



REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

**ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE VAZÕES MÁXIMAS E
A DEFINIÇÃO DAS COTAS PARA INSTALAÇÃO DE
EQUIPAMENTOS AUTOMÁTICOS NA
REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL DE
REFERÊNCIA (RHNR)**

**Rio: Meia Ponte
Estação Fluviométrica: Ponte Meia Ponte
Código: 60680000
Município: Itumbiara - GO**

**Goiânia
2025**

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL

DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL

PROGRAMA GESTÃO DE RISCOS E DE DESASTRES

Ação Levantamentos, Estudos, Previsão e
Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos

PROJETO DE REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES NAS BACIAS HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS

ANÁLISE DE FREQUÊNCIA DE VAZÕES MÁXIMAS E A DEFINIÇÃO
DAS COTAS PARA INSTALAÇÃO DE EQUIPAMENTOS
AUTOMÁTICOS NA REDE HIDROMETEOROLÓGICA NACIONAL DE
REFERÊNCIA (RHNR)

Rio: Meia Ponte

Estação Fluviométrica: Ponte Meia Ponte

Código: 60680000

Município: Itumbiara-GO

Denise Christina de Rezende Melo

Eber José de Andrade Pinto



Goiânia

2025

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTRO DE ESTADO

Alexandre Silveira de Oliveira

SECRETARIA NACIONAL DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Ana Paula Lima Vieira Bittencourt

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – SGB

DIRETORIA EXECUTIVA

Diretor Presidente

Francisco Valdir Silveira (interino)

Diretor de Hidrologia e Gestão Territorial

Alice Silva de Castilho

Diretor de Geologia e Recursos Minerais

Francisco Valdir Silveira

Diretor de Infraestrutura Geocientífica

Alice Silva de Castilho (Substituta)

Diretor de Administração e Finanças

Alice Silva de Castilho (Substituta)

COORDENAÇÃO TÉCNICA

Chefe do Departamento de Hidrologia

Andrea de Oliveira Germano

Chefe da Divisão de Hidrologia Aplicada

Emanuel Duarte Silva

Achiles Monteiro (*in memoriam*)

Chefe do Departamento de Gestão Territorial

Diogo Rodrigues Andrade da Silva

Chefe da Divisão de Geologia Aplicada

Tiago Antonelli

Coordenação Executiva do DEHID - Projeto Regionalização de Vazões

Eber José de Andrade Pinto

SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE GOIÂNIA

Superintendente

Marcelo Henrique da Silva Rosa (Interino)

Gerente de Hidrologia e Gestão Territorial

Vivian Athaydes Canello Fernandes

Gerente de Geologia e Recursos Minerais

Jônatas de Sales Macedo Carneiro

Gerente de Infraestrutura Geocientífica

Wilian Ribeiro de Padua

Gerente de Administração e Finanças

Alessandra Patricia Diniz

REALIZAÇÃO

Superintendência de Goiânia

AUTORES

Denise Christina de Rezende Melo

Eber José de Andrade Pinto

EQUIPE EXECUTORA

Denise Christina de Rezende Melo – SUREG/GO

Francisco Fernando Noronha Marcuzzo – SUREG/PA

Múcio Valença Virões – SUREG/RE

Paula Krsthina Cordeiro Freire – REFO

SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS E MAPA

Cristiane de Lima Pereira –SUREG/GO

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Maria Gasparina de Lima – SUREG/GO

Ficha Catalográfica
Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M528p Melo, Denise Christina de Rezende.

Projeto de regionalização de vazões nas bacias hidrográficas brasileiras: análise de frequência de vazões máximas e a definição das cotas para instalação de equipamentos automáticos na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR): rio: Meia Ponte, estação fluviométrica: Ponte Meia Ponte, código: 60680000, município: Itumbiara-GO / Denise Christina de Rezende Melo, Eber José de Andrade Pinto. Goiânia: Serviço Geológico do Brasil, 2025.

1 recurso eletrônico: PDF

Programa Gestão de Riscos e de Desastres.

Ação levantamentos, estudos, previsão e alerta de eventos hidrológicos críticos.

ISBN 978-65-5664-648-0

1. Hidrologia. 2. Vazões naturais. 3. Bacias hidrográficas. I. Pinto, Eber José de Andrade Pinto. II. Título.

CDD 551.48

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Maria Gasparina de Lima CRB-1 / 1243

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil – SGB
Permitida a reprodução desta publicação desde que mencionada a fonte

Serviço Geológico do Brasil - SGB

www.sgb.gov.br

<https://rigeo.sgb.gov.br>

seus@sgb.gov.br

APRESENTAÇÃO

O projeto Regionalização de Vazões nas Bacias Hidrográficas Brasileiras é uma iniciativa dentro do programa de Gestão de Riscos e Resposta a Desastres que tem por objetivo ampliar o conhecimento sobre a disponibilidade hídrica no território nacional, bem como, sobre a frequência de ocorrência das vazões e/ou das cotas.

O conhecimento da disponibilidade de água doce de uma bacia hidrográfica é o principal instrumento de gestão de recursos hídricos, com base no qual pode ser concedido de forma adequada e sustentável o direito de uso deste bem, seja para fins energéticos, de irrigação, de abastecimento e outros. Além disto, o conhecimento da frequência é uma informação útil para o planejamento nos setores elétrico, agrícola, abastecimento público e na adoção de políticas públicas.

Dentre os objetivos da ação dos Levantamentos, Estudos, Previsão e Alerta de Eventos Hidrológicos Críticos, destaca-se a realização de estudos de análise de frequência local das séries históricas de vazões máximas ou cotas máximas das estações fluviométricas.

A análise de frequência possibilita a determinação das vazões máximas ou cotas máximas associadas a uma probabilidade de ser igualda ou superada. Os resultados da análise, ou seja, os quantis, serão utilizados como valores de projeto no dimensionamento de diversas estruturas hidráulicas ou de aproveitamento dos recursos hídricos. Esta análise estatística também pode ser utilizada de forma inversa, ou seja, estimar a frequência de um evento de cheia ocorrido, definindo se o evento foi raro ou ordinário. Tipo de informação que é bastante útil para sistemas de alerta de cheias que poderão divulgar, além das previsões e dos valores observados, a raridade do evento acompanhado.

Este estudo apresenta os resultados da análise de frequência das vazões máximas observadas e a recomendação de cotas (níveis) para instalação de equipamentos automáticos no rio Meia Ponte especificamente na estação fluviométrica Ponte Meia Ponte, código 60680000. Esta estação fluviométrica faz parte da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR) e constitui um ponto de acompanhamento das vazões e cotas nesta região, no Estado de Goiás.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	6
2 – METODOLOGIA.....	11
2.1 – Análise de Frequência Local	11
2.2 – Definição das Cotas para Instalação de Equipamentos Automáticos na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência	13
3 – RESULTADOS	17
3.1 – Análise de Frequência Local	17
3.2 – Definição das Cotas para Instalação de Equipamentos Automáticos na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência	18
4 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO	20
REFERÊNCIAS	22
ANEXO I - Ficha Descritiva da Estação Fluviométrica Ponte Meia Ponte, código 60680000.....	24
ANEXO II - Distribuições de Gumbel e Log-Normal	28
ANEXO III - Série de Dados Utilizados – Cotas e Vazões máximas por ano hidrológico, Curva-Chave e Estatísticas da série	31

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Localização das estações fluviométricas da RHNR sob a responsabilidade da Superintendência Regional de Goiânia.	7
Figura 2 - Localização da seção de réguas da estação fluviométrica de Ponte Meia Ponte.....	8
Figura 3 - Localização da estação fluviométrica de Ponte Meia Ponte.	9
Figura 4 - Perfil transversal da seção de réguas da estação Ponte Meia Ponte.	10
Figura 5 - Ajuste das distribuições empírica e teórica..	17
Figura 6 - Cota mínima de instalação de equipamentos na seção de réguas da estação Ponte Meia Ponte.....	19

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Objetivos Gerais da RHNR.....	13
Tabela 2 - Riscos Hidrológicos	15
Tabela 3 - Probabilidade de não ocorrer ao menos um evento igual ou superior a cheia de T anos em n anos de vida útil.....	15
Tabela 4 - Critérios para instalação dos equipamentos da RHNR	16
Tabela 5 - Vazões associadas a diferentes tempos de retorno	18
Tabela 6 - Cotas para instalação dos equipamentos da estação Ponte Meia Ponte.....	19

1 – INTRODUÇÃO

O estudo das águas superficiais é fundamental para adequada gestão dos recursos hídricos. Para que isto ocorra se faz necessário a implantação de uma rede de monitoramento hidrológico que seja eficiente e capaz de fornecer informações necessárias aos usos múltiplos das águas fluviais.

Conforme Maranhão e Pereira (2017), as primeiras iniciativas institucionais do estabelecimento da Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN, início do século XX, ocorrem através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalando as primeiras estações no Brasil. Em 1934 o Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) estende a atuação hidrológica pelo país. Em 1960 é criado o Departamento Nacional de Águas e Energia (DNAE) que recebe, entre suas atribuições, as atividades de hidrologia nacional. Porém em 1969, com novas competências relacionadas ao setor elétrico, passa a se chamar Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE). Também neste ano surge a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), através do Decreto-Lei nº 764, de 15 de agosto de 1969, absorvendo a atividade de manutenção e operação da RHN sob responsabilidade do DNAEE. Em 28 de dezembro de 1994, pela Lei nº 8.970, a CPRM passa a ser uma empresa pública, com funções de Serviço Geológico do Brasil (SGB).

Assim nasce a parceria entre a Agência Nacional de Águas (ANA), criada através da Lei nº 9.984/2000, art.4, inciso 13, e o Serviço Geológico do Brasil (SGB/CPRM), principal parceiro no planejamento, gerenciamento e operação da RHN – Rede Hidrometeorológica Nacional, através do Acordo de Cooperação Técnica – ACT nº 003/2014, com o intuito de revitalizar a capacitação técnica dos profissionais envolvidos e revisar a rede de monitoramento existente no Brasil.

Em agosto de 2015, ANA e SGB/CPRM firmaram um Memorando de Entendimento com o Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS, *United States Geological Survey*) dedicado à capacitação técnica dos seus profissionais. E a partir deste evento, foi definido pelos especialistas envolvidos a revisão da rede existente, construindo uma Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência – RHNR para atender com excelência as demandas da gestão de recursos hídricos brasileira, promovendo dados confiáveis e representativos. Esta rede deverá atender os interesses da União a partir de 06 objetivos gerais: Transferência e compartilhamento Interestaduais e Internacionais, eventos hidrológicos críticos, balanços e disponibilidades hídricas, mudanças e tendências de longo prazo, qualidade da água e regulação dos recursos hídricos

A Figura 1 mostra a área do projeto da RHNR, com a localização das 42 estações fluviométricas sob a responsabilidade da Superintendência Regional de Goiânia (SUREG-GO), onde pode-se ver em destaque a bacia do rio Meia Ponte.

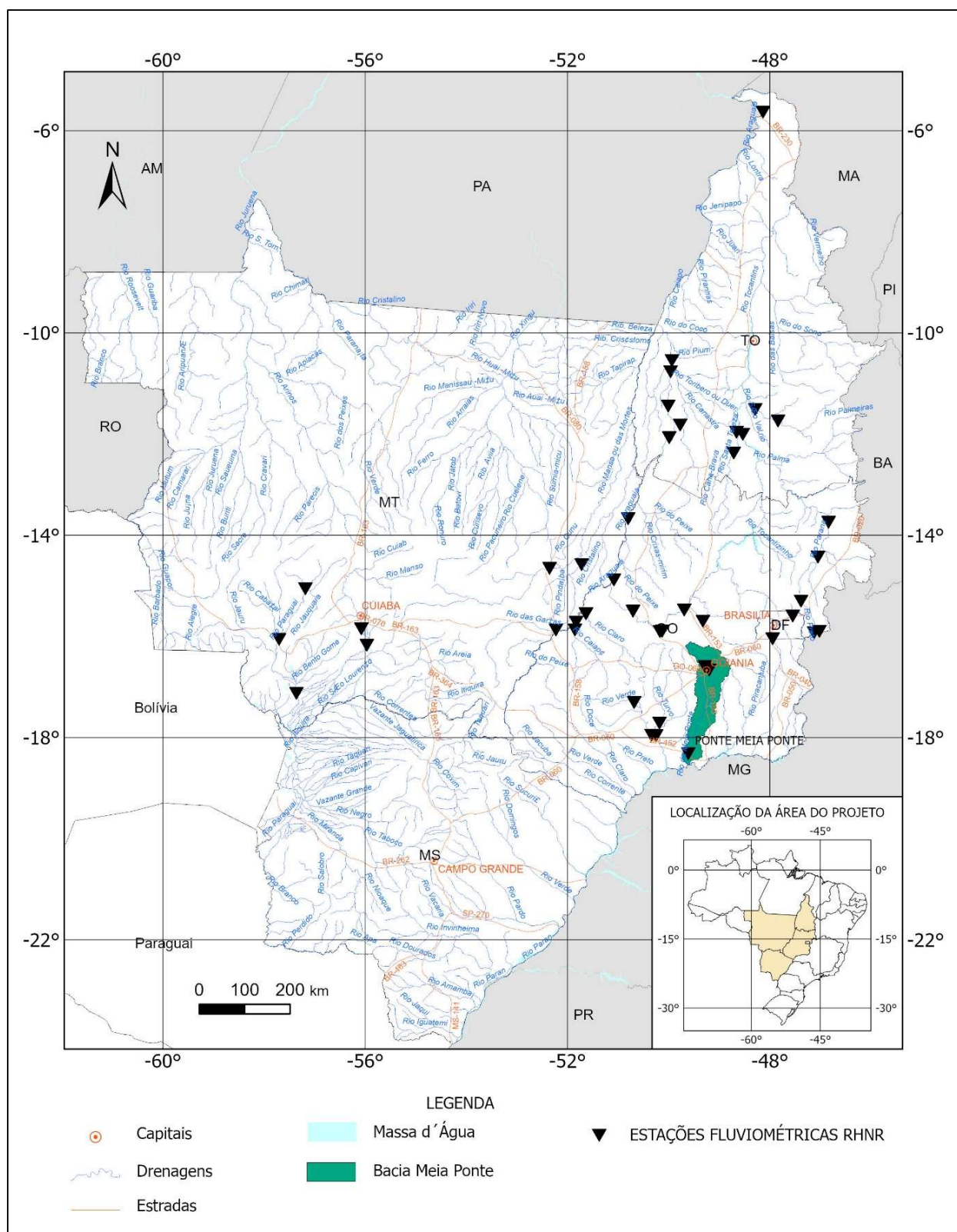


Figura 1 – Localização das estações fluviométricas da RHNR sob a responsabilidade da Superintendência Regional de Goiânia. Fonte: equipe do projeto.

A estação fluviométrica de Ponte Meia Ponte, código 60680000, está localizada na Latitude 18°20'56"S e Longitude 49°36'06"O. Instalada na margem direita do rio Meia Ponte, no município de Itumbiara, estado de Goiás, com uma área de drenagem de 11.500 km². Desde setembro de 1952 existem réguas linimétricas instaladas para realização de duas leituras diárias dos níveis do rio (7h e 17h) e são realizadas medições de descarga líquida, sendo a seção de medição localizada próximo a seção de réguas. E desde setembro de 2017, estão instalados equipamentos automáticos para registro contínuo e transmissão dos níveis do rio Meia Ponte. Ao longo do histórico da estação não houve mudança da cota do zero da régua. A Figura 2 mostra a localização da seção de réguas.



Figura 2 - Localização da seção de réguas da estação fluviométrica de Ponte Meia Ponte. Fonte: Google Earth (2024) e arquivo fotográfico do Projeto da RHN.

A bacia hidrográfica do rio Meia Ponte está localizada no centro-sul do estado de Goiás, na Região Hidrográfica do Paraná. Possui área de drenagem de 12.323 km² e comprimento de 415 km. Sua nascente localiza-se na Serra dos Brandões, no município de Itauçu, em uma altitude de 1.300 m. E sua foz na margem direita do Rio Paranaíba, no município de Cachoeira Dourada, em uma altitude de 250 m. Os principais afluentes são: Ribeirão João Leite, Ribeirão das Caldas e Rio dos Dourados.

A Figura 3 ilustra a localização da estação de Ponte Meia Ponte, ao sul da bacia, e no estado de Goiás. Maiores detalhes sobre a estação Ponte Meia Ponte podem ser encontrados na sua ficha descritiva, no Anexo 1.

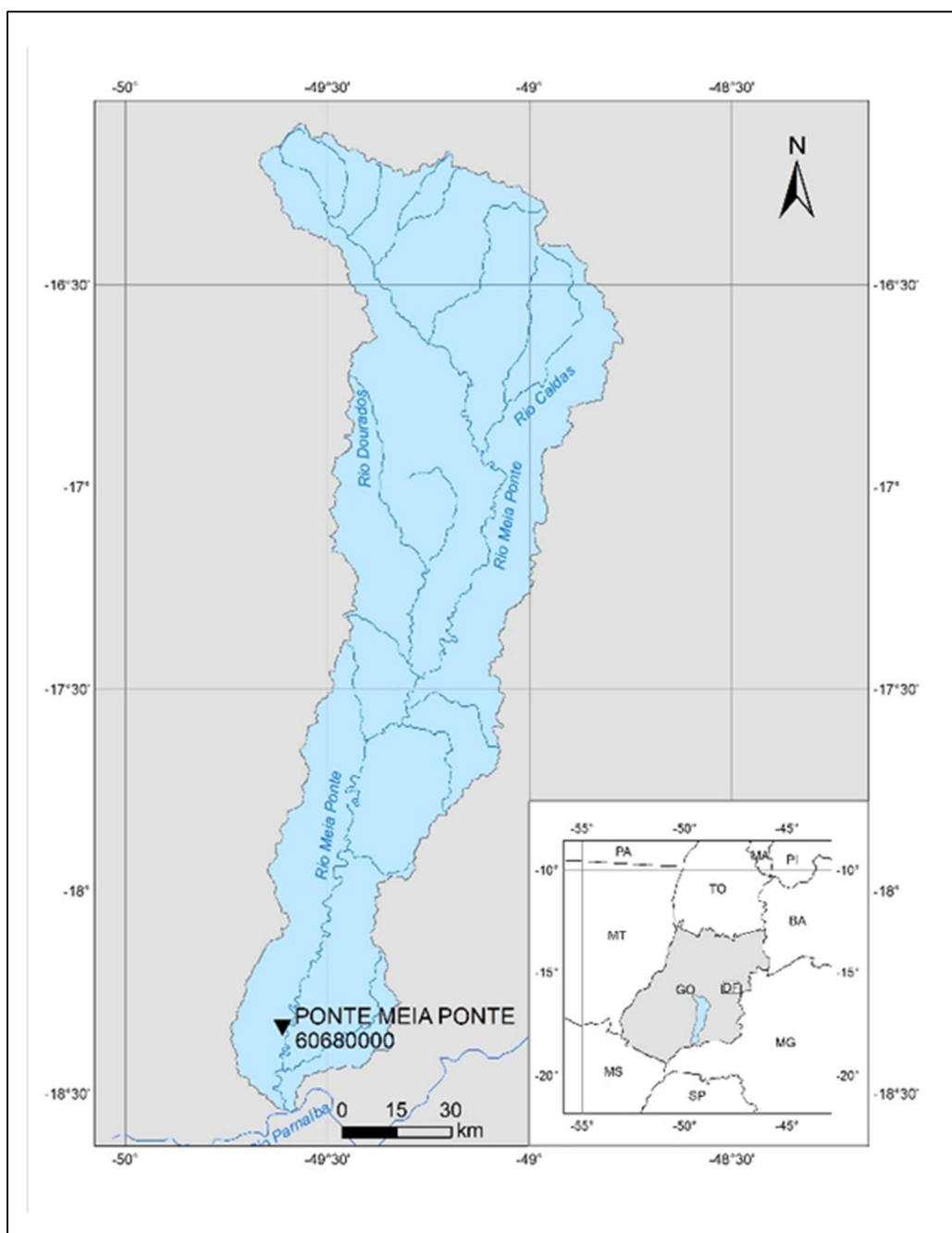


Figura 3 - Localização da estação fluviométrica de Ponte Meia Ponte.

Fonte: Equipe do projeto.

A Figura 4 apresenta o perfil transversal na seção de réguas da estação, levantado em 2024, com as medições simultâneas de vazões e cotas realizadas entre setembro de 1952 e abril de 2025. A máxima cota observada nas réguas, com valor de 543 cm, ocorreu em 21/03/2005 e a cota máxima medida, com valor de 343 cm, ocorreu em 24/03/2015. A diferença entre a máxima cota observada e a máxima cota medida é de 200 cm.

A série de cotas máximas por ano hidrológico, apresentada no Anexo III, apresenta 43 valores superiores a 343 cm, cota da vazão máxima medida. A razão entre a cota máxima observada e a cota máxima com medição de vazão é 1,58 (543 cm / 343 cm), sendo uma extrapolação de 200 cm. Essa extrapolação está acima do valor ideal, pois segundo Tucci (2002), a melhor curva-chave, com menor extrapolação do tramo superior, possui a razão entre as cotas máximas observadas e com medição de vazão inferior a 1,25. Necessitando da realização de mais medições acima da cota máxima medida 343 cm.

As características mencionadas no parágrafo anterior criam dificuldades para a extrapolação do tramo superior da curva-chave e ampliam a incerteza na estimativa das vazões a partir das cotas superiores a tal máxima medida de 343 cm. Todavia, é necessário mencionar que as medições de vazões em cotas altas envolvem riscos à segurança dos técnicos que podem inviabilizar a realização do trabalho e, além disso, a frequência de ocorrência de grandes cheias pode ser baixa.

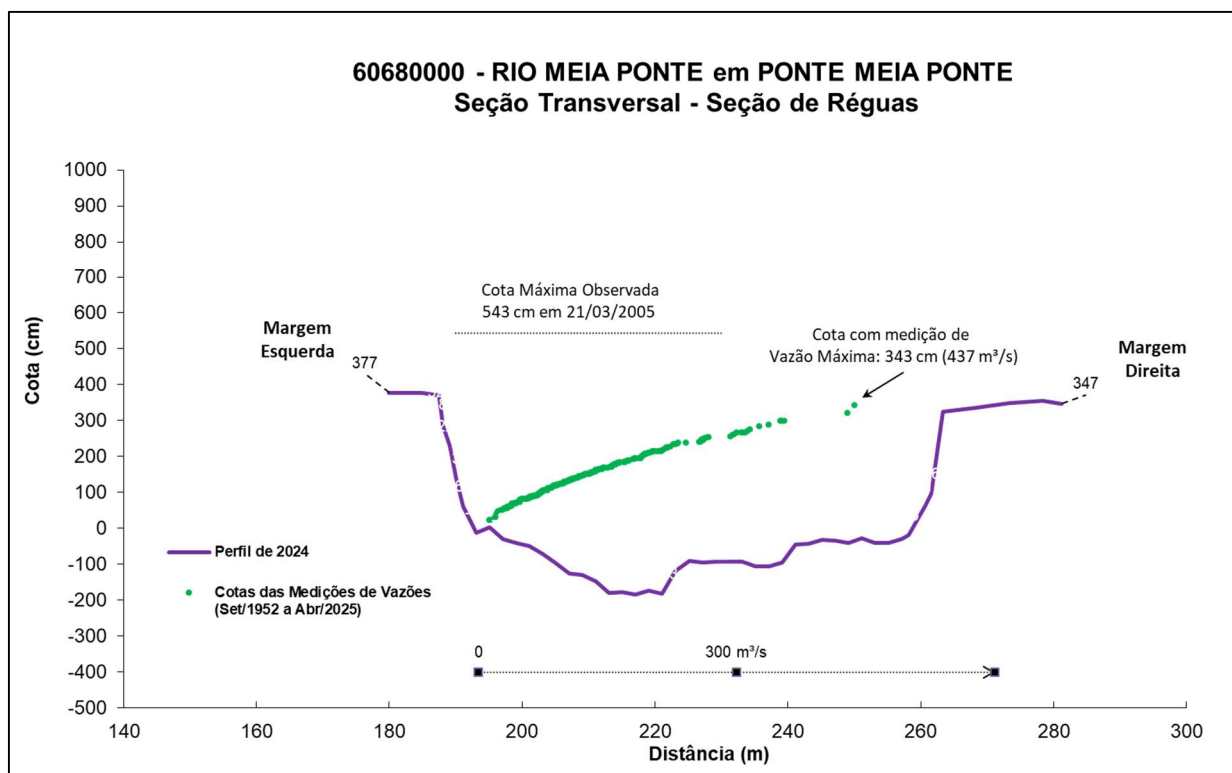


Figura 4 - Perfil transversal da seção de réguas da estação Ponte Meia Ponte.

Fonte: elaborado pelos autores.

2 – METODOLOGIA

2.1 – Análise de Frequência Local

A análise estatística deve ser realizada utilizando séries históricas representativas do processo analisado, sem a presença de erros acidentais ou sistemáticos e possuindo um número mínimo de elementos para garantir uma boa confiabilidade nas extrapolações. Sendo recomendável o emprego de séries com pelo menos 30 anos, hidrológicos ou civis, e aceitável no mínimo 15 anos.

Considerando Pinto (2013) e Naghettini e Pinto (2007), foram definidas as seguintes etapas para análise de frequência local de máximos:

- Avaliar a consistência dos dados e organizar a série de cotas ou vazões máximas por ano hidrológico ou civil.

Na etapa de consistência procura-se identificar problemas com os registros de cotas ou vazões que poderiam desacreditar as informações. Para tanto podem ser realizados métodos consagrados no meio técnico, por exemplo, verificar: se há mudança do zero da régua (mudança de referência); a presença de erro de metro ou de 1/2 metro nas cotas; a presença de erro de digitação. Comparar a cota máxima com a cota média diária, as cotas máximas da série disponível nos bancos de dados com os boletins de campo. Avaliar: o comportamento dos cotogramas das estações de montante e jusante, os dados que estão como duvidosos ou estimados e o preenchimento de falhas (com média e PCD). Verificar as medições de vazões e a continuidade das vazões. Analisar as curvas-chaves.

- Verificar a presença de valores atípicos (*outliers*)

A presença de valores atípicos superiores e inferiores é avaliada com o critério baseado na amplitude interquartil, AIQ (Naghettini; Pinto, 2007, p. 39), e com o teste de Grubbs e Beck (Naghettini; Pinto, 2007, p. 287). O valor atípico pode ter origem em erros de medição ou de processamento, mas também pode ser o produto de causas naturais indeterminadas. Se for identificado que o valor atípico é inconsistente, este deve ser excluído da amostra. Mas se foi realmente observado, deve-se avaliar a manutenção ou retirada do mesmo. Pois, a presença de pontos atípicos em uma dada amostra, pode afetar drasticamente o ajuste da distribuição de probabilidades.

- Avaliar a independência, a homogeneidade e a estacionariedade das séries.

A independência dos valores de uma série significa que nenhuma observação pode influenciar a ocorrência, ou não ocorrência, da observação seguinte. No projeto de Regionalização de Vazões do Brasil a hipótese de independência é avaliada com o teste não paramétrico proposto por Wald e Wolfowitz (1943). A descrição detalhada deste teste é encontrada em Naghettini e Pinto (2007, p. 264).

Uma amostra é considerada homogênea quando todos os elementos provêm de

uma única e idêntica população. A recomendação é avaliar a homogeneidade da série por meio do teste não-paramétrico proposto por Mann e Whitney (1947), o qual está descrito em detalhes em Naghettini e Pinto (2007, p. 265).

A estacionariedade de uma série, de um ponto de vista intuitivo, está associada a não alteração das características estatísticas ao longo do tempo. O que significa a não existência de tendências, saltos e outras propriedades. Nos trabalhos da regionalização a verificação da estacionariedade das séries é efetuada pelo teste não-paramétrico de Spearman, o qual encontra-se descrito em Naghettini e Pinto (2007, p. 267).

- Estimar a distribuição empírica.

A estimativa da distribuição empírica é realizada com ordenação decrescente da série e o cálculo da posição de plotagem pela fórmula de Weibull, ou seja, no caso de séries de máximos por ano hidrológico ou civil temos $P(P > p) = m/(N + 1)$, onde m é número de ordem e N o tamanho de amostra.

- Definir as distribuições teóricas de probabilidades candidatas a modelagem das vazões ou cotas máximas por ano hidrológico ou civil.

A definição da distribuição teórica de probabilidade é de suma importância, pois valores calculados para um mesmo período de retorno podem apresentar grandes variações, quando estimados por diferentes distribuições. Nos estudos de análise de frequência local de máximos do projeto de regionalização são adotadas as distribuições candidatas de Gumbel e Log-Normal, de 2 parâmetros, conforme recomendação de Hosking e Wallis (1997).

- Calcular os parâmetros das distribuições teóricas de probabilidades candidatas.

A estimativa dos parâmetros das distribuições candidatas é efetuada pelo método dos momentos-L (Hosking; Wallis, 1997). O Anexo II apresenta as funções densidade e acumulada de probabilidades das distribuições candidatas e as equações para cálculo dos parâmetros.

- Definir a distribuição teórica que será adotada na modelagem das séries a partir da verificação da aderência à distribuição empírica.

A aderência da distribuição teórica candidata à curva da distribuição empírica é verificada pelo teste de Kolmogorov-Smirnov. A descrição detalhada destes testes é encontrada em Naghettini e Pinto (2007, p. 275-278).

- Estimar os quantis associados a diferentes tempos de retorno.

Após a conclusão das etapas anteriores, calcular os quantis associados a diferentes tempos de retorno de interesse.

2.2 – Definição das Cotas para Instalação de Equipamentos Automáticos na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência

Segundo o relatório Maranhão e Pereira (2017), a implantação da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR) buscará atender os interesses da União agrupados em 6 (seis) objetivos gerais. A Tabela 1 apresenta estes objetivos.

Tabela 1 - Objetivos Gerais da RHNR

Nº	Objetivos Gerais
1	Transferências e Compartilhamentos Interestaduais e Internacionais
2	Eventos Hidrológicos Críticos
3	Balanços e disponibilidades hídricas
4	Mudanças e tendências de longo prazo
5	Qualidade da água
6	Regulação dos Recursos Hídricos

Fonte: elaborado pelos autores.

A locação e instalação de uma estação fluviométrica que comporá uma rede deverá atender vários critérios como os descritos em Maranhão e Pereira (2017), World Meteorological Organization (2010), Sauer e Turnipseed (2010), ANA e SGB (2021), Kenney (2010) e Rantz *et al.* (1982). Em relação a instalação de equipamentos automáticos na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR) o relatório de Maranhão e Pereira (2017), apresenta os seguintes critérios em relação ao posicionamento dos equipamentos:

Página 27 do arquivo PDF

“...A cota máxima é importante para a posição ideal da PCD, das referências de níveis - RNs e das quantidades de lances de réguas a serem instaladas na futura estação. ...”

Página 33 do arquivo PDF

“...73. Sobre o abrigo da PCD.

Deve estar localizada acima do nível de cheia; ...”

Além de Maranhão e Pereira (2017), destacam-se World Meteorological Organization (2010) e Sauer e Turnipseed (2010) como referências que tratam sobre este tema de locação de estação fluviométrica e posicionamento de equipamentos.

World Meteorological Organization (2010) sugere os seguintes critérios para posicionamento de equipamentos em uma estação fluviométrica: “...

- **Os instrumentos, abrigo e outra edificação devem estar acima de todos os níveis de inundação registrados. Sensores de nível devem permitir tanto a medição de inundações como de secas. ...**

Em relação aos níveis altos da água (cotas altas), World Meteorological Organization (2010), além do item acima, também afirma que “...devem ser pesquisadas as marcas de cheia de grandes enchentes do passado, bem como indagado aos moradores locais sobre os níveis de enchentes históricas. Essas informações deverão ser utilizadas pelo engenheiro para tomar uma decisão sobre a

elevação na qual o registrador de níveis (cotas) deve ser instalado para ficar acima de quaisquer enchentes que provavelmente ocorrerão no futuro. O abrigo do registrador deve ser instalado de forma a ser protegido de detritos transportados durante grandes enchentes. Também devem ser pesquisadas evidências sobre grandes mudanças no curso d'água, incluindo erosão e deposição nas margens que ocorreram durante enchentes notáveis do passado. Essas evidências, se encontradas, dão alguma indicação de mudanças que podem ser esperadas na ocorrência de grandes enchentes do futuro..." (Tradução livre).

Sauer e Turnipseed (2010) sugerem vários critérios para a escolha do local de instalação uma nova estação fluviométrica que fará parte da *USGS National Streamflow Information System (NSIP)*. Em relação ao posicionamento de equipamentos faz as seguintes menções: "...

- O poço tranquilizador, por exemplo o tubulão do linígrafo (se usado), e o abrigo do instrumento registrador dos níveis dá água (cotas) podem estar localizados em uma margem do curso d'água, ponte, represa ou outra estrutura adequada, desde que os outros critérios de seleção do local sejam atendidos. **Não instale a estrutura que abrigará os equipamentos registradores de nível (cota) onde ela possa sofrer danos durante enchentes.**
- **O abrigo de instrumentos deve ser instalado em uma cota alta o suficiente para estar acima do nível de inundação de 0,5% de excedência (200 anos), se possível. ..."**

Analisando as recomendações de World Meteorological Organization (2010), Sauer e Turnipseed (2010) e Maranhão e Pereira (2017) fica clara a preocupação com o posicionamento dos equipamentos de forma a garantir a medição dos níveis (cotas) dos grandes eventos de cheias. Sauer e Turnipseed (2010) se diferenciam de World Meteorological Organization (2010) e Maranhão e Pereira (2017) ao definir que os equipamentos devem ser instalados, se possível, em uma cota alta o suficiente para estar acima do nível de inundação de 0,5% de excedência (200 anos), ou seja, um critério objetivo.

Ao se adotar um tempo de retorno, T , como referência na definição do nível mínimo para instalação dos equipamentos também se assume uma probabilidade de que pelo menos um evento igual ou superior a cheia de T anos possa ocorrer em n anos de vida útil. Essa probabilidade é o risco hidrológico, $R = 1 - [1 - (1/T)]^n$. No caso de uma estação fluviométrica, a vida útil é o número de anos de operação.

A Tabela 2 apresenta os riscos hidrológicos associados aos tempos de retorno de 100, 200 e 250 anos para diferentes vidas úteis.

Tabela 2 - Riscos Hidrológicos

T (anos)	“Vida Útil”, n anos de operação da estação fluviométrica								
	20	30	50	69	100	138	173	200	250
100	18,2%	26,0%	39,5%	50,0%	63,4%	75,0%	82,4%	86,6%	91,9%
200	9,5%	14,0%	22,2%	29,2%	39,4%	49,9%	58,0%	63,3%	71,4%
250	7,7%	11,3%	18,2%	24,2%	33,0%	42,5%	50,0%	55,1%	63,3%

Fonte: elaborado pelos autores.

Quando o risco hidrológico supera 50%, a probabilidade de ocorrer pelo menos um evento igual ou superior a cheia de T anos em n anos de vida útil é maior que a probabilidade de não ocorrer pelo menos uma vez tal evento. Observa-se na Tabela 2, que o risco hidrológico para eventos de 100 anos de tempo de retorno passa a ser superior a 50% quando a vida útil é maior que 69 anos. No caso de eventos de 200 anos de tempo de retorno, o risco hidrológico será maior que 50% quando a vida útil superar 138 anos e, 173 anos no caso de tempo de retorno de 250 anos.

De forma inversa, a Tabela 3 apresenta as probabilidades de não ocorrer ao menos um evento igual ou superior a cheia de T anos em n anos de vida útil.

Tabela 3 - Probabilidade de não ocorrer ao menos um evento igual ou superior a cheia de T anos em n anos de vida útil.

T (anos)	“Vida Útil”, n anos de operação da estação fluviométrica								
	20	30	50	69	100	138	173	200	250
100	81,8%	74,0%	60,5%	50,0%	36,6%	25,0%	17,6%	13,4%	8,1%
200	90,5%	86,0%	77,8%	70,8%	60,6%	50,1%	42,0%	36,7%	28,6%
250	92,3%	88,7%	81,8%	75,8%	67,0%	57,5%	50,0%	44,9%	36,7%

Fonte: elaborado pelos autores.

Baseando-se nas recomendações de World Meteorological Organization (2010), Sauer e Turnipseed (2010) e Maranhão e Pereira (2017), considerando os objetivos gerais da RHN, bem como a ocorrência das grandes cheias no Brasil, como por exemplo a enchente de maio de 2024 no Rio Grande do Sul, e com o objetivo de garantir a medição dos níveis (cotas) dos grandes eventos de cheias que podem ocorrer no futuro, sugere-se os critérios apresentados na Tabela 4 para definição da cota mínima para instalação dos equipamentos da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR).

Tabela 4 - Critérios para instalação dos equipamentos da RHNR

Objetivos gerais	CRITÉRIO – Considerando o objetivo da estação fluviométrica, instalar os equipamentos de registro de níveis na maior cota entre as opções.
Transferências e Compartilhamentos Interestaduais e Internacionais ¹	A cota associada a cheia de 200 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0m (um metro)
Eventos Hidrológicos Críticos ²	A cota associada a cheia de 250 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0m (um metro)
Balanços e disponibilidades hídricas ³	A cota associada a cheia de 100 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0m (um metro)
Mudanças e tendências de longo prazo ¹	A cota associada a cheia de 200 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0m (um metro)
Qualidade da água ¹	A cota associada a cheia de 200 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0m (um metro)
Regulação dos Recursos Hídricos ³	A cota associada a cheia de 100 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0m (um metro)

1-O registro de grandes cheias é importante para garantir o atendimento dos objetivos, bem como, preservar os equipamentos caros dos efeitos deletérios da passagem de uma enchente.

2-Os eventos críticos de maio de 2024 no Rio Grande do Sul ensinaram a importância de não se perder os equipamentos na passagem de eventos raros.

3-O atendimento dos objetivos não será significativamente prejudicado se houver a perda do registro da passagem de eventos de grandes cheias.

Fonte: elaborado pelos autores.

3 – RESULTADOS

3.1 – Análise de Frequência Local

A análise de frequência local das vazões do rio Meia Ponte na estação Ponte Meia Ponte, código 60680000, foi efetuada utilizando a série de vazões máximas por ano hidrológico (01/outubro a 30/setembro), apresentadas no Anexo III. A distribuição de frequência selecionada foi a Log-Normal, com os parâmetros calculados pelo método dos momentos-L e também apresentados no Anexo III, sendo selecionada por apresentar menor desvio padrão dos resíduos entre a distribuição empírica e a teórica, e melhor ajuste visual no papel de probabilidades. A Figura 5 apresenta o gráfico com as distribuições empírica e teórica ajustadas.

A inversa da distribuição Log-Normal é a calculada da seguinte forma:

$$x_T = EXP(\mu + \sigma \cdot Z_{(1-1/T)}) \quad (1)$$

Onde:

T é o tempo de retorno (anos)

x_T é o quantil associado a tempo de retorno, T

$Z_{(1-1/T)}$ é o valor da variável normal padrão associada a probabilidade $(1 - 1/T)$. Pode ser obtida em tabelas ou empregando métodos numéricos para inverter $\Phi(x)$ apresentada no Anexo II.

μ é o parâmetro de posição (6,2476)

σ é o parâmetro de escala (0,3272)

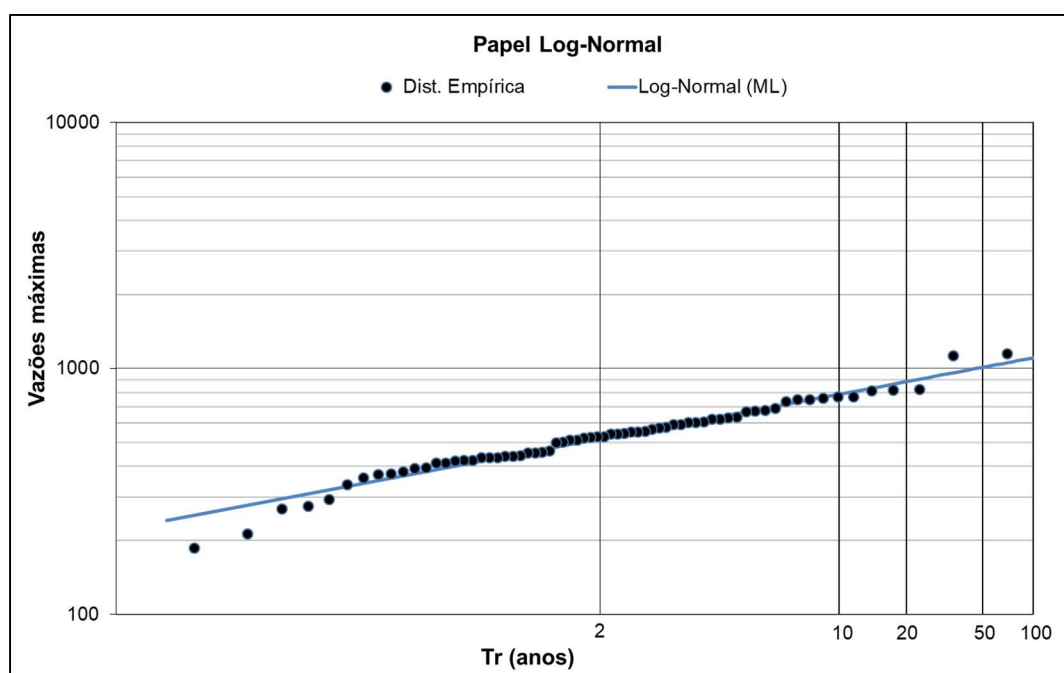


Figura 5 - Ajuste das distribuições empírica e teórica. Fonte: elaborado pelos autores.

As vazões associadas a diferentes tempos de retorno foram calculadas pela equação 1, sendo seus valores apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Vazões associadas a diferentes tempos de retorno

	Tempo de Retorno, T (anos)											
	2	5	10	15	20	25	30	50	75	90	95	100
Vazões (m³/s)	517	681	786	844	885	916	942	1012	1067	1092	1099	1106

Fonte: elaborado pelos autores.

3.2 – Definição das Cotas para Instalação de Equipamentos Automáticos na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência

Após o cálculo das vazões associadas a diferentes tempos de retorno é possível estimar as respectivas cotas invertendo a curva chave da estação fluviométrica.

As vazões da série histórica foram calculadas com a equação da curva-chave de formato potencial como apresentada no Anexo III.

$$Q(h) = a (h - h_o)^n \quad (\text{AIII-01})$$

Onde:

h é a cota a qual se quer calcular a vazão (m);

$Q(h)$ é a vazão calculada para a cota h (m³/s);

a , n e h_o são parâmetros de ajustes.

A inversa da equação da curva chave é a seguinte:

$$h = \left(\frac{Q}{a} \right)^{1/n} + h_o \quad (2)$$

Os parâmetros das curvas chave de diferentes períodos e amplitudes de cotas encontram-se no Anexo III.

Os critérios para definição das cotas mínimas de instalação dos equipamentos da RHNR, dependendo do objetivo da estação fluviométrica, estão apresentados na Tabela 4. Um critério comum a todos os objetivos das estações fluviométricas é “a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0 m (um metro)”.

O critério definido para a estação Ponte Meia Ponte foi conforme o objetivo 3 “Balanços e disponibilidades hídricas”, apresentado na Tabela 4, sendo a cota associada a cheia de 100 anos de tempo de retorno. Esta vazão foi calculada como ilustrado no item 4-Exemplos de Aplicação e os valores constam da Tabela 5. O cálculo das cotas associadas a estas vazões é realizado empregando a equação 2 e adotando os parâmetros da curva chave mais recente apresentados no Anexo III.

A cota máxima observada na estação de Ponte Meia Ponte, código 60680000, foi de 543 cm, sendo calculada a vazão associada a esta cota de 1149,84 m³/s, utilizando a curva-chave com período de validade de 14/12/1987 a 12/03/2015 e amplitude de cotas de 335 a 700 cm (Anexo III).

A Tabela 6 resume os critérios de definição da cota mínima para instalação dos equipamentos da estação Ponte Meia Ponte.

Tabela 6 - Cotas para instalação dos equipamentos da estação Ponte Meia Ponte.

CRITÉRIO	Q (m³/s)	Cota (cm)
Cota associada a cheia de 100 anos de tempo de retorno	1106	533
Cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0m (um metro)	1653	643 cm (543 cm + 100 cm)

Fonte: elaborado pelos autores.

Portanto, a cota de instalação dos equipamentos deve ser superior a 643 cm. A Figura 6 ilustra o posicionamento dos equipamentos no perfil transversal da seção de réguas da estação, levantado em 2024, com cota máxima observada de 543 cm.

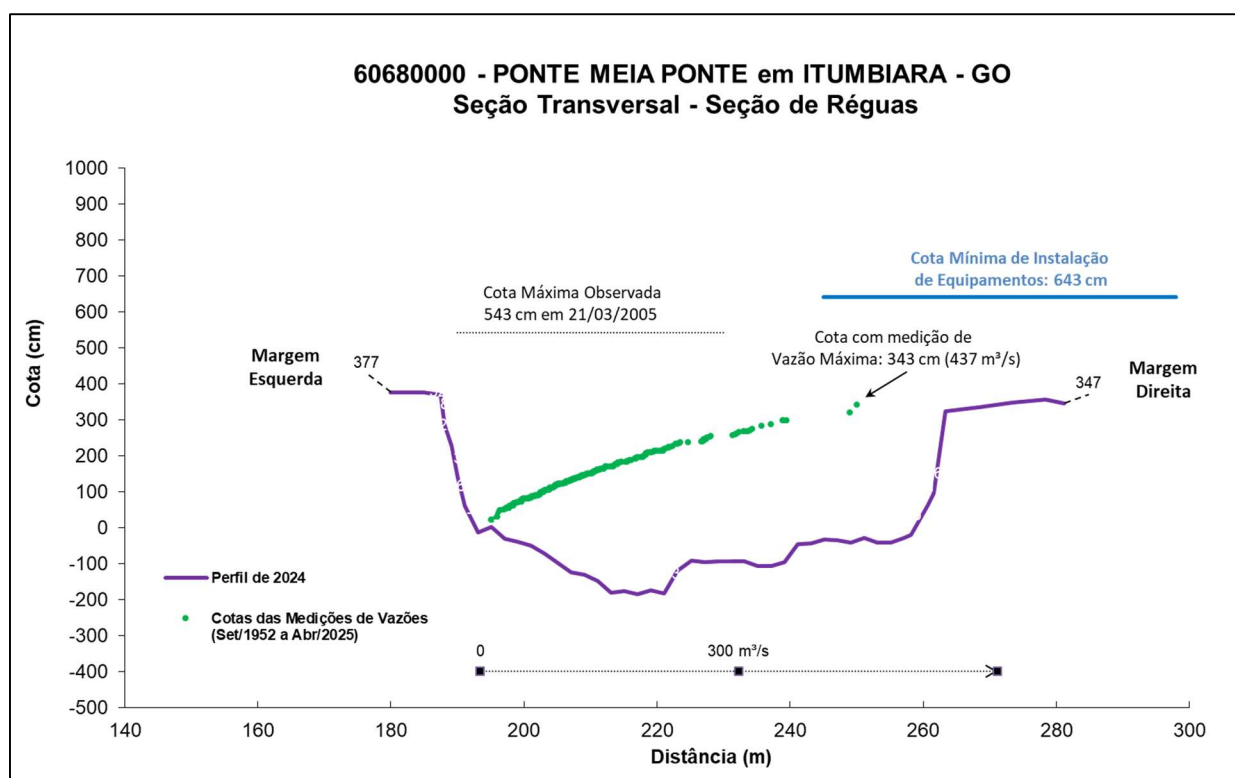


Figura 6 - Cota mínima de instalação de equipamentos na seção de réguas da estação Ponte Meia Ponte. Fonte: elaborado pelos autores.

Assim recomenda-se que os perfis anuais sejam levantados em cotas superiores à tais cotas nas duas margens, pois auxiliará na extrapolação do tramo superior da curva chave, caso ocorra cheias maiores que a cota máxima registrada de 543 cm, ocorrida em 2005 no rio Meia Ponte, na estação Ponte Meia Ponte.

4 – EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

- a) O rio Meia Ponte em Ponte Meia Ponte, código 60680000, alcançou a cota de 543 cm durante a cheia em 21/03/2005. Qual é o tempo de retorno da vazão associada a esta cota?

Resp: Inicialmente, será necessário calcular a vazão associada à cota de 543 cm com a curva-chave válida para a data de 21/03/2005 utilizando a equação AIII-01 (Anexo III) com amplitude de cotas de 408 a 700 cm.

Para a cota 543 cm os parâmetros são $a = 4,128$; $h_0 = -1,88$ m e $n = 2,83$ (Anexo III). Dessa forma temos:

$$Q(h) = a (h - h_0)^n$$

$$Q(543\text{cm}) = 4,128 (543/100 - (-1,88))^{2,83}$$

$$Q(543\text{cm}) = 1149,84 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para se calcular o respectivo tempo de retorno será necessário estimar a variável Normal Padrão da equação 1. Dessa forma temos:

$$Z_{(1-1/T)} = \frac{(\ln(x_T) - \mu)}{\sigma} \quad (2)$$

A vazão calculada foi de $1149,84 \text{ m}^3/\text{s}$, o parâmetro de posição é $\mu = 6,2476$, e o de escala é $\sigma = 0,3272$. Substituindo os valores na equação 2 temos:

$$Z_{(1-1/T)} = \frac{(\ln(x_T) - \mu)}{\sigma} = \frac{(\ln(1149,84) - 6,2476)}{0,3272} = 2,4443$$

Levando o valor 2,4443 em uma tabela de inversa da distribuição Normal Padrão ou executando a função `DIST.NORMP.N` do Excel obtém-se: $P(Z \leq 2,4443) = 0,99274$.

O tempo de retorno será:

$$T = \frac{1}{1 - P(Z \leq z)} = \frac{1}{1 - 0,99274} = 137 \text{ anos}$$

O tempo de retorno de 137 anos corresponde à probabilidade de 0,73% da vazão $1149,84 \text{ m}^3/\text{s}$ (associada à cota 543 cm) ser igualada ou superada em um ano qualquer, ou:

$$P\left(x_T \geq 1149,84 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{137} 100 = 0,73 \%$$

b) Qual é o tempo de retorno da vazão máxima medida (associada à maior cota registrada com medição de vazão) em Ponte Meia Ponte, código 60680000?

Resp: A maior cota registrada com medição de vazão em Ponte Meia Ponte é 343 cm e a respectiva vazão é 437 m³/s (24/03/2015).

Com os parâmetros da distribuição de Log-Normal a partir da equação 2 se obtém $Z_{(1-1/T)}$ e por consequência $P(Z \leq z)$.

Por fim, como no primeiro exemplo, temos que o tempo de retorno da vazão associada à cota de 343 cm é de 1,44 anos. A probabilidade da vazão associada a essa cota ser igualada ou superada em um ano qualquer é de 69,44%.

c) Qual a vazão com tempo de retorno de 100 anos em Ponte Meia Ponte, código 60680000?

Resp: Considerando os parâmetros de posição e de escala da curva de distribuição obtida no estudo (Log-Normal), calcula-se a inversa da distribuição Normal Padrão para T=100 anos (INV.NORMP do Excel), obtendo-se $Z_{(1-1/T=0,99)} = 2,32635$.

Aplicando a equação (1) obtém-se a vazão de 1106 m³/s:

$$x_T = EXP(6,2476 + (0,3272 \cdot 2,32635)) = 1106 \text{ m}^3/\text{s}$$

O tempo de retorno de 100 anos corresponde à probabilidade de 1,0% da vazão 1106 m³/s ser igualada ou superada em um ano qualquer, ou:

$$P(x_T \geq 1106 \text{ m}^3/\text{s}) = \frac{1}{T} 100 = \frac{1}{100} 100 = 1 \%$$

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil); SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Levantamentos topobatimétricos e geodésicos aplicados na Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN)**. Brasília, DF: ANA: CPRM, 2021. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22628> . Acesso em: 13 out. 2025.
- HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional frequency analysis**: an approach based on L-moments. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. ISBN: 9780511529443. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9780511529443>.
- KENNEY, T. A. **Levels at gaging stations**: section A, Surface-Water Techniques. [S.l.]: U.S. Geological Survey, 2010. cap. 3., 60 p. (Techniques and Methods 3 – A19). Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/tm/tm3A19/tm3A19.pdf>. Acesso em: 13 out. 2025.
- MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On the test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 18, n. 1, p. 50-60, 1947. DOI: <https://doi.org/10.1214/aoms/1177730491>.
- MARANHÃO, N.; PEREIRA, S. P. (coord.). **Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência – RHNR**: relato do planejamento da RHNR e a definição das estratégias de implementação para os próximos anos (5 anos). [Brasília]: [CPRM: ANA], 2017. Grupo de Trabalho ANA-CPRM. Portaria ANA n. 151, de 31 de março de 2016. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/22172>. Acesso em: 13 out. 2025.
- NAGHETTINI, M.; PINTO, E. J. A. **Hidrologia estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/454>. Acesso em: 13 out. 2025.
- PINTO, E. J. de A. **Atlas pluviométrico do Brasil**: metodologia para definição das equações intensidade-duração-frequência do Projeto Atlas Pluviométrico. Belo Horizonte: CPRM, 2013. Programa Geologia do Brasil. Levantamento da Geodiversidade. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/11560>. Acesso em: 13 out. 2025.
- RANTZ, S. E. *et al.* **Measurement and computation of streamflow**: volume 2. Computation of discharge. Washington: USGS, 1982. v. 2, 631 p. (Geological Survey Water-Supply Paper 2175). Disponível em: https://pubs.usgs.gov/wsp/wsp2175/wsp2175_vol2.pdf. Acesso em: 13 out. 2025.
- SAUER, V. B.; TURNIPSEED, D. P. **Stage measurement at gaging stations**. Reston, Virginia: U.S. Geological Survey, 2010. cap. 3, 45 p. (Techniques and Methods 3–A7). Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/tm/tm3-a7/tm3a7.pdf>. Acesso em: 13 out. 2025.
- TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Brasília: ABRH, 2002. 256 p. ISBN 978-8588686403.

WALD, A.; WOLFOWITZ, J. An exact test for randomness in the non-parametric case based on serial correlation. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 14, n. 4, p. 378-388, 1943. DOI: 10.1214/aoms/1177731358. Disponível em: <https://projecteuclid.org/journals/annals-of-mathematical-statistics/volume-14/issue-4/An-Exact-Test-for-Randomness-in-the-Non-Parametric-Case/10.1214/aoms/1177731358.short>. Acesso em: 13 out. 2025.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Manual on stream gauging**. Geneva: WMO, 2010. v. 1. (Fieldwork WMO-No. 1044). Disponível em: <https://library.wmo.int/idurl/4/35848>. Acesso em: 13 out. 2025.

ANEXO I

Ficha Descritiva da Estação Fluviométrica

Ponte Meia Ponte, código 60680000

FICHA DESCRITIVA DE ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA

Identificação

Código:	60680000	Estação:	PONTE MEIA PONTE	Tipo:	FDSQT
Região hidrográfica:	Rio Paraná			Sub-bacia:	60
Rio:	RIO MEIA PONTE			Bacia local:	do Paraná
Município:	Itumbiara	Estado:	GO	Roteiro:	98
Latitude:	-18.3489	Longitude:	-49.6018	Altitude (m):	468
Instrumento:	GPS GARMIN	Datum:	WGS 84		
Área de dren. (km²):	11500	Instalada em:	01/01/1964	Extinta em:	
Coordenador:	ANA	Operador:	CPRM/GO		
Código da folha:	2275	Nome da folha:	BOM JESUS DE GOIÁS		
Órgão executor:	IBGE	Ano:	1973	Escala:	1:100.000

Localização

NAMARGEM ESQUERDA DO RIO MEIA PONTE, 5 M A MONTANTE DA PONTE DA ESTRADA ITUMBIARA-SANTA ROSA DO MEIA PONTE

Acessibilidade

PELA RODOVIA BR-452, RECHO RIO VERDE-ITUMBIARA, APÓS A CIDADE DE BOM JESUS DE GOIÁS, TRAFEGAR 16 Km, CONVERTER A DIREITA NA GO - 502 E SEGUIR POR 5,2 Km ATÉ O POVOADO DE SANTA ROSA DO MEIA PONTE. DEPOIS DO POVOADO CONVERTER A ESQUERDA E TRAFEGAR POR MAIS

Seção de réguas

Margem: Margem direita
Réguas:
LANCES:
000-100, 100-200 e 200-300 cm

Referências de nível

RN-08 = 4.002 mm, RN-09 = 4.516 mm e RN-10 = 5.331 mm

Seções e processos de medição

40 METROS A MONTANTE DAS RÉGUAS
DISTANCIA PI-PF = 100,3 METROS

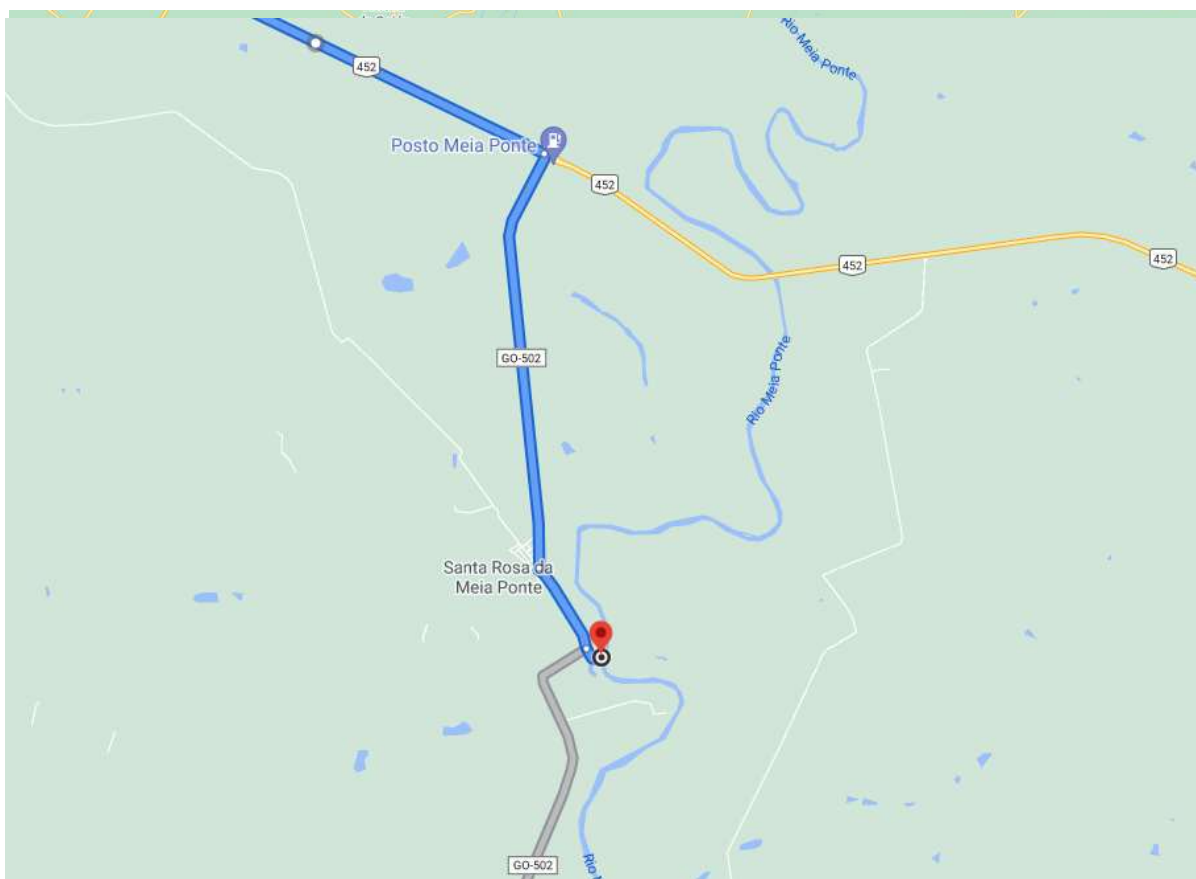
Processo de medição: Barco

Observações

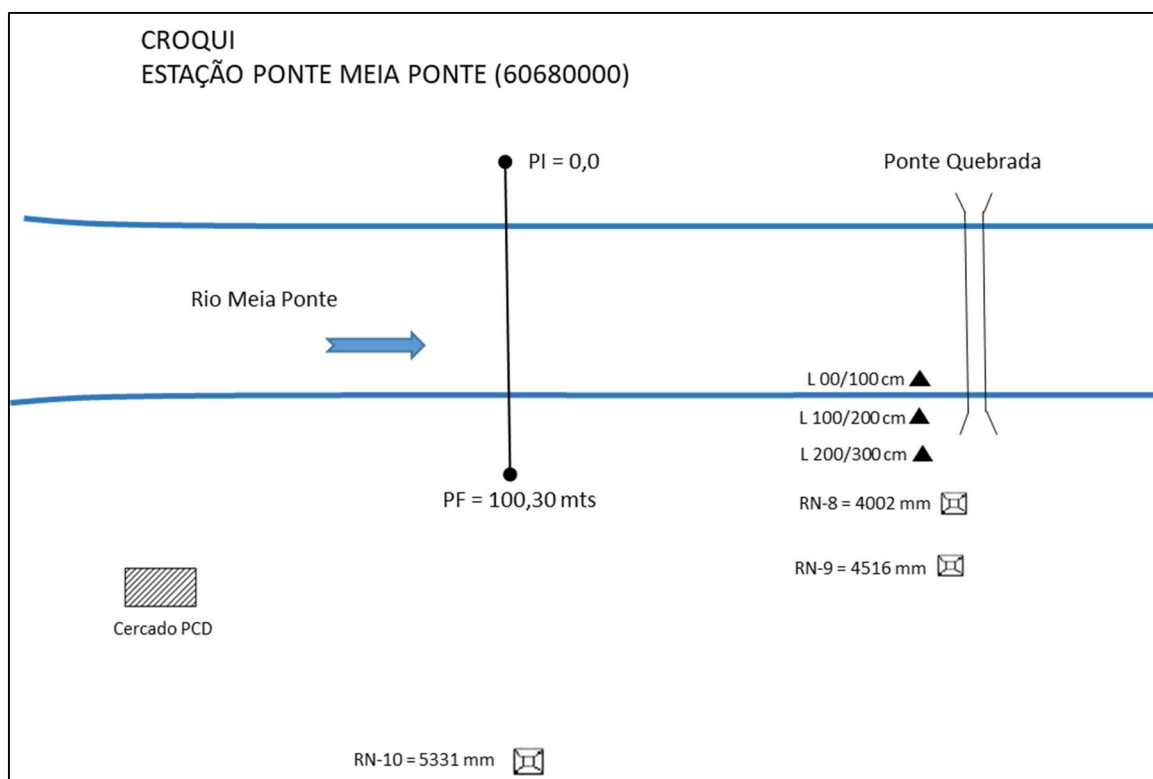
Objetivo da estação na RHNR: OB3-Balanços e disponibilidades hídricas

Equipamentos

PCD HOBECO MAW S-55
nº série: 120416 HBS ; nº ANA: 018.461 ; nº CPRM: não identificado
Leitura do nível de água é feita por radar (Radar 485). Pluviômetro TB4
ID: B568AEA2



PELA RODOVIA BR-452 TRECHO RIO VERDE – ITUMBIARA, APÓS A CIDADE DE BOM JESUS DE GOIÁS. TRAFEGAR 16 km, CONVERTER A DIREITA NA GO-502 E SEGUIR POR 5,2 km ATÉ O POVOADO DE SANTA ROSA DE MEIA PONTE. DEPOIS DO POVOADO CONVERTER A ESQUERDA E TRAFEGAR POR MAIS 4 km ATÉ A ESTAÇÃO.



ANEXO II

Distribuições de Gumbel e Log-Normal

DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

- Função Densidade de Probabilidade

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

α = Parâmetro de escala β = Parâmetro de posição

Limites: $-\infty \leq x < \infty$

- Função Acumulada de Probabilidades

$$F_X(x) = \exp \left[-\exp \left(-\frac{x-\beta}{\alpha} \right) \right]$$

- Inversa da função acumulada

$$x = \beta - \alpha \ln[-\ln(F(x))]$$

- Momentos L

$$\lambda_1 = \beta + \alpha \gamma_E \quad \lambda_2 = \alpha \ln(2) \quad \lambda_3 = \alpha [2 \ln(3) - 3 \ln(2)] \quad \lambda_4 = \alpha [5 \ln(4) - 10 \ln(3) + 6 \ln(2)]$$

$$\tau_3 = 0,1699 \quad \tau_4 = 0,1504$$

- Estimativa dos parâmetros pelos momentos-L

$$\hat{\alpha} = \frac{l_2}{\ln(2)} \qquad \hat{\beta} = \frac{l_1}{\gamma_E}$$

Onde l_1 e l_2 são os momentos-L amostrais e $\gamma_E = 0,5572157$ é a constante de Euler.
Fonte: Hosking e Wallis (1997)

DISTRIBUIÇÃO LOG-NORMAL

Os dados transformados pelo logaritmo natural, $\ln(x)$, se distribuem como uma normal

DISTRIBUIÇÃO NORMAL

- Função Densidade de Probabilidade

$$f_X(x) = \frac{1}{\sigma} \phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{1}{2}x^2\right)$$

Parâmetros: μ é o parâmetro de posição e σ é o parâmetro de escala

Limites: $-\infty \leq x < \infty$

- Função Acumulada de Probabilidades

$$F_X(x) = \Phi\left(\frac{x - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\Phi(x) = \int_{-\infty}^x \phi(t) dt$$

- Inversa da função acumulada

$x(F)$ não possui forma analítica

- Momentos-L

$$\lambda_1 = \mu \quad \lambda_2 = 0,5642\sigma = \frac{1}{\sqrt{\pi}}\sigma \quad \tau_3 = 0 \quad \tau_4 = 0,1226 = [30\pi^{-1}\arctan(\sqrt{2})] - 9$$

- Estimativa de parâmetros pelos momentos-L

$$\hat{\mu} = \lambda_1 \quad \hat{\sigma} = \lambda_2 \sqrt{\pi}$$

OBS: Inicialmente os dados são transformados pelo logaritmo natural, $\ln(x)$. Em seguida são calculados os momentos-L e depois os parâmetros.

Fonte: Hosking e Wallis (1997).

ANEXO III

Série de Dados Utilizados

Cotas e Vazões máximas por ano hidrológico

Curva-Chave e Estatísticas da série

Série de Dados Utilizados – Cotas (cm) e Vazões (m³/s)
Máximos por ano hidrológico (01/Out a 30/Set)

N	AI	AF	Data	Hora	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Observações
1	1952	1953	27/03/1953	07:00	240	213	CM / Vazões geradas a partir da curva-chave
2	1953	1954	13/02/1954	07:00	350	592	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
3	1954	1955	08/04/1955	17:00	335	434	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
4	1955	1956	11/01/1956	07:00	292	338	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
5	1956	1957	07/04/1957	17:00	437	735	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
6	1957	1958	20/01/1958	17:00	366	504	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
7	1958	1959	24/03/1959	17:00	425	676	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
8	1959	1960	29/02/1960	07:00	446	769	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
9	1960	1961	24/02/1961	17:00	399	603	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
10	1961	1962	22/03/1962	-	404	633	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
11	1963	1964	25/02/1964	17:00	390	577	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
12	1964	1965	16/03/1965	-	395	606	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
13	1966	1967	11/03/1967	17:00	334	441	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
14	1967	1968	29/02/1968	17:00	387	569	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
15	1968	1969	25/01/1969	17:00	382	544	CM / Vazões geradas a partir da curva-chave
16	1969	1970	24/01/1970	07:00	397	594	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
17	1970	1971	11/04/1971	07:00	200	187	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
18	1971	1972	25/12/1971	17:00	325	413	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
19	1972	1973	28/12/1972	-	417	673	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
20	1973	1974	15/04/1974	17:00	365	514	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
21	1974	1975	03/04/1975	07:00	411	522	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
22	1975	1976	28/11/1975	17:00	290	270	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
23	1976	1977	03/02/1977	07:00	384	574	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
24	1977	1978	18/01/1978	07:00	315	381	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
25	1978	1979	12/01/1979	17:00	460	748	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
26	1979	1980	27/02/1980	07:00	447	769	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
27	1980	1981	28/03/1981	17:00	314	395	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
28	1981	1982	02/02/1982	07:00	540	1132	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
29	1982	1983	01/02/1983	07:00	467	818	CM / Vazões geradas a partir da curva-chave
30	1983	1984	03/04/1984	17:00	343	455	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
31	1984	1985	04/02/1985	17:00	404	624	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
32	1985	1986	20/02/1986	17:00	342	455	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
33	1986	1987	05/04/1987	17:00	360	501	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
34	1987	1988	19/03/1988	07:00	422	689	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
35	1988	1989	14/03/1989	07:00	305	374	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
36	1989	1990	11/01/1990	17:00	376	546	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
37	1990	1991	25/03/1991	17:00	310	393	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave

(Continuação)

N	AI	AF	Data	Hora	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Observações
38	1991	1992	27/05/1992	-	324	424	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
39	1992	1993	18/02/1993	07:00	324	424	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
40	1993	1994	10/03/1994	07:00	440	748	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
41	1994	1995	06/01/1995	07:00	338	444	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
42	1995	1996	06/02/1996	-	367	527	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
43	1996	1997	08/01/1997	17:00	403	624	CM / Vazões geradas a partir da curva-chave
44	1997	1998	22/03/1998	07:00	405	609	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
45	1998	1999	21/03/1999	07:00	245	276	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
46	1999	2000	19/03/2000	07:00	335	434	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
47	2000	2001	21/12/2000	07:00	378	552	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
48	2001	2002	10/02/2002	17:00	386	530	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
49	2002	2003	21/02/2003	07:00	294	361	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
50	2003	2004	25/02/2004	07:00	376	544	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
51	2004	2005	21/03/2005	-	543	1150	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
52	2005	2006	12/04/2006	-	443	758	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
53	2006	2007	16/12/2006	-	377	555	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
54	2007	2008	06/04/2008	-	462	825	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
55	2008	2009	06/04/2009	17:00	340	440	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
56	2009	2010	04/04/2010	-	415	667	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
57	2010	2011	26/03/2011	17:00	460	814	CM / Vazões geradas a partir da curva-chave
58	2011	2012	22/02/2012	07:00	370	530	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
59	2014	2015	16/04/2015	-	405	636	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
60	2015	2016	25/01/2016	17:00	345	458	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
61	2016	2017	27/01/2017	-	331	436	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
62	2017	2018	13/03/2018	17:00	340	422	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
63	2018	2019	17/04/2019	17:00	266	295	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
64	2019	2020	02/03/2020	17:00	386	557	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
65	2020	2021	01/03/2021	07:00	310	371	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
66	2021	2022	13/02/2022	07:00	348	463	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
67	2022	2023	10/01/2023	17:00	367	514	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave
68	2023	2024	29/03/2024	07:00	324	413	DL / Vazões geradas a partir da curva-chave

DL – Dupla Leitura (07 e 17 hs)

CM – Sem dados de boletim de Dupla Leitura (DL). Registro DL na estatística máxima do banco de Cotas Médias.

Curva-Chave

As vazões da série histórica foram calculadas com a equação da curva-chave de formato potencial:

$$Q(h) = a (h - h_o)^n \quad (\text{AIII-01})$$

Onde:

h é a cota a qual se quer calcular a vazão (m);

$Q(h)$ é a vazão calculada para a cota h (m³/s);

a , n e h_o são parâmetros de ajustes.

Os parâmetros das curvas-chaves utilizadas no estudo são os seguintes:

Curva-Chave	Período	01/01/1951 12/01/1956	13/01/1956 15/06/1965	16/06/1965 03/08/1970	04/08/1970 13/12/1987
1	Amplitude de cotas (cm)	50	50	30	30
	a	177	236	268	124
	h_o (m)	54,2277	58,12	53,1698	58,7606
	n	0,12	0,11	-0,19	-0,19
		1,591	1,6	1,58	1,58
2	Amplitude de cotas (cm)	177	236	268	124
	a	233	326	326	550
	h_o (m)	71,0255	93,744	93,744	4,1281
	n	0,38	0,69	0,69	-1,88
		1,6	1,60	1,60	2,830
3	Amplitude de cotas (cm)	233	326	326	
	a	326	550	550	
	h_o (m)	93,744	4,1281	4,1281	
	n	0,69	-1,88	-1,88	
		1,600	2,830	2,830	
4	Amplitude de cotas (cm)	326			
	a	550			
	h_o (m)	4,1281			
	n	-1,88			
		2,83			

Curva-Chave	Período	14/12/1987 12/03/2015	13/03/2015 31/10/2017	01/11/2017 04/01/2024	05/01/2024 31/12/2025
1	Amplitude de cotas (cm)	10	0	0	-10
	<i>a</i>	335	46	126	237
	<i>ho (m)</i>	52,628	47,596	47,596	45,499
	<i>n</i>	-0,3	-0,28	-0,28	-0,23
		1,65	1,564	1,564	1,74
2	Amplitude de cotas (cm)	335	46	126	237
	<i>a</i>	700	124	188	408
	<i>ho (m)</i>	4,1281	58,7606	4,004	4,79
	<i>n</i>	-1,88	-0,19	-1,5	-1,67
		2,830	1,58	3,103	2,803
3	Amplitude de cotas (cm)		124	124	408
	<i>a</i>		700	700	700
	<i>ho (m)</i>		4,1281	4,1281	4,1281
	<i>n</i>		-1,88	-1,88	-1,88
			2,830	2,830	2,830

Estatísticas da série

Estatísticas da Série

Média m³/s	Desvio- Padrão m³/s	Máximo m³/s	Mínimo m³/s	Amplitude m³/s	Assimetria	Mediana m³/s	1º Quartil m³/s	3º Quartil m³/s	AIQ m³/s
545,0	179,5	1150,0	187,0	963,0	1,0	530,005	431,502	626,257	194,755

Estatísticas da série transformada: Ln(X)

Média	Desvio- Padrão	Máximo	Mínimo	Amplitude	Assimetria	Mediana	1º Quartil	3º Quartil	AIQ
6,2475	0,3351	7,0475	5,2311	1,8164	-0,4249	6,2728	6,0672	6,4397	0,3725

Momentos-L e Razões-L

I_1	I_2	L-CV	L-SKEW	L-KURT
545,0309	97,3218	0,1786	0,1257	0,1865

Momentos-L e Razões-L da série transformada: Ln(X)

I_1	I_2	L-CV	L-SKEW	L-KURT
6,3008	4,5780	-1,7228	-2,0740	-1,6792

Função Acumulada de Probabilidade da Log-Normal para Máximos (μ e σ são parâmetros da distribuição Log-Normal)

$$F_X(x) = \Phi\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right), \text{ onde } \Phi(x) = \int_{-\infty}^x \phi(t)dt$$

Inversa da distribuição Log-Normal: $x(F)$ não possui forma analítica

Parâmetros da Distribuição Log-Normal

Fonte: Hosking e Wallis (1997), págs. 193 e 194

$$\text{Momentos - L: } \lambda_1 = \mu \quad \lambda_2 = 0,5642 \quad \sigma = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sigma \quad \text{Parâmetros: } \hat{\mu} = \lambda_1 \quad e \quad \hat{\sigma} = \lambda_2 \sqrt{\pi}$$

Distribuição	Posição (μ)	Escala (σ)
Log-Normal (μ, σ)	6,2476	0,3272



Projeto de regionalização de vazões nas bacias hidrográficas brasileiras

ENDEREÇOS

Sede

SGAN- Quadra 603 – Conjunto J –
Parte A – 1º andar Brasília – DF – CEP:
70.830-030
Tel: (61) 2192-8252
Fax: (61) 3224-1616

Escritório Rio de Janeiro

Av Pasteur, 404 – Urca
Rio de Janeiro – RJ –
CEP: 22.290-255
Tel: (21) 2295-5337 – (21) 2295-5382
Fax: 21 2542-3647

Superintendência Regional de Goiânia

Rua 148, 485 – Setor Marista
Goiânia – GO –
CEP: 74170-110
Tel.: (62) 3240-1401 / (62) 3240-1402

Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil, 1.731 – Funcionários
Belo Horizonte – MG –
CEP: 30.140-002
Tel.: (31) 3878-0376
Fax: (31) 3878-0383

ISBN 978-65-5664-648-0