

RODRIGO DE MOURA RAMOS

**REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES ATRAVÉS DO MÉTODO
TRADICIONAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS
TURVO - SANTA ROSA - SANTO CRISTO**

Passo Fundo
2021

RODRIGO DE MOURA RAMOS

**REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES ATRAVÉS DO MÉTODO
TRADICIONAL PARA A BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS
TURVO - SANTA ROSA - SANTO CRISTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao curso de Engenharia
Ambiental da Universidade de Passo
Fundo.

Orientador: Prof. Ms Eder Nonnemacher

Passo Fundo

2021

RODRIGO DE MOURA RAMOS

**REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES ATRAVÉS DO MÉTODO TRADICIONAL PARA
A BACIA HIDROGRÁFICA DOS RIOS TURVO - SANTA ROSA - SANTO CRISTO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentada ao curso de Engenharia
Ambiental da Universidade de Passo
Fundo, como requisito para obtenção do
título de Engenheiro Ambiental.

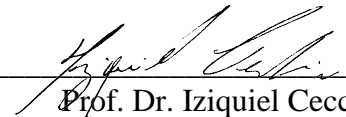
Orientador: Prof. Ms Eder Nonnemacher

BANCA EXAMINADORA



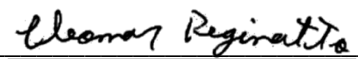
Orientador: Prof. Ms Eder Nonnemacher

Universidade de Passo Fundo



Prof. Dr. Iziquiel Cecchin

Universidade de Passo Fundo



Prof. Dr. Cleomar Reginatto

Universidade de Passo Fundo

RODRIGO DE MOURA RAMOS. **Regionalização das vazões através do método tradicional para a bacia hidrográfica do Rio Passo Fundo**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Ambiental) - Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo. 2021.

RESUMO

A rede hidrometeorológica do Brasil apresenta um número reduzido e mal distribuído de estações pluviométricas, o mesmo ocorre com as estações fluviométricas que são mais difíceis e escassas de serem encontradas, grande parte das séries históricas de dados disponíveis nestas estações apresentam inconsistências temporais e espacial, as inconsistências destes dados implica diretamente na caracterização do comportamento dos recursos hídricos de um determinado local. Uma das alternativas utilizada para suprir a carência de dados de vazão e a aplicação do método de regionalização, através da regionalização é possível realizar o ajuste estatístico entre os dados de vazões das estações fluviométricas e as características físicas e climáticas da área, o ajuste entre as variáveis resultará em uma equação de regressão que represente um determinado local. Nesta perspectiva, foi realizada a regionalização das vazões para a bacia hidrográfica dos rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo através do método tradicional, para a utilização desta técnica foi necessário realizado a identificação das regiões hidrologicamente homogêneas através das características físicas e climáticas da bacia hidrográfica, em seguida buscou-se por dados de vazão e precipitação no sistema HydroWeb da ANA (Agência Nacional de Águas), onde foi identificado 9 estações pluviométricas e 6 estações fluviométricas com base de dados adequadas. Foi utilizado o software SisCaH para realizar o tratamento dos dados de vazão e obter as vazões $Q_{(7;10)}$, $Q_{(mld)}$, $Q_{(max)}$, $Q_{(95)}$ e $Q_{(90)}$ para cada estação fluviométrica. Por último foi aplicado o método de regressão múltipla através da ferramenta Solver do Excel, foram obtidas 5 equações diferentes para cada vazão, foi utilizado as variáveis explicativas área, precipitação média anual, declividade, densidade de drenagem e comprimento do rio principal, a obtenção destas características se deu pelo tratamento de imagem SRTM através do software ArcMap. Para cada uma destas equações foi realizado a verificação da correlação (R^2) entre as vazões observadas e estimadas pelo modelo, as vazões que melhor se ajustaram foram a $Q_{(mld)}$ (R^2 0,9978) e $Q_{(90)}$ (R^2 0,9604).

Palavras-chaves: Regionalização das vazões; Método tradicional; Estações Fluviométrica e Pluviométricas.

RODRIGO DE MOURA RAMOS. **Regionalization of flows through the traditional method for the hydrographic basin of the Rio Passo Fundo**. 2021. Course Conclusion Paper (Environmental Engineering) - Passo Fundo University, Passo Fundo. 2021.

ABSTRACT

The hydrometeorological network in Brazil has a reduced and poorly distracted number of rainfall stations, the same occurs with the fluviometric stations that are more difficult and scarce to be found, most of the historical series of data available at these stations present temporal and spatial inconsistencies, the inconsistencies of these data directly imply the characterization of the behavior of water resources in a given location. One of the alternatives used to make up for the lack of flow data and the application of the regionalization method, through regionalization it is possible to perform the statistical adjustment between the flow data of the fluviometric stations and the physical and climatic characteristics of the area, the adjustment between the variables will result in a regression equation that represents a particular location. In this perspective, the regionalization of flows for the hydrographic basin of the Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo rivers was carried out through the traditional method, for the use of this technique it was necessary to identify the hydrologically homogeneous regions through the physical and climatic characteristics of the hydrographic basin, then we searched for flow and precipitation data in the HidroWeb system of ANA (National Water Agency), where 9 pluviometric stations and 6 fluviometric stations were identified with an adequate database. The SisCaH software was used to process the flow data and obtain the flows $Q_{(7;10)}$, $Q_{(mld)}$, $Q_{(max)}$, $Q_{(95)}$ and $Q_{(90)}$ for each fluviometric station. Finally, the multiple regression method was applied using the Excel Solver tool, 5 different equations were obtained for each flow, the explanatory variables area, average annual precipitation, slope, drainage density and length of the main river were used, to obtain these features was given by SRTM image processing through ArcMap software. For each of these equations, the verification of the correlation (R^2) between the flows observed and estimated by the model was carried out. The flows that best fit were $Q_{(mld)}$ (R^2 0.9978) and $Q_{(90)}$ (R^2 0.9604).

Keywords: Regionalization of flows; Traditional method; Fluviometric and Pluviometric Stations.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Bacia hidrográfica dos rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo.....	12
Figura 2 - Fluxograma desenvolvida no trabalho.....	18
Figura 3 - Percentual das classes de uso e ocupação do solo.....	20
Figura 4 – Localização das estações fluviométricas e pluviométricas.....	22
Figura 5 –Mapa de declividade.....	23
Figura 6 – Regiões hidrologicamente homogêneas.....	24
Figura 7 - Curva de Permanência para a estação fluviométrica Linha Cascata	25
Figura 8 – Correlação entre as variáveis área, precipitação, densidade de drenagem e declividade média.....	27
Figura 9 – Correlação para a variável área.....	28
Figura 10 - Correlação para a variável área, precipitação.....	29
Figura 11 - Correlação para a variável área, precipitação e densidade de drenagem.....	29
Figura 12 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade.....	30
Figura 13 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal	30
Figura 14 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal.....	31
Figura 15 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal.....	32
Figura 16 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal.....	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Estações Pluviométricas.....	20
Quadro 2 - Estações fluviométricas	21
Quadro 3 - Características físicas da bacia.....	23
Quadro 4 - Vazões para cada estação fluviométricas.....	25
Quadro 5 - Equações obtida para vazão média de longa duração.....	27
Quadro 6 - Equações obtida para vazão $Q_{(7;10)}$	28
Quadro 7 - Equações obtida para vazão de permanência $Q_{(95)}$	31
Quadro 8 - Equações para $Q_{(90)}$	32
Quadro 9 - Equações para vazão máxima.....	33

LISTA DE EQUAÇÕES

<i>Equação 1</i>	14
<i>Equação 2</i>	14
<i>Equação 3</i>	15
<i>Equação 4</i>	15
<i>Equação 5</i>	15

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 OBJETIVO	11
2.1 Objetivos específicos	11
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	11
3.1 Área de estudo	11
3.2 Métodos de regionalização das vazões	12
3.2.1 Método Tradicional.....	13
3.2.2 Método baseado na interpolação linear e interpolação linear modificada	13
3.2.3 Método de Chaves.....	14
3.3 Variáveis e funções hidrológicas	15
3.3.1 Vazão máxima.....	15
3.3.2 Vazão mínima	16
3.3.3 Vazão média.....	16
3.3.4 Curva de Permanência.....	16
3.4 Modelos matemáticos de regressão	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1 Caracterização da área de estudo.....	19
4.2 Dados utilizados.....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
5.1 identificações das estações fluviométricas e pluviométricas.....	21
5.1 Características físicas da bacia	22
5.2 Definição das regiões hidrologicamente homogêneas.....	23
5.2.1 Redefinição das regiões hidrologicamente homogêneas	24
5.3 Obtenção das Vazões	25
6 CONCLUSÃO.....	34
7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	35
8. REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos os conceitos sobre o uso da água vem se modificando, antigamente tinha-se a ideia de que os recursos hídricos eram ilimitados, podendo fazer uso de forma indiscriminada, porém, através das observações ocorridas principalmente no que se refere a qualidade e quantidade de água disponível nos dias atuais começou-se a repensar estas práticas, preocupados com o uso sustentável dos recursos hídricos entidades governamentais tomaram medidas para garantir o uso sustentável dos recursos hídricos com a criação da lei Federal 9.433 de 1997, instituída como a Política Nacional dos Recursos hídricos (PNRH) que tem como objetivo assegurar o controle qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos e o efetivo exercício dos direitos de acesso (Brasil, 1997). No Rio Grande do Sul a legislação que se refere ao uso da água é o Decreto nº 37.033/1996, que especifica os parâmetros técnicos sobre as outorgas dos Planos de Bacias Hidrográficas (Rio Grande do Sul, 1996). BAZZO et al (2004) em seu estudo destaca a importância do gerenciamento dos recursos hídricos para solucionar conflitos devido ao mau uso da água.

A principal finalidade do gerenciamento e gestão dos recursos hídricos é realizar a distribuição das águas de forma equalitária entre os setores da economia que fazem uso deste bem natural, evitando assim conflitos de interesse, a distribuição da água deve ser realizada buscando o desenvolvimento econômico e social de determinada região (CRUZ et al, 2007). O Brasil possui grande disponibilidade de recursos hídricos, porém a distribuição destes recursos é desigual em seu território assim como os setores de consumo, entre os setores que mais consomem água destacam-se a irrigação agrícola (52%) seguida pelo abastecimento urbano (23,8%), uso industrial (9,1%) e abastecimento animal (8%) (ANA, 2019).

A disponibilidade hídrica de uma região é caracterizada pelo conhecimento de suas vazões sejam mínimas, médias e máximas CECÍLIO et al (2018), no Brasil as estações fluviométricas estão limitadas na maioria das vezes ao rio principal de uma bacia hidrográfica ou em afluentes que apresentem uma importância econômica mais elevada, como as usinas de geração de energia (BESKOW, 2016), perante a falta de dados de vazões em afluentes de menor porte desenvolveu-se o método de regionalização de vazões, este método consiste na transferência de dados hidrológicos de uma áreas que apresentem estas informações, para áreas que não tenham estes dados, esta transferência de informações só é possível se as duas regiões apresentam uma homogeneidade de características físicas e climáticas (NOVAES et al. 2007; BAENA et al. 2007).

O conhecimento das vazões é utilizado na outorga de direitos das águas, no planejamento de obras que estão ligadas ao aproveitamento de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, na avaliação de possibilidade de enchentes ou racionalização dos recursos hídricos ou capacidade de autodepuração perante o lançamento de efluente em um curso de água (BARBOSA et al, 2005).

No Rio Grande do Sul uma parceria entre a CEEE (Companhia Estadual de Energia Elétrica) e o IPH (Instituto de Pesquisa Hidráulicas) da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) desenvolverá um manual de regionalização de vazões para o estado e parte de Santa Catarina no ano de 1991, este manual ainda é utilizado pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental) contudo, as mudanças no regime e padrões de chuvas que vem ocorrendo nos últimos tempos podem não representar as equações obtidas em 1991, devido a este fato destaca-se a importância da realização deste estudo.

2 OBJETIVO

Obtenção de equações de regionalização para as vazões da bacia hidrográfica dos rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo através do método tradicional.

2.1 Objetivos específicos

Coleta e compilação de dados de estações pluviométricas e fluviométricas disponíveis na Bacia Hidrográfica;

Identificar as regiões homogêneas dentro da bacia hidrográfica;

Obtenção das vazões, mínimas médias e máximas;

Obtenção da equação de regionalização das vazões;

Comparação o nível de correlação entre os dados de vazão observado e estimados pelo modelo.

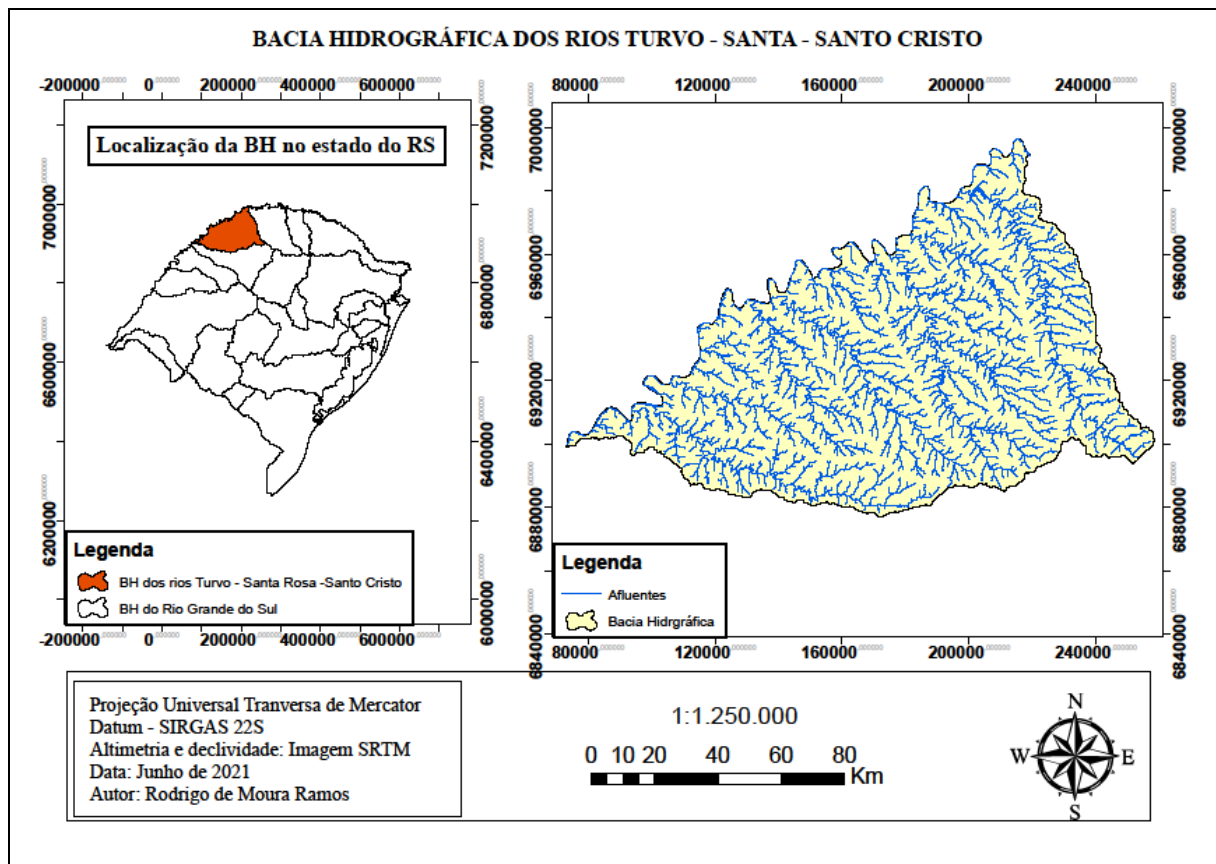
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Área de estudo

A Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo - Santa Rosa - Santo Cristo (Bacia U030) está localizada no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul Figura 1, entre as coordenadas geográficas de - 27°07' a - 28°11' de latitude sul e - 53°27' a - 55°20' de longitude oeste. A

Bacia Hidrográfica é composta por 52 municípios, ocupa uma área territorial de aproximadamente de 10.827,74 km², representando 3,84% do total da área territorial do Rio Grande do Sul. De acordo com a divisão do Sistema Estadual de Recursos Hídricos do Rio Grande do Sul (SERH-RS) a bacia hidrográfica pertence à Região Hidrográfica do Uruguai e limita-se a norte-nordeste com a Bacia do Rio da Várzea (U100), de sul a leste com a Bacia Hidrográfica do Rio Ijuí (U090) e a oeste com o rio Uruguai.

Figura 1 - Bacia hidrográfica dos rios Turvo-Santa Rosa-Santo Cristo



Fonte: Autor, 2021.

3.2 Métodos de regionalização das vazões

Em países com grande extensão territorial como o Brasil nem sempre é possível que haja estações fluviométricas em todas as regiões, principalmente ao elevado custo de implantação, operação e manutenção, em muitos casos há estação de medição, mas os dados apresentam muitas falhas ou apresentam poucos anos de registros. (TUCCI et al, 2004).

Na falta de estações fluviométricas com uma base de dados consistentes e com séries históricas longas, e realizado a transferência de informações de locais climatologicamente semelhantes, a este método dá-se o nome de regionalização de vazões. A regionalização de vazões é um conjunto de procedimento estatísticos que busca explorar o máximo possível os dados de uma região, para que elas possam ser analisadas e identificadas como hidrologicamente semelhantes (BARBOSA et al, 2004).

Nos últimos anos pesquisadores vêm desenvolvendo diferentes metodologias para realizar a regionalização das vazões, NOVAES et al (2007) em seu estudo faz um breve relato dos principais métodos de regionalização de vazões. Entre os mais conhecidos e utilizados estão o método tradicional desenvolvido ELETROBRÁS (1985), método de interpolação linear também desenvolvido pela ELETROBRÁS (1985) e o método de Chaves (2002). Mais recentemente foram desenvolvidas modificações no método de interpolação linear e no método de chaves, inserindo a variável precipitação em suas equações.

3.2.1 Método Tradicional

Este método é baseado na identificação de regiões hidrologicamente semelhantes e no ajuste de equações de regressão entre vazão e características físicas e climáticas da bacia hidrográfica (TUCCI, 2001), entre as variáveis mais utilizadas na regionalização destacam-se características físicas como área de drenagem, comprimento do rio principal, densidade de drenagem, declividade média da bacia e do rio principal, precipitação entre outros (PILGRIM, 2004; RODRIGUES, 2008; SILVA et al, 2004).

3.2.2 Método baseado na interpolação linear e interpolação linear modificada

Este método é baseado na hipótese de que a vazão na seção de interesse é obtida por uma relação de proporcionalidade entre as vazões e a área de drenagem dos postos fluviométricos mais próximos, este método não necessita que seja realizada a identificação das regiões hidrologicamente homogêneas, sendo utilizada a mesma equação ao longo de toda a bacia hidrográfica. Para aplicar este método é necessário observar quatro condições diferentes dependendo da posição da secção de interesse em relação aos postos fluviométricos.

Quando a seção de interesse está situada a montante (caso 1) ou a jusante (caso 2) de um posto com vazão conhecida, a vazão de interesse é estimada pela equação 2. Já quando a

seção de interesse está situada num trecho de rio entre duas estações fluviométricas (caso 3), a vazão desconhecida é estimada pela equação 3.

A quarta situação (caso 4) é quando a seção de interesse está situada em um trecho de rio afluente cuja foz está entre dois postos fluviométricos situados em um rio de ordem superior. Neste caso aplicou-se uma combinação das outras duas situações descritas anteriormente, sendo primeiramente calculada a vazão (equação 3) na seção de confluência. Estimada a vazão na confluência dos rios aplicou-se a equação 2 para estimar a vazão na seção de interesse.

$$Q_z = \frac{(Q_{m,j})}{(A_{m,j})}(A_z); \quad \text{Equação 1}$$

$$Q_z = Q_m + \left| \frac{A_z - A_m}{A_j - A_m} \right| (Q_j - Q_m) \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

Q_z = vazão na seção de interesse, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

$Q_{m,j}$ = vazão no posto de montante ou de jusante, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

Q_m = vazão no posto de montante, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

Q_j = vazão no posto de jusante, $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$;

A_z = área de drenagem na seção de interesse, km^2 ;

$A_{m,j}$ = área de drenagem do posto de montante ou de jusante, km^2 ;

A_m = área de drenagem do posto de montante, km^2 ;

A_j = área de drenagem do posto de jusante, km^2 .

O método de interpolação linear modificada consiste em inserir a variável precipitação média no método proposto, considerando assim que a vazão na seção de interesse é também proporcional à relação entre os volumes precipitados.

3.2.3 Método de Chaves

Este método também apresenta quatro situações distintas, que dependem da localização da seção de interesse em relação às seções de vazão conhecida, sendo que as áreas de drenagem e as distâncias entre as seções analisadas foram as variáveis independentes para o cálculo da vazão desconhecida. Assim, quando a seção de interesse está situada a montante (caso 1) ou a jusante (caso 2) de um posto fluviométrico a metodologia é a mesma da interpolação linear, sendo, portanto, a vazão na seção de interesse calculada pela equação 2. Já quando a seção de

interesse está situada num trecho de um rio entre duas estações fluviométricas (caso 3) a vazão desconhecida é estimada pela equação 4.

$$Q_z = A_z \left[\left(p_m \frac{Q_m}{A_m} \right) + \left(p_j \frac{Q_j}{A_j} \right) \right] \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

$$p_m = \left(\frac{d_j}{d_m + d_j} \right) \quad \text{Equação 4}$$

$$p_j = \left(\frac{d_m}{d_m + d_j} \right) \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

p_m = peso relativo à estação de montante, adimensional;

p_j = peso relativo à estação de jusante, adimensional;

d_m = distância entre o posto de montante e a seção de interesse, km;

d_j = distância entre o posto de jusante e a seção de interesse, km.

A quarta situação (caso 4) é quando a seção de interesse está situada em um trecho de rio afluente cuja foz está entre dois postos fluviométricos situados em um rio de ordem superior. Neste caso aplicou-se uma combinação das outras duas situações descritas anteriormente, sendo primeiramente calculada a vazão (equação 4) na seção de confluência. Estimada a vazão na confluência dos rios aplicou-se a equação 2 para estimar a vazão na seção de interesse.

Do mesmo modo que ocorre no método de interpolação linear modificado em que é inserido a variável precipitação na equação, no método de Chaves modificado também é inserido a variável precipitação média, sendo a vazão obtida na seção de interesse proporcional ao volume precipitado nas áreas analisadas.

3.3 Variáveis e funções hidrológicas

3.3.1 Vazão máxima

O conhecimento das vazões máximas é utilizado em projetos de obras hidráulicas como: verdores, diques de proteção contra inundações, drenagem de cursos d'água, galerias pluviais entre outras. A vazão máxima está associada a um determinado risco, e pode ser obtida através de uma distribuição de probabilidade, por meio da construção de uma curva de probabilidade e possível observar a relação entre a vazão extrema e a probabilidade de ocorrerem de valores iguais ou maiores a vazão observada. Desta forma, a análise das distribuições de probabilidade

ajustáveis aos valores de máximos de vazão pode-se obter, para intervalos de tempos definidos possíveis enchentes em uma determinada região (BAENA 2002; EUCLIDES 2002).

3.3.2 Vazão mínima

O regime hídrico de um curso d'água varia no decorrer do tempo, podendo se reduzir a níveis que comprometem alguns de seus usos, deste modo as vazões mínimas são muito mais que simples características de series históricas de vazões, as vazões mínimas são utilizadas no gerenciamento dos recursos hídricos de uma região como forma de compreender a demanda de uma área (BAEANA, 2002).

As vazões mínimas podem ser definidas pelas características magnitude e duração, entre as vazões mínimas mais utilizadas destaca-se a vazão ($Q_{7:10}$) ela representa a porcentagem da vazão mínima de sete dias de duração é um período de retorno de 10 anos, indicando a disponibilidade hídrica de um curso d'água nestas condições (TUCCI, 2002).

3.3.3 Vazão média

O conhecimento de vazões médias é destinado ao desenvolvimento de obras hidráulicas, como construção de usinas para geração de energia, irrigação, navegação e outros. A vazão média de longo período é definida a partir da média de vazões da série histórica disponível para determinado local, o conhecimento de sua variação sazonal em relação ao período da amostra permite estimar a disponibilidade hídrica para uma região (BAENA, 2002).

3.3.4 Curva de Permanência

A partir da curva de permanência é possível indicar a porcentagem de tempo em que um valor de vazão foi igualado ou ultrapassado durante um período de observações, representando a amplitude da variação da vazão de um curso d'água, permitindo identificar a frequência com que cada vazão ocorre em determinada secção do curso d'água. Além dos resultados utilizados no aproveitamento do curso d'água, a curva de permanência indica características distintas das bacias hidrográficas, evidenciando os efeitos do relevo, vegetação, uso do solo e precipitação (EUCLYDES, 2001).

3.4 Modelos matemáticos de regressão

Modelos de regressão são modelos matemáticos que relacionam o comportamento de uma função dependente (vazão) com uma ou mais variáveis independentes ou explicativas (características físicas e climáticas) tentando explicar a correlação entre os dois tipos de variáveis. Os modelos de regressão podem ser simples do tipo $y=f(x) = a+bx$, onde relaciona duas variáveis ou múltiplas onde tentam explicar a correlação entre mais de uma variável independente (x_1, x_2, \dots, x_n), ambos os modelos relacionam variáveis do tipo linear (equação da reta ou plano) ou não linear (equação exponencial, geométrica, potência, logarítmica ...).

A correlação entre o ajuste das variáveis na regressão pode ser representada pelo coeficiente de determinação (R^2), desvio dos erros ajustados e o erro percentual (ER%). Através do coeficiente de determinação (R^2), pode-se verificar a variabilidade da função estudada, quanto mais próximo de 1 estiver o (R^2) mais explicativo é o modelo (BAENA, 2002).

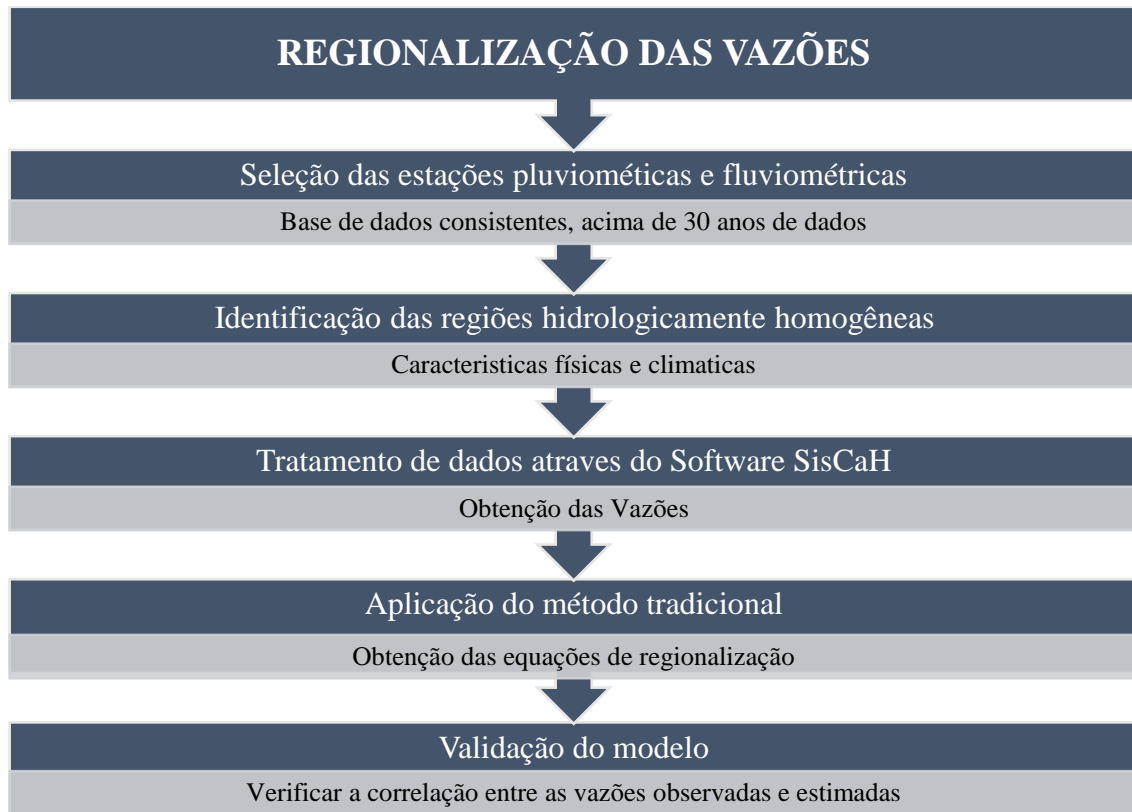
4. MATERIAIS E MÉTODOS

Na realização do estudo optou-se por utilizar o método tradicional devido a limitação do número de estações fluviométricas presentes na bacia hidrográfica, na área de interesse foram identificadas seis estações fluviométricas com base de dados consistentes.

Os métodos de interpolação linear e Chaves não foram possíveis de serem aplicados devido ao fato de que, para serem utilizados necessitam que haja estações fluviométricas a montante e a jusante do ponto de interesse, condição esta que não é satisfeita para as regiões hidrologicamente semelhantes.

Para realização do estudo foi utilizado os passos apresentados no fluxograma a baixo.

Figura 2 - Fluxograma desenvolvida no trabalho



Fonte: Autor, 2021.

O primeiro procedimento realizado neste estudo foi a identificação das estações fluviométricas e pluviométricas presentes na área de interesse, depois de identificadas, as estações passaram por uma análise e foram selecionadas apenas as estações com mais de 30 anos de base de dados, observa-se que devido ao grande volume de dados não foi possível realizar o preenchimento de falhas nas estações selecionadas.

Na segunda etapa foi realizada a obtenção das características físicas da bacia hidrográfica, para isto foi utilizado o software ArcMap versão 10.3.1, inicialmente foi necessário obter imagens de altimetria e declividade da região de interesse, as imagens utilizadas foram extraídas do site EarthExplores do serviço geológico dos Estados Unidos, foi utilizada imagem SRTM com banda C brutos e espaçados em intervalos de 1 segundo de arco (aproximadamente 30 metros). Em seguida as imagens foram manipuladas no ArcMap e teve como produto a imagem com os cursos d'água da imagem, para delimitar o contorno da bacia hidrográfica foi utilizado um shape obtida no site da SEMA, a partir desta imagem foi extraída dados de área, perímetro, declividade média da bacia, densidade de drenagem e comprimento do rio principal.

A terceira etapa consistiu em identificar as regiões hidrologicamente homogêneas, para isto foi utilizado características: topográficas da região, identificação dos principais rios, uso e ocupação do solo, uso das águas e precipitação média anual. As informações de uso e ocupação

do solo e uso das águas foram obtidas nos relatórios do plano de bacias realizados no ano de 2012. Para o cálculo da precipitação média anual foram utilizados os dados diários de precipitação das estações pluviométricas contidas site HidroWeb da ANA, depois de realizar download os dados foram inseridos no Excel para manipulação e obtenção da precipitação média anual de cada estação, posteriormente foi feita a média anual de todas as estações pluviométricas.

Depois de realizar identificadas as regiões hidrologicamente homogêneas, foi utilizado o software SisCaH (Sistema Computacional para Análises Hidrológicas), o software processa os dados das estações fluviométricas obtendo de forma fácil e rápida as vazões de interesse, para as estação fluviométrica, no estudo foram utilizadas as vazões $Q_{(7;10)}$, $Q_{(95)}$, $Q_{(mld)}$ e $Q_{(max)}$, foram descartando os anos que apresentassem mais de 5% de falha. Destaca-se que não foi utilizado os anos de 2014 a 2020 devido a uma limitação do software, apesar deste fato, apenas a estação fluviométrica de Cascata do Burica-Nova teve menos de 30 anos de dados.

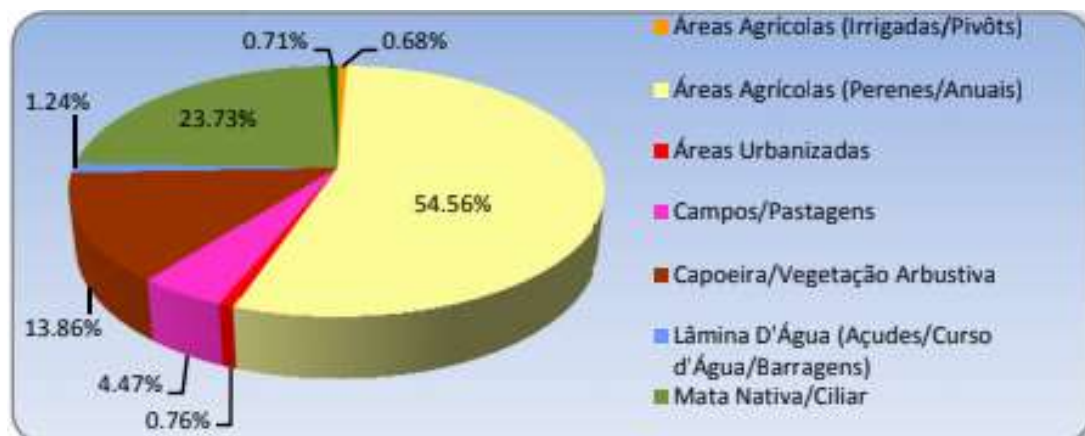
O quarto procedimento e último consiste na aplicação do método tradicional, nesta etapa foram aplicados modelo de regressão não linear múltiplas utilizando uma ferramenta do Excel denominada Solver. O Solver foi utilizado com função objetivo, esta função busca minimizar o erro entre as vazões medidas e as vazões preditas pelo modelo, o modelo utilizado foi do tipo potência ($Q = \beta_0 X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} + \dots X_m^{\beta_n}$) no modelo foi utilizado como variável independente (y) a vazão e variáveis dependentes a área de drenagem de cada estação fluviométrica e a precipitação média anual, declividade da bacia hidrográfica, densidade de drenagem e comprimento do rio principal.

4.1 Caraterização da área de estudo

Segundo estimativa da SEMA (Secretaria do Meio Ambiente e Estrutura) no ano de 2021 a bacia hidrográfica apresenta uma população de 357.511 pessoas, sendo 233.389 habitantes em áreas urbanas e 124.122 habitantes em áreas rurais. Os municípios mais populosos são respectivamente Santa Rosa, Santo Ângelo, Três de Maio, Três Passos e Palmeira das Missões. A estrutura econômica da região é constituída da seguinte forma, 58,7% setor de serviços, 24,2% setor agropecuário e 18% setor industrial.

O Plano de bacia classifica o uso e ocupação do solo da em 7 classes, apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Percentual das classes de uso e ocupação do solo



Fonte: Relatório I, Plano de Bacias dos rios Turvo- Santa Rosa- Santo Cristo.

O clima na região é caracterizado como Cfa segundo a classificação de Köppen, e caracteriza-se por precipitação pluvial bem distribuída nas estações do ano. Apesar da precipitação ser bem distribuída nas estações do ano, é importante ressaltar que, durante os meses de verão ocorre maior demanda evaporativa da atmosfera (evapotranspiração potencial) em função da maior disponibilidade de radiação solar e maior temperatura do ar. As temperaturas apresentam grande variação sazonal, com verões quentes e invernos bastante rigorosos, com a ocorrência de geadas. As temperaturas médias variam entre 15 e 18°C, com mínimas de até 5 °C e máximas de 40°C.

4.2 Dados utilizados

Os dados das estações pluviométricas e fluviométricas utilizados no estudo foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb da (Agência Nacional das Águas, 2021), nos quadros 1 e 2 estão descritas as estações utilizadas.

Quadro 1: Estações Pluviométricas

Nome	Código	Coordenadas	Município	Média anual
Alto Uruguai	2754001	-27.3019 -54.1394	Tiradentes do Sul	1524,37 mm
Miraguaí	2753016	-27.5008 -53.6925	Miraguaí	1879,9 mm
Esquina Araujo	2754010	-27.9681 -54.1164	Independência	1974,52 mm
Giruaí	2854003	-28.0542 -54.3614	Giruaí	1502,30 mm
Porto Lucena	2755001	-27.8544	Porto Lucena	1611,33 mm

		-55.0236		
Santo Augusto	2753007	-27.8517 -53.7764	Santo Augusto	1795,18 mm
Três de Maio	2754007	-27.7817 -54.2408	Três de Maio	1700,70 mm
Três Passos	2753009	-27.4514 -53.925	Três Passos	1837,66 mm
Tucunduva	2754009	-27.6742 -54.4625	Tucunduva	1819,03 mm

Fonte: Autor, 2021.

Quadro: 2: Estações fluviométricas

Nome	Código	Coordenadas	Área de drenagem (Km ²)	Município
Cascata Buricá - Nova	74610000	-27.5225 -54.2333	2260	Horizontina
Linha Cascata	74750000	-27.845 -54.5561	329	Santa Rosa
Linha União	74900000	-27.9308 -54.9392	1260	São Paulo Das Missões
Passo São João	74880000	-28.0631 -54.7558	817	Cerro Largo
Três Passos	74470000	-27.3922 -53.8808	1540	Três Passos
Tucunduva	74700000	-27.6728 -54.4644	1140	Tucunduva

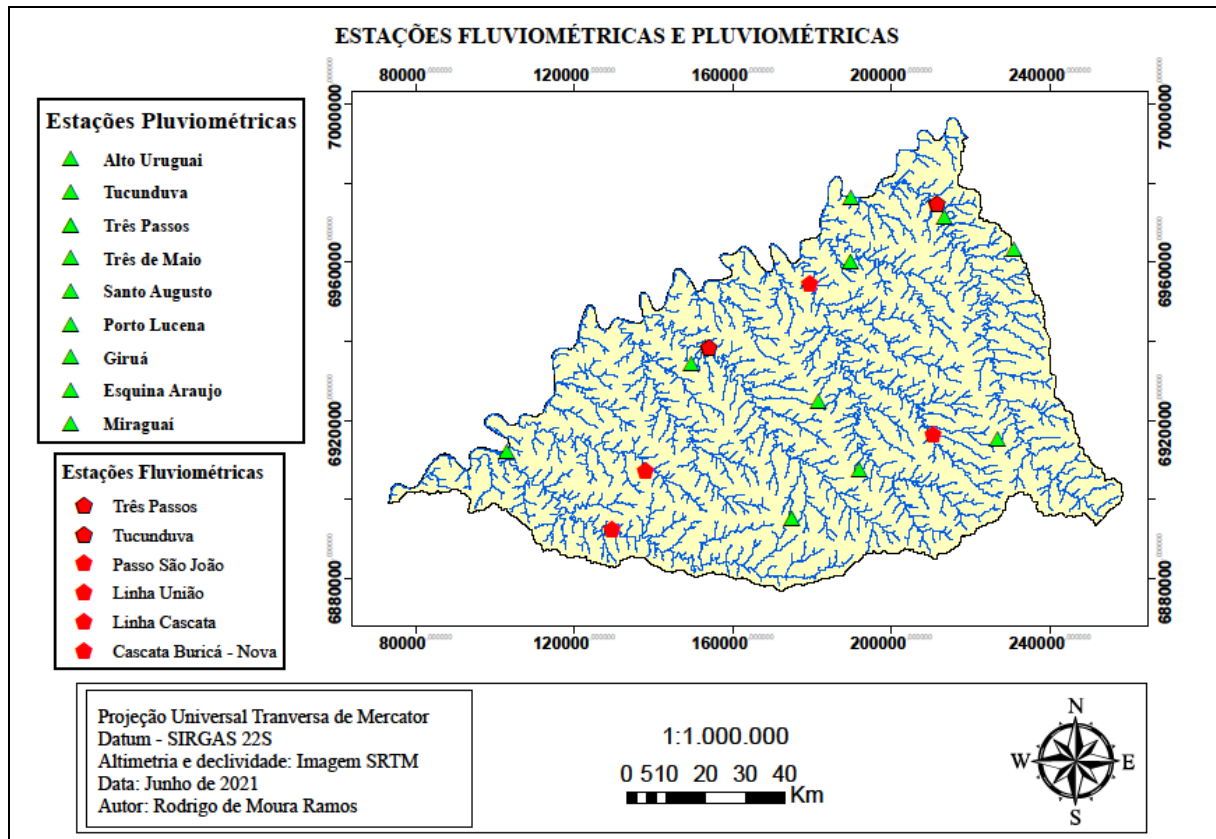
Fonte: Autor, 2021.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 identificações das estações fluviométricas e pluviométricas

Através do sistema HidroWeb foi realizado uma busca para identificar as estações fluviométricas e pluviométricas que apresentavam uma base de dados adequada, ao final foram identificadas 6 estações fluviométricas e 9 estações pluviométricas, na Figura 4 pode-se observar as suas localizações dentro da bacia hidrográfica.

Figura 4 – Localização das estações fluviométricas e pluviométricas

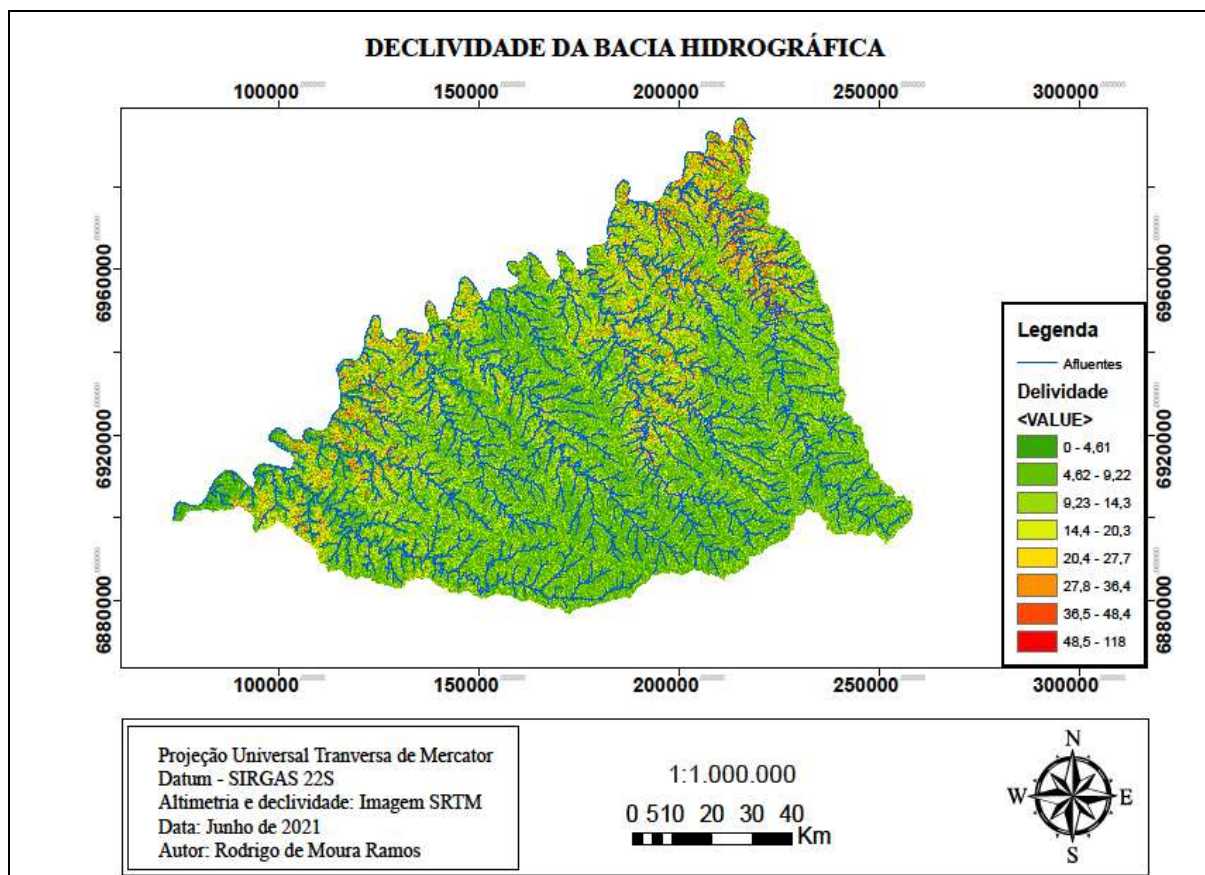


Fonte: Autor, 2021

5.1 Características físicas da bacia

Através do tratamento das imagens SRTM pelo software ArcMap, foi realizado a delimitação da bacia hidrográfica e a obtenção das características físicas, apresentadas na Figura 5 e quadro 3.

Figura 5 – Mapa de declividade



Fonte: Autor, 2021.

Quadro: 3: Características físicas da bacia

Dados da Bacia Hidrográfica dos Rios Turvo-Santa Rosa e Santo Cristo	
Área	10.812,72 km ²
Perímetro	651.189,65 km
Declividade média	10,1%
Densidade de drenagem	0,1437
Comprimento rio Turvo	187,34 km

Fonte: Autor, 2021.

5.2 Definição das regiões hidrologicamente homogêneas

A partir da análise topográfica, precipitação, declividade, densidade de drenagem e uso do solo e da água pode-se estabelecer as regiões hidrologicamente homogêneas conforme a Figura 6. Inicialmente foi delimitada 4 regiões hidrológicas, sendo que cada uma das regiões tem um rio principal este fator teve grande relevância na hora da identificação das regiões.

Na região 1 tem-se os rios: Lajeado Salto Grande, Lajeado São Francisco, Lajeado Grande e Rio Turvo;

Na região 2 tem-se os rios: Lajeado Fazenda, Lajeado dos Pratos e Lajeado Grande;

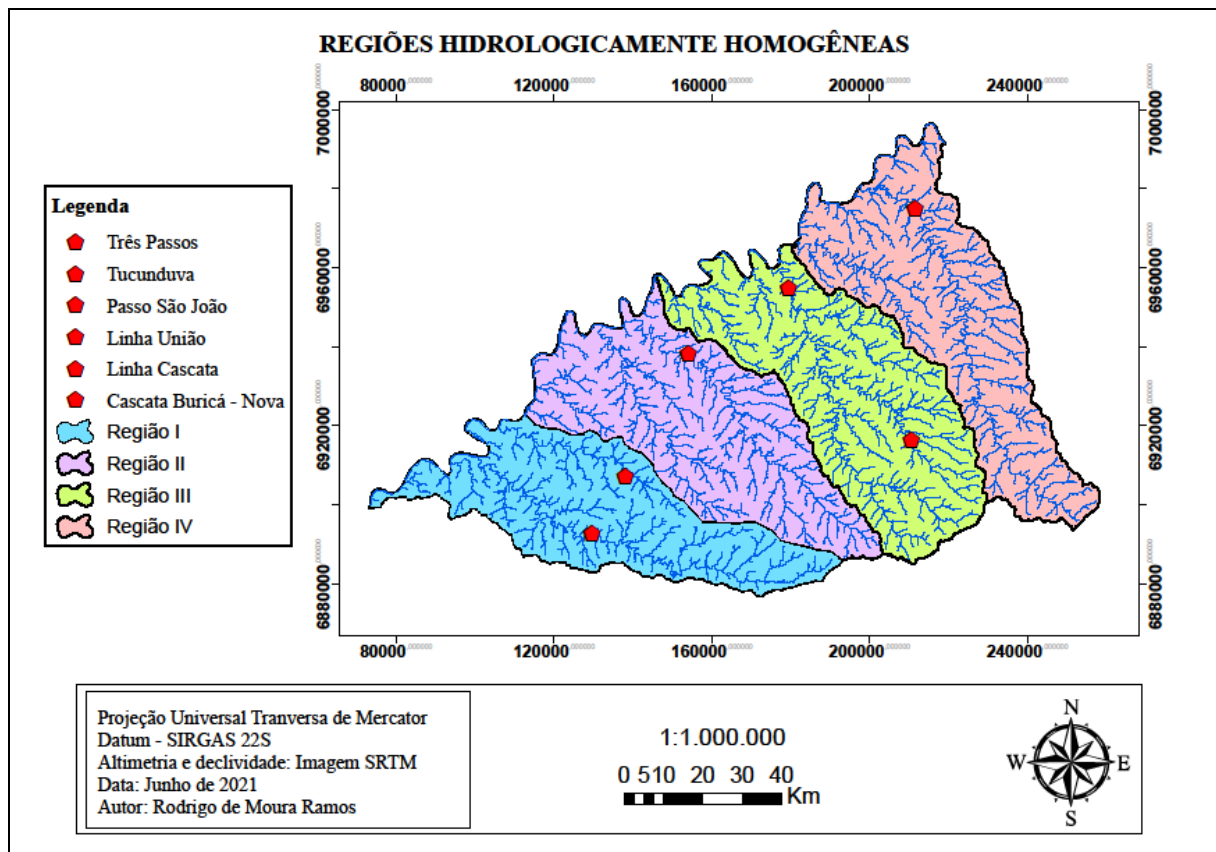
Na região 3 tem-se os rios: Santa Rosa, Santo Cristo, Lajeado Jacaré e lajeado do Bugre;

Na região 4 tem-se: Os arroios Pindaí e União, rios Amandaú e Comandaí.

5.2.1 Redefinição das regiões hidrologicamente homogêneas

Após a identificação das regiões hidrologicamente homogêneas, verificou-se que não seria possível aplicar o método tradicional em todas as regiões definidas, como pode-se observar na Figura 4, na região I e III há apenas uma estação fluviométrica em cada área, devido a este fato, optou-se por redefinir a região hidrologicamente homogênea e utilizar a bacia hidrográfica como uma região apenas.

Figura 6 – Regiões hidrologicamente homogêneas

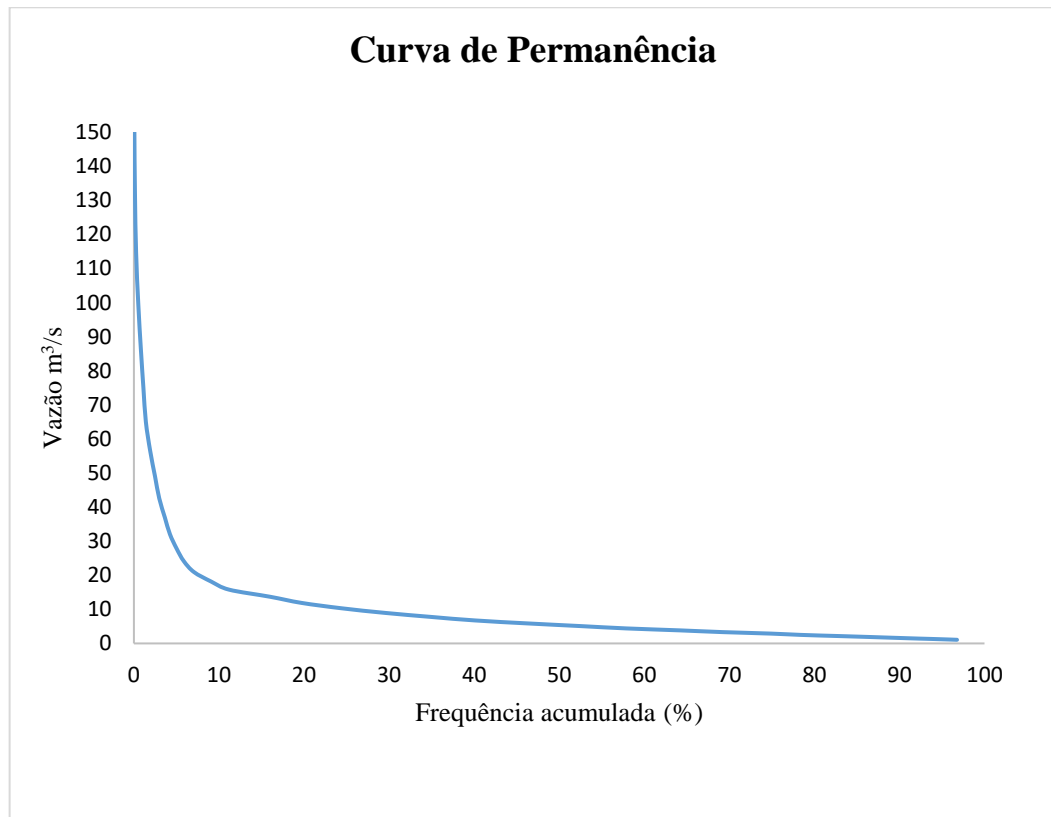


Fonte: Autor, 2021.

5.3 Obtenção das Vazões

Os dados de vazão de cada estação fluviométrica foram inseridos no software HidrWeb, para cada estação foram obtidas as vazões mínimas $Q_{(7;10)}$, de permanência Q_{90} e $Q_{(95)}$, média longa duração $Q_{(mld)}$ e máxima $Q_{(max)}$. Para as vazões de $Q_{(90)}$ e $Q_{(95)}$ o HidroWeb apresenta um gráfico como demonstrado na Figura 7, as vazões encontradas para cada estação fluviométrica estão descritas no quadro 4.

Figura 7 - Curva de Permanência para a estação fluviométrica Linha Cascata



Fonte: Adaptado SisCaH, 2021.

Quadro 4 – Vazões para cada estação fluviométricas

ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA	VAZÃO
Cascata Buricá - Nova	$Q_{(95)} = 8,20 \text{ m}^3/s$
	$Q_{(90)} = 12,21 \text{ m}^3/s$
	$Q_{(7;10)} = 3,73 \text{ m}^3/s$
	$Q_{(mld)} = 69,99 \text{ m}^3/s$
	$Q_{(max)} = 1335,47 \text{ m}^3/s$

Linha Cascata	$Q_{(95)} = 1,19 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(90)} = 1,64$ $Q_{(7;10)} = 0,66 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{mld})} = 9,18 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{max})} = 173,39 \text{ m}^3/\text{s}$
Linha União	$Q_{(95)} = 4,03 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(90)} = 5,50 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(7;10)} = 2,43 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{mld})} = 38,11 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{max})} = 478,75 \text{ m}^3/\text{s}$
Passo São João	$Q_{(95)} = 2,73 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(90)} = 3,58 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(7;10)} = 1,43 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{mld})} = 22,46 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{max})} = 295,38 \text{ m}^3/\text{s}$
Três Passos	$Q_{(95)} = 7,02 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(90)} = 9,36 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(7;10)} = 3,64 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{mld})} = 44,63 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{max})} = 724,13 \text{ m}^3/\text{s}$
Tucunduva	$Q_{(95)} = 4,71 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(90)} = 6,17 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(7;10)} = 2,91 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{mld})} = 32,02 \text{ m}^3/\text{s}$ $Q_{(\text{max})} = 414,73 \text{ m}^3/\text{s}$

Fonte: Autor, 2021.

Para cada vazão foi obtido 5 equações de regressão, a primeira equação foi inserida a variável independente área (A), para as equações seguintes foram sendo adicionadas uma por vez as variáveis precipitação (P), densidade de drenagem (Dd), declividade (Dm) e comprimento do rio principal (L), como pode ser observado no Quadro 5.

Quadro 5 – Equações obtida para vazão média de longa duração

VAZÃO MÉDIA DE LONGA DURAÇÃO	
Área	$Q_{mld} = 0,0143 * A^{1,0992}$
Precipitação média anual	$Q_{mld} = 0,1443 * A^{1,0992} * P^{0,9978}$
Densidade de drenagem	$Q_{mld} = 0,0216 * A^{1,0992} * P^{4,51e^{-4}} * Dd^{0,2139}$
Declividade média	$Q_{mld} = 0,0313 * A^{1,088} * P^{4,52e^{-4}} * Dd^{0,1688} * Dm^{0,1983}$
Comprimento do rio principal	$Q_{mld} = 0,0225 * A^{1,0989} * P^{4,52e^{-4}} * Dd^{1858} * Dm^{0,2260} * L^{0,0842}$

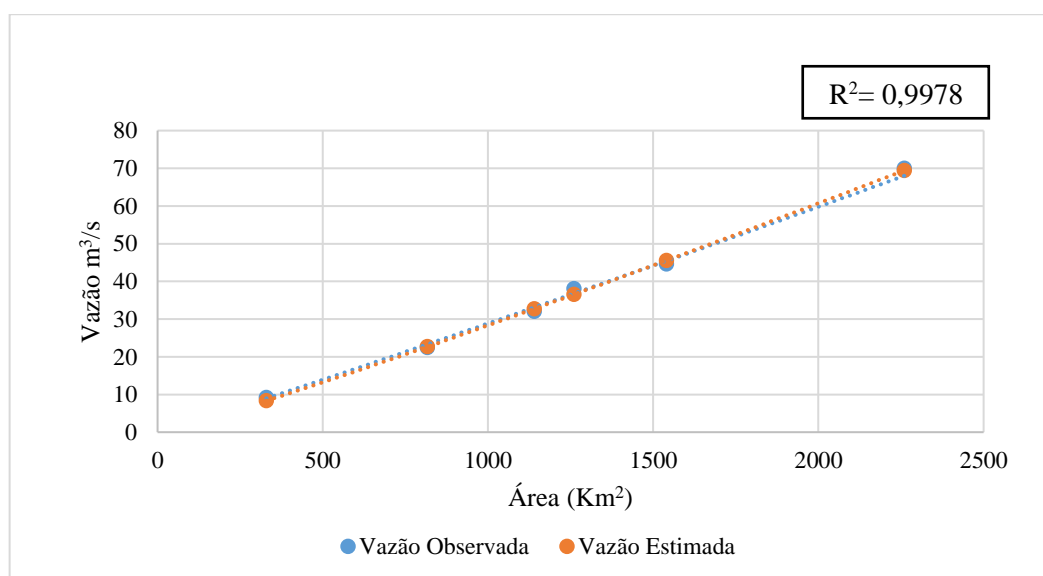
Fonte: Autor, 2021.

Ao analisarmos as equações pode-se observado que na equação 1 (variável independente e área) e na 2 (variável independente e área e precipitação) e equação 3 (variável independente área, precipitação e densidade de drenagem) o expoente da área não se altera, através deste fato pode-se concluir que entre as três equações a que mais representa é a área deste modo recomenda-se a utilização apenas da equação 1.

Depois de obtidas as equações, foi realizado a comparação entre as vazões observadas e as estimadas pelo modelo, através do coeficiente de determinação R^2 (função RQuad do Excel).

Para a $Q_{(mld)}$ o comportamento do gráfico não se alterou permanecendo com um R^2 de 0,9978 constante em todas as análises, devido a isto é apresentado apenas o gráfico que apresenta as 5 variáveis, através do nível de correlação verifica-se que obteve um ótimo resultado.

Figura 8 – Correlação entre as variáveis área, precipitação, densidade de drenagem, declividade média e comprimento do rio principal .



Fonte: Autor, 2021.

Do mesmo modo procedeu-se para as análises das outras vazões, as equações para a vazão $Q_{(7;10)}$ são apresentadas no quadro 6.

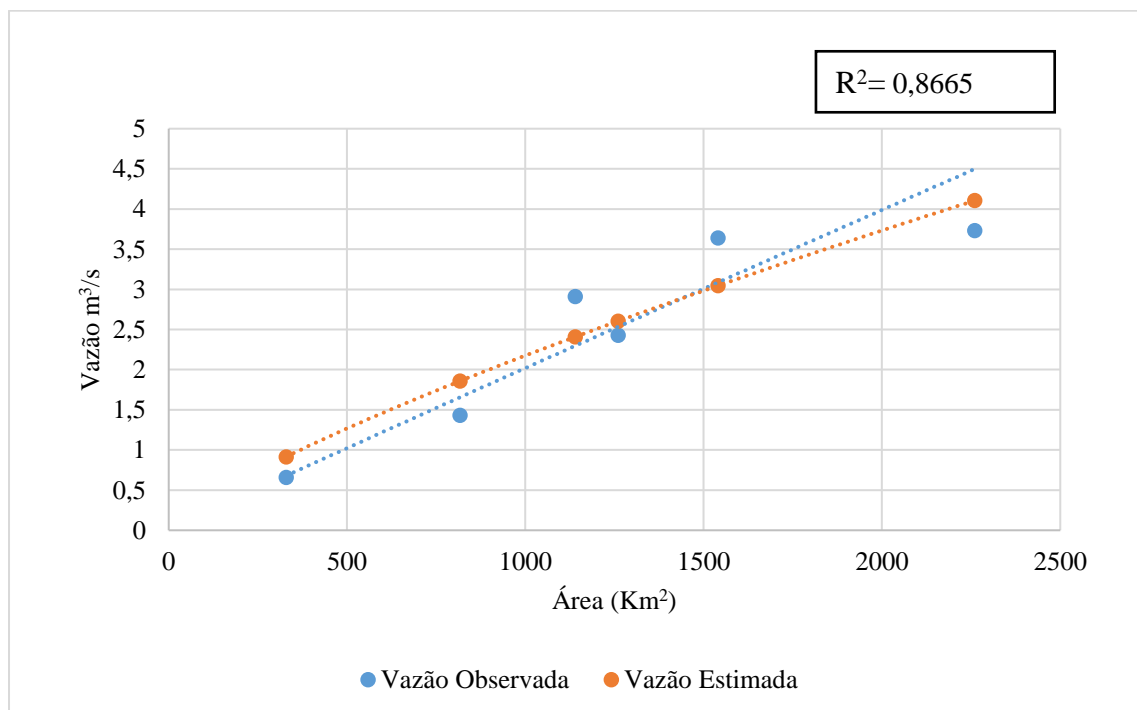
Quadro 6 - Equações obtida para vazão $Q_{(7;10)}$

VAZÃO $Q_{(7;10)}$	
Área	$Q(7; 10) = 0,0100 * A^{0,0792}$
Precipitação média anual	$Q(7; 10) = 0,099 * A^{0,3768} * P^{0,3918}$
Densidade de drenagem	$Q(7; 10) = 0,0067 * A^{0,7791} * P^{0,1032} * Dd^{0,1925}$
Declividade média	$Q(7; 10) = 0,8889 * A^{0,7753} * P^{0,1231} * Dd^{0,1639} * Dm^{0,1923}$
Comprimento do rio principal	$Q(7; 10) = 0,0074 * A^{0,7733} * P^{0,1036} * Dd^{0,1694} * Dm^{0,5069} * L^{0,7376}$

Fonte: Autor, 2021.

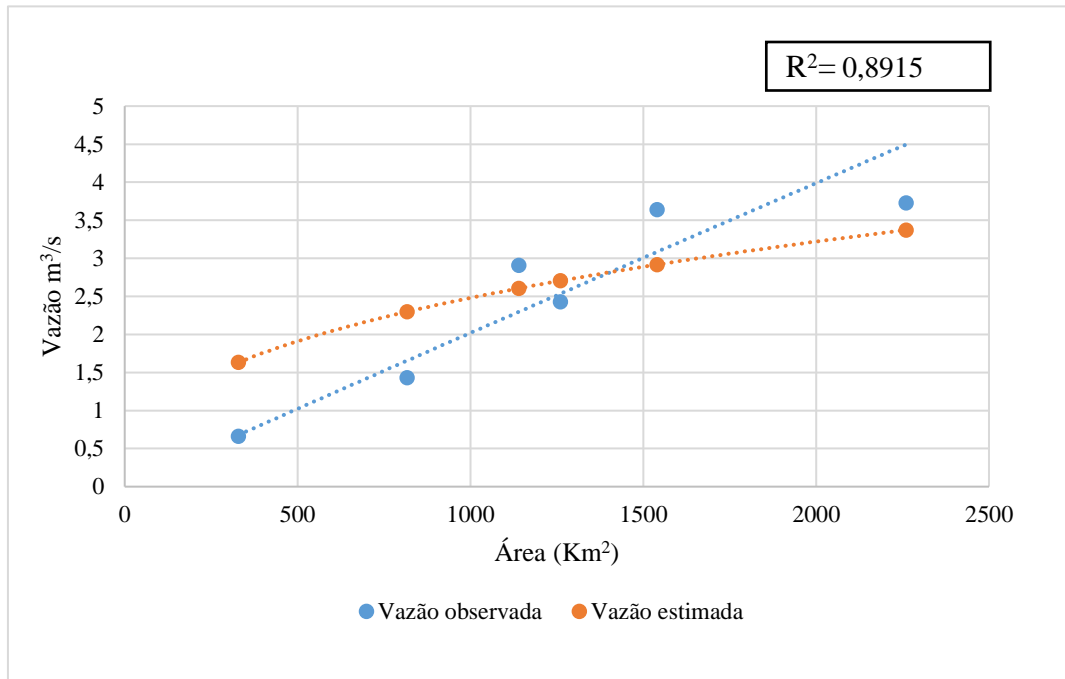
Para a vazão $Q_{(7;10)}$ o coeficiente de correlação encontrado é de 0,8665 para a equação 1, 3 e 4, a equação 5 obteve um R^2 de 0,8671, a equação que melhor se ajustou foi a equação 2 com as variáveis área e precipitação que melhor representaram as características da região, como pode ser observado nas Figuras 8 a 13.

Figura 9 – Correlação para a variável área



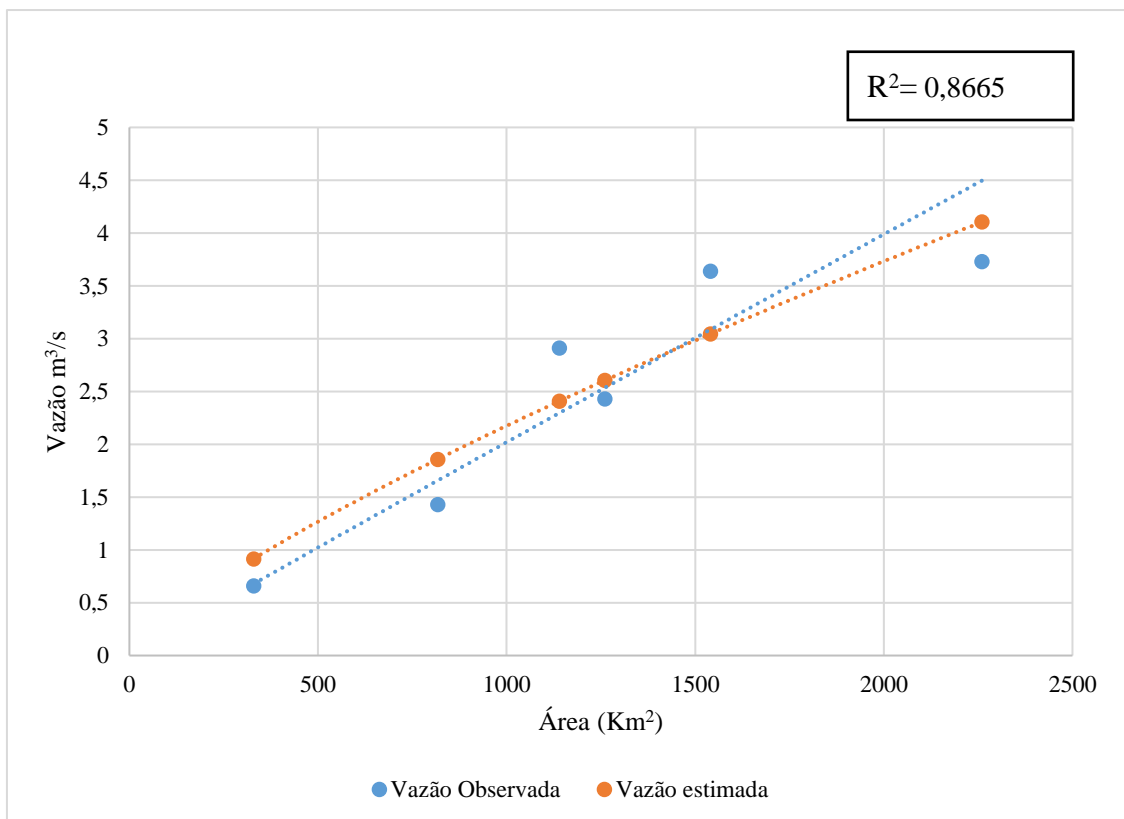
Fonte: Autor, 2021.

Figura 10 - Correlação para a variável área, precipitação



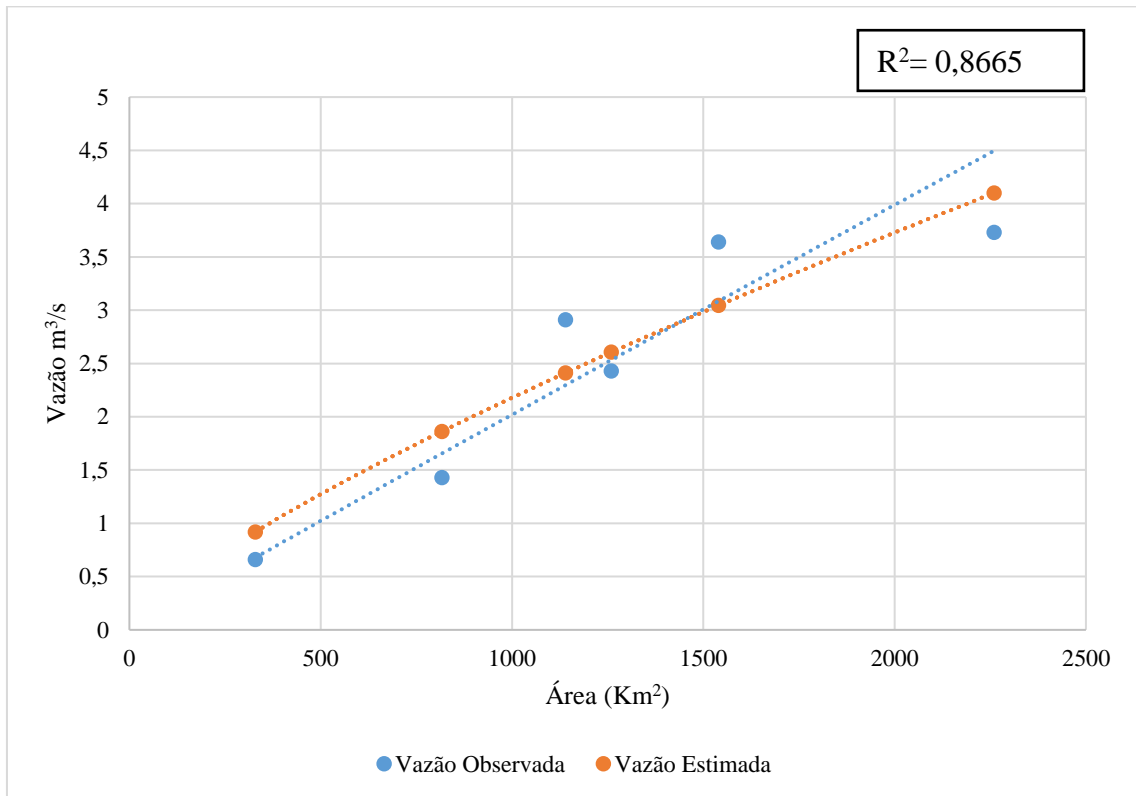
Fonte: Autor, 2021.

Figura 11 - Correlação para a variável área, precipitação e densidade de drenagem



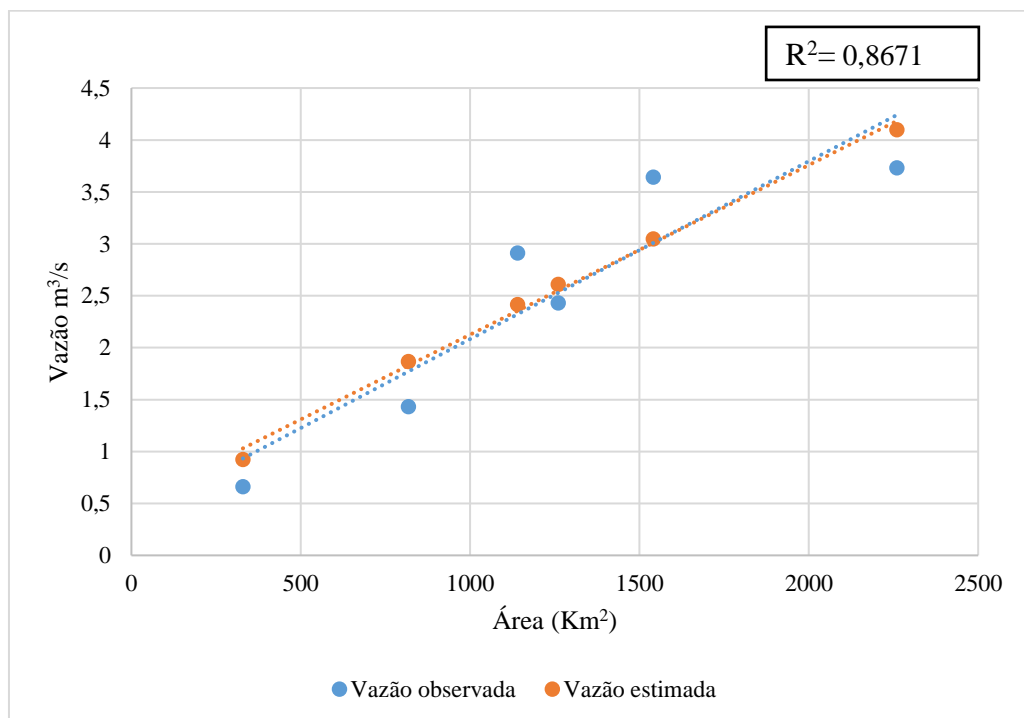
Fonte: Autor, 2021.

Figura 12 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade



Fonte: Autor, 2021.

Figura 13 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal



Fonte: Autor, 2021.

As equações para vazão de permanência de $Q_{(95)}$ são apresentadas no quadro 7.

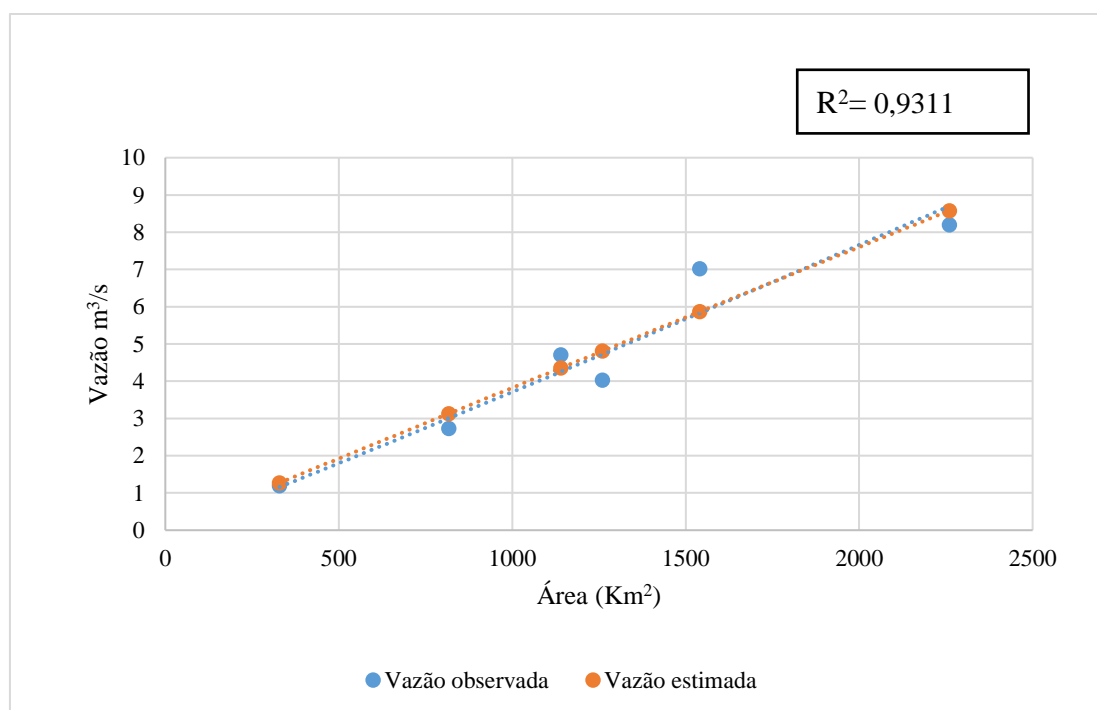
Quadro 7 - Equações obtida para vazão de permanência $Q_{(95)}$

VAZÃO DE PERMANÊNCIA $Q_{(95)}$	
Área	$Q_{(95)} = 0,3336 * A^{0,3748}$
Precipitação média anual	$Q_{(95)} = 0,3478 * A^{0,3762} * P^{0,1117}$
Densidade de drenagem	$Q_{(95)} = 0,0771 * A^{0,9903} * P^{0,0016} * Dd^{1,5236}$
Declividade média	$Q_{(95)} = 0,0809 * A^{0,9903} * P^{0,0016} * Dd^{1,3337} * Dm^{0,1785}$
Comprimento do rio principal	$Q_{(95)} = 0,0770 * A^{0,9905} * P^{0,0016} * Dd^{1,5042} * Dm^{0,1821} * L^{0,0767}$

Fonte: Autor, 2021.

Para vazão $Q_{(95)}$ em todas as equações foi encontrado um coeficiente de correlação de 0,9311, demonstrando um coeficiente de correlação razoavelmente aceitável, será apresentado apenas a o gráfico que representa a equação 5. Observa-se que na equação 4 os expoentes não variaram, deste modo a declividade não altera a equação, recomenda-se o uso apenas da equação3 com as variáveis área, precipitação e densidade de drenagem.

Figura 14 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal



Fonte: Autor, 2021.

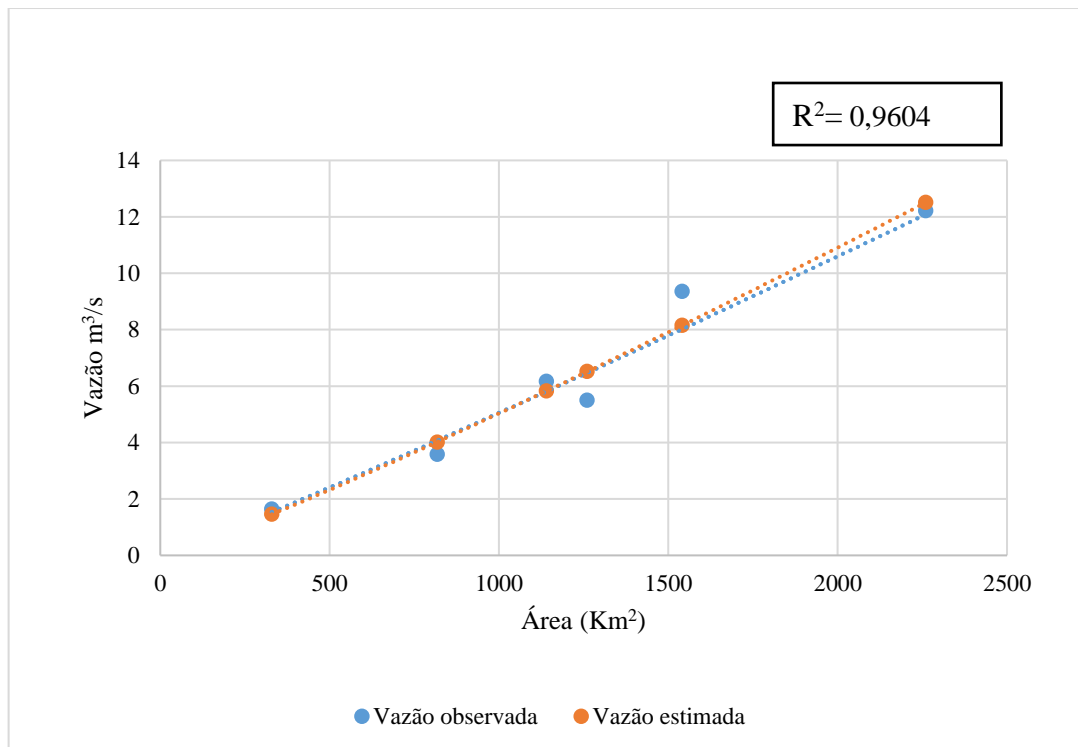
As equações obtidas para a vazão de permanência $Q_{(90)}$ estão apresentadas a seguir.

Quadro 8 - Equações para $Q_{(90)}$

VAZÃO DE PERMANÊNCIA $Q_{(90)}$	
Área	$Q_m(90) = 0,00,3 * A^{1,1164}$
Precipitação média anual	$Q_m(90) = 0,0022 * A^{1,1174} * P^{0,0005}$
Densidade de drenagem	$Q_m(90) = 0,0724 * A^{1,1161} * P^{0,0016} * Dd^{1,7939}$
Declividade média	$Q_m(90) = 0,0743 * A^{1,1160} * P^{0,0016} * Dd^{1,5894} * Dm^{0,1840}$
Comprimento do rio principal	$Q_m(90) = 0,0718 * A^{1,1161} * P^{0,0016} * Dd^{1,7641} * Dm^{0,1866} * L^{0,0749}$

Para a vazão $Q_{(90)}$ o coeficiente de correlação foi de 0,9604 para todas as simulações realizadas, mostrando um bom ajuste entre as variáveis dependentes e as variáveis explicativas, como demonstrados nas Figuras 15, será apresentado apenas a correlação entre as 5 variáveis, da mesma forma que aconteceu com a vazão $Q_{(95)}$ ocorreu para que $Q_{(90)}$, a equação não se alterou com inserção da variável declividade.

Figura 15 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal



Fonte: Autor, 2021.

As equações para vazão máxima estão apresentadas no quadro a baixo 9.

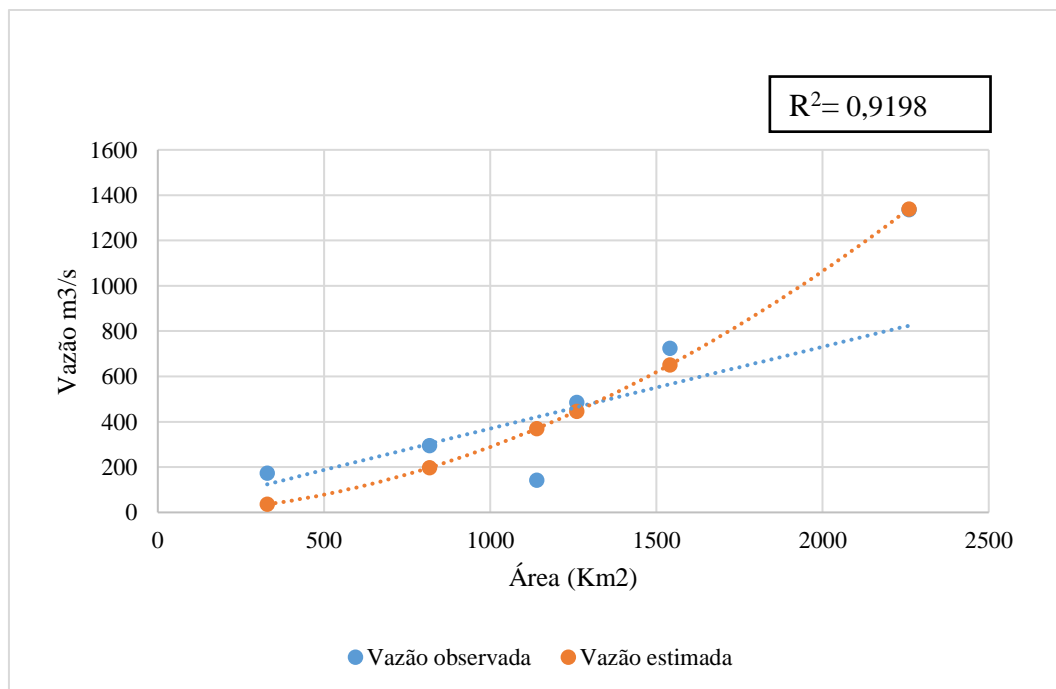
Quadro 9 – Equações para vazão máxima

VAZÃO MÁXIMA $Q_{(MAX)}$	
Área	$Q(max) = 0,0007 * A^{1,8809}$
Precipitação média anual	$Q(max) = 0,0007 * A^{1,8804} * P^{0,0005}$
Densidade de drenagem	$Q(max) = 0,0081 * A^{1,8812} * P^{0,0664} * Dd^{1,5481}$
Declividade média	$Q(max) = 0,0665 * A^{1,8809} * P^{0,0016} * Dd^{2,1570} * Dn^{0,1929}$
Comprimento do rio principal	$Q(max) = 0,0653 * A^{1,8997} * P^{0,0016} * Dd^{2,3302} * Dm^{0,1941} * L^{0,0723}$

Fonte: Autor, 2021.

Para vazão máxima o coeficiente de correlação teve variação de 0,9198 em todas as equações, será apresentada o gráfico que representa a equações 5, na vazão máxima pode-se observar que na equação 2 a precipitação não causou uma mudança nos valores dos expoentes e na equação 4 e 5 o expoente da precipitação permanece constante, a precipitação não é representativa neste caso, recomenda-se a utilização da equação 1 ou 3.

Figura 16 - Correlação para a variável área, precipitação, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal



Fonte: Autor, 2021.

6 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi realizado a regionalização das vazões mínima, média e máxima para bacia hidrográfica dos rios Turvo – Santa Rosa - Santo Cristo através do método tradicional, este procedimento é de grande utilidade na avaliação dos recursos hídricos de uma região, por meio deste método foi obtido equações de regionalização com base nas características físicas e climáticas (variável independentes) e vazões (variável dependente). Os dados de vazão e precipitação utilizados são provenientes site da ANA, foram selecionadas 9 estações pluviométricas e 6 estações fluviométricas com uma base de dados consistentes, os dados de vazão foram tratados através software SisCaH para obter as vazões $Q_{(7;10)}$, $Q_{(mld)}$, $Q_{(max)}$, $Q_{(90)}$, $Q_{(95)}$. As características físicas foram obtidas a partir do tratamento de imagens SRTM no ArcGis, estas características foram utilizadas na identificação das regiões homogêneas, inicialmente foram identificadas 4 regiões hidrologicamente homogêneas, mas, percebeu-se que não poderia ser aplicado a regionalização por falta de estações fluviométricas, então optou-se por trabalhar com a bacia hidrográfica sendo apenas uma região.

A aplicação do método tradicional consiste no ajuste estático de regressão entre as variáveis independentes e dependente, para realizar a regressão foi utilizado a ferramenta Solver do Excel, e então obtidas as equações com base nas variáveis área, precipitação média anual, densidade de drenagem, declividade e comprimento do rio principal, para validar as equações propostas foi verificada a correlação R^2 entre as vazões observadas e estimadas pelo modelo matemático.

Ao analisar os coeficientes de correlação R^2 , verifica-se que as vazões que melhor se ajustam ao modelo de regressão foram as vazões $Q_{(mld)}$ e $Q_{(90)}$, isto pode estar correlacionado ao fato de que estas vazões não foram variações busca no decorrer do tempo, como é o caso da vazão máxima ou mínima. O fato de ter sido feita apenas uma combinação entre as variáveis pode ser um dos motivos pelo qual as vazões $Q_{(95)}$, $Q_{(7;10)}$ e $Q_{(max)}$ não obterem um coeficiente de correlação ideal, outras hipóteses levantada e de que os dados de vazão não sejam coerentes, ou de que os postos fluviométricos não sejam estatisticamente independentes, destaca-se que não foi realizado nenhuma análise previa nestes dados de vazão, o que pode ter acarretado nos baixos coeficientes de correlação.

7 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Em trabalhos futuros recomenda-se que:

- Seja realizado o preenchimento de falhas nos dados provenientes das estações fluviométricas e pluviométrica;
- Seja realizado uma análise de sensibilidade nos dados dos postos fluviométricos;
- Recomenda-se verificar se há atualizações disponíveis para o Software SisCaH, para que seja possível incluir os anos de 2014 a 2020;
- Nos casos em que a correlação não foi satisfatória, aconselha-se realizar outras combinações com as variáveis explicativas.

8. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). *Manual de uso consuntivo da água no Brasil*. Brasília: ANA, 2019.

ATLAS SOCIOECONOMICO DO RIO GRANDE DO SUL. Clima temperatura e precipitação. Disponível em: [https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-eprecipitacao#:~:text=como%20Mesot%C3%A9rmico%20%C3%9Arido-O%20clima%20do%20Rio%20Grande%20do%20Sul%20%C3%A9%20Temperado%20do,%C3%9Arido%20\(classifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20K%C3%B6ppen\)](https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-eprecipitacao#:~:text=como%20Mesot%C3%A9rmico%20%C3%9Arido-O%20clima%20do%20Rio%20Grande%20do%20Sul%20%C3%A9%20Temperado%20do,%C3%9Arido%20(classifica%C3%A7%C3%A3o%20de%20K%C3%B6ppen)). Acesso em 06 mar. 2021.

BAENA, L. G. N. Regionalização de vazões para a bacia do rio Paraíba do Sul, a montante de Volta Redonda, a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente. 2002. 135 p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BAENA, L. G. N.; SILVA, D. D. da; PRUSKI, F. F.; CALIJURI, M. L. Regionalização de vazões com base em modelo digital de elevação para a bacia do Rio Paraíba Do Sul. *Revista Engenharia Agrícola*, v. 24, n. 3, p. 612–624, 2004.

BARBOSA, S. E.; BARBOSA JÚNIOR, A. R.; SILVA, G.Q.; RODRIGUES, V. C.; Geração de modelos de regionalização de vazões máximas, médias de longo período e mínimas de sete dias para a bacia do Rio do Carmo, Minas Gerais. *Revista Engenharia Ambiental e Sanitária*. Rio de Janeiro. vol. 10, n. 1, p. 64 a 71.

BAZZO, K. R.; GUEDES, A. S.; CASTRO, A.S.; SIQUEIRA, T. M.; TEIXEIRA-GRANDA, C. F. Regionalização da vazão Q95: Comparação de métodos para a bacia hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS. *Revista Ambiente e Água*. Taubaté. vol. 12, n.5, p. 855- 870, 2017.

BESKOW, S.; MELLO, C. R.; FARIAS, L. C.; SIMÕES, M. C.; CALDEIRA, T. L.; NUNES, S. G.S. Índices de sazonalidade para regionalização hidrológica de vazões de estiagem no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. Campina Grande, v.18, n.7, p.748–754, 2014.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, 09 jan. 1997.

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

CHAVES, H. M. L.; VADAS, R. G.; OLIVEIRA, R. V. T. 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, 2002.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 1, p. 111–124, 2008.

EUCLYDES, H. P.; FERREIRA, P.A.; PINTO, F. A.; VIGODERIS, R. B. Ferramenta para o planejamento e gestão de recursos hídricos nos estados de Minas Gerais – HIDROTEC. Viçosa: UFV, DEA; Brasília, DF: MMA; Belo Horizonte, MG: RURALMINAS. 2004.

NOVAES, L. F.; PRUSKI, F. F.; QUEIROZ, D.O; RODRIGUES, R. D. G.; SILVA, D. D.; Avaliação do desempenho de cinco metodologias de regionalização de vazões. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*. vol. 12, n. 2, p. 51-61. 2007.

RIO GRANDE DO SUL. Decreto nº 37.033, de 21 de novembro de 1996. Regulamenta a utorga do direito de uso da água no Estado do Rio Grande do Sul, prevista nos arts. 29, 30 e 31 da Lei n o 10.350, de 30 de dezembro de 1994. Diário Oficial da União, Brasília, 22 nov. 1996.

SEMA, RS. Bacia hidrográfica dos rios Turvo – Santa Rosa – Santo Cristo – U030. Disponível em:< <https://sema.rs.gov.br/u020-bh-passo-fundo>>. Acesso em 07 mar. 2021.

VOGEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. Flow duration curves I: new interpretation and confidence intervals. *Water Resources Planning Management*, v. 120, n. 4, p. 485- 504, 1994