, Arlei T.; DE OLIVEIRA, Luiz A. Relação entre produção e demanda hídrica na Bacia do Rio Uberabinha, Estado de Minas Gerais, Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 25, p. 191-204, Abril 2013.

DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO RS. SEMA-RS. **SEMA-RS**, 2022. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/upload/arquivos/202112/09142524-vazao-e-maximas-outorgaveis.png>. Acesso em: 02 Março 2022.

DETZEL, Daniel H. M.; FERNANDES, Cristóvão V. S.; MINE, Miriam R. M. Não Estacionariedade na Construção de Curvas de Permanência com Vistas à Outorga de Recursos Hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 80-87, 2016.

DI SILVA, Felipe D. M. Aplicabilidade do modelo Swat na simulação de vazão em bacia hidrográfica do Cerrado utilizando valores de parâmetros regionalizados. **Dissertação de Mestrado (Geografia)**. Universidade de Brasília, 2016.

DOS REIS, José A. T. *et al.* Indicadores regionais aplicáveis à avaliação do regime de vazão dos cursos d'água da bacia hidrográfica do Rio Itabapoana. **Geociências**, v. 27, n. 4, p. 509-516, 2008.

DOS SANTOS, Eduardo H. M.; GRIEBELER, Nori ; DE OLIVEIRA, Luiz F. C. Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite-GO. **Engenharia Agrícola**, v. 31, p. 78-89, 2011.

DOS SANTOS, Bruno B. *et al.* Avaliação da Disponibilidade Hídrica para Concessão de Outorgas Baseada em Vazões Mínimas de Referência. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Novembro 2011.

DOS SANTOS, Thiago O. *et al.* A utilização dos métodos de medição acústico doppler e flutuador como ferramenta para medição de vazão e velocidade em corpos hídricos - notas de uma experiência de campo. **ACTA Geográfica**, Boa Vista, v. 12, n. 28, p. 170-177, 2018.

ELETROBRÁS SA, Centrais Elétricas Brasileiras. **Metodologia para regionalização de vazões**. Rio de Janeiro: [S.n.], 1985a.

FAGUNDES, O. S. *et al.* A crise hídrica e suas implicações no agronegócio brasileiro: Uma revisão bibliográfica. **Scientific Electronic Archives**, Mato Grosso, v. 13, 2020.

FEPAM. Diretriz Técnica nº 4, 2018.

FERREIRA, Gláucia M. Regionalização de vazões de referência Q7,10 e Q90. **Dissertação de mestrado em Engenharia Ambiental na Universidade Federal do Espírito Santo**, Vitória, 2010.

GAMARO, Paulo E. Medidores acústicos Doppler de vazão. [S.l.]: [s.n.], 2012.

GOMES, Júlio ; DOS SANTOS, Irani. Análise comparativa de campanhas de medição de descarga líquida pelos métodos convencional e acústico. **XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, v. 13, 1999.

GONÇALVES, Cristiane *et al.* Estudo de Regionalização de Vazões para a bacia hidrográfica do Rio Paranaíba. **Sustentare**, 2, n. 2, Agosto/Dezembro 2018. 97-114.

GONÇALVES, Mariane *et al.* Identification of Rainfall Homogenous Regions taking into account El Niño and La Niña and Rainfall Decrease in the state of Pará, Brazilian Amazon. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 38, n. 2, p. 209-216, Abril/Junho 2016.

GRANZIERA, Maria L. M. **Direito de Águas e Meio Ambiente**. [S.l.]: Icone Editora, 1993.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Portaria IGAM nº 010, Dezembro 1998.

JARDIM, Pedro *et al.* **Manual de exemplo de aplicação do modelo MGB-IPH 2017 utilizando o IPH-Hydro Tools**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas Hidráulicas, 2017.

KIRKBY, M. J. ; BEVEN, K. J.. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. **Hydrological Sciences Journal**, v. 24, n. 1, p. 43-69, 1979.

KOBIYAMA, Masato ; MOTA, Aline D. A.; CORSEUIL, Cláudia. Recursos hídricos e saneamento. 1. ed. Curitiba: Organic Trading, 2008.

LAAHA, G.; SKØIEN, J.O. ; BLÖSCHL, G.. Spatial prediction on river networks: comparison of top-kriging with regional regression. **Hydrological Processes**, v. 28, n. 2, p. 315-324, Janeiro 2014.

LAAHA, Gregor; BLOSCHL, G. Low flow estimates from short stream flow records—a comparison of methods. **Journal of Hydrology**, p. 246-286, 2005.

LANNA, Antonio E. Gestão de Recursos Hídricos. In: TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre: UFRGS/ABRH, 1993. p. 727-768.

LEAL, Antonio C. Planejamento ambiental de bacias hidrográficas como instrumento para o gerenciamento de recursos hídricos. **Entre-Lugar**, v. 3, n. 6, p. 65-84, 2012.

LEMOS, Aristides C. Avaliação das equações de vazão e coeficientes de descarga de vertedores triangular e circular de parede delgada. **Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil)**. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2016.

LIMA, Cícero A. G. Análise e sugestão para diretrizes de uso das disponibilidades hídricas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Piancó, situada no Estado da Paraíba. **Tese de Doutorado em Recursos Hídricos da Universidade Federal de Campina Grande**, Campina Grande, Novembro 2004.

MALDONADO, Luiz ; GAMARO, Paulo E. M.; RIBEIRO, Sydnei. Desempenh de medidores acústicos de vazão em situações de baixas velocidades e alta turbulência. **XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2015.

MANARA, Eduardo *et al.* Disponibilidade Hídrica do Rio Grande do Sul para fins de Outorga: Balanço Hídrico Integrado ao SIOUT RS. **XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2019.

MARINHO FILHO, Gilberto *et al.* Modelos hidrológicos: conceitos e aplicabilidades. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 6, n. 2, p. 35-47, 2013.

MATUGUMA, Rafael. Avaliação das vazões mínimas regionalizadas para estimativa do potencial hidrelétrico da Bacia do Rio Braço do Norte, SC. **Trabalho de conclusão de curso na Universidade Federal de Santa Catarina**, Araranguá, Dezembro 2019.

MENDES, Ludmilson A. Análise dos Critérios de Outorga de Direito de Usos Consuntivos dos Recursos Hídricos baseados em Vazões Mínimas e em Vazões de Permanência, 2007.

MOLINA, S. K. M. *et al.* Caracterização de Disponibilidade Hídrica e Comparação de Metodologias de Regionalização De Vazões. **Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 3, p. 506-515, 2014.

MOREIRA, M. C. ; DA SILVA, D. D.. Análise de Métodos para Estimativa das Vazões da Bacia do Rio Paraopeba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 19, n. 2, p. 313-324, 2014.

MÜLLER, Marcielo D. Aplicação de instrumentos indiretos de nível para a automatização de medidores de vazão em canais abertos. **Trabalho de**

conclusão de curso (Engenharia Elétrica). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), 2016.

NETO, J. M. A *et al.* **Manual de hidráulica**. São Paulo: [S.n.], 1998.

NOVAES, L. F. *et al.* Avaliação do desempenho de cinco metodologias de regionalização de vazões. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 51-61, 2007.

PALHARES, Julio *et al.* Medição da Vazão em Rios. **Embrapa**, Concórdia, Julho 2007.

PANTE, André. Aplicação de instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paranhana, Janeiro 2006.

PEREIRA, Marco A. F. *et al.* Regionalização com geometria hidráulica e fractal: estudo de caso com hidrograma unitário instantâneo geomorfológico. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 21, n. 2, p. 347-359, 2016.

PORTO, Monica F. A.; PORTO, Rubem L. L. Gestão de Bacias Hidrográficas. **Estudos Avançados**, v. 22, p. 43-60, 2008.

PRUSKI, Fernando F. *et al.* Extrapolação de equações de regionalização de vazões mínimas: alternativas para atenuar os riscos. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 1, n. 1, p. 51-59, 2012.

PRUSKI, Fernando F. *et al.* Improved regionalization of streamflow by use of the streamflow equivalent of precipitation as an explanatory variable. **Journal of Hydrology**, v. 476, p. 52-71, 2013.

RECKZIEGEL, Tatiana. **Laudo hidrológico para fins de outorga de uso da água**. PRO ACQUA Engenharia e Meio Ambiente. Santa Rosa , p. 53. 2021.

RIBEIRO, Celso B. D. M.; MARQUES, Felipe D. A.; DA SILVAS, Demetrius. Estimativa e regionalização de vazões mínimas de referência para a Bacia do Rio Doce. **Engenharia na agricultura**, v. 13, n. 2, p. 103-117, 2005.

RIBEIRO, Thiago B. *et al.* ESTIMATIVA DAS VAZÕES MÍNIMAS DE REFERÊNCIA (Q7,10, Q95 e Q90) ANUAIS E SEMESTRAIS PARA A BACIA DO RIO BRANCO. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Florianópolis, 2011.

Rio Grande do Sul. **Lei Estadual 10.350**.1994.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei Estadual 10.350**.1994.

RIO GRANDE DO SUL. **Decreto Estadual nº 37.033**.1996.

RIOS, Fernanda *et al.* Estudo comparativo entre métodos de medição de vazão em cursos d`água. **XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Alagoas, 2011.

SALINAS, J. L. *et al.* Comparative assessment of predictions in ungauged basins – Part 2: Flood and low flow studies. **Hydrology & Earth System Sciences Discussions**, v. 10, n. 1, 2013.

SAMUEL, Jos *et al.* Estimation of Continuous Streamflow in Ontario Ungauged Basins: Comparison of Regionalization Methods. **Journal of Hydrologic Engineering**, v. 16, n. 5, p. 447-459, 2011.

SANTIN, Janaína ; GOELLNER, Emanuelle. A gestão dos recursos hídricos e a cobrança pelo seu uso. **Sequência**, Florianópolis, p. 199-221, 2013.

SANTO, Espírito. Plano Estadual de Recursos Hídricos do Espírito Santo. **Diagnóstico**, p. 32-33, Novembro 2018.

SANTOS, Alexandre A. M. Alocação Territorial de Longo Prazo de Vazões Outorgáveis com Diferentes Garantias, Brasília, n. Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, 2010.

SANTOS, I. **Hidrometria aplicada**. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001.

SCHNEIDER, Erwin H. M. *et al.* Regionalização das vazões de permanência para as bacias hidrográficas do Estado de Sergipe segundo suas regiões climáticas. **Scientia Plena**, v. 13, n. 10, 2017.

SECRETARIA DO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Portaria SEMA nº 110, Porto Alegre, Agosto 2018.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA. **Manual SIOUT - Hidrelétricas**. [S.l.]. 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA DO RS. **Diagnóstico da Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Mampituba**. [S.l.]. 2020.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA RS. **Nota Técnica nº 004**. DIPLA/DRHS. Porto Alegre. 2021.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA RS. **Relatório Anual sobre a situação dos Recursos Hídricos no estado do Rio Grande do Sul - 2021**. Porto Alegre: [S.n.], v. Minuta de Consulta Pública, 2022.

SILVA, Andréa P.; SILVA, Cleomácio. Planejamento ambiental para Bacias Hidrográficas: convergências e desafios na Bacia do Rio Capibaribe, em Pernambuco - Brasil. **HOLOS**, v. 1, p. 20-40, 2014.

SILVA, Bruno M. B. D.; SILVA, Demetrius D. D.; MOREIRA, Michel C. Influência da sazonalidade das vazões nos critérios de outorga de uso da água: estudo de caso da bacia do rio Paraopeba. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 10, n. 3, p. 623-634, 2015. Disponível em: www.ambi-agua.net. Acesso em: 26 Setembro 2021.

SILVA, L. P. E.. Modelagem e Geoprocessamento na identificação de áreas com risco de inundação e erosão na bacia do Rio Cuiá - João Pessoa. **Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana). Universidade Federal da Paraíba**, 2007. 114.

SORRIBAS, Mino ; COLLISCHONN, Walter ; DE PAIVA, Rodrigo C. D. Erro na estimativa de vazões Q95 com medições esporádicas "Spot Gauging": uma análise de coletas simultânea por meio de simulação. **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, Belo Horizonte, 2021.

SORRIBAS, Mino *et al.* Estudo sobre erros do Método da Vazão Específica na estimativa de vazão em locais sem dados: uma primeira análise. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2021.

SORRIBAS, Mino *et al.* **IPH-ANA-HGE-SR-R10 Comparação de métodos para estimativas de vazões de referência: vazão média e Q95**. HGE/IPH/UFRGS. Porto Alegre. 2021.

SPRUIILL, Crystal A.; WORKMAN, Stephen R.; TARABA, Joseph L. Simulation of daily and monthly stream discharge from small watersheds using the SWAT model. **Transactions of the ASAE**, v. 43, n. 6, p. 1431-1439, 2000.

TALLAKSEN, L. M.; VAN LANEN, H. A. (Eds.). Hydrological drought: processes and estimation methods for streamflow and groundwater. **Elsevier**, v. 48, 2004.

TAMIOSSO, Marília. Avaliação do Método Silveira com Uso de dois modelos chuva-vazão para estimativa de disponibilidade hídrica em pequenas bacias com pequena amostragem de vazão. **Dissertação de mestrado em engenharia civil na Universidade Federal de Santa Maria**, 2012.

TSCHIEDEL, Arthur D. F. *et al.* Determinação de curva de permanência em pequenas bacias utilizando o Método Silveira. **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2017.

TUCCI, Carlos E. M. Regionalização de Vazões. Porto Alegre: Universidade/UFRGS: ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2002.

TUCCI, Carlos E. M. **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre: Universidade/UFRGS: ABRH- Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005. 679 p.

TUNDISI, José G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, 31-33, v. 55, n. 4, 2003.

TUNDISI, José G. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. **Revista USP**, n. 70, p. 24-35, 2006.

ULIANA, Eduardo *et al.* Regionalização de vazões para o médio e alto Rio Teles Pires – MT. **Revista de Ciências Agrárias Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Sciences**, v. 59, n. 4, p. 333-338, 2016.

USACE. GeoHEC - HMS user's manual (Draft). [S.l.]: [s.n.], 1999.

VEIGA, A. M. *et al.* Métodos de regionalização de vazões em cotas baixas de referência para o rio Teles Pires na bacia Amazônica, 2011.

ZRINJI, Zolt; BURN, Donald H. Flood frequency analysis for ungauged sites using a region of influence approach. **Journal of Hydrology**, v. 153, p. 1-21, Janeiro 1994.

ANEXO I

Os dados hidrológicos são ferramentas fundamentais para o planejamento e gestão dos recursos hídricos. Existem metodologias e modelos de simulação que buscam suprir a carência de dados, mas acabam sendo de pouca eficácia quando não se dispõe de séries de dados para a calibração e validação dos mesmos (DE PAIVA e DIAS DE PAIVA, 2001).

Segundo Collischonn *et al.* (2013) as medições de vazão são necessárias para a estimativa da disponibilidade hídrica nos rios e para o entendimento de situações hidrológicas extremas, como cheias e períodos de seca. Porém, essas estimativas são relativamente complexas, tendo em vista que as variáveis envolvidas no processo de medição de vazão não estão inteiramente sob controle do ser humano.

A medição de vazão pode envolver métodos diretos ou indiretos. Na medição direta, tem-se um equipamento que mede a vazão do fluido passando em um determinado local. Na medição indireta, são utilizados fenômenos relacionados a quantidade de fluido passante para realizar a medição de vazão.

De acordo com Santos (2001) a fluviométrica trata das medições de vazões dos rios. Sendo que a vazão de um curso d'água é dada pelo volume de água que passa em uma seção transversal na unidade de tempo.

Diversos fatores podem influenciar na quantidade de vazão disponível, por isso se faz necessário a avaliação constante desse parâmetro. Existem diversas técnicas e equipamentos para isso e algumas dessas são indicadas para cursos d'água de pequeno e médio porte, e outros para médio e grande porte (DE ARAUJO, 2019).

Como visto na revisão bibliográfica dos métodos para a estimativa da disponibilidade hídrica, é necessária uma base de dados para a aplicação e validação das metodologias. Porém, muitas vezes, não se dispõe de uma série de dados suficiente ou a metodologia exige coletas específicas para a sua

aplicação. Tendo em vista disso, se faz necessário o conhecimento de como realizar as medições de vazões. A seguir, são explicitados alguns métodos que podem ser utilizados para medir vazão:

1. Molinete Hidrométrico

O molinete hidrométrico é um dos métodos mais utilizados e difundidos para a medição de vazão, pela facilidade de manuseio e custo-benefício (DE CARVALHO, 2008). Segundo De Almeida (2016) este equipamento é utilizado no mundo todo para a determinação de vazão em rios.

Para a aplicação desse método necessita-se da determinação da velocidade e da área da seção do rio (Equação 4). Os molinetes hidrométricos possuem uma hélice na qual, com o auxílio de um contador, é possível determinar o número de voltas que a hélice realizou em um certo intervalo de tempo. Com essas informações e com a “equação do molinete”, é possível determinar a velocidade do fluxo da água (SANTOS, 2001). Segundo Collischonn *et al.* (2013) recomenda-se que a “equação do molinete” seja verificada periodicamente, pois esta pode ser alterada devido ao desgaste do equipamento.

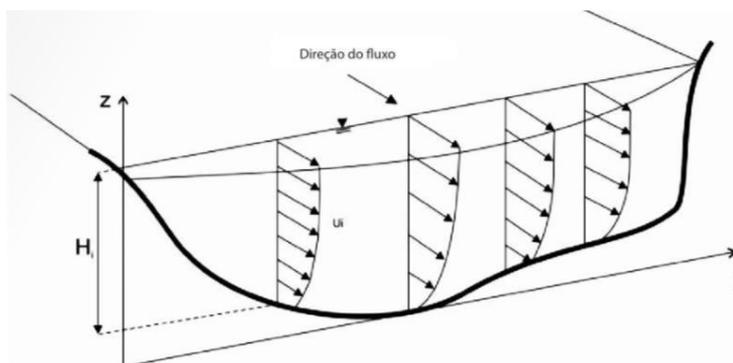
Equação 4. Equação para obtenção da vazão.

$$Q = A * V$$

O fluxo da água não flui de forma homogênea pela coluna d'água, conseqüentemente ocorre variação da vazão na seção vertical e transversal do rio (Figura 28). Essa característica é explicada pela morfologia dos rios na qual o atrito da água com as margens, leito e superfície da atmosfera faz com que existam diferentes perfis de velocidade de água no rio.

A diferença de velocidade nos perfis é importante de ser considerado para a quantificação da vazão com molinetes hidrométricos, sendo assim é necessário que haja representatividade dessa variação do perfil de velocidades na medição de vazão.

Figura 28. Distribuição de velocidades em uma seção transversal de um rio.



Fonte. Collischonn *et al.*, 2013.

2. Método do Flutuador

O Método do Flutuador é uma técnica simples, de fácil compreensão e baixo custo que busca estimar a velocidade no escoamento através de um objeto flutuante (RIOS, FORMIGA, *et al.*, 2011).

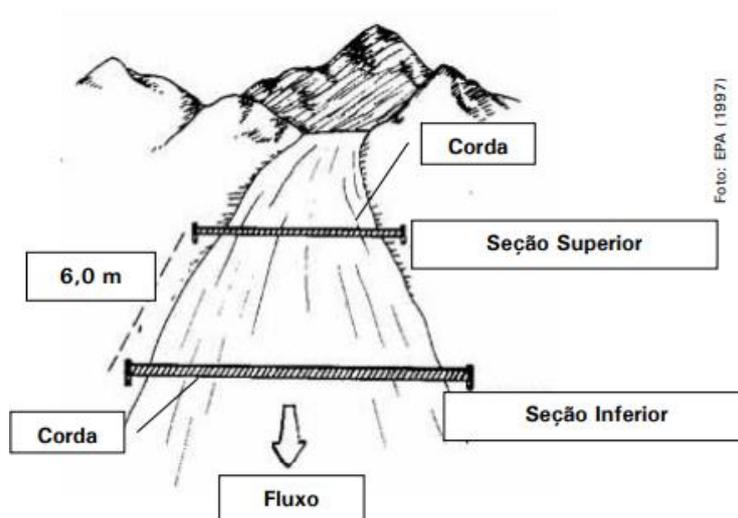
Segundo Bonifácio *et al.* (2013) a utilização deste método é apenas indicada para situações em que não é necessária tanta precisão nos resultados, pois essa é uma técnica com influência de muitas variáveis (tipo do leito, forma do canal, vento, entre outras). Além disso, quando utilizada, é sugerida para rios de pequeno porte.

O método, na prática, consiste na delimitação do trecho do rio a ser feita a medição com duas cordas, uma no início e outra no final do trecho. Após, o flutuador será lançado na água e será cronometrado o tempo que este leva para cruzar de uma corda até a outra (Figura 29). Em seguida, é utilizada a Equação 5 para a determinação da velocidade da água. Também é necessária a medição da área da seção transversal para calcular a vazão. Este processo deve ser repetido diversas vezes e em pontos distintos da seção transversal (MAUAD, 2009).

Equação 5. Equação para obtenção da velocidade.

$$Velocidade = \frac{distância}{tempo} * coeficiente\ de\ correção$$

Figura 29. Ilustração do Método do Flutuado



Fonte. Palhares *et al.*, 2007.

As medições de velocidade através do Método do Flutuador devem ser corrigidas. É indicado que seja aplicado um coeficiente de correção na velocidade de 0,80 a 0,90 (NETO, FERNANDEZ, *et al.*, 1998).

De acordo com Dos Santos *et al.* (2018) é adequado que o trecho escolhido para medição de vazão seja de, no mínimo, 10 metros de comprimento. Ao escolher a sessão do rio, está tem de ser retilínea, com a ausência de obstáculos que impeçam o flutuador de percorrer o caminho, com boa velocidade a fim de que o flutuador seja arrastado pela correnteza e que não seja um local com variações bruscas (DE OLIVEIRA, DERLAN e DE QUEIROZ, 2018).

3. Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)

O ADCP é um equipamento com a capacidade de medir a velocidade da água na qual vem sendo difundido recentemente. Este medidor de velocidade por efeito Doppler possui medidores que emitem pulsos acústicos em uma frequência conhecida e, após este pulso entrar em contato com as partículas, o medidor recebe de volta o eco do ultrassom. A diferença entre o pulso emitido e recebido pelo medidor é proporcional a velocidade relativa entre o sensor e as partículas imersas na água (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013).

Este equipamento é composto por um transdutor, processador e um *deck box* (em modelos mais antigos). O transdutor emite e recebe os pulsos acústicos, o processador coleta e armazena as leituras e o *deck box* é responsável pela interface entre o processador, um microcomputador e a alimentação (GOMES e DOS SANTOS, 1999).

Além disso, o ADCP possui uma bússola interna que mede sua orientação ao campo magnético da Terra. Esta é acoplada ao equipamento para obter a direção do fluxo d'água em coordenadas terrestres (COELHO, E SILVA e FARIAS, 2011).

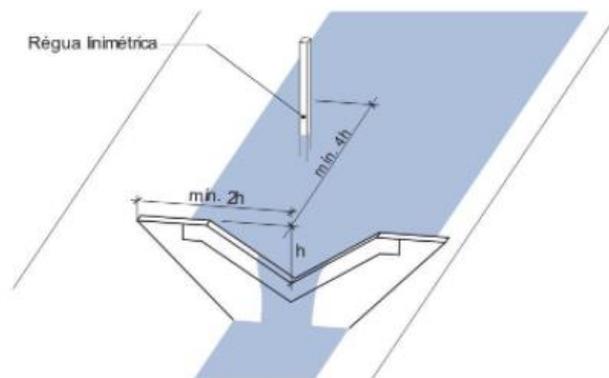
De acordo com Maldonado *et al.* (2015) a medição acústica apresenta limitações em relação ao modelo do equipamento utilizado, ao manuseio do equipamento e nas condições hidráulicas do rio. Recomenda-se realizar a medições com este equipamento em canal uniforme e retilíneo; vetores velocidades paralelos entre si e perpendiculares à seção; margens e leitos estáveis no tempo; em locais sem grande presença de vórtices, remansos e velocidades próximos à zero e caso o local se situar próximo a pontes é aconselhável que a seção esteja localizada a montante.

Gamaro (2012) também indica que a velocidade da embarcação seja menor ou igual à velocidade da água, a vazão medida deve ser maior que a vazão extrapolada, calibrar a bússola do equipamento, realizar um número par de travessias, medir a distância até a margem, entre outras.

4. Vertedores

É possível utilizar vertedores (Figura 30) para a medição de vazão em rios na qual utiliza a relação única e conhecida entre o nível da água e a vazão. Esta metodologia é aplicável para pequenos rios e canais.

Figura 30. Ilustração de um vertedor.



Fonte. Collischonn *et al.*, 2013.

Os vertedores são estruturas instaladas nos rios ou canais que fazem com que o nível d'água a montante se eleve, sendo essa elevação relacionada com a vazão passante. A elevação do nível d'água é medido através da instalação de réguas linimétrica ou linígrafos e relacionada através da equação do referido vertedor (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013).

Segundo Müller (2016) independentemente do tipo de medidor, este deve estar a uma distância de três a quatro vezes o valor esperado de H (altura do canal), a montante da crista. Esta recomendação é feita para que o valor medido não seja afetado pela vazão. Os vertedores podem ser classificados conforme: forma, altura da soleira, natureza da parede e largura efetiva, entre outros. Sendo o mais comum quanto a forma do vertedor (LEMOS, 2016).