



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: Jaguaribe
Estação Fluviométrica: Iguatu
Código: 36160000
Município: Iguatu-CE**

**Fortaleza
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: Jaguaribe

Estação Fluviométrica: Iguatu

Código: 36160000

Município: Iguatu-CE

Paula Krsthina Cordeiro Freire

Eber José de Andrade Pinto



Fortaleza

2025

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MINISTRO DE ESTADO

Alexandre Silveira de Oliveira

SECRETARIA NACIONAL DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL

Ana Paula Bitencourt

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 (Interina)

Diretor de Administração e Finanças

Alice Silva de Castilho (Interina)

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

RESIDÊNCIA DE FORTALEZA

Chefe da Residência

Luiz da Silva Coelho (Interino)

Assistente de Produção de Hidrologia e Gestão Territorial

Luiz da Silva Coelho

Assistente de Produção de Geologia e Recursos Minerais

Tercyo Rinaldo Gonçalves Pinéo

Assistente de Produção de Infraestrutura Geocientífica

Debora Pinho Cavalcante Freire

Assistente de Produção de Administração e Finanças

Alzira Barros Cardoso

REALIZAÇÃO

Residência de Fortaleza

AUTORES

Paula Krsthina Cordeiro Freire

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

Sávio Salgado Maia – DHT/REFO

NORMALIZAÇÃO BIBLIOGRÁFICA

Francisca Giovania Freire Barros– REFO

Ficha Catalográfica

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

F866p Freire, Paula Krsthina Cordeiro.

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: Jaguaribe, estação fluviométrica: Iguatu, código: 36160000, município: Iguatu-CE / Paula Krsthina Cordeiro Freire, Eber José de Andrade Pinto. – Fortaleza: 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 978-65-5664-678-7

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 Giovania Freire Barros CRB-3/911

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 Jaguaribe especificamente na estação fluviométrica Iguatu, código 36160000. Esta estação fluviométrica faz parte Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR) e constitui um ponto de acompanhamento das vazões e cotas nesta região, no Estado do Ceará.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 METODOLOGIA	13
2.1 Análise de Frequência Local	13
2.2 Definição das Cotas para Instalação de Equipamentos Automáticos na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência	15
3 RESULTADOS	19
3.1 Análise de Frequência Local	19
3.2 Definição das Cotas para Instalação de Equipamentos Automáticos na Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência	19
REFERÊNCIAS	22
ANEXO I Ficha Descritiva da Estação Fluviométrica de Iguatu, código 36160000.....	24
ANEXO II Distribuições de Gumbel e Log-normal.....	28
ANEXO III Série de Dados Utilizados – Cotas e Vazões Máximas por Ano Civil...	31
ANEXO IV Curva-Chave	36

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 Localização das estações fluviométricas da RHNR em 2025	7
Figura 02 Localização da estação fluviométrica de Iguatu	9
Figura 03 Perfil da seção transversal na seção de réguas de Iguatu	11
Figura 04 Cota mínima de instalação de equipamentos	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 Objetivos Gerais da RHNR.....	15
Tabela 02 Riscos Hidrológicos	17
Tabela 03 Probabilidade de não ocorrer ao menos um evento igual ou superior a cheia de T anos em n anos de vida útil	17
Tabela 04 Critérios para instalação dos equipamentos da RHNR	18

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.

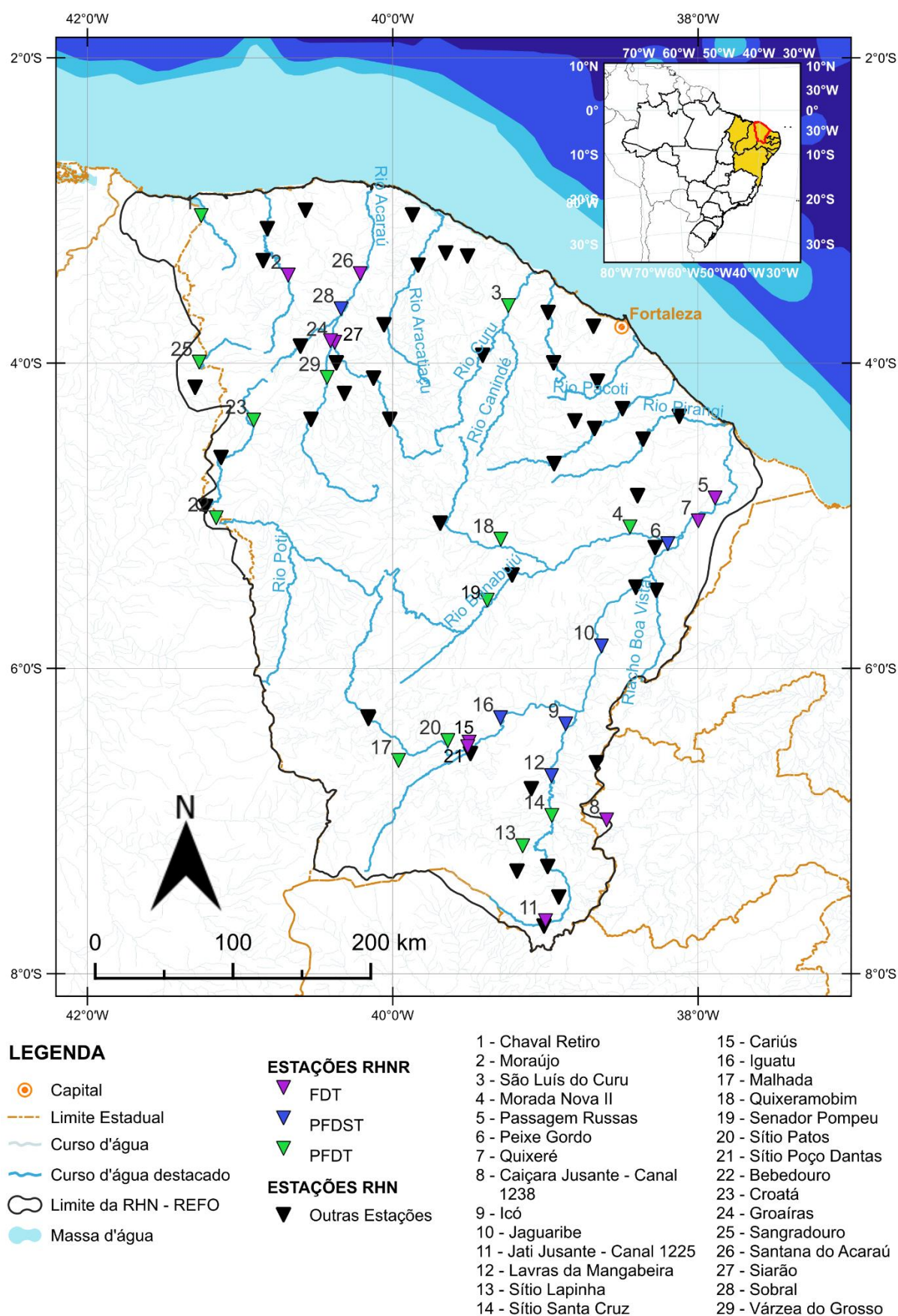
Conforme Maranhão e Pereira (2017), as primeiras iniciativas institucionais do estabelecimento da Rede Hidrometeorológica Nacional – RHN, início do século XX, ocorrem através do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) instalando as primeiras 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 localização das 29 estações fluviométricas que compõem a RHNR em 2025 sob a responsabilidade da Residência de Fortaleza (REFO) está apresentada na Figura 01.

Figura 01 – Localização das estações fluviométricas da RHNR em 2025.



Fonte: elaborado pela DHT/REFO

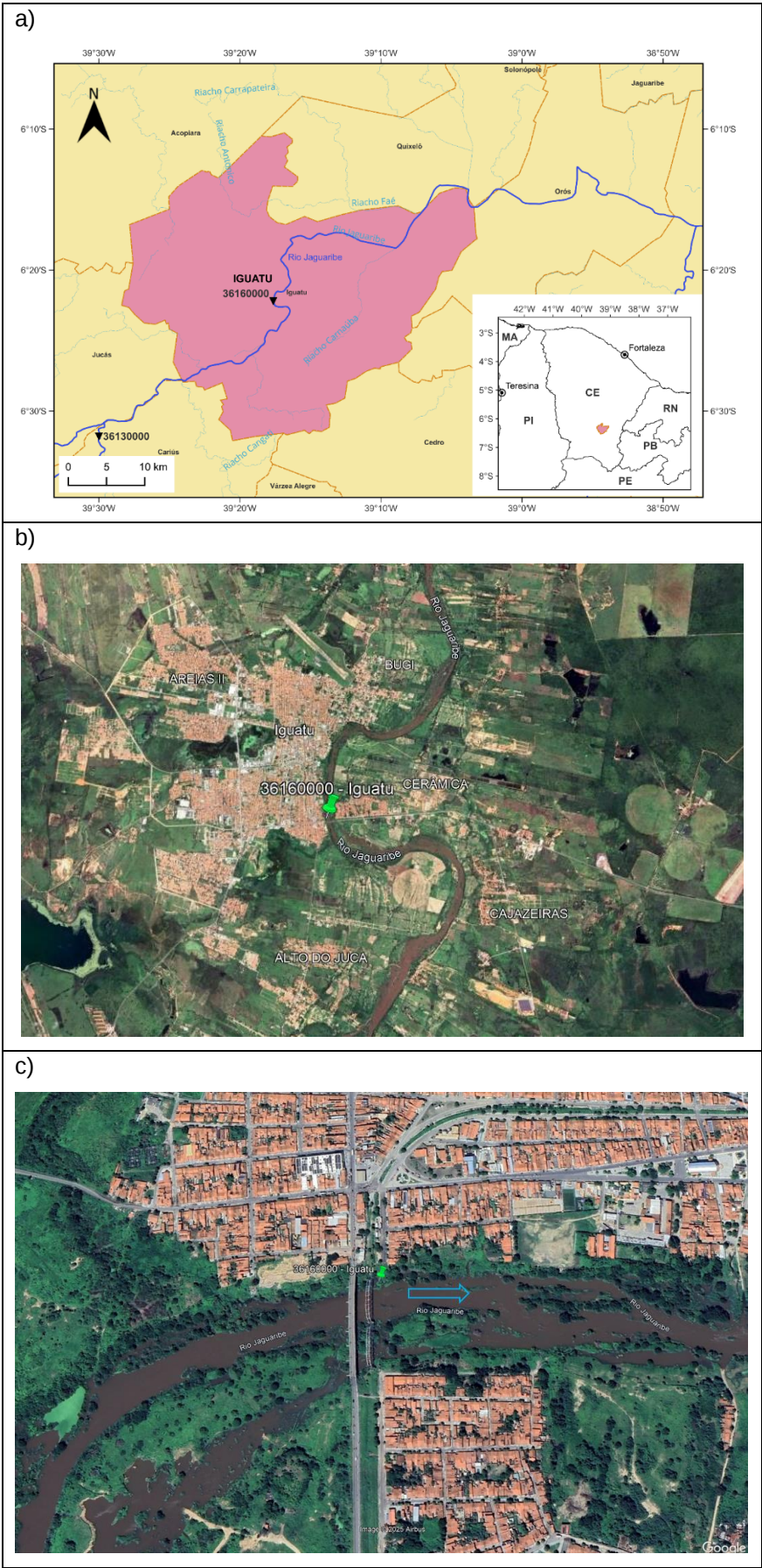
A estação de Iguatu, código 36160000, está localizada na Latitude 06°22'19,2"S e Longitude 39°17'34,8"O, a uma altitude de 212 m, no município de Iguatu, no estado do Ceará, e possui uma área de drenagem de 20.700 km². Esta é uma das estações fluviométricas mais antigas do Brasil, instalada em janeiro de 1912. O Rio Jaguaribe drena uma área de 72.043 km², corre no sentido nordeste e percorre 885 km, desde suas nascentes na Serra da Joaninha, no município de Tauá, estado do Ceará e deságua no Oceano Atlântico no município de Fortim, no litoral leste cearense. O alto Jaguaribe, localizado a montante do Açude Orós, drena uma área de 24.538 km² e nesta região o rio é intermitente. A partir da válvula dispersora do açude Orós torna-se perene até a sua foz. Na nascente os seus formadores são os rios Trici e Carrapateiras, enquanto que os seus maiores afluentes, pela margem direita, são os rios Conceição, Cariús, Salgado e Figueiredo, e pela margem esquerda, o riacho do Sangue e os rios Banabuiú e Palhano. No contexto de importância para o estado do Ceará, o rio Jaguaribe forma, entre outros, os açudes Orós, com volume útil de 2,1 bilhões de m³ e o Castanhão com 4,2 bilhões de m³.

Conforme especificado na ficha descritiva, revisada em 06/02/2025, esta estação fluviométrica está instalada na margem esquerda do Rio Jaguaribe, lado jusante da ponte ferroviária que liga as cidades de Iguatu-CE e Icó-CE, e sua seção de medição está definida pelo corrimão da ponte, lado montante, PI na margem esquerda e PF na margem direita, distanciados entre si em 180,00 m. O acesso à estação se dá pela rodovia CE-282 asfaltada, da cidade de Icó até Iguatu por cerca de 52 km. A Figura 02 ilustra a localização da estação de Iguatu. O Anexo I apresenta a ficha descritiva da estação fluviométrica.

Levando-se em consideração a RHNR, a estação fluviométrica de Iguatu, código 36160000, está posicionada a jusante da estação fluviométrica de Sítio Patos, código 36070000 e a montante da estação fluviométrica de Jaguaribe, código 36320000, na calha do Rio Jaguaribe. A estação de Iguatu possui, desde janeiro de 1912, seção de réguas linimétricas convencional instalada para realização de duas leituras diárias pelo observador hidrológico dos níveis do Rio Jaguaribe, às 07 e 17 horas. Entretanto, no período de 1912 a 1972 estão disponíveis apenas os dados de vazões, as respectivas cotas foram estimadas por meio da aplicação da inversa da equação atual da curva-chave da estação fluviométrica. Nesta estação, segundo a ficha descritiva revisada em 06/02/2025, desde 18 de novembro de 2016, estão instalados equipamentos automáticos para registro contínuo e transmissão dos níveis do Rio Jaguaribe.

Ao longo do histórico da estação não houve mudança da cota do zero da régua, ou seja, não foram acrescidos 100 cm ou outro valor as cotas da estação. Maiores detalhes sobre a estação fluviométrica podem ser encontrados na sua ficha descritiva que consta do Anexo I.

Figura 02 – Localização da estação fluviométrica de Iguatu.



d)



e)



f)

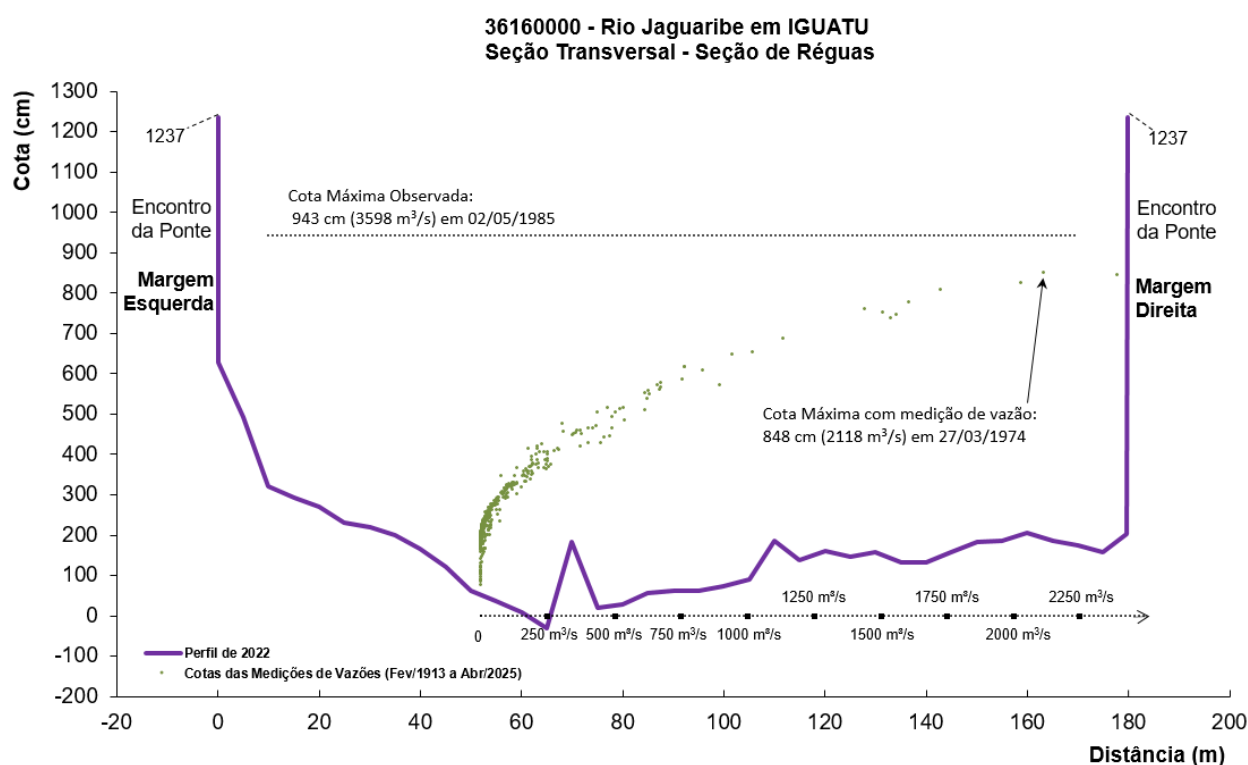


Fonte: a) elaborado pela DHT/REFO; b), c), d) elaborado pelos autores, Google Earth (2025); e), f) arquivo fotográfico do Projeto da RHN

A Figura 03 apresenta o perfil da seção transversal na seção de réguas da estação. Esta figura apresenta as medições simultâneas de vazões e cotas realizadas entre fevereiro/1913 e abril/2025 e a máxima cota observada na série de cotas máximas anuais (943 cm 02/05/1985). Porém, sabe-se que ocorreu cota maior que 943 cm no ano de 1960. Como há falha no registro de cota máxima observada e não há registro de cotas medidas neste ano, 1960 não participa da série de máximos do estudo.

Vale registrar que a grande cheia ocorrida em 1960 na bacia do rio Jaguaribe, resultante de chuvas intensas na região, provocou o rompimento parcial do Açude Orós em 26 de março de 1960, quando o reservatório ainda se encontrava em construção. A inundação ocasionou grande destruição no vale do Jaguaribe, desalojou populações e expressivos prejuízos econômicos. O referido açude está situado a jusante da estação fluviométrica de Iguatu.

Figura 03 – Perfil da seção transversal na seção de réguas de Iguatu



Obs: Falha de leituras e medições no ano de 1960 implicou em falta de registros de cota máxima observada e cota máxima com medição de vazão.

Fonte: elaborado pelos autores

A diferença entre a máxima cota observada nas réguas, 943 cm, e a máxima cota com vazão medida (2118 m³/s na cota 848 cm) é de 95 cm. No Anexo III observa-se que a série de cotas máximas por ano hidrológico apresenta 102 valores máximos, sendo 02 destes superiores a 848 cm (cota da vazão máxima medida). Ressalva-se que no período de 1912 a 1972 estão disponíveis apenas os valores de vazões, as respectivas cotas foram estimadas por meio da aplicação da inversa da equação atual da curva-

chave da estação fluviométrica. A razão entre a cota máxima observada e a cota máxima com medição de vazão é 1,11 (943 cm / 848 cm). Segundo Tucci (2002), a melhor curva-chave, aquela com menor extrapolação do ramo superior, possui a razão entre as cotas máximas observadas e com medição de vazão inferior a 1,25. Na Figura 03 também se observa baixa densidade de medições de vazões acima de 760 m³/s. A seção de medição está localizada próxima à seção de réguas, como está apresentado na ficha descritiva da estação no Anexo I. A estação apresenta área de drenagem de 20.700 km².

As características mencionadas no parágrafo anterior criam dificuldades a extrapolação do ramo superior da curva-chave e ampliam a incerteza na estimativa das vazões a partir das cotas superiores a 848 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.

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. É recomendável o emprego de séries com pelo menos 30 anos hidrológicos ou civil e aceitável no mínimo 15 anos hidrológicos ou civil.

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

- 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, como por exemplo, verificar se há mudança do zero da régua (mudança de referência); verificar a presença de erro de metro nas cotas; verificar a presença de erro de 1/2 metro nas cotas; verificar a presença de erro de digitação; comparar a cota máxima com a cota média diária; avaliar o comportamento dos cotagramas das estações de montante e jusante; verificar as cotas máximas da série disponível nos bancos de dados com os boletins de campo; avaliar os dados que estão como duvidosos ou estimados; avaliar o preenchimento de falhas (média, linígrafo e PCD); verificar as medições de vazões; analisar as curvas-chaves; verificar a continuidades das vazões etc.

- 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. Em caso de presença de *outliers* realmente observados deve-se avaliar a manutenção ou retirada destes pontos amostrais atípicos. 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 por ano hidrológico ou civil do projeto de Regionalização são adotadas as distribuições candidatas de 02 parâmetros conforme recomendação de Hosking e Wallis (1997). As distribuições candidatas são as distribuições de Gumbel e Log-Normal.

- 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 01 apresenta estes objetivos.

Tabela 01 – 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 irá compor 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 claro 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 número de anos de operação. A Tabela 02 apresenta os riscos hidrológicos associados aos tempos de retorno de 100, 200 e 250 anos para diferentes vidas úteis.

Tabela 02 – 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 02, 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 03 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 03 – 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 as enchentes de 2010 no rio Mundaú e em 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 04 para definição da cota mínima para instalação dos equipamentos da Rede Hidrometeorológica Nacional de Referência (RHNR).

Tabela 04 – 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 à cheia de 200 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0 m (um metro)
Eventos Hidrológicos Críticos ²	A cota associada à cheia de 250 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0 m (um metro)
Balanços e Disponibilidades Hídricas ³	A cota associada à cheia de 100 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0 m (um metro)
Mudanças e Tendências de Longo Prazo ¹	A cota associada à cheia de 200 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0 m (um metro)
Qualidade da Água ¹	A cota associada à cheia de 200 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0 m (um metro)
Regulação dos Recursos Hídricos ³	A cota associada à cheia de 100 anos de tempo de retorno, ou a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0 m (um metro)

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

2- Os eventos críticos da bacia do rio Mundaú em 2010 e 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 aos 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 Jaguaribe na estação fluviométrica de Iguatu, código 36160000, não foi realizada uma vez que essa estação está inserida em um trecho do rio sob influência direta da operação de reservatórios, notadamente os açudes Arneiroz II e Caldeirões, ambos localizados a montante desta estação, nos municípios de Arneiroz e Abaiara, estado do Ceará.

Entende-se por vazões naturais o volume de água que escoaria em um rio ou curso d'água sem interferência humana, como barragens, desvios ou captações. Devido à presença e operação dos reservatórios mencionados, a vazão registrada no rio Jaguaribe, na estação de Iguatu, não corresponde a uma vazão natural, pois não reflete o volume que escoaria por esta estação na ausência de obras hidráulicas a montante.

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

A partir da série histórica de vazões máximas da estação fluviométrica de Iguatu, código 36160000, no período de 1912 a 1972, para o qual estão disponíveis apenas os dados de vazões, torna-se possível estimar as respectivas cotas por meio da aplicação da inversa da equação da curva-chave da estação fluviométrica. O cálculo das cotas associadas a estas vazões é efetuado por meio da equação (02) a seguir, e adotando os parâmetros da curva-chave mais recente, como apresentados no Anexo IV. Nesta estação, para o período de 1973 a 2025, foi possível obter-se a série histórica de cotas máximas e suas respectivas vazões calculadas como a seguir.

As vazões de uma série histórica são calculadas por meio da equação (AIV-01) da curva-chave de formato potencial, conforme apresentado no Anexo IV.

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

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_0 são parâmetros de ajuste.

A inversa da equação da curva-chave é a seguinte:

$$h = \left(\frac{Q}{a}\right)^{1/n} + h_0 \quad (02)$$

O Anexo IV apresenta as curvas-chave da estação fluviométrica de Iguatu consideradas no estudo, indicando seus respectivos períodos de validade, parâmetros e amplitudes de cotas. Analisando este anexo, observa-se que a curva-chave mais recente tem período de validade de 07/03/2024 a 30/09/2025 e seu ramo superior tem uma amplitude de cotas entre 800 e 950 cm.

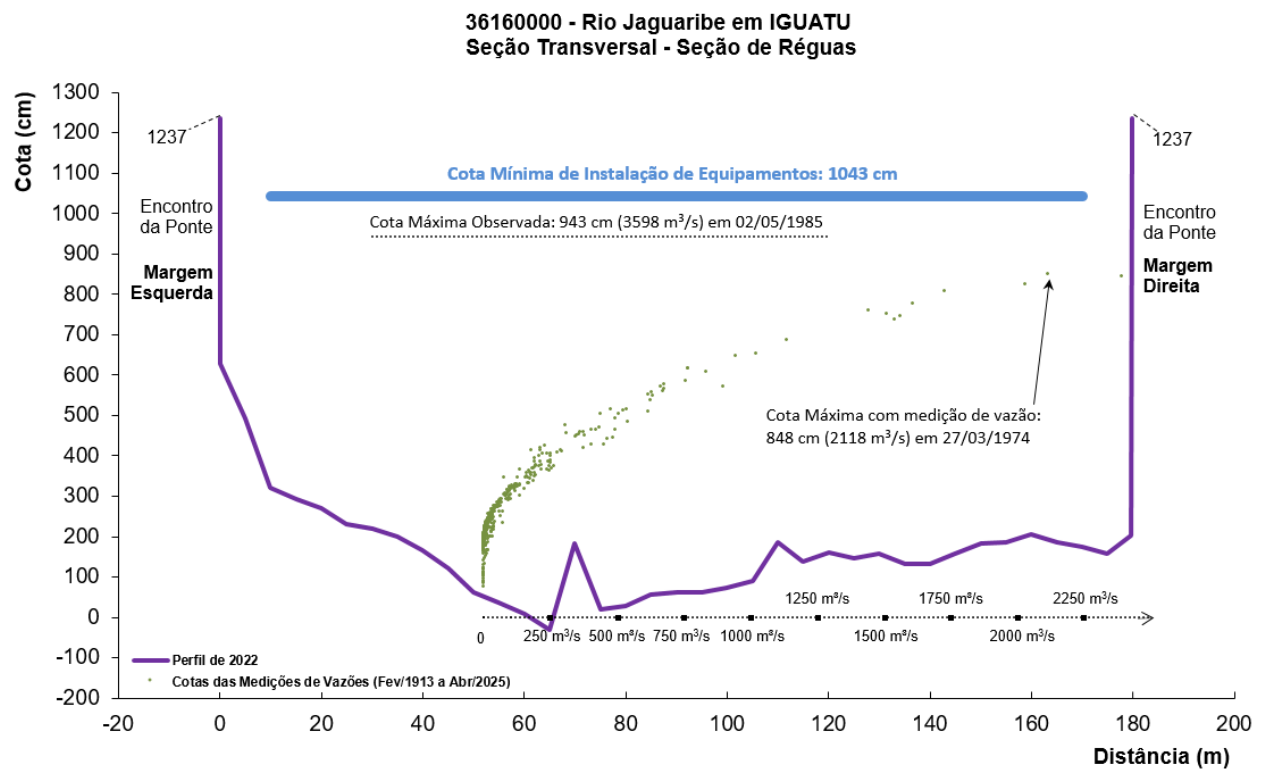
Na estação fluviométrica de Iguatu, código 36160000, a cota máxima registrada foi de 943 cm, em 02/05/1985. A vazão associada a esta cota, de 3598 m³/s, foi obtida a partir da aplicação da equação da curva-chave válida para o período de 13/03/1984 a 07/03/1986, conforme apresentado no Anexo IV. A cota mínima de instalação dos equipamentos será definida acrescentando 1,0 m à cota de 943 cm, ou seja, 1043 cm ou 10,43 m.

Os critérios para definição das cotas mínimas de instalação dos equipamentos da RHNR, dependendo do objetivo da estação fluviométrica, estão apresentados na Tabela 04. A ficha descritiva da estação fluviométrica de Iguatu, código 36160000, que se encontra no Anexo I apresenta o terceiro objetivo como objetivo geral desta estação, que se refere aos balanços e disponibilidades hídricas e que tem como critério adotar a cota da maior cheia registrada acrescida de 1,0 m (um metro). ***Sendo assim, com as informações disponíveis na elaboração deste relatório, sugere-se, para o momento, que a cota de instalação dos equipamentos nesta estação fluviométrica seja superior a 1043 cm ou 10,43 m.*** A Figura 04 ilustra o posicionamento dos equipamentos na seção de réguas da estação fluviométrica.

A Figura 04 apresenta o perfil da seção transversal de réguas levantada em 2022 com cota máxima de 1237 cm. Recomenda-se que os levantamentos anuais do perfil da seção transversal de réguas sejam realizados em cotas superiores à da maior cheia observada nas duas margens, pois auxiliará na extrapolação do ramo superior da curva-chave caso ocorram cheias maiores que a ocorrida em 1985 (cota máxima registrada de 943 cm).

Além disso, mesmo com as dificuldades inerentes ao trabalho de operação de uma rede hidrometeorológica, quando houver uma oportunidade, ou seja, a ocorrência de cheias no rio Jaguaribe, recomenda-se uma intensificação nas medições de vazões em cotas superiores a 848 cm para melhorar a extrapolação do ramo superior da curva-chave.

Figura 04 – Cota mínima de instalação de equipamentos.



Fonte: elaborado pelos autores

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: 4 ago. 2025.
- HOSKING, J. R. M.; WALLIS, J. R. **Regional frequency analysis**: an approach based on L-moments. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.
- 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: 21 ago. 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.
- 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: 4 ago. 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: 21 ago. 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: 4 ago. 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: 4 ago. 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: 7 ago. 2025.
- TUCCI, C. E. M. **Regionalização de vazões**. Brasília: ABRH, 2002. 256 p.

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: 19 ago. 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: 7 ago. 2025.

ANEXO I

Ficha Descritiva da Estação Fluviométrica de Iguatu, código 36160000

FICHA DESCRITIVA DE ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA

Identificação

Código:	36160000	Estação:	Iguatu	Tipo:	FDSQT
Região hidrográfica:	Atlântico Trecho Norte/Nordeste			Sub-bacia:	36
Rio:	RIO JAGUARIBE			Bacia local:	Jaguaribe
Município:	Iguatu	Estado:	CE	Roteiro:	4
Latitude:	-6.3720	Longitude:	-39.2930	Altitude (m):	212
Instrumento:	GPS Navegação	Datum:	SIRGAS 2000		
Área de dren. (km²):	20700	Instalada em:	01/01/1912	Extinta em:	
Coordenador:	ANA	Operador:	CPRM/REFO		
Código da folha:	1236	Nome da folha:	IGUATU		
Órgão executor:	DSG	Ano:	1972	Escala:	1:100.000

Localização

Localizada na margem esquerda do rio Jaguaribe, lado jusante da ponte ferroviária que liga as cidades de Iguatu e Icó.

Acessibilidade

Da cidade de Icó, pela CE-282 asfaltada, até Iguatu cerca de 52km.

Altitudes Ortométricas

Seção de réguas

Margem: Margem esquerda

Réguas:

LANÇES INSTALADOS: 6

RÉGUAS DE ALUMÍNIO/PVC FIXADAS EM ESTACAS DE MADEIRA

Equipe:

Data: 06/02/2025

Estação: Iguatu

Código: 36160000

FICHA DESCRITIVA DE ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA

Referências de nível

RN PADRÃO: 8

COTA: 8622

LOCALIZAÇÃO: PARAFUSO SEXTAVADO CHUMBADO NA BASE DA PONTE FERROVIÁRIA, M.E.

RN: 10

Seções e processos de medição

Definida pelo corrimão da ponte, lado montante, com PI na margem esquerda e PF na margem direita, distanciados entre si de 180,00m.

Processo de medição: Vau/Ponte/Barco

Potamografia

O rio Jaguaribe drena uma área de 72.043km², corre no sentido nordeste e percorre 885km desde as suas nascentes na serra da Joanhina, município de Tauá. O alto Jaguaribe, localizado a montante do açude Orós, drena uma área de 24.538km² e nesta região o rio é intermitente. A partir da válvula dispersora do açude Orós torna-se perene até a sua

Características do trecho

Regime:	Intermitente	Conformação:	Retilínea	Fundo:	Regular
---------	--------------	--------------	-----------	--------	---------

Posição em relação à rede

Montante:	Sítio Patos	Jusante:	Jaguaribe
-----------	-------------	----------	-----------

Natureza e inclinação das margens

Esquerda:	Baixa	Argilosa Sem Vegetação
Direita:	Baixa	Argilosa Sem Vegetação

Leito

Natureza: Arenosa Sem Vegetação

Controle

Controle:	Ponte	Localização:	Montante	Distância	10
-----------	-------	--------------	----------	-----------	----

Equipe:

Estação: Iguatu

Data: 06/02/2025

Código: 36160000

FICHA DESCRITIVA DE ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA

Observador

Nome:	Apelido:
Endereço:	Complemento:
Bairro:	Município:
Estado:	CEP:
Telefone fixo:	Celular:
Autorizado:	Apelido:
Endereço:	Complemento:
Telefone fixo:	Celular:
Leiturista:	

Observações

- PCD instalada dentro do cercado padrão em terreno atrás de uma madeireira, margem esquerda, lado montante da ponte.
- Atende aos objetos 3a da RHNR.
- Cota máxima: 943 em 02/05/1985.

Equipamentos

- PCD Telemétrica DUALBASE - SENSOR RADAR CHINÊS - ID GOES N° B563EE00
- NR ANA: 029185 - NR CPRM: 370.96370166 - SÉRIE :19366 E PLUVIÔMETRO DE BÂSCULA -
- Instalado em 18/11/2016.

Equipe:

Estação: Iguatu

Data: 06/02/2025

Código: 36160000

ANEXO II
Distribuição de Gumbel e Log-Normal

ANEXO II

DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL

- Função Densidade de Probabilidade

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

Onde 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

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

Onde l_1 e l_2 são os momentos-L amostrais e $\gamma_E = 0,5772157$ é a constante de Euler.

Fonte: Hosking e Wallis (1997)

ANEXO II

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 Civil

ANEXO III
Série de Dados Utilizados – Cotas (cm) e Vazões (m³/s)
Máximos por Ano Civil (01/Jan a 31/Dez)

N	AI	AF	Data	Hora	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Observações
1	1912	1912	28/02/1912	-	529	708	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
2	1913	1913	29/04/1913	-	502	612	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
3	1914	1914	25/01/1914	-	655	1250	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
4	1915	1915	18/12/1915	-	433	403	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
5	1921	1921	24/03/1921	-	541	752	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
6	1922	1922	24/04/1922	-	623	1100	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
7	1923	1923	21/02/1923	-	391	298	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
8	1924	1924	20/04/1924	-	765	1870	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
9	1925	1925	30/03/1925	-	601	1000	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
10	1926	1926	23/03/1926	-	744	1740	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
11	1927	1927	11/03/1927	-	312	145	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
12	1928	1928	01/04/1928	-	373	257	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
13	1929	1929	17/03/1929	-	381	275	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
14	1930	1930	31/03/1930	-	510	640	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
15	1931	1931	19/02/1931	-	324	164	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
16	1932	1932	06/02/1932	-	178	18,10	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
17	1934	1934	07/03/1934	-	653	1240	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
18	1937	1937	04/04/1937	-	378	269	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
19	1938	1938	19/03/1938	-	324	164	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
20	1939	1939	07/03/1939	-	470	508	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
21	1940	1940	01/03/1940	-	623	1100	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
22	1941	1941	11/03/1941	-	564	840	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
23	1942	1942	26/03/1942	-	172	15,80	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
24	1943	1943	28/03/1943	-	444	432	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária

DL – Cotas de dupla leitura (07 e 17 h) – horário de Brasília

* – Cota máxima das estatísticas de cotas médias brutas do sistema de gerenciamento de dados hidrometeorológicos (HIDRO) fornecido pela ANA. A cota máxima registrada nas estatísticas refere-se à cota máxima entre as leituras de 07 e 17 h

ANEXO III
Série de Dados Utilizados – Cotas (cm) e Vazões (m³/s)
Máximos por Ano Civil (01/Jan a 31/Dez) – Continuação

N	AI	AF	Data	Hora	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Observações
25	1944	1944	14/04/1944	-	357	225	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
26	1947	1947	05/04/1947	-	638	1170	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
27	1948	1948	14/03/1948	-	578	900	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
28	1949	1949	13/04/1949	-	393	302	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
29	1950	1950	23/04/1950	-	668	1320	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
30	1951	1951	24/04/1951	-	291	114	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
31	1952	1952	27/04/1952	-	291	114	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
32	1953	1953	25/04/1953	-	324	164	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
33	1954	1954	19/03/1954	-	244	60,00	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
34	1955	1955	07/04/1955	-	455	465	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
35	1956	1956	28/03/1956	-	497	595	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
36	1957	1957	20/04/1957	-	655	1250	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
37	1958	1958	24/03/1958	-	244	60,00	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
38	1959	1959	26/03/1959	-	393	302	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
39	1961	1961	31/03/1961	-	551	790	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
40	1962	1962	29/03/1962	-	357	225	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
41	1963	1963	17/03/1963	-	560	824	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
42	1964	1964	28/04/1964	-	592	959	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
43	1965	1965	24/04/1965	-	473	517	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
44	1966	1966	11/02/1966	-	525	693	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
45	1967	1967	11/04/1967	-	515	657	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
46	1968	1968	24/03/1968	-	477	531	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
47	1969	1969	18/03/1969	-	519	671	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
48	1970	1970	09/03/1970	-	344	200	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária

DL – Cotas de dupla leitura (07 e 17 h) – horário de Brasília

* – Cota máxima das estatísticas de cotas médias brutas do sistema de gerenciamento de dados hidrometeorológicos (HIDRO) fornecido pela ANA. A cota máxima registrada nas estatísticas refere-se à cota máxima entre as leituras de 07 e 17 h

ANEXO III

Série de Dados Utilizados – Cotas (cm) e Vazões (m³/s) Máximos por Ano Civil (01/Jan a 31/Dez) - Continuação

N	AI	AF	Data	Hora	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Observações
49	1971	1971	10/04/1971	-	275	93,80	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão Média Máxima Diária
50	1972	1972	22/01/1972	-	281	101	Cota gerada a partir da curva-chave mais atual/Vazão média máxima diária
51	1973	1973	29/04/1973	-	648	981	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
52	1974	1974	15/04/1974	-	937	3235	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
53	1975	1975	11/03/1975	-	510	503	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
54	1976	1976	13/03/1976	17:00	520	532	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
55	1977	1977	30/04/1977	07:00	521	535	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
56	1978	1978	06/05/1978	07:00	450	345	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
57	1979	1979	07/05/1979	17:00	346	143	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
58	1980	1980	21/02/1980	-	460	369	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
59	1981	1981	04/04/1981	07:00	706	1231	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
60	1982	1982	20/04/1982	07:00	360	165	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
61	1983	1983	08/04/1983	07:00	180	3,36	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
62	1984	1984	18/04/1984	-	554	804	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
63	1985	1985	02/05/1985	-	943	3598	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
64	1986	1986	02/05/1986	-	650	989	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
65	1987	1987	02/04/1987	-	630	910	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
66	1988	1988	24/04/1988	-	505	489	*/Vazão gerada a partir da curva-chave
67	1989	1989	09/04/1989	17:00	822	1923	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
68	1990	1990	06/03/1990	07:00	420	278	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
69	1991	1991	01/04/1991	07:00	290	66,52	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
70	1992	1992	04/04/1992	17:00	392	300	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
71	1993	1993	02/04/1993	07:00	238	54,71	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
72	1994	1994	20/04/1994	07:00	276	95,68	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
73	1995	1995	02/03/1995	07:00	470	510	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
74	1996	1996	04/03/1996	17:00	375	263	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
75	1997	1997	30/03/1997	17:00	600	996	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
76	1998	1998	25/03/1998	17:00	278	98,19	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
77	1999	1999	19/03/1999	07:00	264	81,41	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
78	2000	2000	19/04/2000	-	467	501	CE/Vazão gerada a partir da curva-chave
79	2002	2002	21/01/2002	17:00	511	644	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
80	2003	2003	26/03/2003	07:00	392	300	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
81	2004	2004	05/02/2004	17:00	838	2447	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
82	2005	2005	01/04/2005	07:00	212	32,79	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
83	2006	2006	02/05/2006	-	393	368	CE/Vazão gerada a partir da curva-chave

DL – Cotas de dupla leitura (07 e 17 h) – horário de Brasília

CE – Cota estimada

* – Cota máxima das estatísticas de cotas médias brutas do sistema de gerenciamento de dados hidrometeorológicos (HIDRO) fornecido pela ANA. A cota máxima registrada nas estatísticas refere-se à cota máxima entre as leituras de 07 e 17 h

ANEXO III

Série de Dados Utilizados – Cotas (cm) e Vazões (m³/s) Máximos por Ano Civil (01/Jan a 31/Dez) - Continuação

N	AI	AF	Data	Hora	Cota (cm)	Vazão (m³/s)	Observações
84	2007	2007	21/02/2007	17:00	300	173	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
85	2008	2008	03/04/2008	17:00	555	856	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
86	2009	2009	24/04/2009	17:00	580	948	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
87	2010	2010	19/04/2010	17:00	302	176	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
88	2011	2011	05/05/2011	17:00	545	821	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
89	2012	2012	28/03/2012	07:00	408	406	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
90	2013	2013	09/05/2013	07:00	181	26,09	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
91	2014	2014	13/02/2014	17:00	323	215	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
92	2015	2015	11/05/2015	17:00	234	75,10	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
93	2016	2016	24/01/2016	17:00	322	213	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
94	2017	2017	19/03/2017	17:00	278	136	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
95	2018	2018	03/04/2018	17:00	278	98,19	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
96	2019	2019	06/04/2019	17:00	323	164	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
97	2020	2020	17/03/2020	07:00	517	666	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
98	2021	2021	27/03/2021	07:00	329	140	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
99	2022	2022	17/03/2022	17:00	464	379	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
100	2023	2023	11/04/2023	07:00	458	474	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
101	2024	2024	05/04/2024	07:00	454	462	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave
102	2025	2025	19/03/2025	07:00	492	580	DL/Vazão gerada a partir da curva-chave

DL – Cotas de dupla leitura (07 e 17 h) – horário de Brasília

* – Cota máxima das estatísticas de cotas médias brutas do sistema de gerenciamento de dados hidrometeorológicos (HIDRO) fornecido pela ANA. A cota máxima registrada nas estatísticas refere-se à cota máxima entre as leituras de 07 e 17 h

ANEXO IV
Curva-Chave

ANEXO IV Curva-Chave

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

$$Q(h) = a (h - h_0)^n \quad (\text{AIV-01})$$

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_0 são parâmetros de ajuste.

Os parâmetros das curvas-chave utilizadas no estudo e disponibilizadas pelo SGB são os seguintes:

Curva-chave	Período	Parâmetros			Amplitude de Cotas (cm)	
		a	h_0 (m)	n	Mín.	Máx.
Ramo 1	01/01/1973 a 17/01/1979	37,0675	1,43	3,000	150	219
Ramo 2		36,8191	1,52	2,050	219	795
Ramo 3		34,9139	3,25	2,500	795	950
Ramo 1	18/01/1979 a 12/03/1984	32,9602	1,46	2,116	150	295
Ramo 2		36,8191	1,52	2,050	295	750
Ramo 1	13/03/1984 a 07/03/1986	16,0100	0,85	3,000	120	222
Ramo 2		30,8794	1,08	2,180	222	800
Ramo 3		24,5638	2,08	2,500	800	950
Ramo 1	08/03/1986 a 01/02/1992	17,9487	1,11	2,250	140	266
Ramo 2		36,8191	1,52	2,050	266	795
Ramo 3		34,9139	3,25	2,500	795	850
Ramo 1	02/02/1992 a 06/02/2006	16,0100	0,85	3,000	100	222
Ramo 2		30,8794	1,08	2,180	222	800
Ramo 3		24,5638	2,08	2,500	800	850
Ramo 1	07/02/2006 a 21/03/2018	23,0399	0,76	2,550	20	209
Ramo 2		61,2439	1,22	1,800	209	600
Ramo 1	22/03/2018 a 16/02/2021	19,1501	0,88	1,850	0	198
Ramo 2		16,0100	0,85	3,000	198	222
Ramo 3		30,8794	1,08	2,180	222	800
Ramo 4		24,5638	2,08	2,500	800	950
Ramo 1	17/02/2021 a 09/11/2022	19,7800	1,01	2,650	30	268
Ramo 2		19,7176	0,79	2,137	268	404
Ramo 3		36,8191	1,52	2,050	404	795
Ramo 1	10/11/2022 a 06/03/2024	16,3288	0,87	1,700	0	111
Ramo 2		20,0476	0,82	2,100	111	220
Ramo 3		30,8794	1,08	2,180	220	800
Ramo 4		24,5638	2,08	2,500	800	950
Ramo 1	07/03/2024 a 30/09/2025	16,8000	0,74	2,160	70	172
Ramo 2		20,0476	0,82	2,100	172	220
Ramo 3		30,8794	1,08	2,180	220	800
Ramo 4		24,5638	2,08	2,500	800	950



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

Residência de Fortaleza

Rua Rodrigues Júnior, 840 – Centro
Fortaleza – CE – Brasil – CEP: 60060-000
Tel.: 85 3307-1800

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