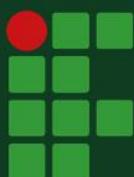


MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E QUANTITATIVA DE
ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA
DO RIO ITAPICURU, VISANDO PREVISÕES DE
INUNDAÇÃO EM CONDE NO ESTADO DA BAHIA,
BRASIL

Matheus Gonçalves da Silva Souza

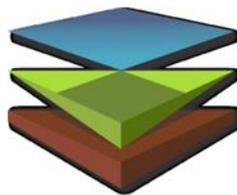
Serrinha - Bahia - Brasil - 2022



INSTITUTO FEDERAL

Baiano

Campus Serrinha

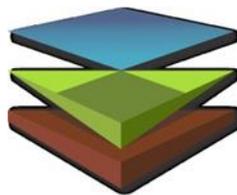


*INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
CAMPUS SERRINHA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS*

MATHEUS GONÇALVES DA SILVA SOUZA

**AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E QUANTITATIVA DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU, VISANDO
PREVISÕES DE INUNDAÇÃO EM CONDE NO ESTADO DA BAHIA, BRASIL**

SERRINHA
BAHIA - BRASIL
2022



*INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
CAMPUS SERRINHA
MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS*

MATHEUS GONÇALVES DA SILVA SOUZA

**AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E QUANTITATIVA DE ÁGUAS
SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU,
VISANDO PREVISÕES DE INUNDAÇÃO EM CONDE NO ESTADO DA
BAHIA, BRASIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Serrinha, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais, para obtenção do título de mestre.

Orientadora: Dr^a. Carla da Silva Sousa.

Coorientadores: Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves e Dr. Micael de Souza Fraga

SERRINHA
BAHIA - BRASIL
2022

S729a Souza, Matheus Gonçalves da Silva
Avaliação morfométrica e quantitativa de águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, visando previsões de inundação em Conde no estado da Bahia, Brasil/ Matheus Gonçalves da Silva Souza.- Serrinha, BA, 2022.
145 p.: il.; color.

Inclui bibliografia.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano - Campus Serrinha. Mestrado Profissional em Ciências Ambientais.

Orientadora: Profa. Dra. Carla da Silva Sousa.

Coorientador: Prof. Dr. Micael de Souza Fraga.

Coorientador: Prof. Dr. Mário Jorge de Sousa Gonçalves.

1. Enchente. 2. Inundação. 3. Alerta. 4. Conde. 5. Itapicuru. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano. II. Sousa, Carla da Silva (Orient.). II. Fraga, Micael de Souza (Coorient.). III. Gonçalves, Mário Jorge de Sousa (Coorient.). IV. Título.

CDU: 556.5



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA INSTITUTO
FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO

MATHEUS GONÇALVES DA SILVA SOUZA

AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E QUANTITATIVA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS
DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU, VISANDO PREVISÕES DE
INUNDAÇÃO EM CONDE NO ESTADO DA BAHIA, BRASIL.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Mestrado Profissional em Ciências Ambientais do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Campus Serrinha como parte dos requisitos para a obtenção do Diploma de Mestre em Ciências Ambientais.

Cr tqxcf q"go "53 127 4244

Banca Examinadora

Dr^a. Carla da Silva Souza (IF Baiano Campus Uruçuca)

(Presidente)

Dr. Alisson Jadavi Pereira da Silva (IF Baiano Campus Campus Gov. Mangabeira)

(Examinador Interno)

Dr. Marcos Paulo Souza Novais (Universidade do Estado da Bahia (UNEB))

(Examinador Externo)

Documento assinado eletronicamente por:

- **Marcos Paulo Souza Novais, Marcos Paulo Souza Novais - 332105 - Professor assistente de regência de classe - Universidade do Estado da Bahia - Uneb (14485841000140)**, em 30/08/2022 23:44:33.
- **Alisson Jadavi Pereira da Silva, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 15/06/2022 14:49:29.
- **Carla da Silva Sousa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 09/06/2022 07:51:26.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 03/06/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifbaiano.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 332827
Verificador: 50acf30ad8
Código de
Autenticação:



AUTOBIOGRAFIA

Nasci em Salvador e com muita raiz e amor morei em Itapetinga e Eunápolis. Sou um sonhador, dentre os meus sonhos, realizou-se o de ser mestre. A minha maior realização é ser pai de Laurinha, minha filha amada. Engenheiro Ambiental de carreira onde nasceu nasceu o País. “Opa! Sou servidor público de Porto Seguro, meu Nome é Brasil”.

E neste meu nome, sob a graça de Deus, espero por meio do presente trabalho poder ajudar ao mínimo que seja as populações vulneráveis, através de um método que pretende demonstrar ao poder público municipal cenários de planejamento na mitigação de eventos que propiciam a vulnerabilidade social.

E a cigana analfabeta lendo a mão de Paulo Freire

Chico César- Beradêro

Agradecimentos

A Santíssima Trindade em comunhão com a Graça de Nossa Senhora e todos os Santos da Igreja.

A minha filha Laurinha, que hoje é tão nova, mas que em breve vai ler o nome dela em tudo o que se refere a mim, e sempre no topo.

A meu pai, grande incentivador e sonhador dos meus sonhos; no que se refere ao mestrado então, ele foi/é meu herói.

A minha mãe, minha vida, apoiadora de tudo, minha Nossa Senhora personificada.

A minha irmã, engenheira “pôrreta”, que apesar de mais nova, é a minha grande inspiração intelectual e de força de vontade.

A Professora Carla, que em alguns momentos difíceis que passei, certas palavras que ela pronunciava sobre família me edificava bastante, não só no que tange ao mestrado, mas como ser humano, pai, etc.

Ao meu coorientador Micael, agradeço todo o conhecimento técnico compartilhado.

Aos meus amigos/colegas do MPCA, em especial Geice, Andréia e Péricles, obrigado pessoal, quero conviver sempre perto de vocês, mesmo que seja só por mensagens. Destaco também o Alexandre, servidor de carreira do IF, que sempre diminuiu a minha distância com o campus, mediante toda a sua presteza.

Ao Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais e todos os professores do programa que contribuíram na formação científica.

Ao Professor Mario Jorge, que propositalmente apareceu na última linha, para mostrar o mesmo como destaque, ele que Deus sabe da sua importância na minha vida, seja no aprendizado da educacional formal ou nos conselhos que só os melhores amigos podem dar. Obrigado grande Mestre, o senhor ficará marcado para sempre na minha vida.

AVALIAÇÃO MORFOMÉTRICA E QUANTITATIVA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU VISANDO PREVISÕES DE INUNDAÇÃO EM CONDE NO ESTADO DA BAHIA, BRASIL

RESUMO: As enchentes e inundações que ocorrem no município de Conde-BA (situado na Bacia hidrográfica do Rio Itapicuru) acarreta diversos impactos negativos no que se refere a saúde humana, questões socioeconômicas e ambientais. A avaliação do fator hidrológico para isto, teve fundamental importância em especial no comportamento do Rio Itapicuru entre os anos de 1954 a 2018; e buscando uma análise mais completa também foram analisados parâmetros morfométricos da bacia em questão, assim como de uma parte isolada desta mesma bacia, o que foi demonstrado dentre outros que nestas existem valores de declividade e altitude bastantes elevados em região de cabeceira, o que influencia no gradiente de velocidade da água até o município de Conde. Por fim, foi criado um sistema de alerta de cheias no Rio Itapicuru, baseado no volume útil (%) de 07 barragens em área de afluência do Rio Itapicuru; devendo este instrumento, auxiliar no planejamento de ações de mitigação dos efeitos das cheias e inundações em Conde.

PALAVRAS-CHAVE: Enchente, inundação, Alerta, Conde, Itapicuru

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	15
2	OBJETIVO	17
2.1	Objetivos Específicos	17
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
4	ÁREA DO ESTUDO	20
5	MATERIAL E MÉTODOS	24
5.1	Do objetivo específico da Caracterização Morfométrica	24
5.2	Do objetivo específico da avaliação quantitativa das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru	27
5.3	Do objetivo específico do Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru	30
6	DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL	33
6.1	Levantamento Ambiental	33
6.1.1	<i>Clima</i>	33
6.1.2	<i>Hidrografia</i>	35
6.1.3	<i>Geologia</i>	37
6.1.4	<i>Pedologia</i>	40
6.1.5	<i>Vegetação</i>	45
6.1.6	<i>Mineração</i>	47
6.1.7	<i>Barragem</i>	49
7	ASPECTOS MORFOMÉTRICOS RELACIONADOS AO ESTUDO DE ENCHENTES NA BACIA DO RIO ITAPICURU, BAHIA	50
7.1.1	<i>Desenvolvimento de Atributos Morfométricos</i>	50
7.1.2	<i>Perímetro - P</i>	50
7.1.3	<i>Densidade de Drenagem - Dd</i>	50
7.1.4	<i>Ordem dos Cursos d'água</i>	51
7.1.5	<i>Fator de Forma - Kf</i>	51
7.1.6	<i>Coeficiente de Compacidade - Kc</i>	52
7.1.7	<i>Índice de circularidade (Ic)</i>	52
7.1.8	<i>Densidade hidrográfica - Dh</i>	53
7.1.9	<i>Declividade da Bacia</i>	54
7.2	Resultados e Discussão	54
8	AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU	61
8.1.1	<i>Desenvolvimento do Fator Hidrológico</i>	61
8.1.2	<i>Detalhamento do Fator Hidrológico</i>	62
8.1.3	<i>Amplitude hidrológica</i>	63
8.1.4	<i>Relação entre a Precipitação e vazão média (Rpv)</i>	63
8.1.5	<i>Diferença da Razão Precipitação-vazão (DRpv)</i>	64
8.1.6	<i>Curvas Integradas médias Acumuladas Precipitação e vazão (CIMA_{pv})</i>	64
8.1.7	<i>Classificação da Razão de Fluxo no rio</i>	64

8.1.8	<i>Fluxograma da Metodologia</i>	64
8.2	Resultados e discussões	65
8.2.1	<i>Curva de Cota Mínima</i>	65
8.2.2	<i>Curva Chave</i>	66
8.2.2.1	Curva – chave (1965 a 1970)	68
8.2.2.2	Curva – chave (1970 a 1972)	69
8.2.2.3	Curva – chave (1973 a 1980)	70
8.2.2.4	Curva – chave (1980 a 1983)	71
8.2.2.5	Curva – chave (1983 a 1997)	72
8.2.2.6	Curva – chave (1997 a 2001/ 2002 a 2007/ 2007 a 2010/2010 a 2014/2015 a 2018)	73
8.2.3	<i>Curva Precipitação x Vazão</i>	79
8.2.3.1	Estação Pluviométrica (Pindobaçu-1040025)	79
8.2.4	<i>CURVA RPV</i>	81
8.2.4.1	Estação Pluviométrica (Pindobaçu-1040025) RPV	81
8.2.5	<i>CURVA DRPV</i>	83
8.2.5.1	Estação Pluviométrica (Pindobaçu-1040025) DRPV	83
8.2.6	<i>Fator Hidrológico</i>	84
8.2.7	<i>Detalhamento do Fator Hidrológico</i>	88
8.2.8	<i>Vazões Máximas E Vazões Mínimas</i>	91
8.2.9	<i>Amplitudes de cheias e secas Hidrológicas</i>	92
8.2.10	<i>Razão de Fluxo (Rf)</i>	95
8.2.11	<i>CURVAS INTEGRADAS MÉDIAS ACUMULADAS PRECIPITAÇÃO VAZÃO (CIMAPV)</i> .95	
8.2.12	<i>CURVAS DE PERMANÊNCIA (CP)</i>	97
8.2.13	<i>CURVAS DE GARANTIA</i>	100
9	DOCUMENTO NORTEADOR PARA SISTEMA DE ALERTA CONTRA ENCHENTES E INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE CONDE-BA	104
9.1	Aplicação do Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru	109
9.1.1	<i>Cheia no Rio Itapicuru no município de Tucano com possibilidade de inundação em Conde-BA</i> 110	
9.1.2	<i>Cheia no Rio Itapicuru no Município de Conde com possibilidade de inundação</i>	111
9.1.3	<i>Inundação no Rio Itapicuru no Município de Conde</i>	112
9.1.4	<i>Aumento gradual no Rio Itapicuru no Município de Conde com alerta de possível inundação pela defesa civil do município</i>	113
9.1.5	<i>Cheia no Rio Itapicuru no município de Olindina com possibilidade de inundação em Conde-BA</i>	115
10	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	116
11	REFERÊNCIAS	120
ANEXOS	124

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização bacia hidrográfica do Rio Itapicuru.....	23
Figura 2 - Localização bacias de interesse para análise de enchentes no município de Conde-Ba.....	25
Figura 3 - Mapa da Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru e parâmetros utilizados.....	28
Figura 4 - Ilustração de Pontos de Barragens utilizadas no Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru.....	32
Figura 5 – Mapa climático da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru.....	34
Figura 6 – Mapa hídrico da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru.....	36
Figura 7 – Mapa de geologia da bacia do Rio Itapicuru.....	39
Figura 8 – Classe de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.....	42
Figura 9 – Potencial de terras pra irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.....	43
Figura 10 – Aptidão a riscos de erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.....	44
Figura 11 – Mapa de vegetação na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.....	46
Figura 12 – Área de mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.....	48
Figura 13 - Mapa de declividade para BRI e BEQ.....	56
Figura 14 - Mapa de altitude para BRI e BEQ.....	57
Figura 15 - Mapa de Codificação dos cursos d'água para BRI e BEQ.....	58
Figura 16 – Fluxograma da Metodologia proposta por Gonçalves (2020).....	64
Figura 17 – Notícia de inundação no município de Conde no ano de 2016.....	105
Figura 18 – Verificação de cheia do Rio Itapicuru em Tucano -Ba, no mês de março de 2019.....	106
Figura 19 – Notícia de cheia do Rio Itapicuru em Conde-Ba, no mês de abril de 2019.....	107
Figura 20 – Notícia de inundação no município de Conde no ano de 2020.....	107
Figura 21 – Notícia de alerta de cheia do Rio Itapicuru em Conde-Ba, no mês de novembro de 2021.....	108
Figura 22 – Verificação de cheia do Rio Itapicuru em Olindina -Ba, no mês de março de 2022.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Municípios pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.	21
Quadro 2 - Períodos com base na Curva de descarga, na bacia hidrográfica do rio Itapicuru – BA.	29
Quadro 3 – <i>Barragens utilizadas para monitoramento junto ao Sistema de alerta de cheia proposto.</i>	31
Quadro 4 – <i>Índice Risco mês utilizados para monitoramento junto ao Sistema de alerta de cheia proposto.</i>	32
Quadro 5 – <i>Quantificação de extensão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.</i>	35
Quadro 6 – <i>Detalhamento de unidades geológicas na bacia do Rio Itapicuru.</i>	37
Quadro 7 – <i>Classe de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.</i>	40
Quadro 8 – <i>Potencial de terras pra irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.</i>	40
Quadro 9 – <i>Aptidão a riscos de erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.</i>	41
Quadro 10 – <i>Aptidão a riscos de erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.</i>	45
Quadro 11 - <i>Caracterização das barragens analisadas no presente estudo</i>	49
Quadro 12 – Classificação relacionado ao parâmetro morfométrico Densidade de drenagem (Dd).	50
Quadro 13 – Classificação relacionado ao parâmetro morfométrico Fator de Forma (Kf).....	51
Quadro 14 – Classificação relacionado ao parâmetro: Coeficiente de Compacidade (Kc).	52
Quadro 15 – Classificação relacionado ao parâmetro: índice de circularidade (Ic).....	52
Quadro 16 – Classificação relacionado ao parâmetro Densidade hidrográfica Dh.....	53
Quadro 17 – Classificação relacionado a Declividade da Bacia Hidrográfica.	54
Quadro 18 – Resumo de considerações sobre o Fator Hidrológico.....	62
Quadro 19 – Resumo de considerações sobre o Detalhamento do Fator Hidrológico.....	63
Quadro 20 – Classificações e critérios de Amplitudes de secas e cheias hidrológicas.	63
Quadro 21 - Classificação da Razão de Fluxo.....	64
Quadro 22 - Divisão de Períodos com base na curva de descarga, no período 1965 a 2018, da estação 50595000, município de Conde– BA	65
Quadro 23 – Dados de vazão de curvas chaves a partir do 6º período.	73
<i>Quadro 24 - Resultados de precipitação e média de vazão mensal, no período de 1986 a 2005, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru- BA, sem correção dos dados. (Pluviométrica 1040025 x fluviométrica 59505000)</i>	<i>79</i>
<i>Quadro 25 - Resultados de precipitação e média de vazão mensal, no período de 1986 a 2005, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru- BA, com correção dos dados. (Pluviométrica 1040025 x fluviométrica 59505000).....</i>	<i>80</i>
<i>Quadro 26 - Dados hidrológicos (Rpv), no período de 1986 a 2005, nas Estações Pluviométrica 1040025 x fluviométrica 59505000</i>	<i>82</i>
<i>Quadro 27 - Dados hidrológicos (DRpv), no período de 1986 a 2005, nas Estações Pluviométrica 1040025 x fluviométrica 59505000 para o TRM > 30 dias.....</i>	<i>83</i>
<i>Quadro 28 – Relação aquífero X precipitação sem correção</i>	<i>96</i>
<i>Quadro 29 – Relação aquífero X precipitação com correção.....</i>	<i>96</i>
Quadro 30 – Dados de vazão de curvas chaves utilizadas para comparação de garantia de vazão.....	101
Quadro 31 – Garantia e Vazão Garantida na Bacia do Rio Itapicuru analisados 54 anos de dados fluviométricos.....	103
Quadro 32 - <i>Registros de ocorrência de enchentes/inundações e alagamentos no município de Conde, desde 1914 a 2016.</i>	104
Quadro 33 – <i>Eventos de cheia ou inundação no município de Conde entre os anos de 2016 - mar/2022.</i>	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cursos hídricos e estações pluviométricas analisadas no estudo quantitativo.	27
Tabela 2 – Parâmetros morfométricos pertencentes a BRI e BEQ.	54
Tabela 3 - Percentual de declividade em relação a BRI e BEQ.	56
Tabela 4 - Altitude em relação a BRI e BEQ.	57
Tabela 5 – Codificação de cursos hídricos a BRI e BEQ.	59

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Acompanhamento das cotas mínimas e medidas na Estação 59505000, no período de 1965 a 2018, no Rio Itapicuru.....	66
Gráfico 2- Curva - Chave no período de 1965 a 2018, sem correção.....	67
Gráfico 3- Curva - Chave no período de 1965 a 2018, com correção.....	68
Gráfico 4- Curva - Chave no período de 1965 a 1970, sem correção.....	68
Gráfico 5 - Curva - Chave no período de 1965 a 1970, com correção.....	69
Gráfico 6- Curva - Chave no período de 1970 a 1972, sem correção.....	69
Gráfico 7- Curva - Chave no período de 1965 a 1972, com correção.....	70
Gráfico 8- Curva - Chave no período de 1973 a 1980, sem correção.....	70
Gráfico 9 - Curva - Chave no período de 1973 a 1980, com correção.....	71
Gráfico 10- Curva - Chave no período de 1980 a 1983, sem correção.....	71
Gráfico 11- Curva - Chave no período de 1980 a 1983, com correção.....	72
Gráfico 12- Curva - Chave no período de 1983 a 1997, sem correção.....	72
Gráfico 13 - Curva - Chave no período de 1983 a 1997, com correção.....	73
Gráfico 14- Curva - Chave no período de 1997 a 2001, sem correção.....	74
Gráfico 15- Curva - Chave no período de 1997 a 2001, com correção.....	74
Gráfico 16- Curva - Chave no período de 2002 a 2007, sem correção.....	75
Gráfico 17- Curva - Chave no período de 2002 a 2007, com correção.....	75
Gráfico 18- Curva - Chave no período de 2007 a 2010, sem correção.....	76
Gráfico 19- Curva - Chave no período de 2007 a 2010, com correção.....	76
Gráfico 20- Curva - Chave no período de 2010 a 2014, sem correção.....	77
Gráfico 21- Curva - Chave no período de 2010 a 2014, com correção.....	77
Gráfico 22- Curva - Chave no período de 2015 a 2018, sem correção.....	78
Gráfico 23- Curva - Chave no período de 2015 a 2018, com correção.....	78
Gráfico 24 - Comportamento das curvas de Precipitação e Vazão, nas Estações 1040011 e 5905000, no período de 1986-2005, no Rio Itapicuru, sem correção do TRM.....	80
Gráfico 25- Comportamento das curvas de Precipitação e vazão, nas Estações 1040011 e 5905000, com correção do TRM.....	81
Gráfico 26- <i>Curva Razão Precipitação, das estações 1040011 e 5905000.</i>	82
Gráfico 27- <i>Curva Diferença Razão Precipitação Vazão, das estações 1040011 e 5905000.</i>	84
Gráfico 28- <i>Fator Hidrológico no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	85
Gráfico 29- <i>Proporção dos anos deficitário, normais e excedentes hídricos no período de 1965 a 2018, na Estação 59505000, Rio Itapicuru.</i>	86
Gráfico 30- <i>Proporção dos anos deficitário, normais e excedentes hídricos no período de 1965 a 2001, na Estação 59505000, Rio Itapicuru.</i>	86
Gráfico 31- <i>Proporção dos anos deficitário, normais e excedentes hídricos no período de 2002 a 2005, na Estação 59505000,</i>	

<i>Rio Itapicuru</i>	87
Gráfico 32- <i>Proporção dos anos deficitário, normais e excedentes hídricos no período de 2006 a 2018, na Estação 59505000, Rio Itapicuru</i>	87
Gráfico 33- <i>Detalhamento do Fator Hidrológico no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	88
Gráfico 34- <i>Proporção dos anos, normais com tendência a excedentes hídricos ou déficit hídrico, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	89
Gráfico 35- <i>Proporção dos anos, normais com tendência a excedentes hídricos ou déficit hídrico, no período de 1965 a 2001, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	89
Gráfico 36- <i>Proporção dos anos, normais com tendência a excedentes hídricos ou déficit hídrico, no período de 2002 a 2005, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	90
Gráfico 37- <i>Proporção dos anos, normais com tendência a excedentes hídricos ou déficit hídrico, no período de 2006 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	90
Gráfico 38- <i>Valores máximos de vazão com respectivas médias máximas e anuais, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	91
Gráfico 39- <i>Valores mínimos de vazão com respectivas médias máximas e anuais, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	92
Gráfico 40- <i>Amplitude de cheia hidrológica no período, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	93
Gráfico 41- <i>Cheias hidrológicas de grande, média e pequenas amplitudes, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	94
Gráfico 42- <i>Cheias hidrológicas de grande, média e pequenas amplitudes, no período de 1965 a 2001, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	94
Gráfico 43- <i>Razão de Fluxo no período de 1937 a 2018, na BHRJ, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	95
Gráfico 44- <i>Comportamento das curvas de Precipitação de Vazão acumuladas, nas Estações 1040011 e 59505000, no período de 1985-2018, no Rio Itapicuru, sem correção do TRM</i>	96
Gráfico 45- <i>Comportamento das curvas de Precipitação de Vazão acumuladas, nas Estações 1040011 e 59505000, no período de 1985-2018, no Rio Itapicuru, sem correção do TRM</i>	97
Gráfico 46- <i>Curva de permanência referente ao período de 01/1965 a 12/2018, na estação fluviométrica 59505000, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	98
Gráfico 47- <i>Curva de permanência referente ao período de 01/1965 a 12/2018, na estação fluviométrica 59505000, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	98
Gráfico 48- <i>Curva de permanência referente ao período de 01/1965 a 12/2018, na estação fluviométrica 59505000, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	99
Gráfico 49- <i>Curva de permanência referente ao período de 01/1965 a 12/2018, na estação fluviométrica 59505000, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru</i>	99
Gráfico 50- <i>Comparação da garantia de vazão entre os períodos de 12/1997 a 04/2010 e 04/2010 a 12/2014</i>	101
Gráfico 51- <i>Comparação da garantia de vazão entre os períodos de 12/1997 a 04/2010 e 04/2010 a 12/2014</i>	102
Gráfico 52- <i>Garantia de Vazão no período de 01/1965 a 12/2018 na estação fluviométrica 59505000</i>	102

1 INTRODUÇÃO GERAL

Segundo Santos (2017), entende-se por bacia hidrográfica, um sistema complexo de vertentes e canais que drena uma determinada área, transferindo um volume de água, expresso em metros cúbicos (m³) ou litros (l) por segundos até alcançar o exutório, inter-relacionado ao subsistema de águas subterrâneas, transformados pelo conjunto de atividades e ações políticas, socioeconômicas, culturais e tecnológicas.

Do ponto de vista de Garces e Alvarez (1988) a formação das bacias hidrográficas é feita através dos desníveis dos terrenos que orientam os cursos d'água, sempre das áreas mais altas para as mais baixas. Sendo assim, pode ser entendida como um conjunto de áreas com declividade no sentido de um curso d'água. A Lei Federal Nº 9.433/1997 define bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Na bacia do Rio Itapicuru no Estado da Bahia, tem um considerável histórico de inundações no município de Conde em região de foz, conforme é relatado por Novais (2018), sendo a população de baixa renda mais afetada por conta deste revés, devido sobretudo a falta de infraestrutura do município. O autor, dentre outras, evidencia a influência de precipitações extremas nos municípios e Jacobina e Queimadas para estes eventos catastróficos. Abreu, Sobrinha e Brandão (2017), também apontaram a influência da precipitação em eventos hidrológicos extremos, ressaltando as possíveis causas e consequências desse evento climático, apontado as inundações como consequências da interferência antrópica através da urbanização desordenada.

As problemáticas ambientais são diversas e pode se tornar uma ameaça para as próximas gerações, grande parte das causas dos problemas ambientais atuais estão ligados as ações naturais e antrópicas e despreparo dos seres humanos no controle e resolução de tais acontecimentos. Silva, Martins e Spink (2020), apontaram que diante dos estudos sobre inundações se faz necessário criar estratégias participativas como foco na redução dos riscos e desastres, possibilitando assim as condições para a resiliência das comunidades afetadas, sobretudo para famílias de baixa renda (CANIL; LAMPIS; SANTOS, 2020).

De acordo com Gomes *et al.* (2020), fatores como o aumento na precipitação à montante da bacia, a mudança nos parâmetros do solo e as interferências no uso do solo são fatores que contribuíram para o aumento na vazão e área de inundação de uma determinada bacia, acarretando entre outras coisas, impactos negativos ao meio ambiente, nos recursos hídricos, na economia e no cotidiano das comunidades que residem às margens dos rios.

Atualmente, para análises ambientais, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são ferramentas eficientes devido a sua grande versatilidade na gestão e análise de informações espaciais. O uso de Sensoriamento Remoto pode dar uma contribuição fundamental oferecendo uma visão integrada, clara e atual, dos componentes básicos que interagem no processo de perda de solo, e que devem ser analisados em qualquer ação de zoneamento territorial.

Gonçalves (2014) publicou sua tese “Gestão Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil”, aplicando o método do Fator Hidrológico. Esse método permite se avaliar de maneira quantitativa os recursos hídricos permitindo classificar os anos hidrológicos em excedentes, normais e deficitários e a melhor compreensão dos dados hidrológicos de uma bacia hidrográfica.

Sendo assim, o presente trabalho trata sobre as seguintes perspectivas:

- Verificar tendências de inundações através de parâmetros morfométricos;
- Diagnóstico quantitativo dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru;
- Gráficos que possibilitem a avaliação quantitativa das águas superficiais antes e depois da construção de possíveis barragens, considerando as variações das cotas em relação as suas médias;
- Retrato das condições quantitativas da bacia do Rio Itapicuru e conseqüentemente avaliação dos anos hidrológicos deficitários, normais e excedentes;
- Frequência de ocorrência dos anos hidrológicos normais, excedentes e deficitários no período a ser analisado;
- Informações que auxiliem em sistemas de alerta para enchentes e inundações no município de Conde-BA.

2 OBJETIVO

Identificar as alterações hidrológicas sofridas na bacia do Rio Itapicuru a partir de dados secundários, visando à previsão de inundações e enchentes no município de Conde.

2.1 Objetivos Específicos

- Realizar caracterização morfométrica da bacia, buscando entender parâmetros que poderão refletir aspectos de inundação em Conde;
- Avaliar os efeitos quantitativos das águas superficiais da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru em estações pluviométricas e fluviométrica localizadas a jusante da área de estudo;
- Criar um Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru, visando o planejamento de ações aos casos de enchentes e inundações por parte da gestão pública municipal no município de Conde-BA.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O aumento significativo da urbanização está inteiramente ligado com as frequentes inundações ocorridas no Brasil (TUCCI, 2005). Sendo que o planejamento nos espaços de riscos torna-se essencial para mitigar os desastres urbanos, destacando-se como um dos principais pontos negativos para tal, as ocupações irregulares.

O ministério das cidades no ano de 2007 relata que quando a elevação do nível da água do local de drenagem aumenta devido a uma determinada vazão sem haver o extravasamento é porque ocorreu enchente ou cheia; para os casos de transbordamento das águas em um determinado curso d'água atingindo a área de várzea ou a planície de inundação, tem-se a inundação.

Porto (2007) entende risco como a capacidade existente de resistir, reduzir, antecipar os danos em um determinado evento. Tschiedel e Paiva (2018) apontam que operações de estruturas hidráulicas como os dos reservatórios podem potencializar ocorrências de inundações e cheias. Já para Lopes *et al.* (2018), entende que as marés ou os ventos das regiões estuarinas tem uma maior relação com a potencialização de cheias. Tal fato na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru pode ser representado por diversas barragens existentes, destacando as monitoradas pelo Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), assim como, a influência da maré de sizígia que influencia diretamente o município de Conde, foz do Rio Itapicuru, conforme demonstrado em tese de doutorado de Marcos (2018). Paixão *et al.* (2018) aponta tipos de levantamentos para serem aplicados nas áreas de inundações, dando destaque neste

aspecto para o sensoriamento remoto, seja por meio de utilização de utilização de imagens de avião ou drone, estes que podem encarecer ao projeto, como também, a partir de imagens orbitais obtidas de satélites gratuitos, para que assim seja feita a modelagem correta do determinado processo estudado.

Pereira e Rego (2013) demonstraram que se deve conhecer o comportamento hidrológico das bacias hidrográficas para dirimir conflitos para o uso da terra e das águas, sendo este planejamento fundamental para os usos múltiplos das águas. Com dados das Regiões de planejamento e gestão das águas (RPGA) (2018) e Radambrasil (1983), verifica-se que na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru a vegetação predominante dar-se nos tabuleiros costeiros por meio de vegetação secundária da mata atlântica, e ademais por caatinga do tipo arbustiva, parque e campo rupestre, existindo também floresta estacional, essas com influência fluviomarinha. Santos *et al.* (2013), diz que a atividade rural é predominante na bacia do Rio Itapicuru, sendo que no município de Conde tem-se o apelo turístico nos últimos anos como uma das principais potencialidades econômicas, sendo o beneficiamento de coco da baía e reflorestamento por meio da silvicultura outras potencialidades a serem destacadas (NOVAIS, 2018).

Esquivel (2006) destaca que no município de Conde existe o estuário encontra-se vivo, ainda que seja evidente a retenção de materiais transportados pelo Rio Itapicuru diante toda a bacia, o que tende ocasionar um impacto ambiental negativo em relação ao ecossistema. Faz-se necessário saber o comportamento de erosão e assoreamento no rio ao longo dos anos para que seja possível entender a capacidade de permeabilidade do lençol freático e conseqüentemente capacidade de acumulação de água, o que pode prever situações de cheia e/ou inundações. Terpstra (2010) impõe que a comunicação para caso de riscos de fatores naturais é facilitada, a partir do momento que gestores públicos e população percebem tal risco, sendo a partir deste ponto a importância de implementação de políticas públicas que garantam a participação social no controle e monitoramento dos riscos.

Sobre a análise hidrogeológica, a infiltração é o principal fenômeno do ciclo hidrológico, responsável pela recarga dos aquíferos, essa água representa a renovação e o abastecimento contínuo dos reservatórios de água subterrânea e pode ocorrer de duas formas: recarga direta – que é quando a água infiltra diretamente no aquífero, por meio das áreas de afloramento e fissuras nas rocha que situam-se logo acima; recarga indireta – que ocorre quando o reabastecimento do aquífero se desenvolve por meio da drenagem das águas superficiais e do fluxo subterrâneo indireto, em áreas onde há fluxos descendentes. O período de cheia é quando o curso d'água atinge um nível mais elevado que o normal, mesmo assim a água mantém-se em

seu leito regular. A inundação, por sua vez, representa o evento hidrológico em que a altura linimétrica extravasa o leito normal, causando um transbordamento de suas águas, podendo gerar prejuízos materiais e humanos (ZIELINSKI, 2018).

As inundações estão intimamente ligadas aos desastres no município de Conde, conforme destacado por Novaes (2018). Devem ser utilizados mecanismos de controle e verificação de quantitativa d'água na bacia para mitigar efeitos desordenado da água, em especial nas áreas urbanas e produtivas. Barbosa Jr. (S/D) defende que com a construção de barragens é possível regularizar vazões e conseqüentemente atenuar as cheias, sendo assim, combatendo as inundações.

Na Bacia do Rio Itapicuru existem barragens que semanalmente vem sendo monitorada e operada pelos órgãos operadores tais quais: Companhia de Engenharia Hídrica e de Saneamento da Bahia (CERB), Empresa Baiana de Águas e Saneamento (EMBASA) e Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (DNOCS). Nesta, destaca-se como de maior volume operacional a barragem Rômulo Campos, que fica entre os municípios de Itiúba e Cansanção.

Samizava *et al.* (2008), evidenciam que as tomadas de decisões por meio do Geoprocessamento, possibilitam ao usuário mais agilidade e segurança nos processos. As técnicas de Geoprocessamento, implementadas nos Sistemas de Informações Geográficas, são importantes aliadas do planejamento e avaliação do uso e degradação do solo, permitindo a realização de estimativas de perdas de solos por erosão, a classificação das terras segundo a capacidade de uso, a simulação da degradação do solo por intermédio de cenários e diversas análises espaciais com rapidez e precisão, por meio da álgebra de mapas.

A área de geoprocessamento engloba métodos que podem ser abordados numa estrutura funcional, que os organiza, de acordo com o seu emprego na coleta de dados, bem como em seus tratamentos. A geotecnologia é tida como uma técnica importante na análise da paisagem, consiste significativo auxílio às atividades vinculadas a classificação dos domínios nos aspectos morfoestruturais do relevo, ou na subdivisão em territórios geomorfológicos e estudos associados a morfogênese (IBGE, 2009).

Os arquivos vetoriais e *raster* são os modelos mais utilizados para estabelecer a estrutura geométrica dos dados do SIG; sendo o vetor dado por geometrias como pontos, linhas, curvas e polígonos. Já o *raster* são baseados em pixel, geralmente apresentando maiores detalhes (ELIANE; MANZATO, 2001). As técnicas de sensoriamento Remoto a cada dia ficam mais sofisticadas, ampliando sua aplicabilidade a uma grande gama de problemas ecológicos, tecnológicos, urbanos e de recursos naturais. Por meio de tratamento de imagens de satélites

(raster) é possível verificar vulnerabilidade e suscetibilidade do solo, podendo nesse critério ser utilizado a classificação de declividades em faixas, classificadas e propostas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2009).

Os autores Baban e Yuso (2001) classificam o SIG como uma ferramenta fundamental na identificação de áreas com risco potencial à erosão, possibilitando, tomada de decisões mais eficazes e coerentes sobre as mesmas e, também, a recomendação de medidas de conservação no âmbito desta temática.

As pesquisas nas linhas agrárias e ambientais utilizam com muita frequência informações de imagem de satélites, estas com resolução adequadas para trabalho em pequena escala, assim sendo, no que tange a erosão a enchentes, a prática das geotecnologias é um excelente instrumento para visualizar e mitigar tal problemática, se combinada com outros parâmetros.

Portanto, após a análise hidrológica do Rio Itapicuru espera-se que o presente trabalho demonstre um sistema de alerta que emita riscos de cheia mediante a regularização de vazão promovida pelas barragens de Aipim, Araci, Cachoeira Grande, Pedras Altas, Ponto Novo, Quiçé e Romulo Campos, todas estas com dados quantitativos resumidos em boletim informativo semanal emitido pelo INEMA.

4 ÁREA DO ESTUDO

Após processamento de dados, a área de drenagem da Bacia em análise apresentou dimensão de 36.076,70 km², sendo compreendida por 58 municípios baianos. Este trabalho considerou como município pertencente totalmente a Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru aqueles que apresentaram no processamento um percentual acima de 97% da relação área total e área total na Bacia. Assim, 23 municípios é influenciado em sua totalidade no que se refere a Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru (BRI), enquanto 35 municípios encontram-se de forma parcial nesta Bacia (Quadro 1) e Figura 1.

Quadro 1 – Municípios pertencentes a Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.

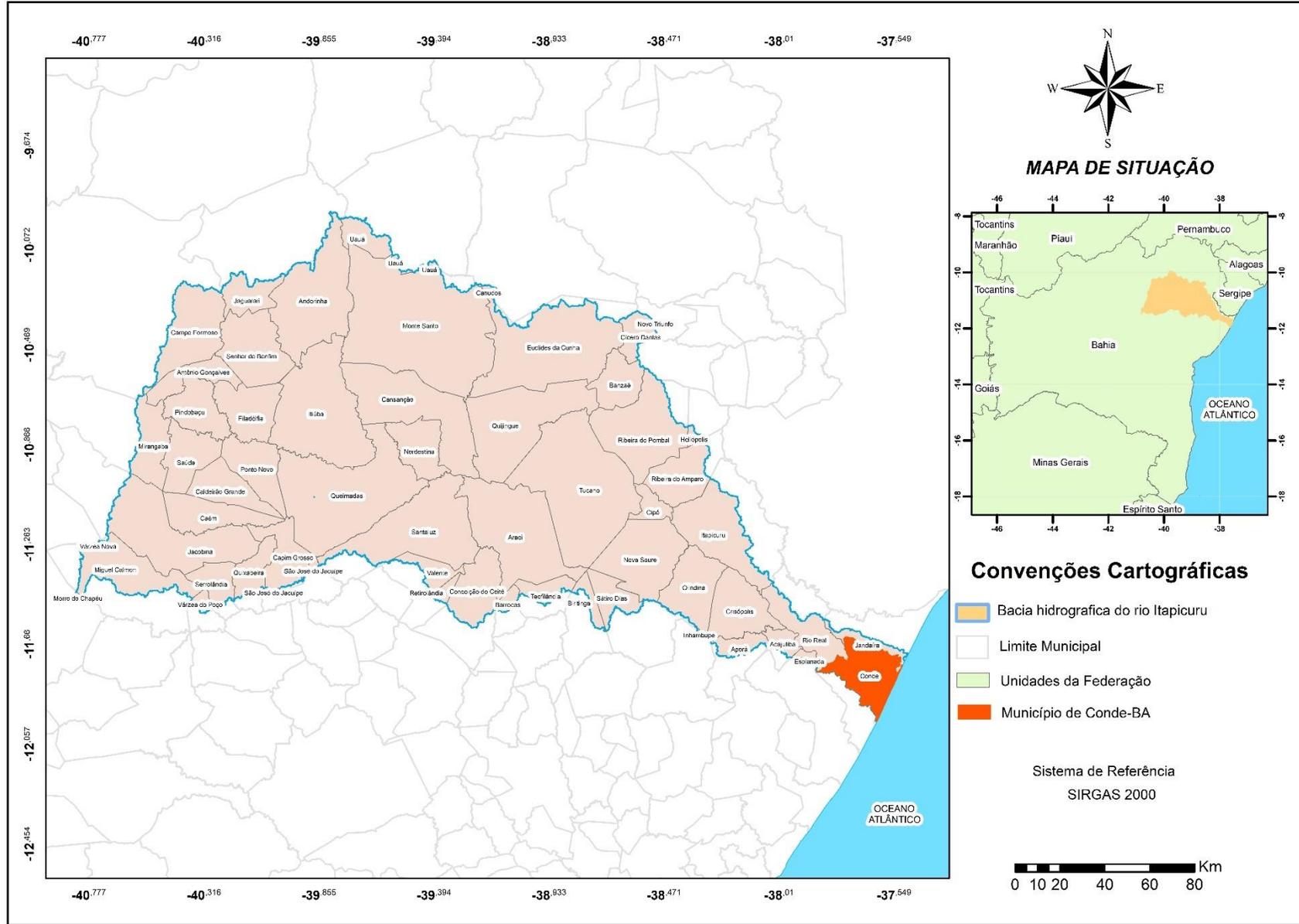
Município	Área Total Km²	Área total na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru Km²	%
*Acajutiba	128,0849	181,3814	70,62%
Andorinha	1.350,0618	1.361,62	99,15%
Antônio Gonçalves	345,1861	345,1861	100,00%
*Aporá	164,6730	478,997	34,38%
Araci	1.495,0118	1.495,012	100,00%
Banzaê	408,9429	409,1993	99,94%
*Barrocas	69,1320	207,1477	33,37%
*Biritinga	114,5013	553,2168	20,70%
Caém	540,7386	540,7386	100,00%
Caldeirão Grande	458,1481	458,1481	100,00%
*Campo Formoso	826,6903	7.162,576	11,54%
Cansanção	1.350,9017	1.350,902	100,00%
*Canudos	20,4647	3.561,918	0,57%
Capim Grosso	451,2649	464,5363	97,14%
*Cícero Dantas	224,2778	819,355	27,37%
Cipó	168,2030	168,203	100,00%
*Conceição do Coité	542,1166	1.014,458	53,44%
*Conde	597,4192	928,4315	64,35%
Crisópolis	632,3650	636,2009	99,40%
*Esplanada	60,0378	1.297,997	4,63%
*Euclides da Cunha	1.788,0469	2.023,668	88,36%
Filadélfia	579,5286	579,5286	100,00%
*Heliópolis	35,8796	312,9485	11,47%
*Inhambupe	6,9535	1.081,531	0,64%
*Itapicuru	905,9344	1.556,341	58,21%
Itiúba	1.649,5325	1.649,533	100,00%
*Jacobina	1.373,3552	2.192,769	62,63%
*Jáguarari	333,4940	2.464,89	13,53%
*Jandaíra	132,7055	642,5029	20,65%
*Miguel Calmon	742,9910	1.599,657	46,45%
*Mirangaba	487,0880	1.751,921	27,80%
Monte Santo	2.952,6546	3031,986	97,38%
*Morro do Chapéu	4,1732	5.749,184	0,07%
Nordestina	465,0648	465,0648	100,00%
Nova Soure	964,4258	966,2542	99,81%

*Novo Triunfo	0,0276	278,3866	0,01%
Olindina	626,4077	636,8834	98,36%
Pindobaçu	495,7045	495,7045	100,00%
Ponto Novo	529,9204	529,9204	100,00%
Queimadas	2.009,8028	2.009,804	100,00%
Quijingue	1.379,7108	1.379,711	100,00%
*Quixabeira	281,4307	366,2267	76,85%
*Retirolândia	65,5556	242,1441	27,07%
*Ribeira do Amparo	522,4554	643,3078	81,21%
*Ribeira do Pombal	1.095,1448	1.251,245	87,52%
*Rio Real	461,6723	739,2851	62,45%
*Santaluz	1.413,2226	1.622,291	87,11%
*São José do Jacuípe	31,5295	362,1559	8,71%
*Sátiro Dias	292,3963	948,5963	30,82%
Saúde	508,9689	508,9689	100,00%
Senhor do Bonfim	789,0196	789,0196	100,00%
*Serrolândia	264,1235	321,8997	82,05%
*Teofilândia	190,7884	351,6185	54,26%
Tucano	2.196,5136	2.196,514	100,00%
*Uauá	285,4112	3.058,575	9,33%
*Valente	201,8914	394,5727	51,17%
*Várzea do Poço	62,5526	206,4091	30,31%
*Várzea Nova	1,9848	1.225,616	0,16%

Fonte dos dados: IBGE (2015), SEI (2020) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022)

*Municípios de forma parcial na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru

Figura 1 - Localização Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: IBGE (2015), SEI (2020) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022) (2022).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Do objetivo específico da Caracterização Morfométrica

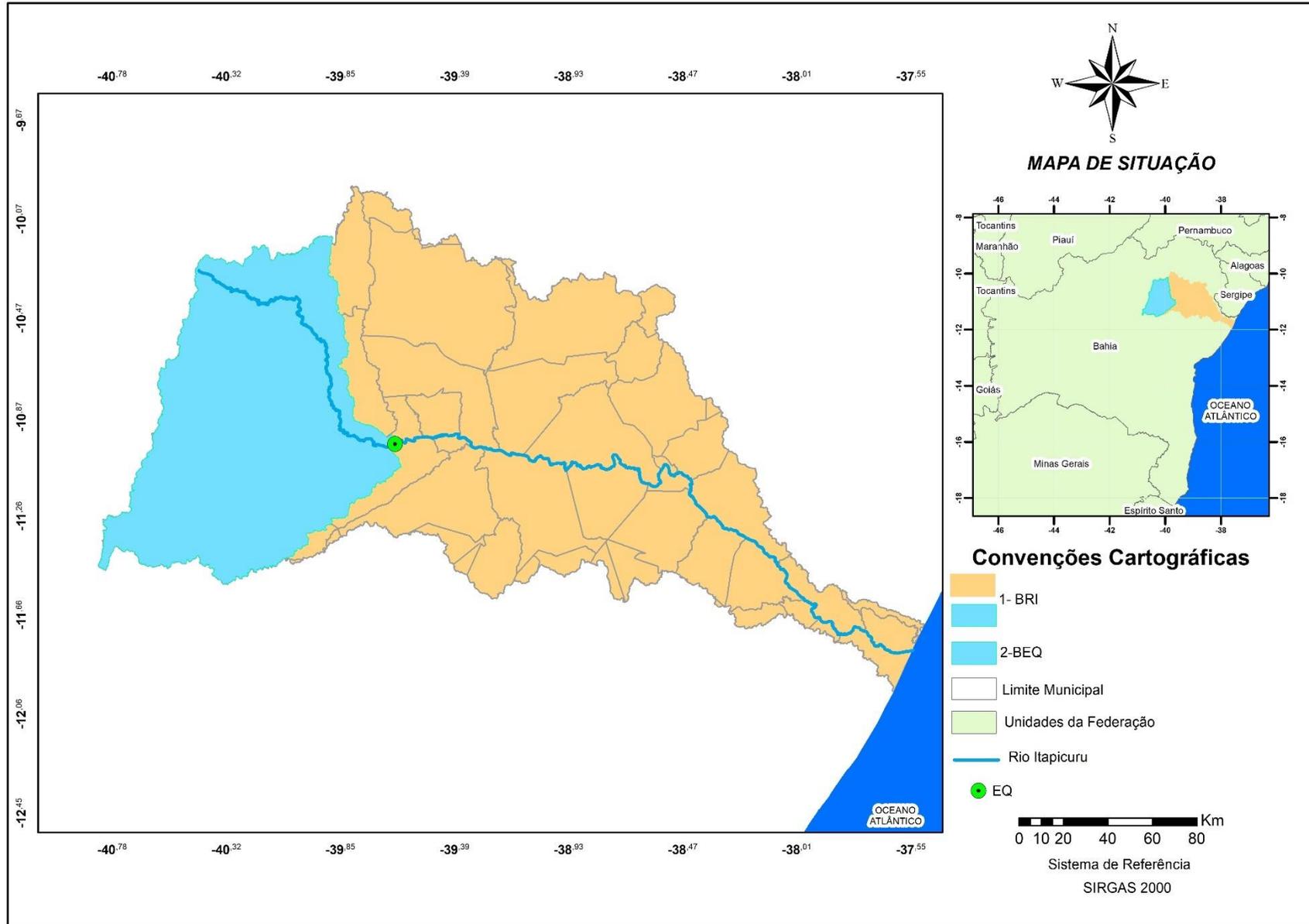
Buscando compreender a disposição da drenagem, possibilidades de inundação e conseqüentemente características morfométricas da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru, foi utilizado um Modelo Digital de Elevação (MDE) através imagens do satélite *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer* (ASTER) com resolução espacial de 30 metros. A análise da morfometria foi realizada via sensoriamento remoto e buscou-se compreender 10 (dez) parâmetros: área de drenagem; perímetro; fator de forma (Kf), coeficiente de compacidade (Kc), densidade de drenagem (Dd), ordem dos cursos d'água, índice de circularidade (Ic), Densidade hidrográfica (Dh), Declividade e altitude.

Para elaboração deste estudo, foi utilizada a base cartográfica da área da bacia que drena o Rio Itapicuru a partir de sua foz (INEMA, 2021) e a estação pluviométrica de queimadas - EQ (1039024), tendo os seguintes passos:

- i. Obtenção e tratamento Modelo Digital de Elevação;
- ii. Desenvolvimento de Índices e atributos morfométricas.

Á área de estudo compreende três partes distintas, todas alcançando a bacia hidrográfica do Rio Itapicuru, seja totalmente ou parcialmente. Para facilitar o entendimento foi denominado 1- Bacia do Rio Itapicuru (BRI), 2 - Sub Bacia Est. Queimadas (BEQ). A BRI possui 36.076,28 Km², já a BEQ é compreendida por uma área de 11.793,13 Km², ou seja, aproximadamente 33% em relação a Bacia Geral (BRI) (Figura 2).

Figura 2 - Localização bacias de interesse para análise de enchentes no município de Conde-BA.



Fonte dos dados: IBGE (2015), SEI (2020) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Para a obtenção das características morfométricas da bacia foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) obtido a partir de imagens do satélite ASTER com resolução espacial de 30 metros, com resolução de 30 x 30 m, disponível em *United States Geological Survey* (USGS, 2021). A primeira parte da metodologia consistiu na inserção das cenas S10W038V3, S10W039V3, S10W040V3, S10W041V3, S11W038V3, S11W039V3, S11W040V3, S11W041V3, S11W042V3, S12W038V3, S12W039V3, S12W040V3, S12W041V3, S12W042V3, S13W038V3, S13W039V3, S13W040V3 do mosaico de imagens Modelo Digital de Elevação – MDE de ASTER (USGS, 2014). Todos os dados foram processados no software QGIS – versão 3.18. A área de estudo abrangeu dezessete cenas, por isso se fez necessário fazer o mosaico das imagens obtendo um único arquivo, facilitando, assim, os processamentos posteriores.

Os dados ASTER encontravam-se no sistema de referência WGS84 (coordenadas geográficas). O arquivo foi convertido para o sistema de referência sirgas 2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) - zona 24 s e projetados no sistema Universal Transverso de Mercator (UTM), para que os cálculos de área e de distâncias fossem processados. Após o lançamento do *raster* no software, se buscou verificar a existência alguns erros que possivelmente necessitariam de correção através. As falhas em geral ocorrem por causa de:

- i. células com valores *NO DATA*, ou seja, sem valores atribuídos;
- ii. células com valores negativos, em especial nas áreas próximas ao litoral;
- iii. depressão espúria, quando a célula possui valores bastante diferente em relação as células vizinhas.

É importante ressaltar que a imagem *raster* consiste em um gride de células regulares, onde cada célula possui um determinado valor de altitude e a junção de todas as células demonstra a forma do relevo, sendo que as falhas foram corrigidas. Por fim, utilizou-se o recorte do arquivo vetorial da Bacia do Rio Itapicuru disponibilizado pelo INEMA. No *raster* corrigido, sendo assim criado o MDE para especificamente ser utilizado na área da Bacia. O MDE apresentou altitude variando entre 62 e 1271 metros em relação ao nível do mar. Todos os procedimentos foram repetidos para o MDE referente somente a EBQ, aproveitando os dados da bacia geral.

5.2 Do objetivo específico da avaliação quantitativa das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru

Gonçalves (2014) publicou em sua tese “Gestão Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil”, o método do Fator Hidrológico que avalia de maneira quantitativa os recursos hídricos permitindo classificar os anos hidrológicos em excedentes, normais e deficitários e a melhor compreensão dos dados hidrológicos de uma bacia hidrográfica. O Fator Hidrológico correlacionou as barragens alvo deste estudo, com os efeitos da sua implantação nas regiões de jusante.

Foi realizado através do tratamento e interpretação de dados das séries históricas de vazão disponibilizada no banco de dados da Agência Nacional das Águas (ANA) por meio da plataforma HidroWeb e de dados de monitoramento de barragem disponíveis no banco de dados do INEMA.

A partir do levantamento socioambiental, mapa de declividade e altitude, considerou-se utilizar como parâmetros a estações pluviométricas em relação a rios representativos na bacia.

A Tabela 1 demonstra as relações rio x estação pluviométrica a ser utilizada no trabalho.

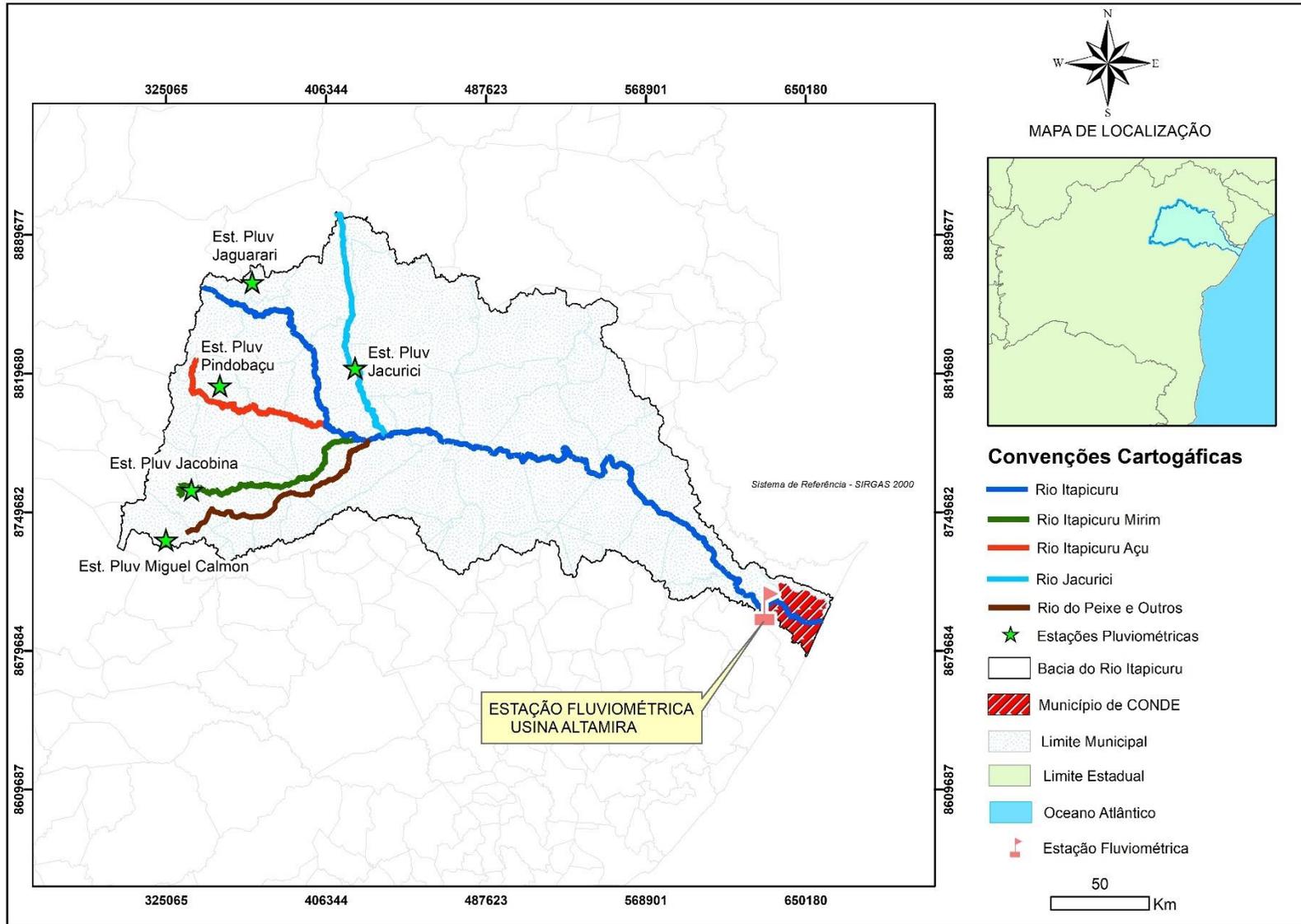
Tabela 1 – Cursos hídricos e estações pluviométricas analisadas no estudo quantitativo.

Curso hídrico	Estação Pluviométrica	Código da Estação Pluviométrica
Rio do Peixe	Miguel Calmon	1140000
Rio Itapicuru	Jáguarari	1040004
Rio Itapicuru-mirim	Jacobina	1140016
Rio Itapicuru açu	Pindobaçu	1040025
Rio jacurici	Jacurici	1039025

Fonte dos dados: ANA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

A Foz do Rio Itapicuru dar-se no município de Conde, local alvo de estudo devido a inundações ocorrida em períodos recorrentes da história (Figura 3).

Figura 3 - Mapa da Bacia Hidrográfica do rio Itapicuru e parâmetros utilizados.



Fonte dos dados: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Segundo Paiva (2003), a curva de descarga relaciona a altura da lâmina d'água com sua vazão correspondente, sendo responsável pela representação de uma curva Cota X Vazão de uma seção transversal de um rio. Como base, essa seção foi estabelecida através da estação fluviométrica 59505000 – Usina Altamira, que está localizado na proximidade da foz da bacia hidrográfica do rio Itapicuru, no município de Conde – BA. Enquanto a Curva-chave é a equação que expressa a curva dessa seção.

Os períodos são divididos pela ANA em 10 (dez) por meio da curva de descarga, devido às variações dos aspectos físicos durante o tempo (Quadro 2).

Quadro 2 - Períodos com base na Curva de descarga, na bacia hidrográfica do rio Itapicuru – BA.

Período	Início	Fim
1º Período	jan/65	nov/70
2º Período	dez/70	dez/72
3º Período	jan/73	ago/80
4º Período	set/80	jan/83
5º Período	fev/83	nov/97
6º Período	dez/97	dez/01
7º Período	jan/02	fev/07
8º Período	mar/07	mar/10
9º Período	abr/10	dez/14
10º Período	jan/15	dez/18

Fonte dos dados: ANA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Com a presença de lacunas dos dados da Estação Fluviométrica Usina Altamira, foi necessário realizar o tratamento dos dados através de complementação da vazão por períodos da curva de descarga. Esse tratamento foi realizado pelo método de média aritmética, o qual consiste fazer a subtração entre os valores preenchidos nos extremos do intervalo das lacunas, para posteriormente, realizar a divisão do valor encontrado na subtração pelo número de intervalos a ser preenchido e somado por um.

Após as complementações dos dados foi necessário realizar as correções, considerando o resultado da curva-chave. Foi feito a consolidação dos valores (secundários) de vazão em função dos valores de cota (primários). Nos casos que o resultado do período ou R^2 for 1 (um), não foi preciso gerar a curva-chave com as correções. Entretanto, os resultados que a curva-chave foram distantes de 1 (um), foram feitas as correções dos dados, e posteriormente foi gerado uma nova curva.

Foram realizados tratamentos estatísticos dos dados coletados para compreender as características físicas da área e avaliar a disponibilidade hídrica, possibilitando assim a apresentação e interpretação das variáveis hidrológicas desta bacia. Para auxiliar nesta compreensão foram elaborados mapas temáticos por meio de softwares.

5.3 Do objetivo específico do Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru

Tem-se a seguinte descrição de elaboração do Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru:

1. Foi considerado o volume útil (%) de 07 barragens em área de afluentes do rio Itapicuru, sendo estas com a finalidade Irrigação, Regularização de vazão e Abastecimento.
2. Foi considerado registros (mensais) de inundações na bacia hidrografia do rio Itapicuru, desde 1914 até março de 2022;
3. Foi considerado registro jornalístico de cheias entre 2017 à 2020;
4. Foi estabelecido valor máximo do Risco Volume das barragens, com valor máximo do risco de precipitação do Mês;
5. O Risco do volume (%) é a proporção de capacidade das 07 barragens em relação ao volume útil das mesmas;
6. Os testes do volume útil (%), ocorreram a partir de informações obtidas junto ao INEMA por meio de boletins Informativo Semanal de Monitoramento das Barragens;
7. O valor máximo do risco de precipitação do Mês foi atribuído por meio de pesos, tendo peso maior os meses com maior histórico de cheia e menor os que apresentaram menos ou sem ocorrência, além do Tempo de Retardo médio exposto em itens anteriores;
8. Sendo assim, considerou-se para o sistema de alerta do risco de cheias **o risco acumulado**, sendo este formado por:

- 88 % para o Risco do volume (%) das barragens;
- 12% para máximo do risco de precipitação do Mês.

Sendo que o risco de precipitação do mês está relacionado com o tempo de retardo médio de influência de precipitação em relação a vazão do curso hídrico.

9. Em relação a classificação do risco de cheias, tem-se que:

- Estado de Atenção: Quando o risco acumulado ultrapassa 70%
- Estado Normal: Quando o risco acumulado é menor que 70%

10. Foram realizados 220 testes, com dados secundários disponíveis entre os anos de 2017 e 2020, conforme informações do item 6. Alguns dos testes realizados foram utilizados com dados de cheias reais, com o objetivo de avaliar a eficácia do sistema de alerta proposto;

11. Os dados utilizados encontram-se no boletim de medição do INEMA, este com link na planilha elaborada sob o formato xls.

12. Detalha-se que no boletim de medição do INEMA são mencionadas 09 barragens no rio Itapicuru, sendo excluída da presente metodologia as barragens de ANDORINHA II e Pindobaçu, visto que as mesmas se encontram em pontos a montante de barragens ora analisadas e não devem remeter resposta imediata ao sistema de alerta.

A seguir podem ser visualizadas as barragens alvo de verificação de volume útil % semanal, bem como os pesos atribuídos das precipitações em consonância com o mês do ano (Quadro 3, Quadro 4 e Figura 4).

Quadro 3 – Barragens utilizadas para monitoramento junto ao Sistema de alerta de cheia proposto.

Nome da Barragem	Município	Volume Útil (%)	Usos
Araci	Araci	Verificar no Boletim semanal	Abastecimento
Pedras Altas	Capim Grosso	Verificar no Boletim semanal	Irrigação, Regularização e Abastecimento
Ponto novo	Ponto Novo	Verificar no Boletim semanal	Irrigação, Regularização e Abastecimento

Rômulo Campos	Itiuba / Cansanção	Verificar no Boletim semanal	Irrigação, Regularização e Abastecimento
Cachoeira Grande	Jacobina	Verificar no Boletim semanal	Abastecimento
Quicé	Senhor Do Bonfim	Verificar no Boletim semanal	Irrigação, Regularização e Abastecimento
Aipim	Antônio Gonçalves	Verificar no Boletim semanal	Abastecimento Humano

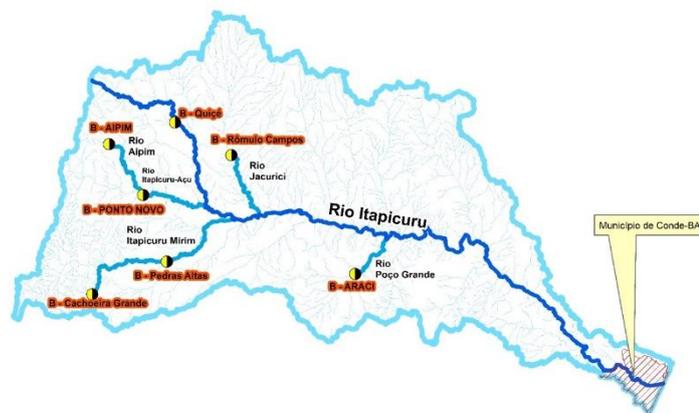
Fonte dos dados: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 4 – índice Risco mês utilizados para monitoramento junto ao Sistema de alerta de cheia proposto.

Mês	Risco Mês – índice
Janeiro	0,12
Fevereiro	0,09
Março	0,11
Abril	0,09
Maio	0,1
Junho	0,07
Julho	0,05
Agosto	0,04
Setembro	0,03
Outubro	0,02
Novembro	0,09
Dezembro	0,09

Fonte dos dados: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 4 - Ilustração de Pontos de Barragens utilizadas no Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

6 DIAGNÓSTICO SOCIOAMBIENTAL

O Diagnóstico socioambiental da área em referência, objetiva apresentar a caracterização dos fatores pertencentes ao meio físico, biótico e social da bacia do Rio Itapicuru, enfatizando a delimitação do município de Conde-BA.

6.1 Levantamento Ambiental

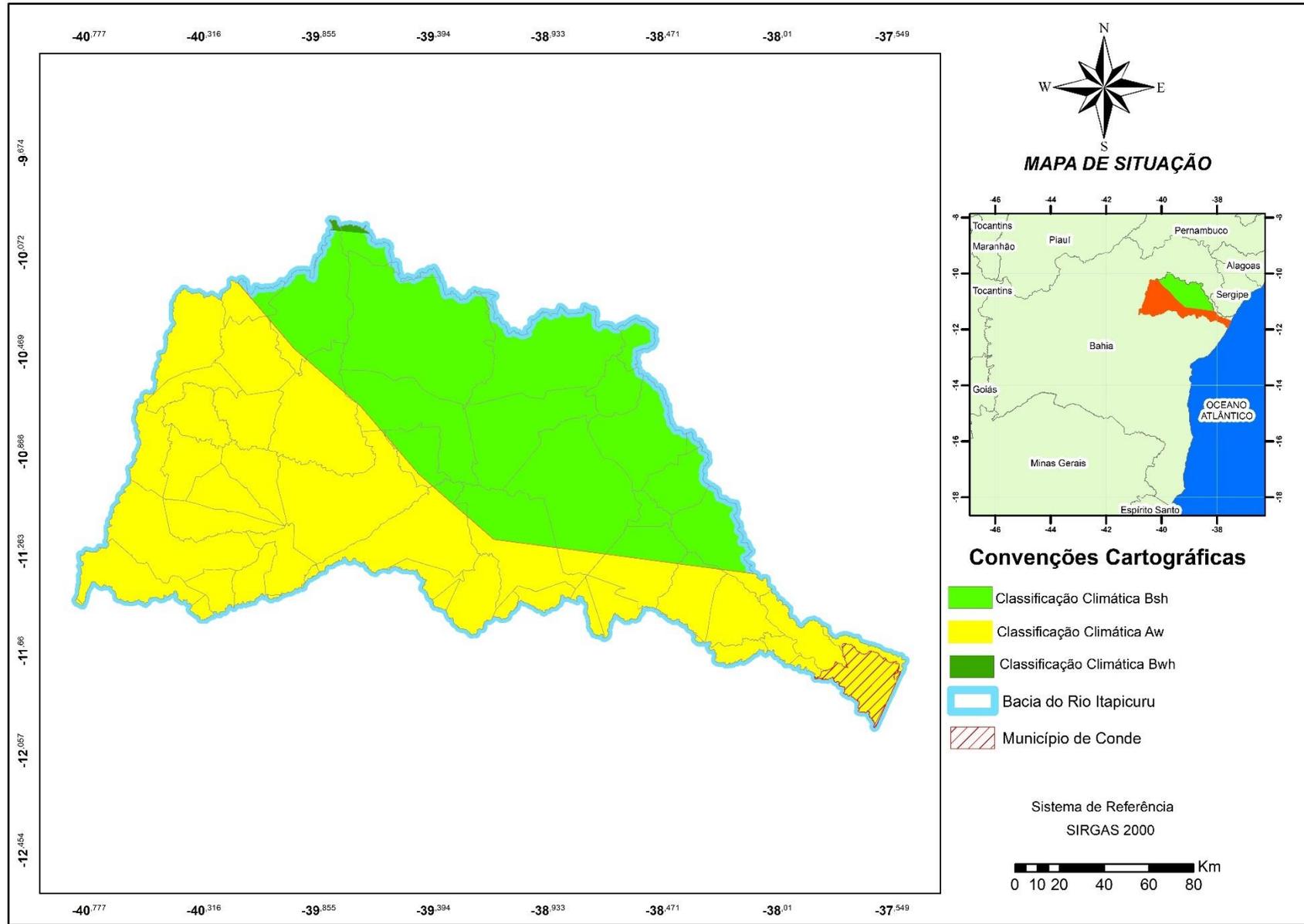
Para a contemplação dos estudos do meio físico a nível regional, foram utilizados dados secundários pertinentes a Diagnósticos Ambientais, já elaborados por órgãos públicos como a Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto do Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA) e Ministério do Meio Ambiente (MMA).

6.1.1 *Clima*

O clima predominante na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru é o semiárido, devido às altas temperaturas e baixos índices de pluviosidade no ano (precipitações anuais inferiores a 700 mm), com predomínio de 81% da Região de Planejamento e Gestão das Águas (RPGA XII). Na parte superior da Região, já na Chapada da Diamantina, o clima torna-se mais ameno mudando para o tipo subúmido a seco, com os totais pluviométricos atingindo até 900 mm. No trecho inferior da bacia do Rio Itapicuru o clima muda para o tipo úmido a subúmido com precipitações variando de 1000 até 1400 mm (BAHIA, 2011).

Segundo a classificação de Koppen (2013), tem-se em toda bacia do Itapicuru subdivida três trechos climáticos Aw (clima de savana), Bsh (clima semiárido quente), Bwh (clima árido quente), composto respectivamente em 54,86%, 44,99% e 0,14% da área total da bacia geral. Sendo assim, possuindo variações de precipitações, estando os municípios mais ao norte com características mais secas em relação aos do sul. Em vias gerais a precipitação na bacia para o tipo climático Aw, tem precipitação inferior a 60 mm, neste panorama em relação ao Bsh e Bwh.

Figura 5 – Mapa climático da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: IBGE (2015), SEI (2020) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

6.1.2 *Hidrografia*

A classe Trecho massa d'água foi gerada a partir do Mapeamento da cobertura vegetal e extração de informações planimétricas dos Biomas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica do estado da Bahia (INEMA, 2019). O produto foi sistematizado por Bioma e pela Base Contínua, com enquadramento da folha ao milionésimo, respeitando a nomenclatura e respectivos MIs de cada folha de acordo com o padrão do IBGE. Na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru destacam-se em extensão relevante o Rio Itapicuru, rio carioca, Rio Itapicuru-mirim, rio jacurici, Rio Itapicuru-açu, rio do peixe, rio vermelho, riacho pau ferro, riacho das pedras e rio pequara; sendo que esses somados representam aproximadamente 15% de toda malha hídrica da bacia. Detalha-se que vários desses dar-se em zona de cabeceira e/ou em pontos de altitudes crescidas.

No objeto deste trabalho, serão considerados trechos de análise do Rio Itapicuru, Rio Itapicuru-Açu, Rio Itapicuru Mirim, Rio Jacurici, Rio Poço Grande e Rio do Aipim, dada sua relevância diante a barragens existentes na bacia, que dentre outros, tem a função de regularizar a vazão dos rios e conseqüentemente demonstrar o quantitativo de coleções hídricas nos locais. A seguir é demonstrado os 20 principais cursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru, com destaque aos rios objeto deste trabalho (Quadro 5 e Figura 6).

Quadro 5 – Quantificação de extensão hídrica na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.

Nome do Curso Hídrico	Extensão (Km)
Rio Itapicuru	538,789
Rio Carioca	178,144
Rio Itapicuru-Mirim	143,490
Rio Jacurici	138,372
Rio Itapicuru-Açu	131,064
Rio do Peixe	115,119
Rio Vermelho	92,598
Riacho Pau Ferro	90,282
Riacho das Pedras	86,372
Rio Pequara	81,664
Riacho da Onça	76,742
Rio do Aipim	71,658
Riacho do Saco	66,706
Riacho Maçacara ou Ribeira do Pombal	66,266
Rio Quijingue	64,255
Rio Natuba	52,917
Rio Limoeiro	52,339
Rio Ipoeira	52,115
Riacho Ribeira	50,490
Riacho Carnaíba	49,964

Fonte: INEMA (2019). Elaborado pelo autor (2022).

6.1.3 Geologia

Foi utilizado dado vetorial elaborado a partir dos mapas da CBPM e CPRM na escala de 1:1.000.000, para compor o Plano Estadual de Recursos Hídricos, publicado em 2004. A morfologia da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru predomina Pediplanos retocados ou funcionais, que segundo Brasil (1983), são caracterizados pelos Tabuleiros interioranos com altitudes em torno de 500 m e refletem interferências estruturais sobre o entalhamento dos canais, além dos Pediplanos Cimeiros e Sertanejos, Serras e Maciços Residuais, bem como Tabuleiros e formas de dissecação e aplainamento embutidos, relacionado às porções da Bacia do Recôncavo. Nesse sentido, observou-se também o tipo e classe do solo, sendo que na bacia prevalece a presença de areia, argila e sedimento eólico, mostrando assim que nesta localização possivelmente exista tendência de assoreamento, devido ao excesso desses minerais. Quanto mais se aproxima da foz, a bacia possui mais característica sedimentar, ou seja, nesses pontos a um depósito maior de sedimentos, ou seja, uma vazão d'água do rio composta de alta velocidade escoamento dificulta a permeabilidade do lençol e chega em maior quantitativo no seu ponto de desagüe (Quadro 6 e *Figura 7*).

Quadro 6 – *Detalhamento de unidades geológicas na bacia do Rio Itapicuru.*

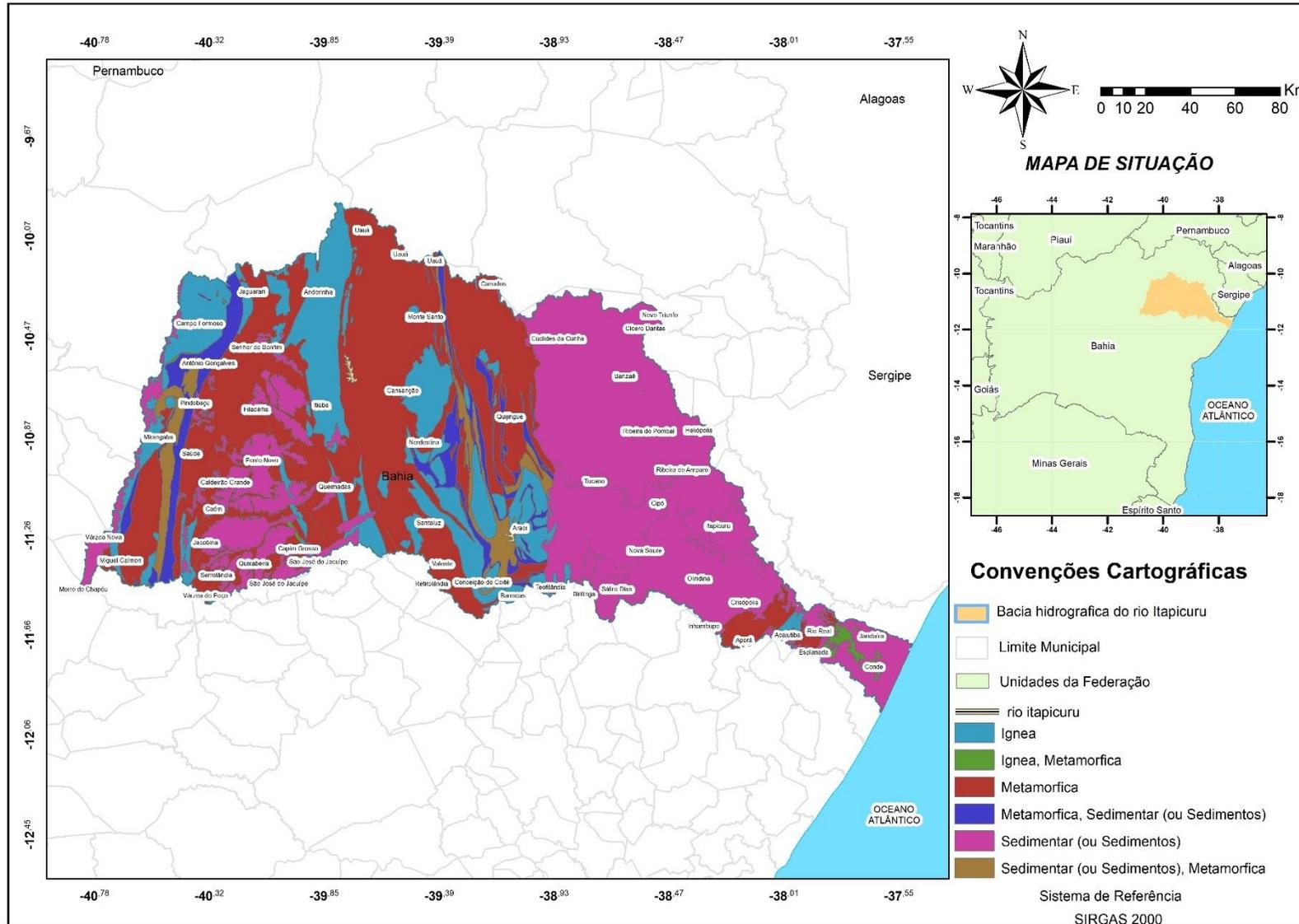
Tipo geológico	classe1	Área (km ²)
Areia, Argila, Sedimento Eolico	Sedimentar (ou Sedimentos)	13.760,976
Gnaise, Kinzigito, Metachert, Ortognaisse, Quartzito, Quartzito Ferruginoso, Rocha Calcissilicatica	Metamorfica	13.305,397
Monzogranito, Quartzo Monzonito, Sienogranito	Ignea	5.886,865
Filito, Formacao Ferrifera Bandada, Metabasalto, Metachert, Metaconglomerado, Metassilito, Quartzito, Xisto	Metamorfica, Sedimentar (ou Sedimentos)	1.822,379
Formacao Ferrifera Bandada, Formacao Mangesifera, Metachert, Metagravaca, Metapelito, Metarenito	Sedimentar (ou Sedimentos), Metamorfica	1.098,469
Gabro, Peridotito, Serpentinio, Xisto	Ignea, Metamorfica	170,141

Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

O Plano Diretor de Recursos hídricos da bacia hidrografia do Rio Itapicuru, elaborado no ano de 1995 através do governo do estado, destaca que a geologia do local é bastante complexa, englobando tipos litológicos de idades bastante variadas, desde o Arqueano até o Quaternário recente, todos fazendo parte do contexto geológico do Craton do São Francisco. Também demonstra que as principais estruturas geológicas de caráter regional ocorrentes na bacia são o embasamento arqueano, o complexo metamórfico de Jacobina, o complexo vulcano-sedimentar Uauá-Serrinha, o grupo Chapada Diamantina, a bacia sedimentar de Tucano e as coberturas recentes terciárias e quaternárias. Novais (2018) infere que as diferentes unidades

geológicas existentes se relaciona diretamente com os aspectos geomorfológicos encontrados, sendo que no município de Conde essas características propicia ambientes susceptíveis as inundações e alagamentos, sobretudo por conta de critérios como altimetria e declividade do terreno. Os processos sedimentológicos envolvem ciclos de baixa e alta frequência que variam de segundos a anos, regidos pela ação das mares, ondas, vento, o regime fluvial e a variabilidade climática (SCHOELLHAMER, 2002; UNCLES, 1994), sendo assim não podendo ser descartado a influência da maré em acúmulos temporário de coleção hídrica em zona de litoral, neste caso o município de Conde.

Figura 7 – Mapa de geologia da bacia do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: SEI (2020) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

6.1.4 Pedologia

Assim como no item 3.1.3, foi utilizado o dado vetorial elaborado para compor o Plano Estadual de Recursos Hídricos, publicado em 2004. O mapeamento dos solos no Estado da Bahia teve enfoque em três aspectos de interesse para o PERH-BA: – Classes de solos; – Potencial de terras para irrigação; – Risco de erosão (INEMA, 2021). Em relação a classe dos solos, é predominante a presença de Planossolo Háptico Eutrófico Solódico – Sxen, compreendendo cerca de 36% da bacia, sendo que em região de cabeceira tem a presença maior de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico – Lvad (Quadro 7 e Figura 8).

Quadro 7 – Classe de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.

Nome do Curso Hídrico	Extensão (Km)
Planossolo Háptico Eutrófico Solódico - Sxen	13.023,890
Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico - Lvad	7.833,978
Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico - Pvad	5.113,730
Neossolo Quartzarênico - Rq	3.150,635
Neossolos Regolíticos Eutróficos - Rre	2.349,974
Neossolos Litólicos Eutróficos - Rle	1.889,010
Neossolos Litólicos Distróficos - Rld	1.666,506
Vertissolos - V	788,873
Luvissolo Crômico Órtico - Tco	94,485
Cambissolo Háptico Ta Eutrófico - Cxve	86,891
Gleissolo Háptico Eutrófico - Gxbe	19,920
Tipos De Terreno	11,338

Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Em geral, no que tange o potencial de terras para irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru, a pesquisa mostrou o potencial como baixo/restrito, aproximadamente 75% da bacia. No município de Euclides da Cunha existem as áreas mais propícias para a irrigação, segundo o PERH-BA (Quadro 8 e Figura 9).

Quadro 8 – Potencial de terras pra irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.

Nome do Curso Hídrico	Extensão (Km)
Potencial Baixo / Restrito	27.134,2612
Potencial Médio	8.802,178
Potencial Bom	86,891

Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

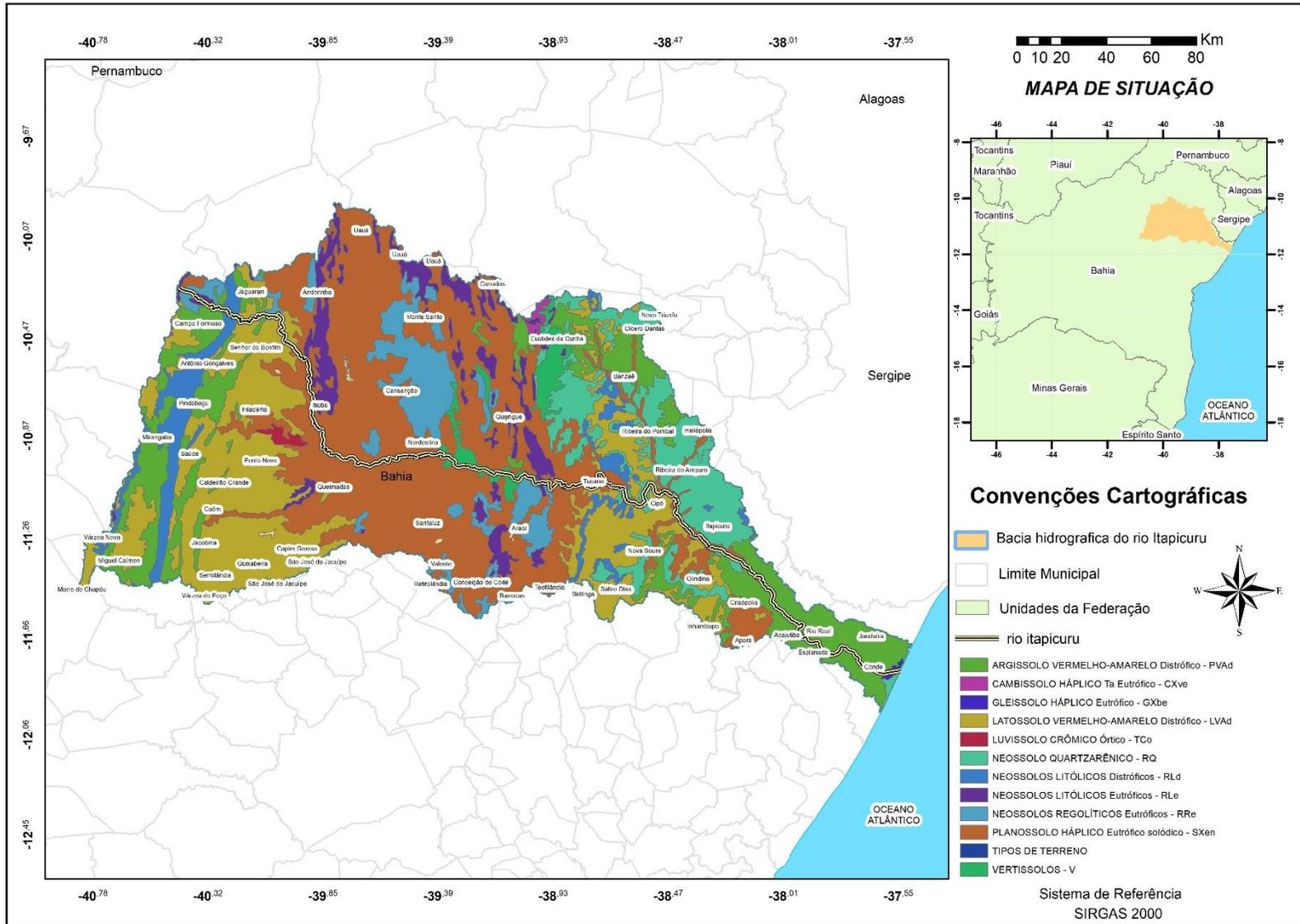
No que está relacionado a riscos de erosão em geral a bacia tem aptidão nula, cerca de 75%, porém nas regiões de cabeceira e quando a bacia vai se afinando tem-se as áreas com aptidão baixo a médio (Quadro 9 e *Figura 10*).

Quadro 9 – *Aptidão a riscos de erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.*

Nome do Curso Hídrico	Extensão (Km)
Restrito a Nulo	26.752,637
Baixo a Médio	9.183,772
Médio a Alto	86,891

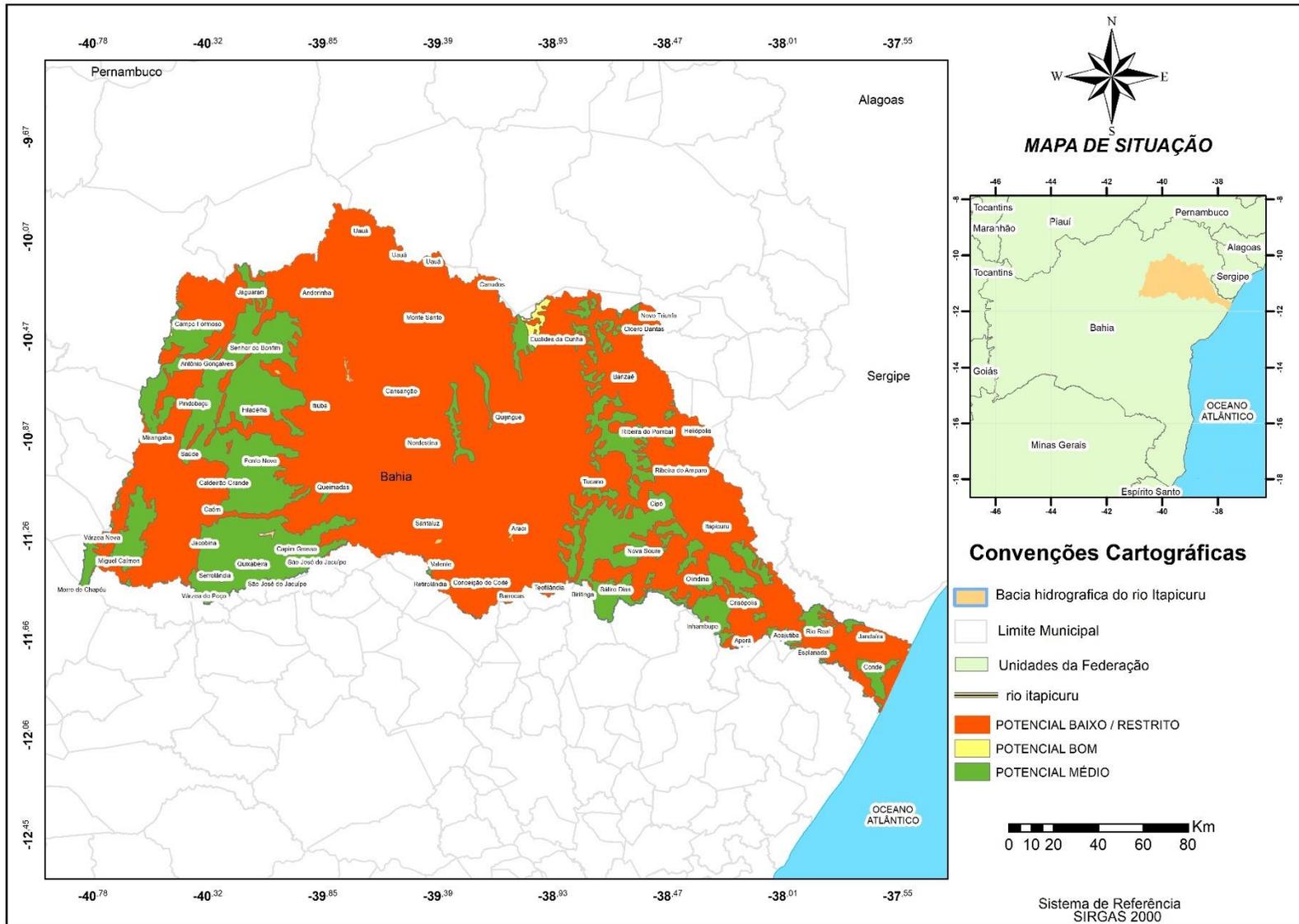
Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Figura 8 – Classe de solos na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



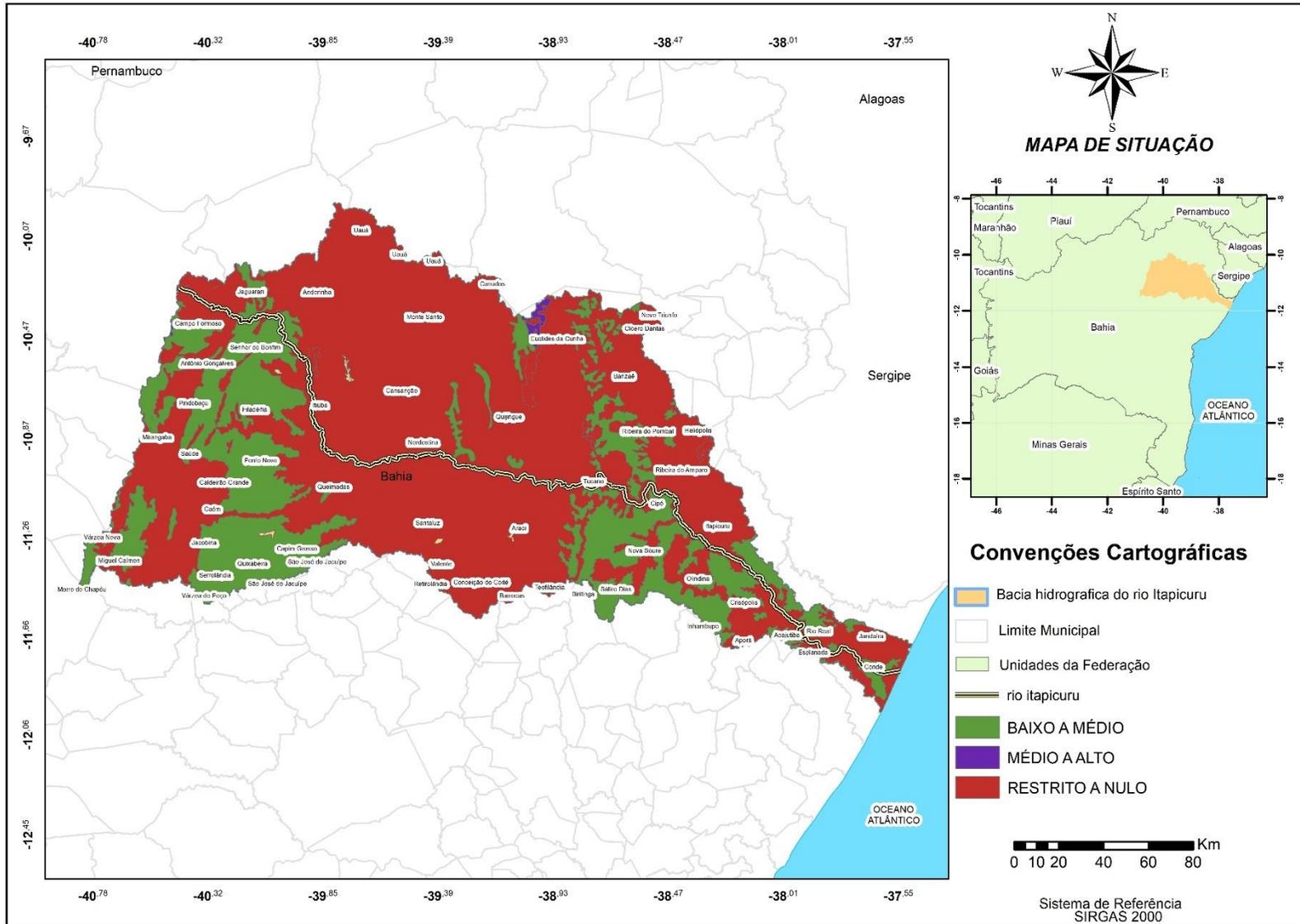
Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Figura 9 – Potencial de terras pra irrigação na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Figura 10 – Aptidão a riscos de erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

6.1.5 Vegetação

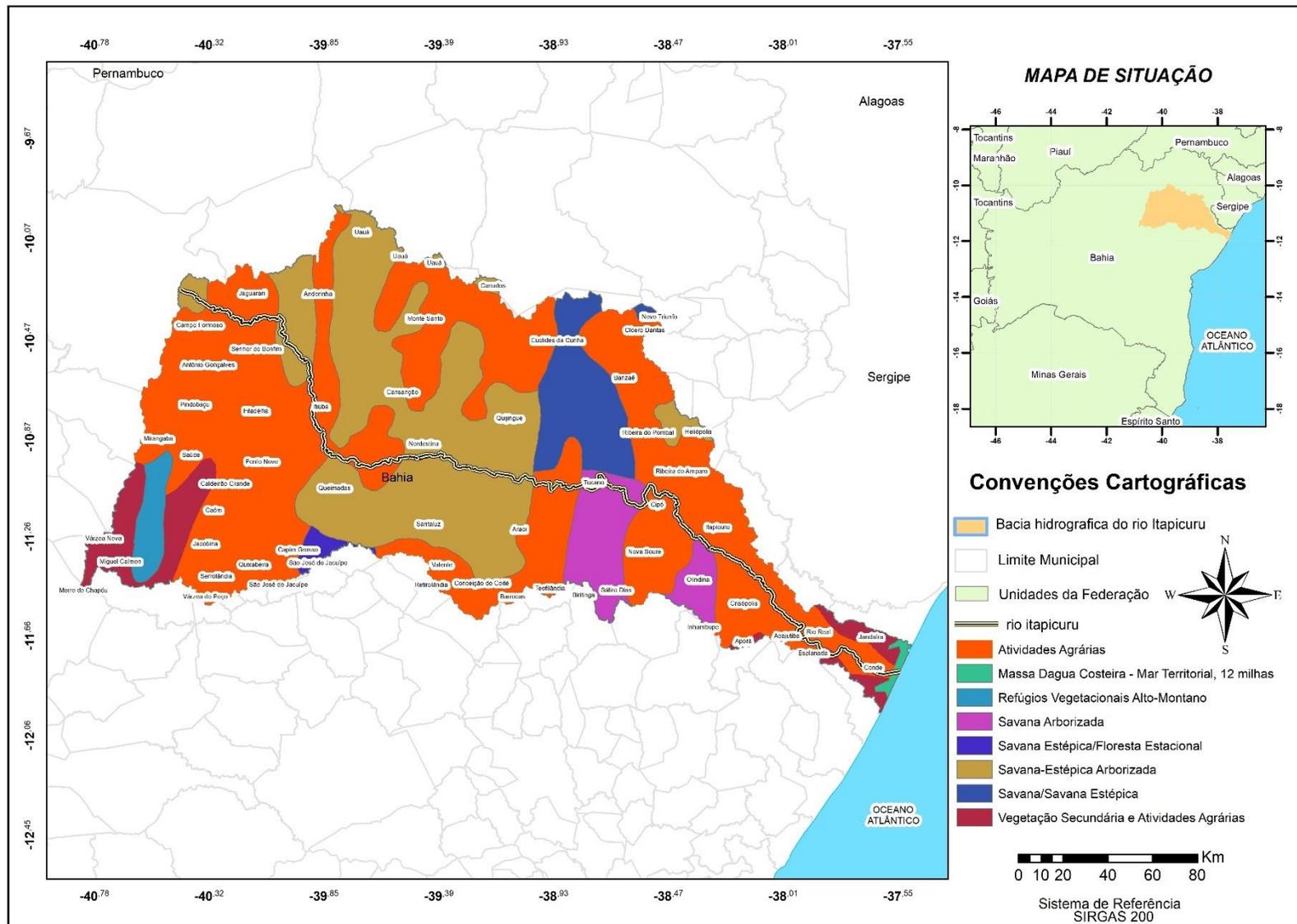
A vegetação na bacia do Rio Itapicuru é marcada predominantemente por características de áreas agrárias (54%), tendo a presença de espécies arbustiva, caatinga parque e campo rupestre, nas regiões dos pediplanos interioranos, com ocorrências da Floresta Estacional, nas porções serranas, formações pioneiras com influência fluviomarinha e vegetação secundária de Mata Atlântica nas regiões dos Tabuleiros costeiros. Nas partes centrais da bacia, encontram-se os locais com a maior quantidade de vegetação contínua (IBGE, 2018), conforme pode ser visualizado no Quadro 10 e Figura 11.

Quadro 10 – Aptidão a riscos de erosão na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.

Tipo de vegetação	Extensão (Km2)
Atividades Agrárias	19.347,66
Savana-Estépica Arborizada	9.814,07
Savana/Savana Estépica	2.164,33
Savana Arborizada	1.959,43
Vegetação Secundária e Atividades Agrárias	1.842,32
Refúgios Vegetacionais Alto-Montano	617,96
Savana Estépica/Floresta Estacional	223,07

Fonte: IBGE (2018). Elaborado pelo autor (2022).

Figura 11 – Mapa de vegetação na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.

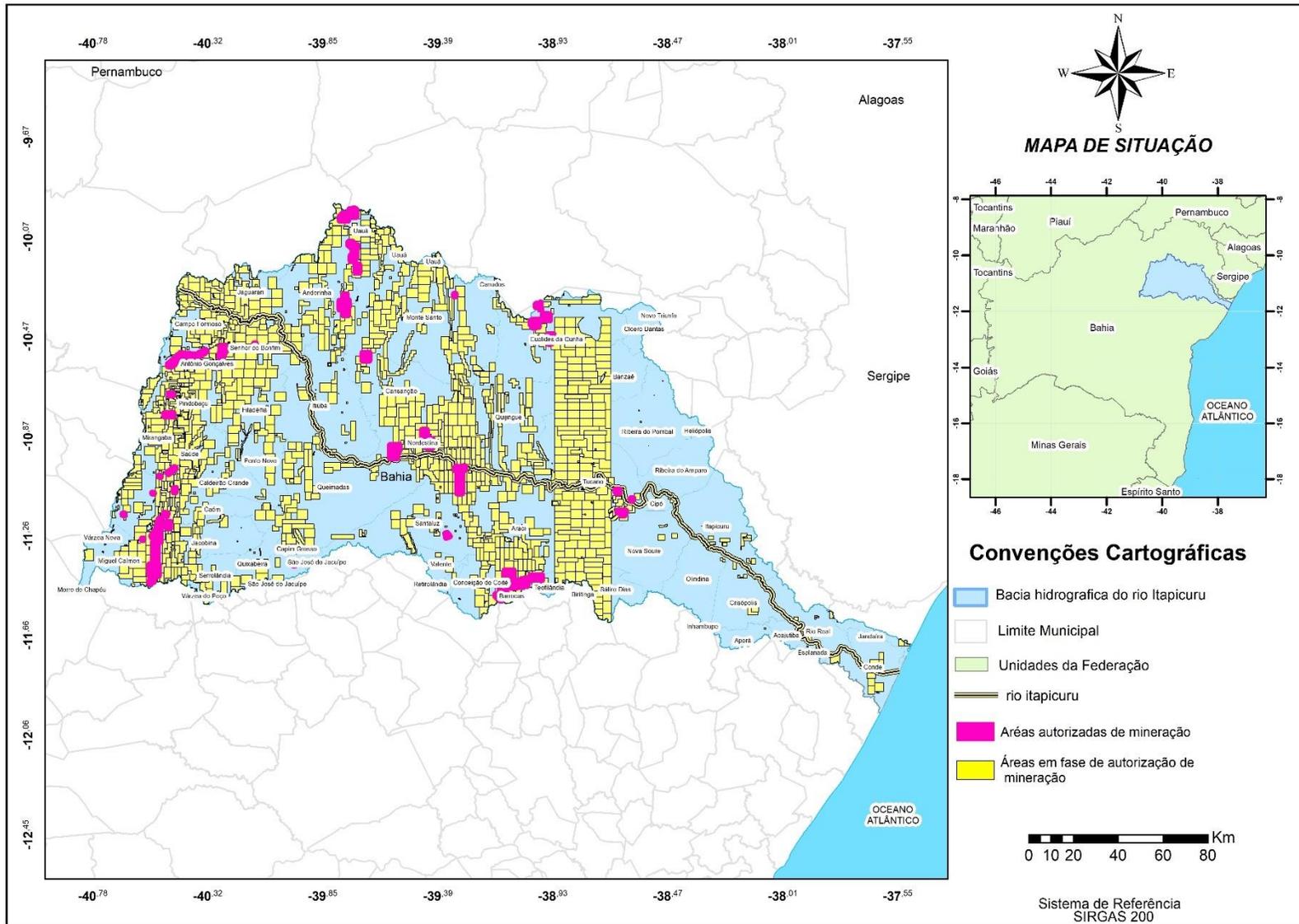


Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

6.1.6 Mineração

Com base nos dados da Agência Nacional de Mineração – ANM, acesso em 21/11/2021 (BRASIL, 2019), na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru estão presentes 1.1786 atividades de Mineração e 73 substâncias sob concessão de lavra. Desse total, destacam-se o uso das substâncias do minério de ouro com 23 atividades já autorizadas para operar pela ANM. As outras substâncias com anuência de operação na bacia hidrografia do Rio Itapicuru são: ametista, argila, calcário, cobre, cromita, cromo, diamante, esmeralda, gnaisse, granito, manganês, quartizito e quartzo (Figura 12).

Figura 12 – Área de mineração na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

6.1.7 Barragem

Entendendo a sua representatividade volumétrica na bacia, na Bacia hidrográfica do rio Itapicuru o INEMA monitora nove barragens, sendo estas operadas pela EMBASA, CERB e DNOCS (Quadro 11).

Quadro 11 - Caracterização das barragens analisadas no presente estudo

Nome da barragem	Município	Operador	Cota Máxima Operacional (m)	Cota Mínima Operacional (M)	Volume Máximo Operacional (Hm ³)	Usos
Aipim	Antônio Gonçalves	Embasa	498	483	2,28	Abastecimento Humano
*Andorinha II	Andorinha	DNOCS	383	382	13,88	Abastecimento, Irrigação, controle de cheia, abastecimento industrial (mineração)
Araci	Araci	DNOCS	484	481	86,84	Abastecimento
Cachoeira Grande	Jacobina	EMBASA	648	537,14	3,88	Abastecimento
Pedras Altas	Capim Grosso	CERB	380	347,06	38,46	Irrigação, regularização e abastecimento
*Pindobaçu	Pindobaçu	CERB	486	431,28	16,88	Irrigação e abastecimento
Ponto Novo	Ponto Novo	CERB	380,30	352,40	38,94	Irrigação, regularização e abastecimento
Quiçé	Senhor do Bonfim	DNOCS	298	292	4,23	Irrigação, regularização e abastecimento
Romulo Campos (Jacurici)	Itiuba/Cansanção	DNOCS	337	323,84	148,82	Irrigação, regularização e abastecimento

Fonte dos dados: INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

7 ASPECTOS MORFOMÉTRICOS RELACIONADOS AO ESTUDO DE ENCHENTES NA BACIA DO RIO ITAPICURU, BAHIA

O objetivo a ser demonstrado neste item foi realizar a caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio Itapicuru em consonância com a sub-bacia gerada a partir da estação pluviométrica localizadas no município de Queimada, como forma de verificar propensões de enchentes no município de Conde-Ba. Detalha-se que não foi necessário fazer o levantamento da sub-bacia a partir da estação pluviométrica localizada no município de Jacobina, visto que a sub-bacia de queimadas também compreende tal área.

7.1.1 *Desenvolvimento de Atributos Morfométricos*

De posse da delimitação da bacia, foram obtidos os valores de área de drenagem; perímetro; fator de forma (Kf), coeficiente de compacidade (Kc), densidade de drenagem (Dd), ordem dos cursos d'água, índice de circularidade (Ic), Densidade hidrográfica (Dh) e Declividade.

7.1.2 *Perímetro - P*

Com os dados da área da bacia, calculou-se via software citado na metodologia o perímetro existente em quilômetros (Km).

7.1.3 *Densidade de Drenagem - Dd*

Para determinação da Densidade de drenagem (Dd), utilizou-se a classificação proposta por Beltrame (1994). O Quadro 12 detalha forma de classificar a característica de drenagem de bacias hidrográficas.

Quadro 12 – Classificação relacionado ao parâmetro morfométrico Densidade de drenagem (Dd).

Dd (km/km²)	Denominação
< 0,50	Baixa
0,50 – 2,00	Mediana
2,01 – 3,50	Alta
> 3,50	Muito Alta

Fonte: Beltrame (1994).

A Dd é a relação da divisão numérica entre comprimento total dos cursos d'água da bacia pela área existente.

$$Dd = \frac{L}{A}$$

sendo -

Dd: Densidade de Drenagem;

A: área de drenagem (km²);

L: comprimento total dos cursos d'água (km).

7.1.4 Ordem dos Cursos d'água

A hierarquia dos canais de drenagem com metodologia baseada em Horton (1945) modificada por Strahler (1957). Também reflete o grau de ramificação da rede de drenagem de uma bacia. A ordem de uma bacia pode ser definida como a ordem do seu rio principal, por exemplo, se o rio principal tiver ordem 4, diz-se que a bacia em questão também possui ordem 4.

7.1.5 Fator de Forma - Kf

Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior. Assim sendo, quanto mais alongada a bacia, tem-se o amortecimento da cheia, ou seja, o tempo de concentração é maior.

O fator de forma (Kf) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$Kf=A/L^2$$

sendo -

Kf: fator de forma;

A: área de drenagem (Km²);

L: comprimento axial da bacia (Km).

Este estudo considerou o comprimento axial da BRI e BEQ, como o ponto mais distante entre a zona de cabeceira e a foz (estação fluviométrica). O Quadro 13 detalha forma de classificar o fator de forma de uma bacia hidrográfica.

Quadro 13 – Classificação relacionado ao parâmetro morfométrico Fator de Forma (Kf).

Kf	Característica da Bacia
1,00-0,75	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
0,75-0,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
<0,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

Fonte: Villela e Mattos (1975)

7.1.6 Coeficiente de Compacidade - Kc

Esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia independente do seu tamanho, assim quanto mais irregular ela for, maior será o coeficiente de compacidade, ou seja, quanto mais próxima da unidade, mais circular será a bacia e será mais sujeita a enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975).

O Coeficiente de Compacidade (Cc) foi determinado, utilizando-se a seguinte equação:

$$Kc = 0,28P/\sqrt{A}$$

Sendo –

Kc: Coeficiente de Compacidade;

A: área de drenagem (km²);

P: Perímetro da bacia (km).

Por meio do Quadro 14, percebe-se quão mais perto de 1 a bacia é circular, ou seja, tempo de concentração menor e com alta propensão a grandes enchentes.

Quadro 14 – Classificação relacionado ao parâmetro: Coeficiente de Compacidade (Kc).

Kc	Característica da Bacia
1,00-1,25	Bacia com alta propensão a grandes enchentes
1,25-1,50	Bacia com tendência mediana a grandes enchentes
>1,50	Bacia não sujeita a grandes enchentes

Fonte: Villela e Mattos (1975)

7.1.7 índice de circularidade (Ic)

Dentre o índice de circularidade (Ic), foi utilizada a classificação proposta por Schumm (1956), que descreve (Quadro 15):

Quadro 15 – Classificação relacionado ao parâmetro: índice de circularidade (Ic)

IC	Característica da Bacia
> 0,51	(bacia tende a ser mais circular);
= 0,51	(nível moderado de escoamento);
< 0,51	(bacia mais alongada)

Fonte: Schumm (1956)

Esse índice pode ser calculado da seguinte forma:

$$Ic = 12,57 * A/P^2$$

sendo –

Ic: Índice de circularidade;

A: área de drenagem (km²);

P: Perímetro da bacia (km).

7.1.8 Densidade hidrográfica - Dh

A Densidade hidrográfica, busca relacionar o número de rios ou canais com a área da bacia, com este parâmetro dar-se para visualizar a capacidade da bacia em gerar novos cursos hídricos (CRISTOFOLETTI, 1969).

De acordo com Silva *et al.* (2002):

“o sistema de drenagem de uma bacia pode ser facilmente alterado, bastando uma pequena mudança de gradiente de descarga do rio motivada, por exemplo, por pequenos ajustes neotectônicos e/ou a elevação súbita da descarga da bacia, em razão de enxurradas associadas ao desmatamento em grande escala, no montante da bacia, os quais podem levar à erosão basal das margens côncavas, até a formação de barras de sedimentos, nas margens convexas, a jusante”.

Lollo (1995) demonstra a classificação da densidade hidrográfica subdivida (Quadro 16):

Quadro 16 – Classificação relacionado ao parâmetro Densidade hidrográfica Dh.

Dh (*N1/km²)	Denominação
< 3	Baixa
3 – 7	Média
7 – 15	Alta
> 15	Muito alta

Fonte: Lollo (1995).

*N1 = Comprimento dos rios de primeira ordem conforme Strahler (1952).

A Densidade hidrográfica (Dh) foi determinada, utilizando-se a seguinte equação:

$$Dh = N1/A$$

sendo –

Dh: Densidade hidrográfica;

A: área de drenagem (Km²);

N1: Número de rios ou canais de primeira ordem;

7.1.9 Declividade da Bacia

Quanto maior a declividade de uma bacia, maiores serão a velocidade do escoamento superficial e a magnitude dos picos de vazão. Por outro lado, quanto maior a declividade, menor a infiltração da água no solo. Obviamente estes fatores não dependem somente da declividade, que é um importante parâmetro, mas também sofrem influência da cobertura vegetal, do tipo e uso do solo.

A EMBRAPA propõe uma classificação de declividades em faixas, conforme mostrado no Quadro 17.

Quadro 17 – Classificação relacionado a Declividade da Bacia Hidrográfica.

Declividade (%)	Relevo
0-3	plano
3-8	Suave-ondulado
8-20	ondulado
20-45	forte-ondulado
45-75	montanhoso
>75	forte montanhoso

Fonte: Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária – Embrapa (1999).

7.2 **Resultados e Discussão**

Na Tabela 2 são apresentados os resultados em números das características morfométricas da BRI e BRQ.

Tabela 2 – Parâmetros morfométricos pertencentes a BRI e BEQ.

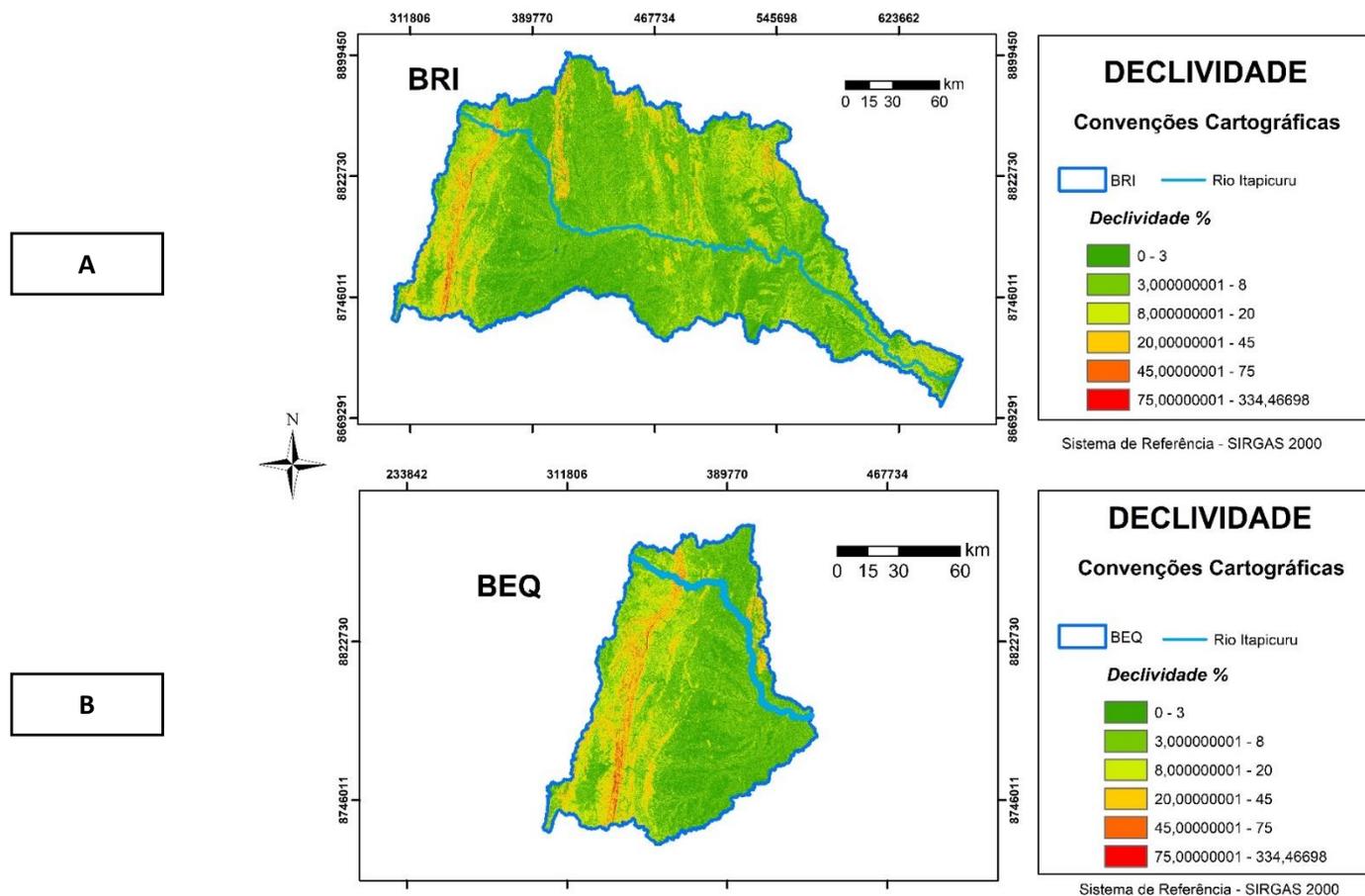
Parâmetro Morfométrico	Unidade de Medida	BRI	BEQ
Área de Drenagem	km ²	36.076,70	11.793,13
Perímetro	km	1.592,47	737,53
Densidade de Drenagem	km/km ²	1,04	1,02
Ordem dos Cursos d'água	adimensional	8	8
Fator de Forma - Kf	adimensional	0,30	0,65
Coefficiente de Compacidade - Kc	adimensional	2,35	1,90
índice de circularidade	adimensional	0,18	0,27
Densidade hidrográfica	canais/km ²	0,57	0,57
Declividade máxima da Bacia	%	334,47	334,47

Declividade média da Bacia	%	7,61	9,55
Declividade mínima da Bacia	%	0	0
Altitude máxima da Bacia	m	1271,00	1271,00
Altitude média da Bacia	m	384,67	509,70
Altitude mínima da Bacia	m	1	270
Comprimento axial da bacia	km	355	135
Comprimento total dos cursos de água	km	37695,94	12006,72
Comprimento do rio principal	km	538,79	179,90
Altitude máxima do rio principal	m	810	810
Altitude média do rio principal	m	227,00	421,27
Altitude mínima do rio principal	m	3,00	270
Declividade máxima do rio principal	%	27,80	27,80
Declividade média do rio principal	%	0,85	1,15
Declividade mínima do rio principal	%	0	0

Fonte dos dados: Próprio Autor.

O comportamento espacial de declividade, densidade hidrográfica e altitude do rio principal, neste caso Rio Itapicuru, assim como as características de BRI e BEQ são demonstrados nas figuras Figura 13, Figura 14, Figura 15 e Tabela 3, Tabela 4, Tabela 5.

Figura 13 - Mapa de declividade para BRI e BEQ



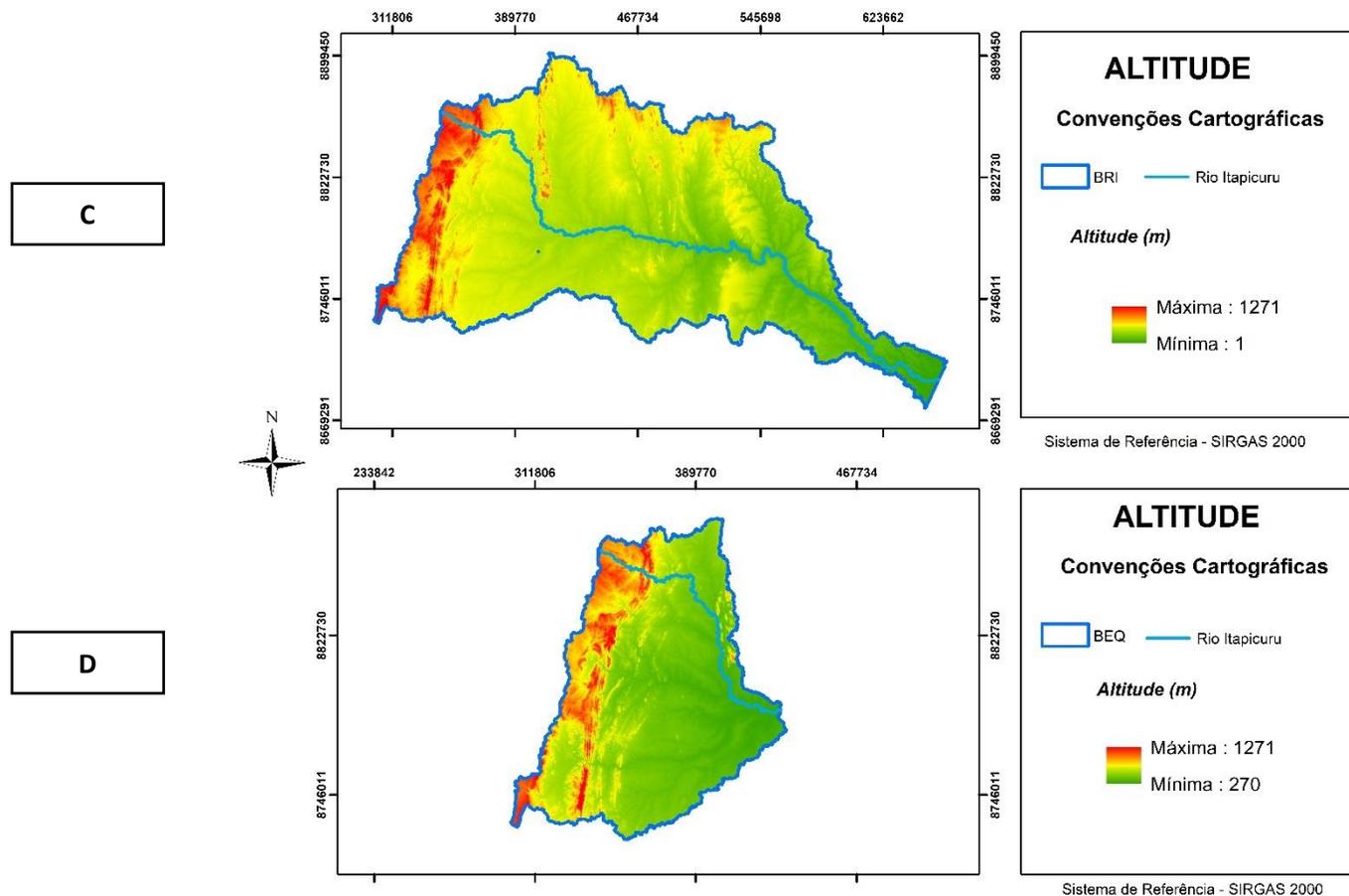
Fonte dos dados: ANA (2021), USGS (2021) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 3 - Percentual de declividade em relação a BRI e BEQ

Análise	BRI	BEQ
Declividade máxima da Bacia - %	334,47	334,47
Declividade média da Bacia - %	7,61	9,55
Declividade mínima da Bacia (%)	0	0

Fonte dos dados: ANA (2021), USGS (2021) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Figura 14 - Mapa de altitude para BRI e BEQ



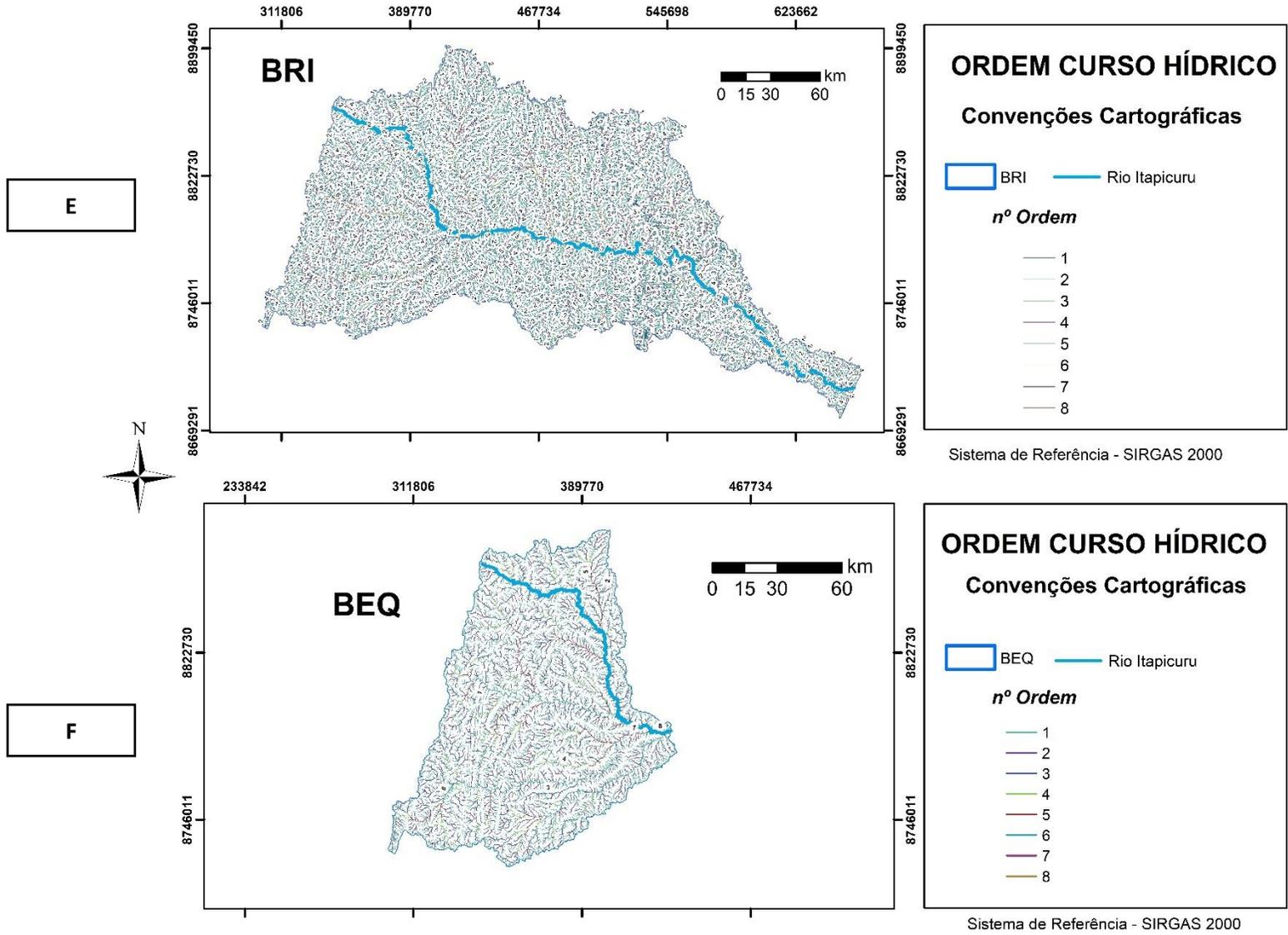
Fonte dos dados: ANA (2021), USGS (2021) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 4 - Altitude em relação a BRI e BEQ

Análise	BRI	BEQ
Altitude máxima da Bacia - m	1271,00	1271,00
Altitude média da Bacia - m	384,67	509,70
Altitude mínima da Bacia - m	1	270

Fonte dos dados: ANA (2021), USGS (2021) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Figura 15 - Mapa de Codificação dos cursos d'água para BRI e BEQ.



Fonte dos dados: ANA (2021), USGS (2021) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

Tabela 5 – Codificação de cursos hídricos a BRI e BEQ

Ordem	BRI		BEQ		Percentual BEQ em relação a BRI	
	Nº de Cursos Hídricos	Comprimento (Km)	Nº de Cursos Hídricos	Comprimento (Km)	Cursos Hídricos %	Comprimento %
1	20.729	19.245,61	6.701	6.072,13	32,33%	31,55%
2	9.246	9.322,68	2.981	2.983,22	32,24%	32,00%
3	5.341	4.674,30	1.674	1.449,46	31,34%	31,01%
4	2.924	2.269,29	836	673,96	28,59%	29,70%
5	1.295	954,36	537	402,26	41,47%	42,15%
6	1.133	817,60	544	370,74	48,01%	45,34%
7	65	43,11	65	43,11	100,00%	100,00%
8	561	368,96	20	11,72	3,57%	3,18%
Total	41.294	37.695,94	13.358	12.006,72	32,35%	31,85%

Fonte dos dados: ANA (2021), USGS (2021) e INEMA (2021). Elaborado pelo autor (2022).

A declividade média em **A** chega ao percentual de 7,61%, ou seja, possuindo um terreno com características Suave-ondulado, sendo que para **B** tem-se um terreno ondulado com um percentual de 9,55% (EMBRAPA,2009). Observa-se grande variação de altitude em ambos os casos analisados, podendo verificar que os maiores declives e pontos de altitude encontra-se em região de **B**, ou seja, em região de cabeceira, o que indica que a área é acidentada e possivelmente possui um tempo de concentração de água menor em relação a outras zonas de **A**. Tonello *et al.* (2006) reforça tal análise, demonstrando que a declividade, está intimamente ligada com a velocidade do escoamento superficial, sendo potencializados estes com altas intensidades de precipitação e falta de cobertura vegetal. A densidade de drenagem e densidade hidrográfica não demonstraram distinção de valores entre a BRI e BQE, sendo o primeiro parâmetro classificada como uma drenagem classificada como média e pelo segundo parâmetro baixo.

No entanto se analisar a declividade, levando em consideração somente a diferença de nível e na distância entre a nascente e a foz do curso de água, percebe-se que **C** apresenta a maior declividade máxima do rio 22%, porém em média a **D** apresenta declividade superior em relação a comparada, sendo 1,15 e 0,85, respectivamente. As análises aqui expostas fazem-se necessários para analisar os demais parâmetros morfométricos ora analisados, conforme demonstrado por Soares e Souza (2012) que evidencia a relação de velocidade do escoamento em relação a ocorrência de cheias.

O fator de formar da **BEQ** ($K_f=0,65$) apresentou resultado bem superior no que se refere na **BRI**, a primeira possui tendência mediana a grandes enchentes, enquanto a segunda devido a sua forma mais alongada constata-se de não sujeita a grandes enchentes por este

parâmetro morfométricos ($K_f=0,30$) (VILLELA; MATTOS, 1975). De acordo com Cardoso *et al.* (2006), quanto mais irregular será forma da bacia, diminui-se chances de enchentes em condições normais de precipitação. Tonello *et al.* (2006) reforça que a forma da bacia influencia no tempo de concentração e conseqüentemente no tempo necessário para que haja contribuição de toda bacia para o escoamento da água após as chuvas. Apesar da forma alongada, a **BRI** tem sofrido com constantes enchentes que atingem o município de Conde que se situa na foz, com dados relatados desde 1914 (NOVAIS, 2018). Por essa questão a necessidade de estar se avaliando a **BEQ**, e na análise ficou evidente que o fator de forma da BEQ é mais de 200% em formato irregular em relação a BRI.

Em relação ao Coeficiente de Compacidade – K_c a sub bacia 2 ($K_c=1,90$) é mais propensa a enchente que a bacia 1 ($K_c=2,35$), porém as duas, por este parâmetro, indica que não estão sujeitas a grandes enchentes (VILLELA; MATTOS, 1975), visto esse índice representa a relação entre o perímetro e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia.

Assim sendo, o parâmetro morfométrico que melhor pode dar a entender as enchentes em ponto de foz, é a diferença de nível entre a nascente do Rio Itapicuru com o ponto de desagüe ao mar (1271 metros), por outro lado, percebe-se na região de cabeceira o local onde possui a maior quantidade de meandro do Rio Itapicuru, o que faz reduzir a velocidade do escoamento, porém aumentando o tempo de concentração.

No que se refere a ordem dos cursos hídricos (**E e F**) percebe-se a BRI e BEQ bem ramificadas de oitava ordem, sendo que na BEQ a ramificação é mais evidente possuindo valores relevantes nas ordens 5 e 6, sendo a ordem 7 estando totalmente na BEQ.

8 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE ÁGUAS SUPERFICIAIS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU

A presente avaliação terá como base os trabalhos de Gonçalves, que a partir de 2014 contribuiu com diversas publicações, desenvolvendo métodos para o melhor diagnóstico dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, com intuito de expressar resultados sobre a disponibilidade hídrica e o seu comportamento.

Gonçalves (2016) desenvolveu o método para se avaliar as amplitudes de secas e cheias de um rio “Avaliação do impacto ambiental da redução de vazão na foz do rio São Francisco. 1º Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco”. Dessa forma, foi possível avaliar as cheias e as secas que aconteceram.

Gonçalves (2019) distendeu também um método de observação de vazão numa bacia hidrográfica. As curvas integradas de médias acumuladas de precipitação e vazão (CIMA_pv) publicado no trabalho “Curvas integradas das médias acumuladas de precipitação e vazão (CIMA_pv) e sua interação com o tempo de retardo médio (TRM)”, consiste na associação da vazão e a precipitação médias acumuladas de forma que possibilite fazer uma avaliação integrada com o TRM e amplia a utilização básica de conceitos usuais de tempo de atraso, concentração ou de retardo, como são conhecidos e permite o desenvolvimento de uma hidrologia avançada e experimental, na qual a interação água superficial e subterrânea é clara.

8.1.1 *Desenvolvimento do Fator Hidrológico*

Para determinação das variáveis hidrológicas e avaliação da disponibilidade hídrica foi considerado o Fator Hidrológico, metodologia proposta por Gonçalves (2014) para classificação dos anos hidrológicos excedentes, normais e deficitários. Nessa metodologia são criados os gráficos do fator hidrológico, os quais consideram as vazões extremas máximas e mínimas existentes no rio, assim como suas respectivas médias máximas e mínimas e permitem fazer a análise do risco de secas e cheias hidrológicas, para uma determinada Estação fluviométrica.

Desta maneira foram consideradas as médias das vazões máximas e mínimas, da seguinte maneira: Para a criação dos gráficos do fator hidrológico, será atribuído o valor 1 (um) para cada valor de vazão extrema anual máxima ou mínima acima da média máxima ou mínima do período analisado, respectivamente, e 0 (zero) para valores extremos anuais máximos ou mínimos abaixo da média máxima ou da média mínima do período analisado, respectivamente:

- Fator hidrológico com valor 2 (dois) possui os valores extremos anuais máximos e mínimos acima das médias máximas e mínimas (ano hidrológico excedente);
- Fator hidrológico com valor 1 (um) possui pelo menos um valor extremo anual máximo ou mínimo acima das médias, (ano hidrológico normal);
- Fator hidrológico com valor 0 (zero) possui valores extremos anuais máximos e mínimos abaixo das médias máxima ou mínima (ano com hidrológico deficitário).

No caso de valores extremos anuais máximos ou mínimos iguais à média máxima ou mínima, respectivamente, pode-se considerar o valor do fator hidrológico igual a 1 (um) se a outra medida for $\geq 70\%$ da média anual máxima ou mínima e 0 (zero) no caso do outro valor do fator hidrológico for $< 70\%$ da média anual máxima ou mínima.

A mediana não foi utilizada, nos cálculos, por se entender que não oferece os cenários mais críticos. O gráfico do fator hidrológico pode ser confeccionado com cotas, da seção de medição, ou vazões, obtendo-se o mesmo resultado.

O autor aconselha usar um período amostral maior ou igual a 30 anos na análise, para obtenção de resultados confiáveis, o presente estudo considerou 54 anos (1965-2018). O resumo do Fator Hidrológico pode ser observado no Quadro 18.

Quadro 18 – Resumo de considerações sobre o Fator Hidrológico

Valores Extremos Anuais	Média máxima < valor extremo máximo anual	Média máxima > valor extremo máximo anual	Média mínima < valor extremo mínimo anual	Média mínima > valor extremo mínimo anual	Valor do Fator Hidrológico	Classificação do Ano Hidrológico
Valor Máximo	1	-	-	-	1+1=2	Ano Excedente
Valor Mínimo	-	-	1	-		
Valor Máximo	1	-	-	-	1+0=1	Ano Normal
Valor Mínimo	-	-	-	Q		
Valor Máximo	-	Q	-	-	0+1=1	Ano Normal
Valor Mínimo	-	-	1	-		
Valor Máximo	-	Q	-	-	0+0=0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	-	-	-	Q		

Fonte: Gonçalves, 2014.

8.1.2 Detalhamento do Fator Hidrológico

Este parâmetro classifica os anos hidrológicos em excedentes, normais excedentes, normais deficitários e deficitários, detalhando os anos normais do fator hidrológico (GONÇALVES, 2015a) (Quadro 19)

Quadro 19 – Resumo de considerações sobre o Detalhamento do Fator Hidrológico

Valores Extremos Anuais	Média máxima < valor extremo máximo anual	Média máxima > valor extremo máximo anual	Média mínima < valor extremo mínimo anual	Média mínima > valor extremo mínimo anual	Valor do Fator Hidrológico	Detalhamento do Fator Hidrológico	Classificação do Ano Hidrológico
Valor Máximo	1	-	-	-	1+1=2	2	Ano Excedente
Valor Mínimo	-	-	1	-			
Valor Máximo	1	-	-	-	1+0=1	1+0,5=1,5	Ano Normal Excedente
Valor Mínimo	-	-	-	0			
Valor Máximo	-	0	-	-	0+1=1	1-0,5=0,5	Ano Normal Deficitário
Valor Mínimo	-	-	1	-			
Valor Máximo	-	0	-	-	0+0=0	0	Ano Deficitário
Valor Mínimo	-	-	-	0			

Fonte: Gonçalves, 2015

8.1.3 Amplitude hidrológica

Este parâmetro é visto em relação as cheias e secas. As amplitudes das cheias hidrológicas dizem-nos se aconteceu cheia de pequena, média ou grande amplitude na estação de estudo ao longo de uma série histórica (GONÇALVES, 2016). Já a amplitude das secas hidrológicas, diz-nos se aconteceu seca de pequena, média ou grande amplitude na estação de estudo ao longo de uma série histórica (GONÇALVES, 2016a) (

Quadro 20).

Quadro 20 – Classificações e critérios de Amplitudes de secas e cheias hidrológicas.

AMPLITUDES DE SECAS E CHEIAS HIDROLÓGICAS		
AMPLITUDE	Limites da Seca Hidrológica	Limites da Cheia Hidrológica
Pequena	Vazão média mínima - 2/3 (vazão média mínima)	Vazão média máxima - 3/2 (vazão média máxima)
Média	2/3 (vazão média mínima - 1/3 Vazão média mínima)	3/2 (vazão média máxima -2 Vazão média máxima)
Grande	< 1/3 (Vazão média mínima)	< 2 (Vazão média máxima)

Fonte: Gonçalves, 2014.

8.1.4 Relação entre a Precipitação e vazão média (Rpv)

Esta relação apresenta a relação causa-efeito na estação estudada, apresentando o período do ano em que é necessária mais precipitação para gerar 1 m³/s de vazão, indicando desta maneira a situação do aquífero. (GONÇALVES, 2019a)

8.1.5 Diferença da Razão Precipitação-vazão (DRpv)

Indica a relação de influência rio-aquífero, ou seja, os períodos em que o rio é influente ou efluente (GONÇALVES, 2019)

8.1.6 Curvas Integradas médias Acumuladas Precipitação e vazão (CIMApv)

Indica em qual período do ano a contribuição para formação da vazão tem maior influência, se dá precipitação ou do aquífero. (GONÇALVES, 2019)

8.1.7 Classificação da Razão de Fluxo no rio

Diz-nos sobre o comportamento do fluxo d'água no rio e conseqüentemente faz inferência sobre sua perenecidade (GONÇALVES, 2015).

Quadro 21 - Classificação da Razão de Fluxo.

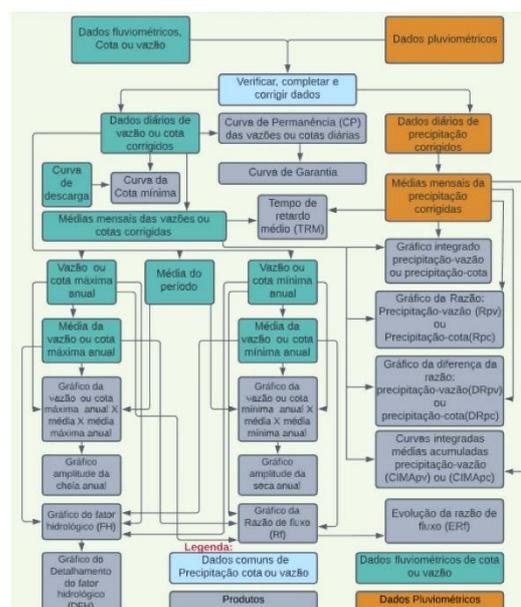
Razão de Fluxo (Rf)	Classificação do Fluxo no Rio
<2	Excedente
≥ 2 e <4	Normal Excedente
≥ 4 e <10	Normal Deficitário
≥ 10	Deficitário

Fonte: Gonçalves, 2015.

8.1.8 Fluxograma da Metodologia

Abaixo a Figura 16 demonstra a metodologia aplicada para o desenvolvimento desta pesquisa.

Figura 16 – Fluxograma da Metodologia proposta por Gonçalves (2020).



Fonte: Gonçalves (2020).

8.2 Resultados e discussões

8.2.1 *Curva de Cota Mínima*

Os dados aqui analisados contemplam um período de 1965 a 2018. De posse da planilha das curvas de descarga disponibilizadas no pacote de dados da estação fluviométrica – Usina Altamira, no município de Conde – BA (Estação 50595000) na jusante da bacia hidrográfica, os dados de vazão foram separados em 10 períodos com base na cota mínima limnimétrica, como mostra no Quadro 22.

Quadro 22 - Divisão de Períodos com base na curva de descarga, no período 1965 a 2018, da estação 50595000, município de Conde– BA

Período	Início	Fim	Cota mínima (cm)	Cota mínima medida (cm)
1º Período	jan/65	nov/70	420	424
2º Período	dez/70	dez/72	400	407
3º Período	jan/73	ago/80	400	424
4º Período	set/80	jan/83	420	420
5º Período	fev/83	nov/97	420	424
6º Período	dez/97	dez/01	440	446
7º Período	jan/02	fev/07	430	432
8º Período	mar/07	mar/10	450	453
9º Período	abr/10	dez/14	440	450
10º Período	jan/15	dez/18	440	456

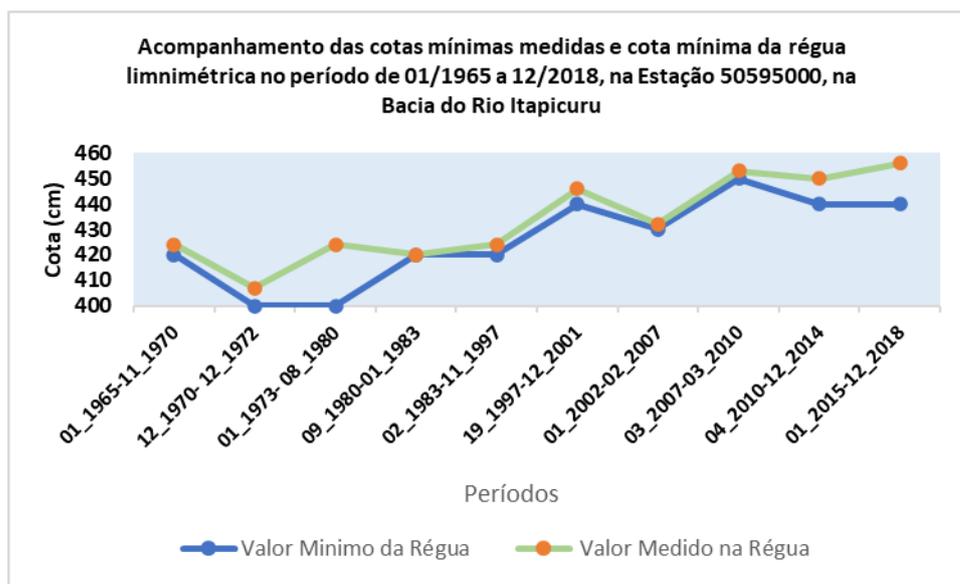
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Ao longo do tempo estudado (1965 a 2018) foi observado que houve oscilação em relação as cotas mínimas medida na Estação 50595000, esses valores de cota podem estar relacionados a alguns fatores como processo de assoreamento, sedimentação ou erosão que ocorrem ao longo da bacia. Assim, com o intuito de diagnosticar os possíveis impactos, foram analisados períodos antes e pós a instalação das barragens de pedras Pedra altas (2002), Ponto Novo (2002) e Pindobaçu (2006).

Fazendo uma relação da cota mínima da régua limnimétrica no período de estudo e após a instalação das barragens, observou-se que até o 5º período a bacia se intercalava entre períodos de erosão a assoreamento, fato este que continuou a ocorrer entre o 6º ao 10º período, no entanto os valores de cota aumentaram significativamente nos últimos períodos; se comparado os três primeiros períodos com os três últimos percebe-se um evento de assoreamento significativo. Após o início de operação da barragem de Pindobaçu no ano de 2005, o nível da cota aumentou, indicando que houve assoreamento no leito do rio. No período entre 2010 e 2014, nota-se que a cota mínima medida está muito superior em relação a cota mínima da régua, indicando que

na jusante das barragens no Rio Itapicuru, houve uma elevada deposição de sedimentos, causando assoreamento e conseqüentemente, encobrindo boa parcela da régua. Atualmente o rio encontra-se em fase mais assoreada se comparado aos períodos anteriores. O Gráfico 1 demonstra o acompanhamento das cotas mínimas e medidas na Estação 59505000.

Gráfico 1- Acompanhamento das cotas mínimas e medidas na Estação 59505000, no período de 1965 a 2018, no Rio Itapicuru.



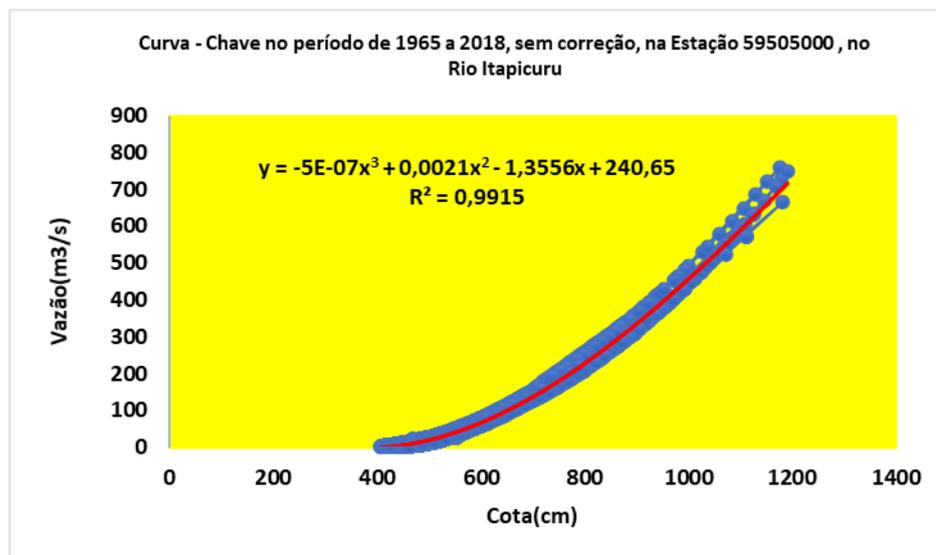
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.2 Curva Chave

Com a defasagem dos dados da Estação Fluviométrica (Usina Altamira), foi necessário realizar o tratamento dos dados através de complementação e correção da vazão por períodos da curva de descarga, resultando em um aumento significativo dos coeficientes de determinação (R^2), onde o coeficiente é o número 1 (um). Diante deste resultado, foram observados dois padrões de curvas com tendências distintas para o tempo integral analisado sem correção e com correção. De acordo com a curva de descarga, análise dos dados e resultados obtidos, foi possível inferir sobre um evento marcante de assoreamento no canal, em especial nos últimos anos. Com a finalidade de proporcionar uma melhor visualização do regime do rio e sua dinâmica, torna-se de extrema importância que os dados de vazão sejam manipulados, tratados dentro do período observado, e para complementar, apresentados sob a forma de gráficos facilitando uma melhor compreensão e visualização dos dados aqui obtidos

O Gráfico 2 trata do período integral 1965 a 2018, sem as correções dos dados. A curva inferior apresenta valores poucos mais baixos de vazão (dados mais antigos) e a curva superior possui os dados mais recentes, sugerindo que a bacia passou por um processo de erosão marcante na sua foz, aumentando assim os valores de vazão ao longo dos anos.

Gráfico 2- Curva - Chave no período de 1965 a 2018, sem correção.



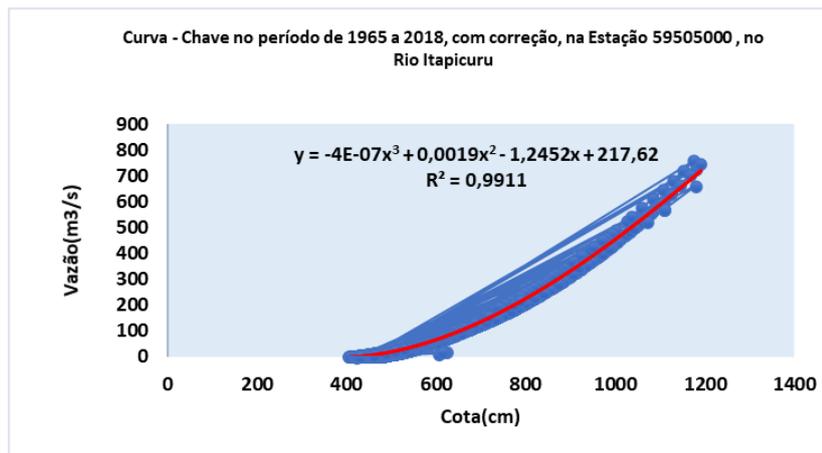
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

No Gráfico 3, como podemos observar, as curvas foram ajustadas nas cotas que apresentam duplicidade de dados de vazão, logo o índice de ajuste (R^2) sofre mudança no seu valor para o índice mais distante do desejado, com isso se faz necessário a análise por períodos, nesse caso os propostos pela curva de descarga.

A análise da curva sugere que a bacia, no período integral, apresenta dois comportamentos distintos em relação à vazão. Quando esse fato é associado à curva de descarga e ao tratamento de dados, possibilita sugerir que houve erosão no canal e ainda assim houve a diminuição nos valores de vazão, corroborando com os dados da curva de descarga apresentando diminuição na sua cota mínima.

A curva inferior apresenta valores de vazões mais baixos e dados de anos mais antigos, portanto é mais velha, o que infere que a Bacia Itapicuru na estação em análise passou por um forte processo de erosão que culminou em aumento de vazões em alguns períodos. Esse processo pode ser confirmado com os dados da curva de descarga.

Gráfico 3- Curva - Chave no período de 1965 a 2018, com correção.



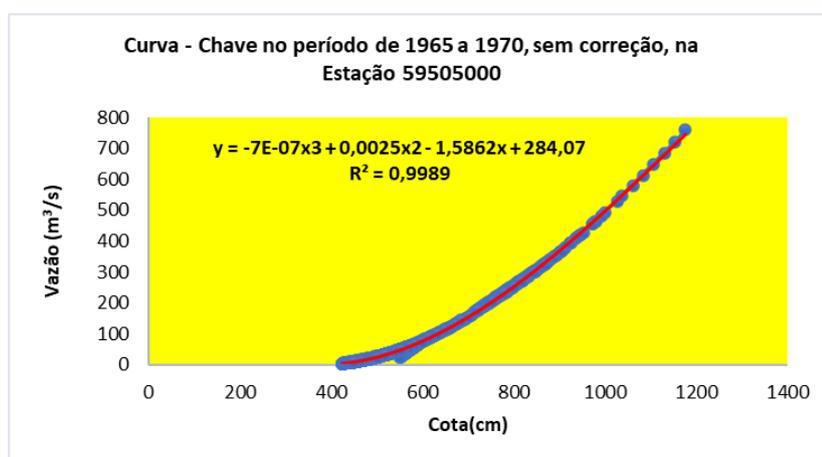
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Analisadas separadamente as curvas-chave de cada período proposto pela curva de descarga e apresentados os gráficos com correção e sem correção dos dados de vazão nos períodos, é claramente perceptível a necessidade de correção. Assim, foi possível observar a variação do índice de ajuste (R^2) na correlação entre as cotas e as vazões na Estação 50595000.

8.2.2.1 Curva – chave (1965 a 1970)

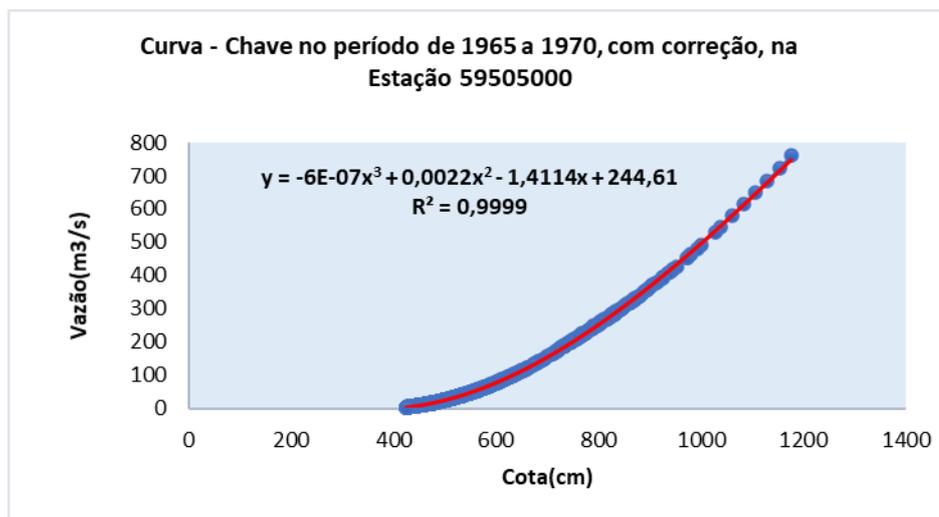
No primeiro período, no Gráfico 4 e Gráfico 5, sem correção dos dados, o índice de ajuste (R^2) apresenta-se muito próximo a 1, os dados tratados não foram suficientes para que ocorresse mudanças significativas no gráfico com correção (Gráfico 5). Assim, nos dois casos o valor mínimo de cota é de 424 cm mostrado e as vazões nos períodos sem e com correção não chegam a 800 m³/s.

Gráfico 4- Curva - Chave no período de 1965 a 1970, sem correção.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 5 - Curva - Chave no período de 1965 a 1970, com correção.



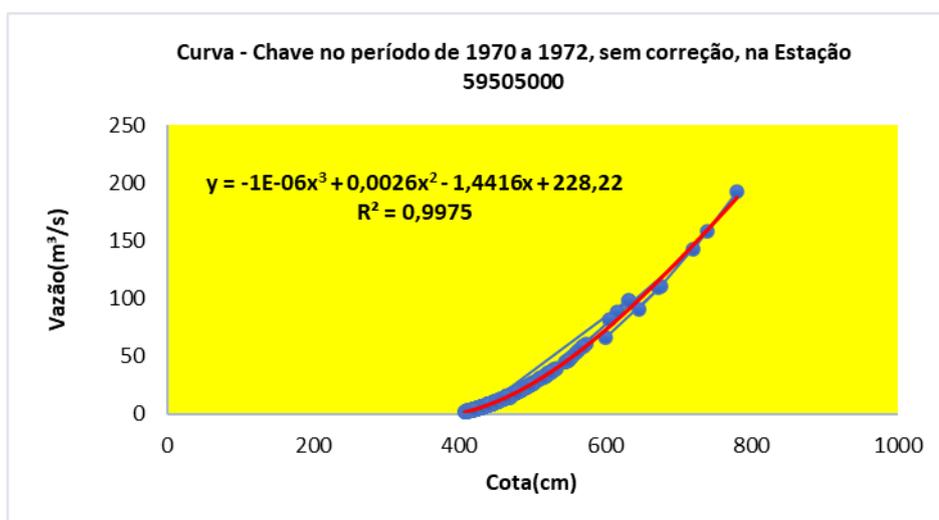
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.2.2 Curva – chave (1970 a 1972)

No segundo período (Gráfico 6 e Gráfico 7) observa que ocorreu erosão em relação a curva chave entre 1965 a 1970, visto que encontra-se a maior cota em 780 cm, sendo que no primeiro período a leitura máxima foi realizada em 1176 cm.

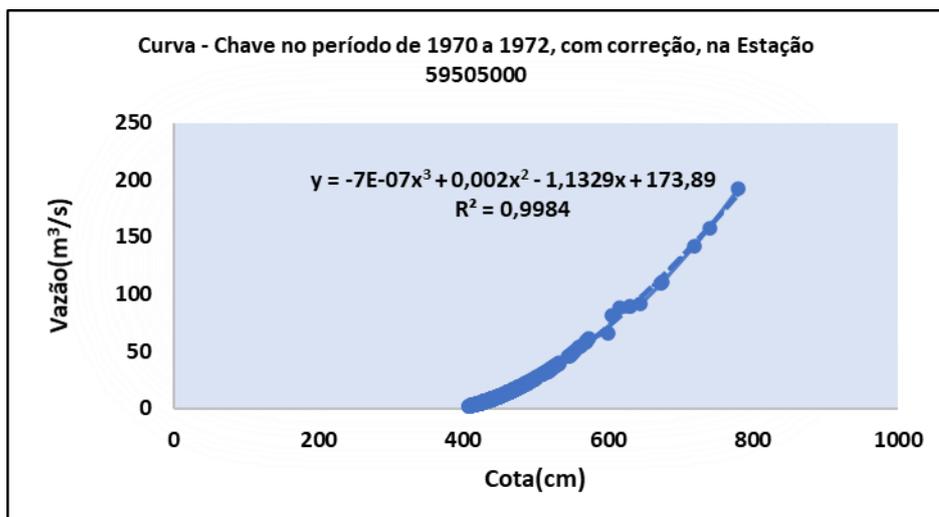
As principais correções foram feitas para as cotas entre 412 cm e 450 cm, onde novamente se percebia a duplicidade nos valores de vazão e valores que provavelmente tiveram leitura ou preenchimento de planilha errado. Tanto no Gráfico 6 como no Gráfico 7, mostra cotas similares com valor mínimo de 407 cm e vazão máxima de 192,23 m³/s.

Gráfico 6- Curva - Chave no período de 1970 a 1972, sem correção.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 7- Curva - Chave no período de 1965 a 1972, com correção.

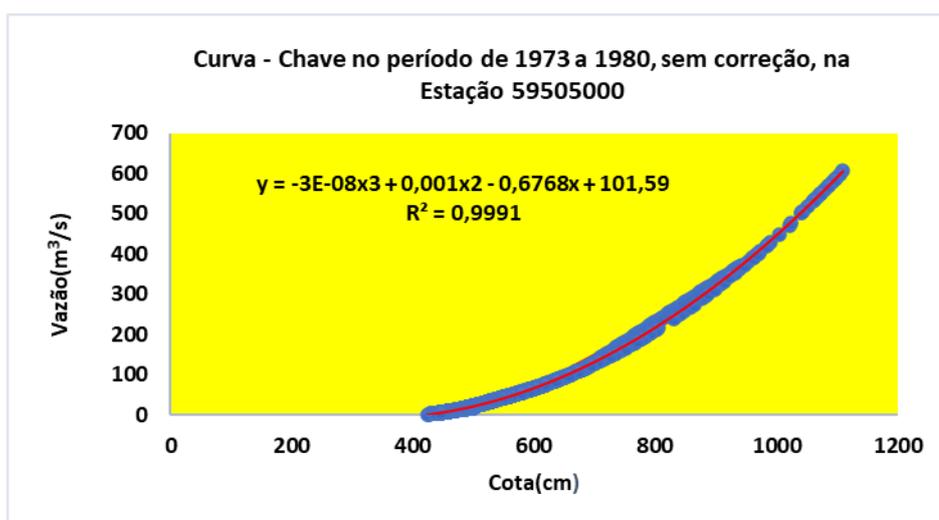


Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.2.3 Curva – chave (1973 a 1980)

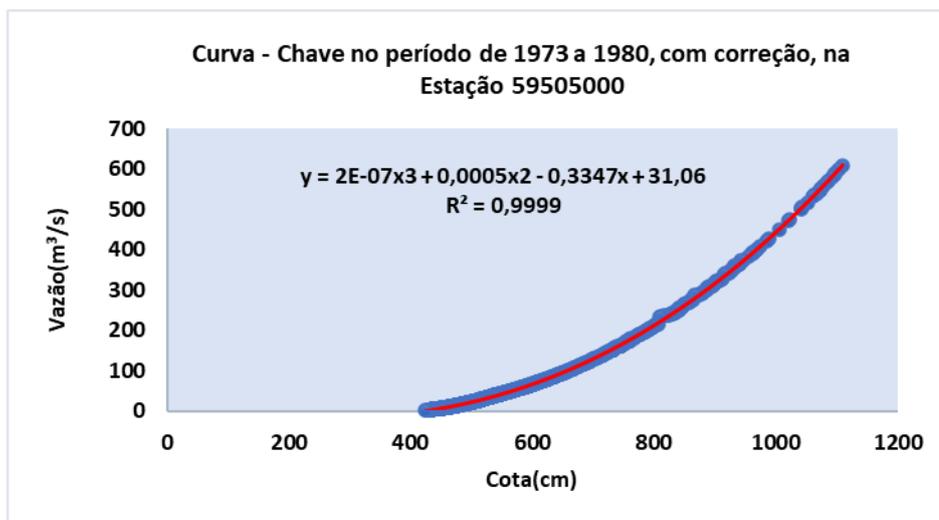
No terceiro período (Gráfico 8 e Gráfico 9), as correções foram feitas para as cotas entre 947 cm e 688 cm, onde se percebia valores de cotas menores com vazão maiores, fazendo com que o R^2 ficasse mais próximo a 1. Porém, tal fato não impactou na mudança de vazões mínimas e máximas disponibilizadas pelo portal Hidroweb na versão sem tratamento. Neste período, a vazão mínima foi de 1,854 m³/s e a máxima 607,81 m³/s.

Gráfico 8- Curva - Chave no período de 1973 a 1980, sem correção.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 9 - Curva - Chave no período de 1973 a 1980, com correção.

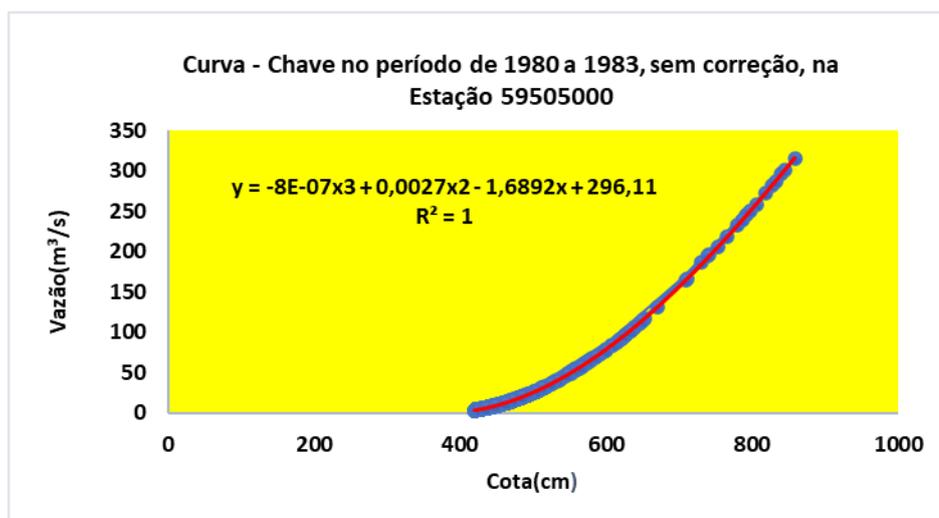


Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.2.4 Curva – chave (1980 a 1983)

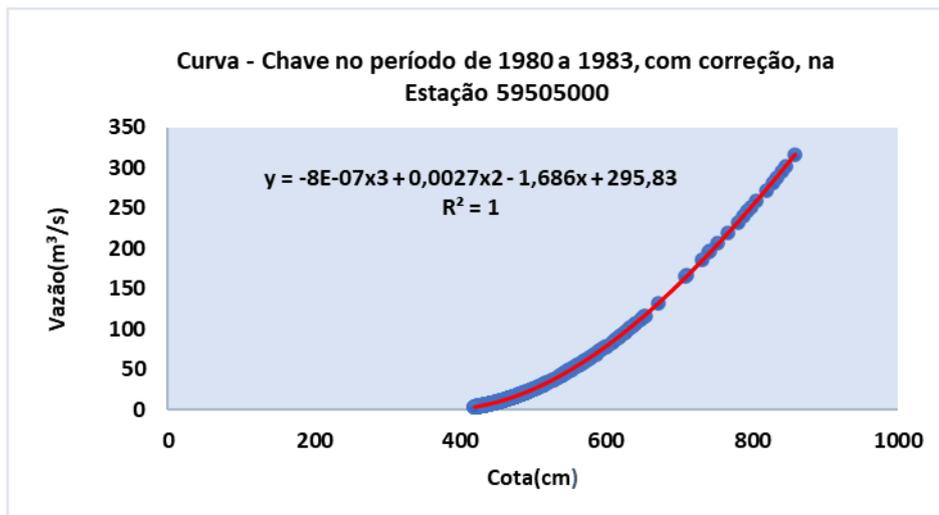
Apesar do valor do índice de ajuste ser próximo a 1, os valores com cotas entre 600 cm e 528, apresentavam valores de cotas não conformes com as vazões, nesse caso houve a necessidade de se tratar esses dados para também se obter um resultado mais próximo ao esperado como mostrado no Gráfico 11. Neste período a vazão mínima foi de 3,441 m³/s e a de máxima 315,81 m³/s.

Gráfico 10- Curva - Chave no período de 1980 a 1983, sem correção.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 11- Curva - Chave no período de 1980 a 1983, com correção.

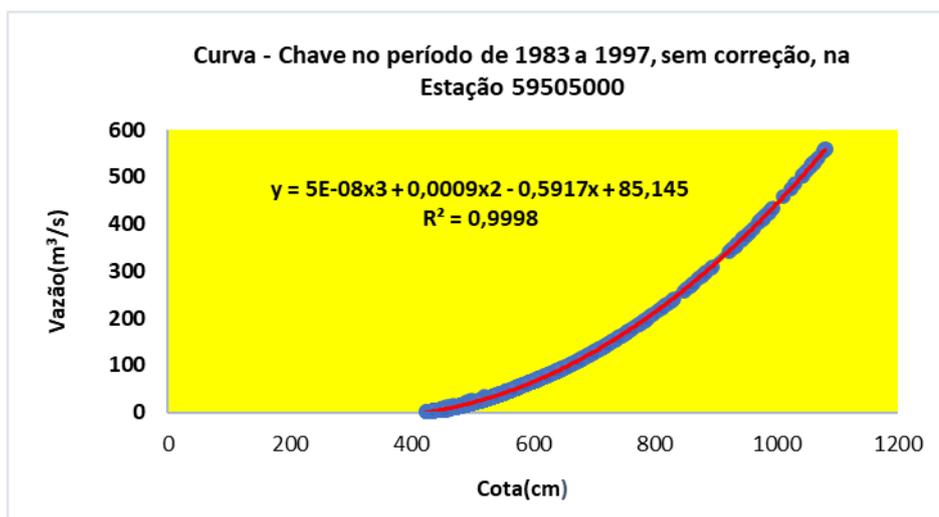


Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.2.5 Curva – chave (1983 a 1997)

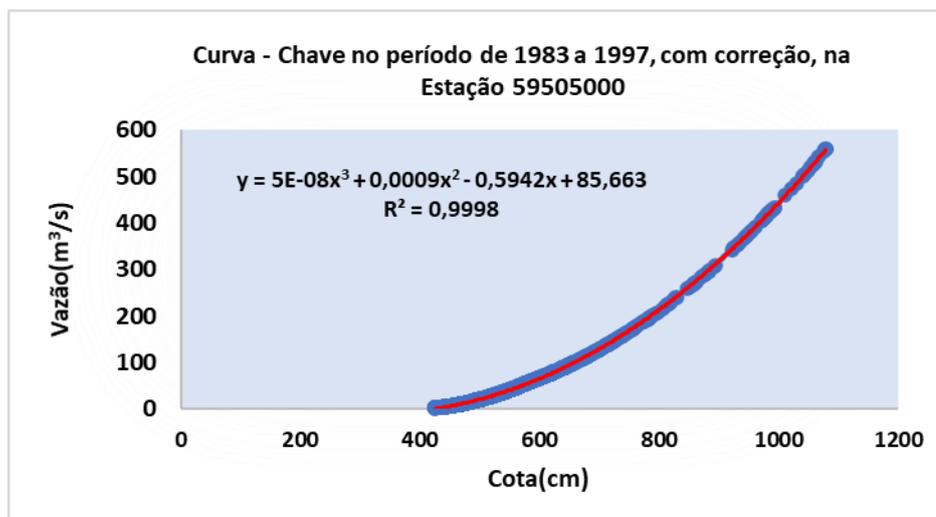
O referido período não demonstrou significantes erros na operação das leituras de vazão, sendo realizado apenas alguns ajustes pontuais em cotas. Neste período a vazão mínima foi de 1,462 m³/s e a de máxima 559,88 m³/s (Gráfico 12 e Gráfico 13).

Gráfico 12- Curva - Chave no período de 1983 a 1997, sem correção.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 13 - Curva - Chave no período de 1983 a 1997, com correção.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.2.6 Curva – chave (1997 a 2001/ 2002 a 2007/ 2007 a 2010/2010 a 2014/2015 a 2018)

Provavelmente com o advento da tecnologia e facilidade de transporte e acesso aos locais, a partir do 6º período foram esporádicas as falhas vistas na estação fluviométrica de Altamira (50595000). Portanto, este item apontará em um quadro resumo sobre as vazões mínimas e máximas nas curva-chave dos períodos de 1997-2001/2002-2007/2007-2010/2010-2014/2015/2018 (Quadro 23), assim como também os gráficos referenciados pelo coeficiente de determinação (R^2). Outro detalhe, neste período observa-se uma maior variação de vazão do Rio Itapicuru, provavelmente relacionada a construção das barragens alvo desta pesquisa que definitivamente foram iniciadas no início dos anos 2000 (Gráfico 14 ao Gráfico 23).

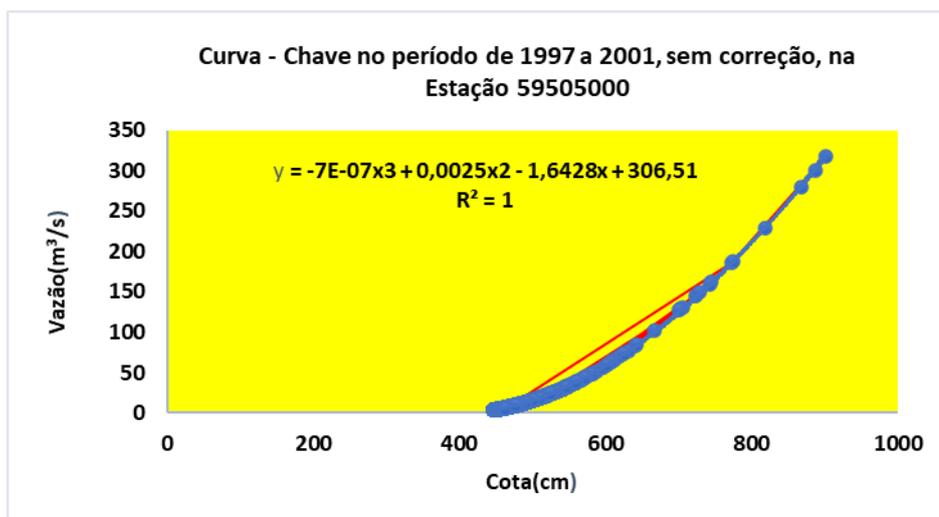
Os itens posteriores deverão melhor abordar os dados demonstrados em relação as curvas-chave.

Quadro 23 – Dados de vazão de curvas chaves a partir do 6º período.

Períodos	Vazão Mínima Qmin (m³/s)	Vazão Máxima Qmax (m³/s)
19-1997/12-2001	3,556	317,508
01-2002/02-2007	2,511	747,588
03-2007/03-2010	2,93	258,84
04-2010/12-2014	1,588	249,751
01-2015/12-2018	7,164	664,365

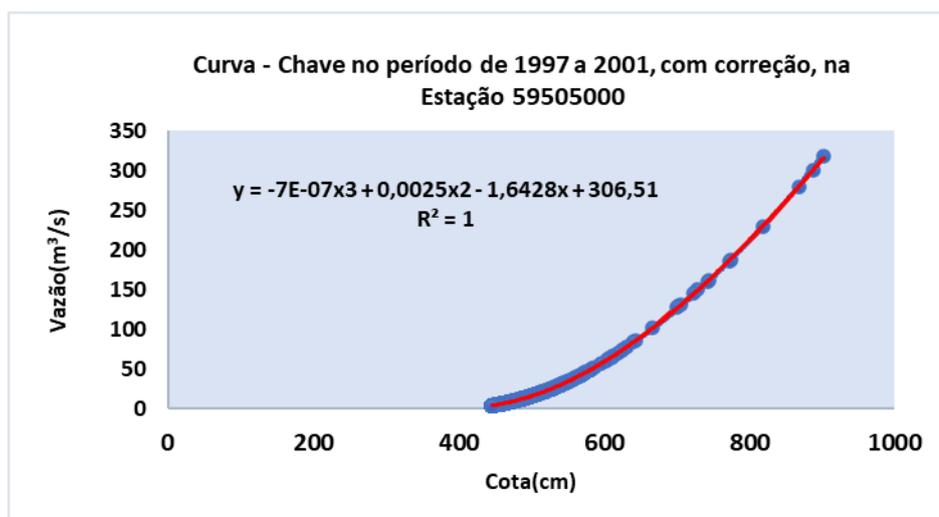
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 14- Curva - Chave no período de 1997 a 2001, sem correção.



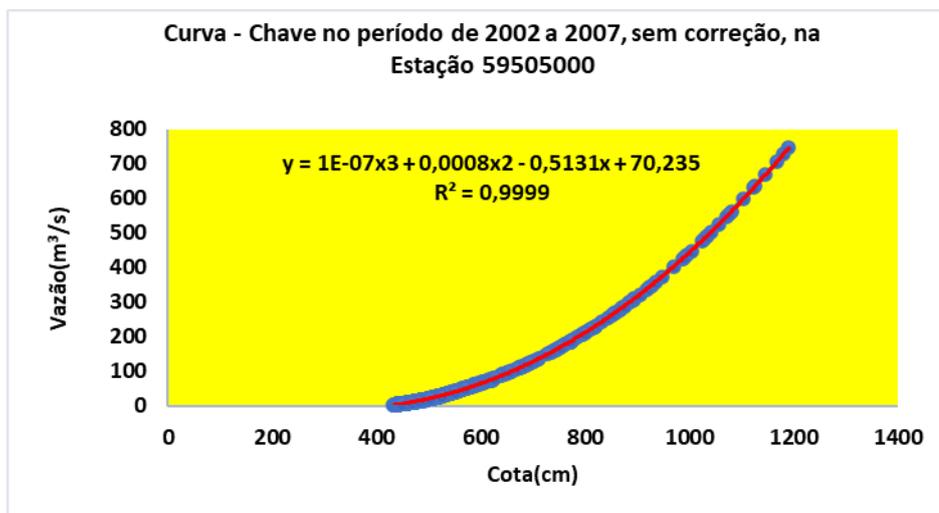
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 15- Curva - Chave no período de 1997 a 2001, com correção.



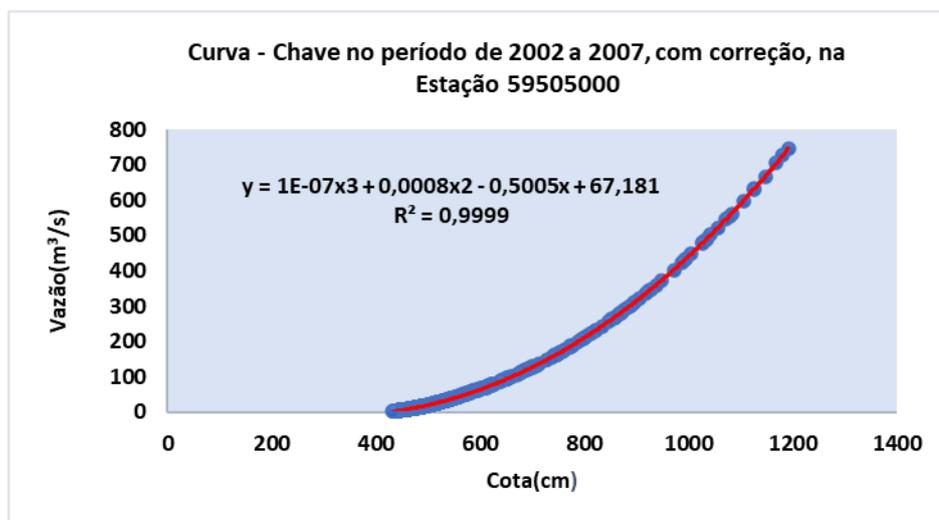
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 16- Curva - Chave no período de 2002 a 2007, sem correção.



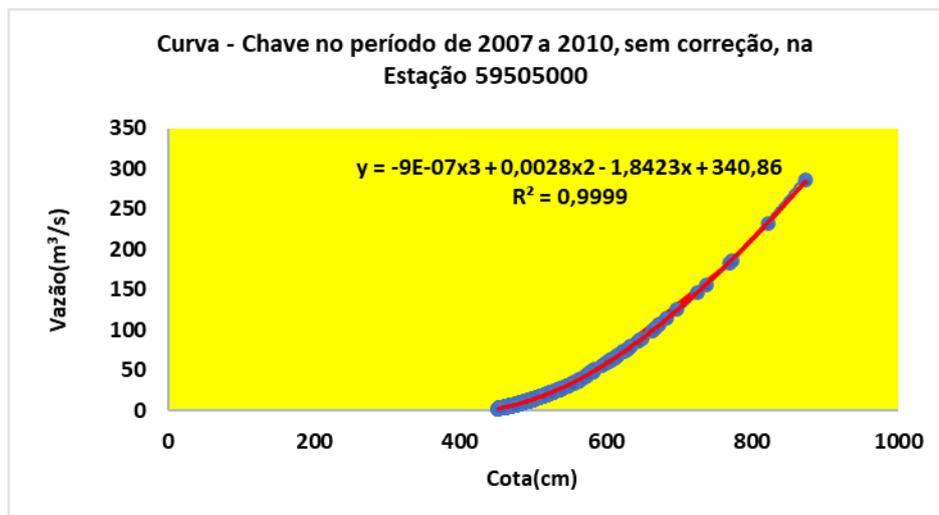
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 17- Curva - Chave no período de 2002 a 2007, com correção.



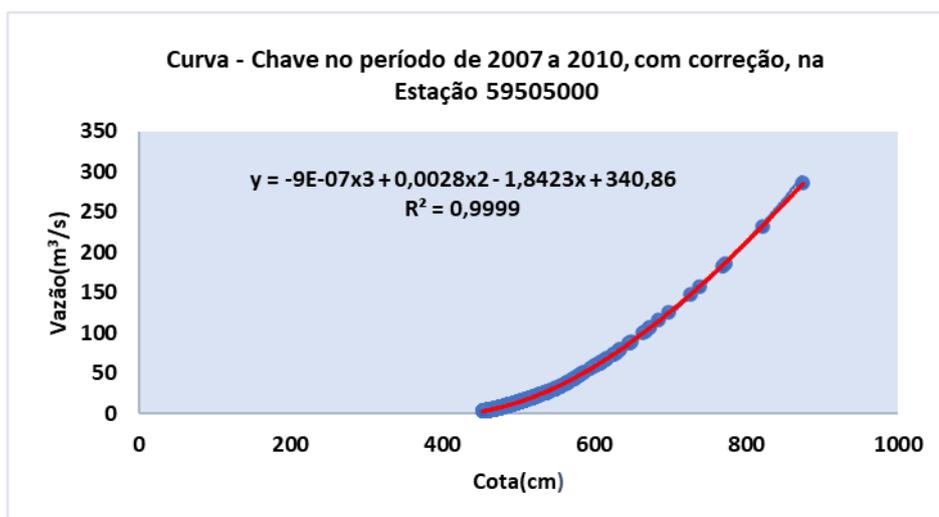
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 18 - Curva - Chave no período de 2007 a 2010, sem correção.



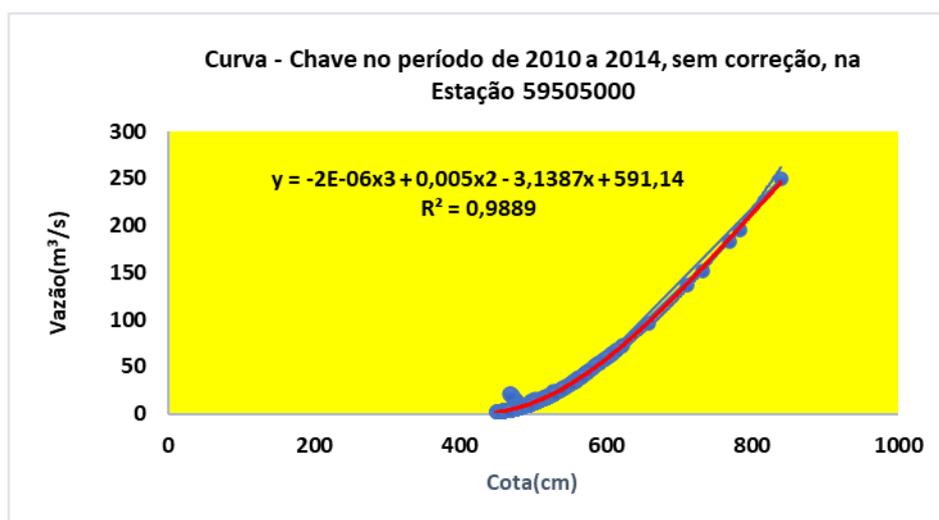
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 19 - Curva - Chave no período de 2007 a 2010, com correção.



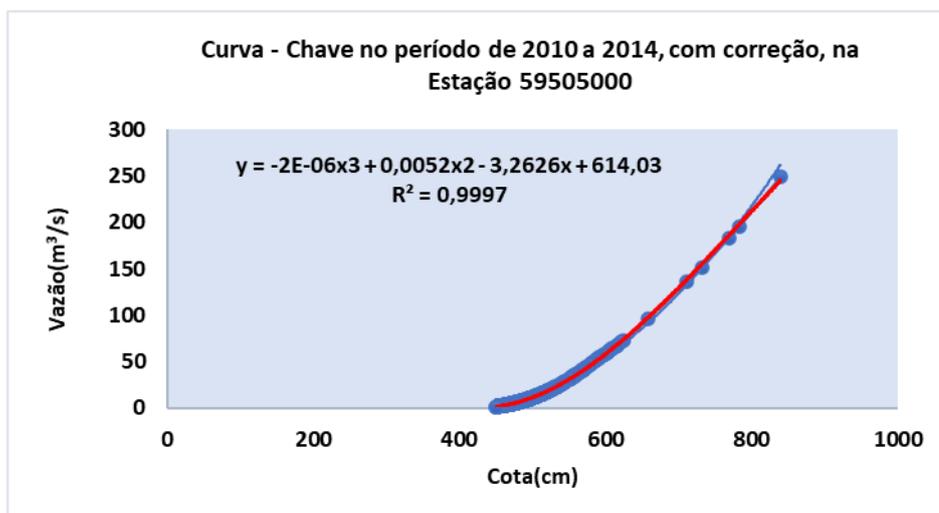
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 20 - Curva - Chave no período de 2010 a 2014, sem correção.



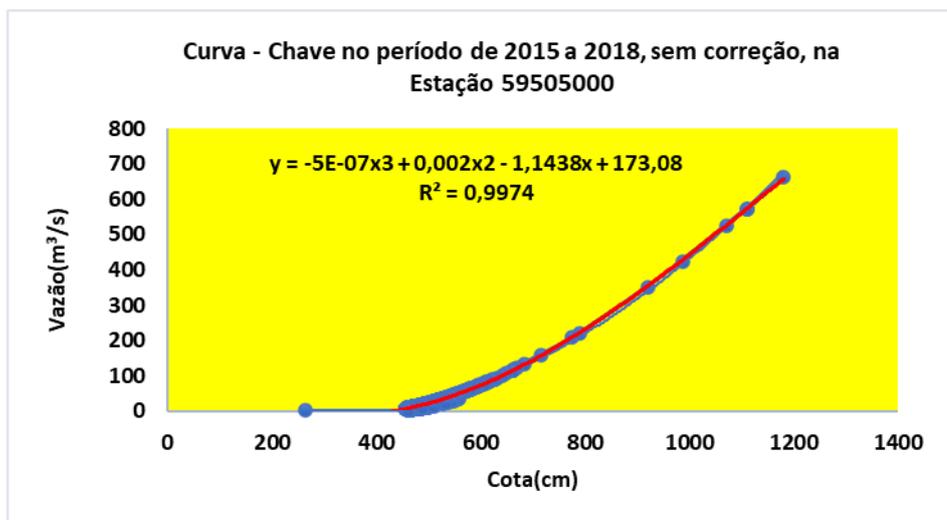
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 21- Curva - Chave no período de 2010 a 2014, com correção.



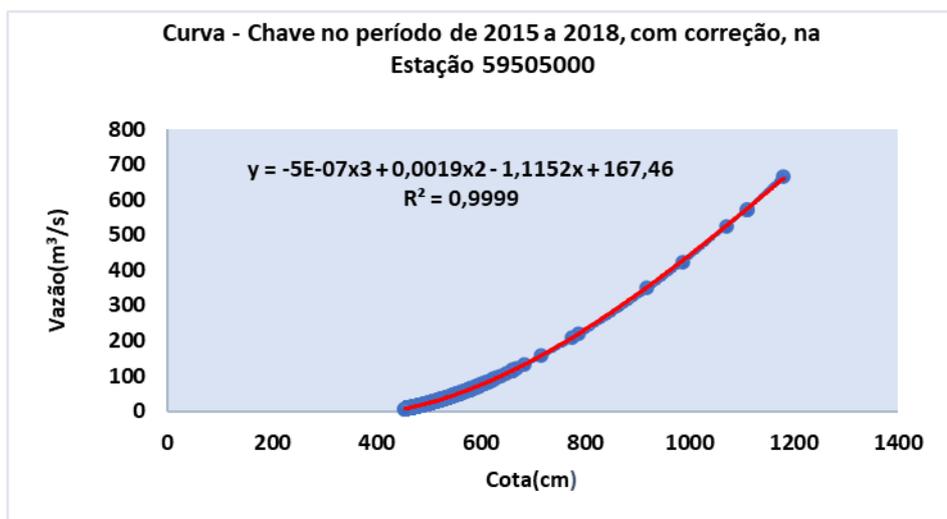
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 22- Curva - Chave no período de 2015 a 2018, sem correção.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 23- Curva - Chave no período de 2015 a 2018, com correção.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.3 Curva Precipitação x Vazão

Analisando os dados de precipitação das Estações Pluviométricas de Pindobaçu, foi possível observar um tempo de retardo médio (TRM) ≥ 30 dias.

8.2.3.1 Estação Pluviométrica (Pindobaçu-1040025)

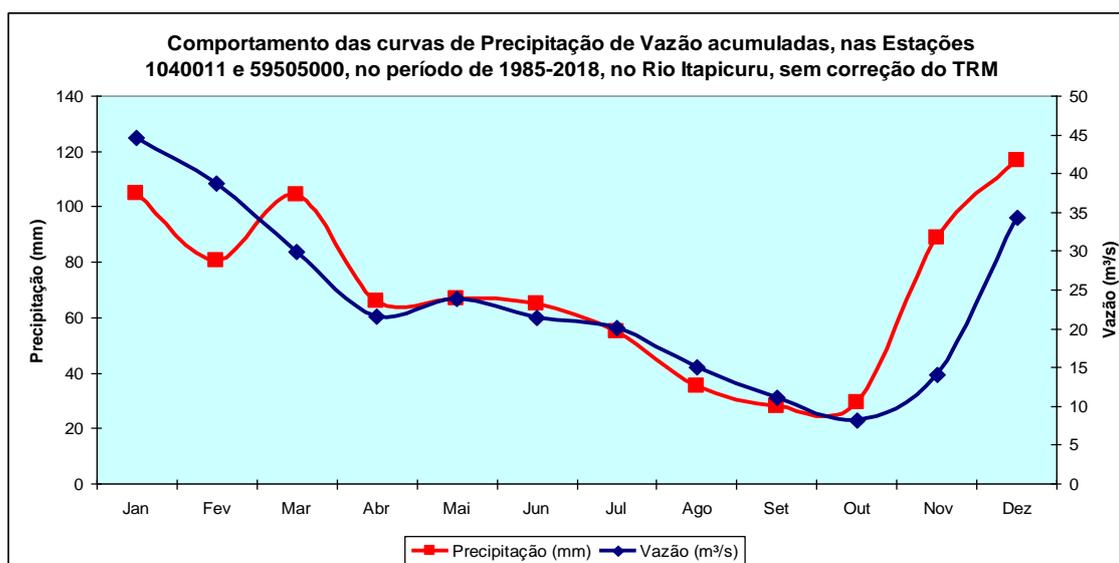
A Estação Pluviométrica (Pindobaçu-1040025) está sob as coordenadas geográficas (Graus decimais) -10,8025 S; -40.38 O, em área de afluência do Rio Itapicuru-açu, em proximidade da zona de nascente do Rio Itapicuru e Barragens de Pindobaçu e Ponto Novo. Os dados de amostra da estação pluviométrica compreendem os anos de 1986 a 2005. O resultado da comparação entre a precipitação média e vazão média aponta que há retardo das águas do Rio Itapicuru. O Tempo de Retardo Médio - TRM é facilmente observado nos meses de dezembro (maior precipitação média) e janeiro (maior vazão média), onde a precipitação no mês de dezembro na nascente chega na região de foz em janeiro. A curva de vazão segue paralelamente com a curva de precipitação até a próxima recarga (Quadro 24 e Quadro 25).

Quadro 24 - Resultados de precipitação e média de vazão mensal, no período de 1986 a 2005, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru- BA, sem correção dos dados. (Pluviométrica 1040025 x fluviométrica 59505000)

SEM CORREÇÃO			
Mês	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)	MÊS
Jan	104,9	44,5	Jan
Fev	80,5	38,8	Fev
Mar	104,4	29,9	Mar
Abr	66,0	21,5	Abr
Mai	66,6	23,9	Mai
Jun	64,9	21,4	Jun
Jul	54,9	20,1	Jul
Ago	35,1	15,1	Ago
Set	28,0	11,2	Set
Out	29,3	8,1	Out
Nov	88,9	14,1	Nov
Dez	116,7	34,3	Dez

Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 24 - Comportamento das curvas de Precipitação e Vazão, nas Estações 1040011 e 5905000, no período de 1986-2005, no Rio Itapicuru, sem correção do TRM.



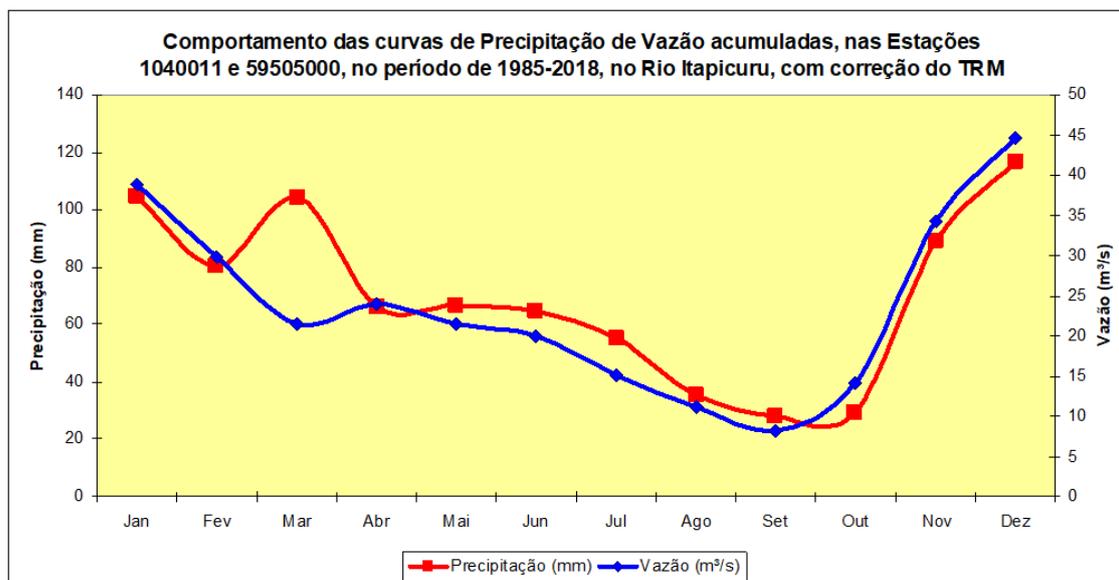
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 25 - Resultados de precipitação e média de vazão mensal, no período de 1986 a 2005, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru- BA, com correção dos dados. (Pluviométrica 1040025 x fluviométrica 59505000).

COM CORREÇÃO			
MÊS	Precipitação (mm)	Vazão (m³/s)	MÊS
Jan	104,9	38,8	Fev
Fev	80,5	29,9	Mar
Mar	104,4	21,5	Abr
Abr	66,0	23,9	Mai
Mai	66,6	21,4	Jun
Jun	64,9	20,1	Jul
Jul	54,9	15,1	Ago
Ago	35,1	11,2	Set
Set	28,0	8,1	Out
Out	29,3	14,1	Nov
Nov	88,9	34,3	Dez
Dez	116,7	44,5	Jan

Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 25- Comportamento das curvas de Precipitação e vazão, nas Estações 1040011 e 5905000, com correção do TRM.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Obs: Foi utilizada a mesma metodologia para as estações de Jáguarari, Miguel Calmon, Açude Jacurici e Jacobina, sendo que apenas a última apresentou $TR < 30$ dias. O anexo demonstrará tais tabelas e gráficos.

8.2.4 CURVA RPV

8.2.4.1 Estação Pluviométrica (Pindobaçu-1040025) RPV

A razão entre precipitação média, na estação 1040025, e vazão média na Estação 59505000 (Rpv), apresentado no Quadro 26, no intervalo de 1986 a 2005, indica que o aquífero está vazio no mês de março (quando necessita de uma maior precipitação média para gerar 1 m³/s de vazão média) e cheio em setembro, período em que é necessária uma menor precipitação média para gerar 1 m³/s de vazão média.

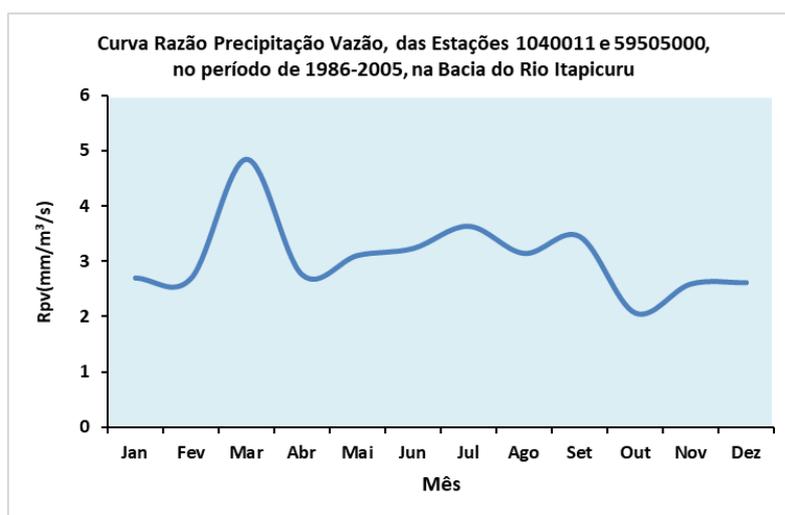
Quadro 26 - Dados hidrológicos (Rpv), no período de 1986 a 2005, nas Estações Pluviométrica 1040025 x fluviométrica 59505000

Mês	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)	RPV
Jan	104,9	44,5	2,702858453
Fev	80,5	38,8	2,695123259
Mar	104,4	29,9	4,845088991
Abr	66,0	21,5	2,763963667
Mai	66,6	23,9	3,109280129
Jun	64,9	21,4	3,234988267
Jul	54,9	20,1	3,637385849
Ago	35,1	15,1	3,146971124
Set	28,0	11,2	3,451757833
Out	29,3	8,1	2,072416735
Nov	88,9	14,1	2,594377054
Dez	116,7	34,3	2,619843478

Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

No Gráfico 26 é possível ver a representação gráfica da Razão precipitação vazão (Rpv), onde a curva tende a zero, indicando menor dependência da chuva. Em meados de fevereiro inicia-se o período de descarga, com pico no mês de março, onde o mesmo encontra-se mais vazio e a curva do gráfico mais distante de zero, dependendo do maior volume de chuva de aproximadamente 5 mm, de precipitação média, para gerar 1 m³/s, vazão média.

Gráfico 26- Curva Razão Precipitação, das estações 1040011 e 59505000.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Obs: Foi utilizada a mesma metodologia para as estações de Jaguarari, Miguel Calmon, Açude Jacurici e Jacobina. O anexo demonstrará tais tabelas e gráficos.

8.2.5 CURVA DRPV

8.2.5.1 Estação Pluviométrica (Pindobaçu-1040025) DRPV

No Quadro 27, a partir dos dados tratados de Rpv, foi gerado os dados do DRpv que é a diferença da Razão precipitação vazão, e esboçado no Gráfico 27, onde é possível observar que nos meses de abril, outubro, novembro e dezembro, o rio é efluente, pois seus valores apresentam-se abaixo de 0 (zero), ou seja, neste período o aquífero está carregado e passa a contribuir na formação da vazão; e aos demais meses o rio é influente, com valores acima do marco 0 (zero), sendo assim período que o rio que infiltra água no aquífero, que por sua vez, encontra-se vazio.

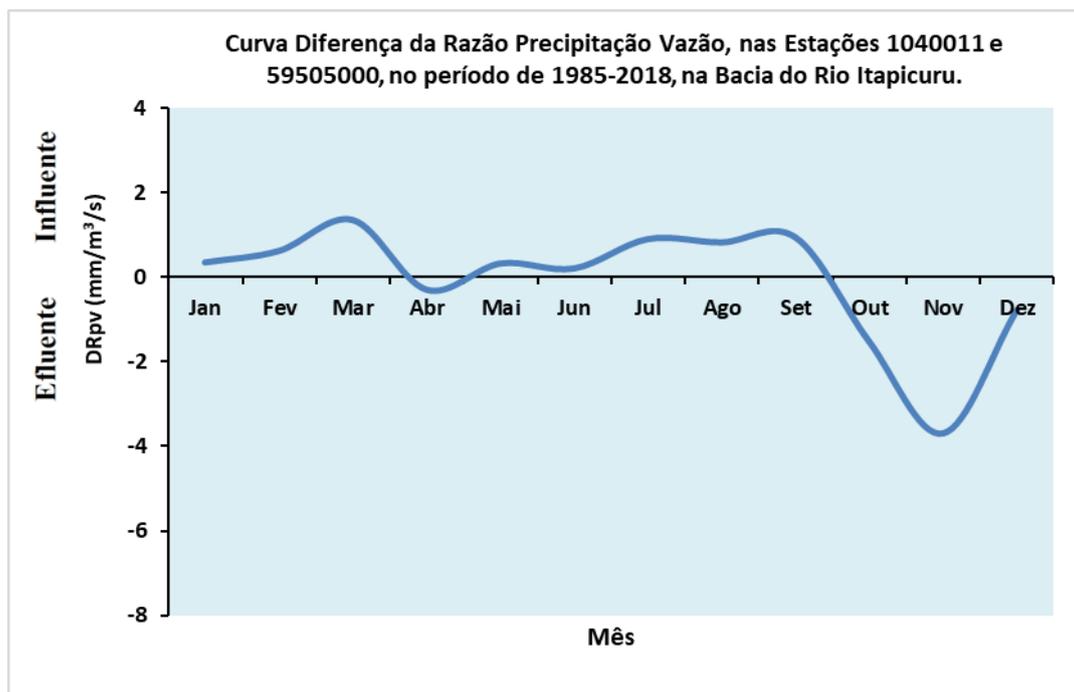
Portanto, por esta estação pluviométrica, consideramos o Rio Itapicuru, na sua jusante, um rio predominantemente influente, pois, na maior parte do ano, o aquífero é quem mais contribui na formação da sua vazão.

Quadro 27 - Dados hidrológicos (DRpv), no período de 1986 a 2005, nas Estações Pluviométrica 1040025 x fluviométrica 59505000 para o TRM \geq 30 dias

Mês	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)	RPV	DRPV
Jan	104,9	44,5	2,702858453	0,349129656
Fev	80,5	38,8	2,695123259	0,619808452
Mar	104,4	29,9	4,845088991	1,351237115
Abr	66,0	21,5	2,763963667	-0,299671937
Mai	66,6	23,9	3,109280129	0,320815836
Jun	64,9	21,4	3,234988267	0,203463492
Jul	54,9	20,1	3,637385849	0,899992249
Ago	35,1	15,1	3,146971124	0,821706167
Set	28,0	11,2	3,451757833	0,940185406
Out	29,3	8,1	2,072416735	-1,530220789
Nov	88,9	14,1	2,594377054	-3,704707044
Dez	116,7	34,3	2,619843478	-0,785923869

Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 27- Curva Diferença Razão Precipitação Vazão, das estações 1040011 e 59505000.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Obs: Foi utilizada a mesma metodologia para as estações de Jaguarari, Miguel Calmon, Açude Jacurici e Jacobina. O anexo demonstrará tais tabelas e gráficos.

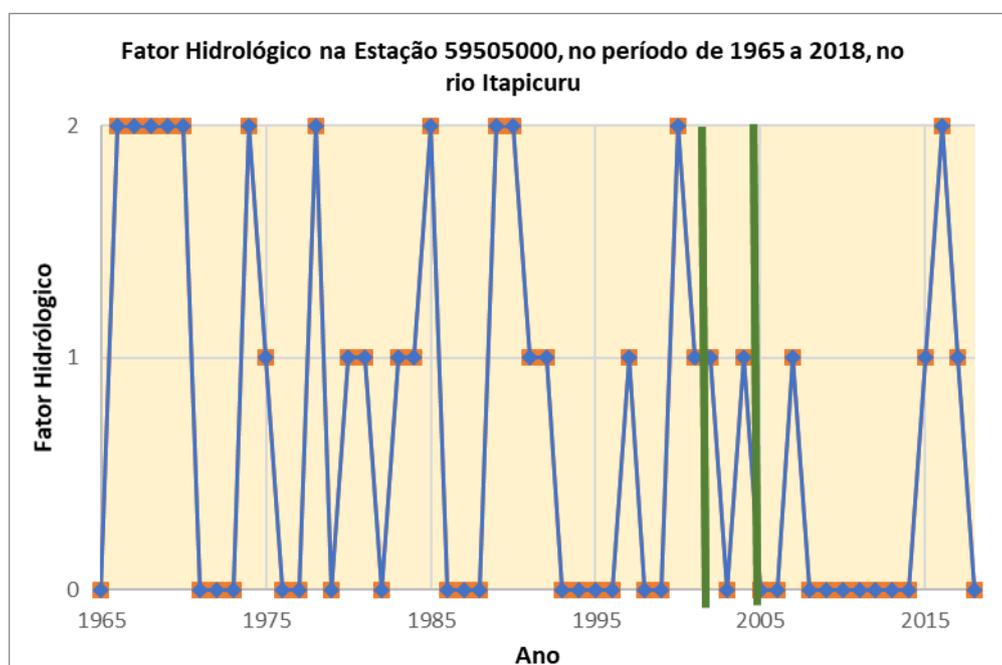
8.2.6 *Fator Hidrológico*

A avaliação dos anos hidrológicos através dos valores máximos e mínimos anuais e cálculos das médias máximas e mínimas no período analisado 1965 a 2018 como mostrado no ANEXO, serviram para construção dos gráficos do Fator Hidrológico e o Detalhamento do Fator Hidrológico, assim é possível avaliar o comportamento do rio antes e depois do início de operação das barragens de pedras Pedra altas (2002), Ponto Novo (2002) e Pindobaçu (2006).

Analisando o Gráfico 28 do Fator Hidrológico é possível observar que os anos hidrológicos excedentes acontecem de forma espaçada até 2000, sendo que após 16 anos ocorreu o mesmo evento no ano de 2016. Já os anos hidrológicos normais e os anos deficitários ocorrem durante todo período, também com espaçamentos. Assim observa-se que os anos de excedentes hidrológicos tem episódios de até 5 (cinco) anos consecutivos, porém após a instalação das barragens de Pedra altas (2002), Ponto Novo (2002) e Pindobaçu (2006), os anos excedentes passaram a não existir. Os anos hidrológicos normais não são maiores que dois anos consecutivos, o que mudou após as barragens, visto essa situação só ocorrer nos anos de 2001 e 2002. E os anos deficitários, que não costumavam ser maiores que 3 (três) anos consecutivos,

tiveram intervalo de 7 (sete) anos consecutivos no período de 2008 a 2015. Os dados pluviométricos não demonstraram período de estiagem nesses anos deficitários. Sendo assim, no intervalo das construções de barragens (período entre 2002 a 2005), houve uma oscilação, ano deficitário logo após a implantação das barragens de Pedras Altas e Ponto Novo, porém logo em seguida constata-se ano normal excedente. Entretanto, após o início de operação da barragem de Pindobaçu, o DFH aponta um declínio considerável do comportamento hídrico, a partir do ano de 2008, alcançando de modo expressivo anos hidrológico deficitários, com exceção do ano de 2016.

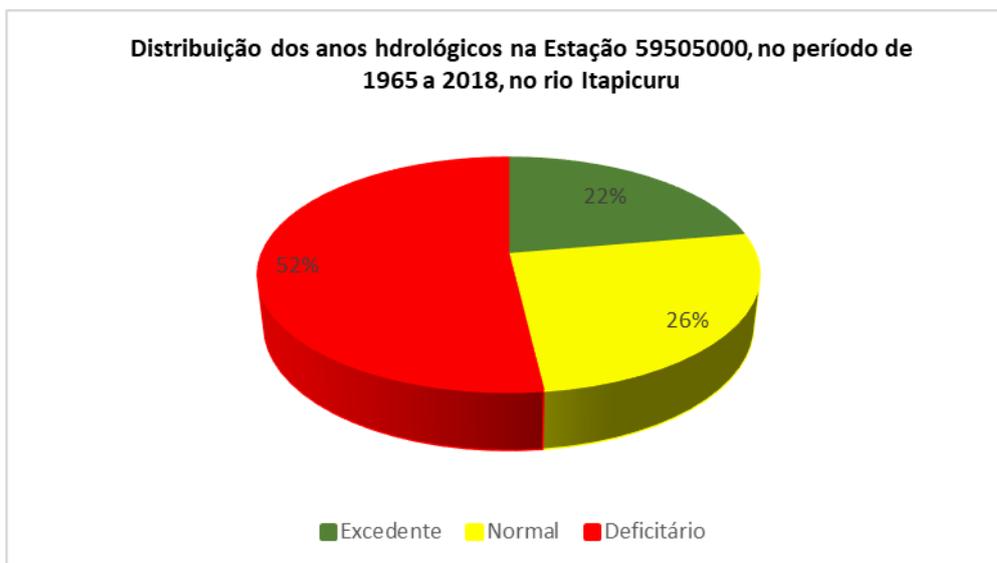
Gráfico 28- Fator Hidrológico no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

No Gráfico 29 foi possível constatar que, para o período integral de 54 anos (1965 a 2018), os anos considerados normais hidrológicos representam 26% do período estudado, os anos com déficit hídricos 52% e os anos com excedentes hídricos apenas 22%.

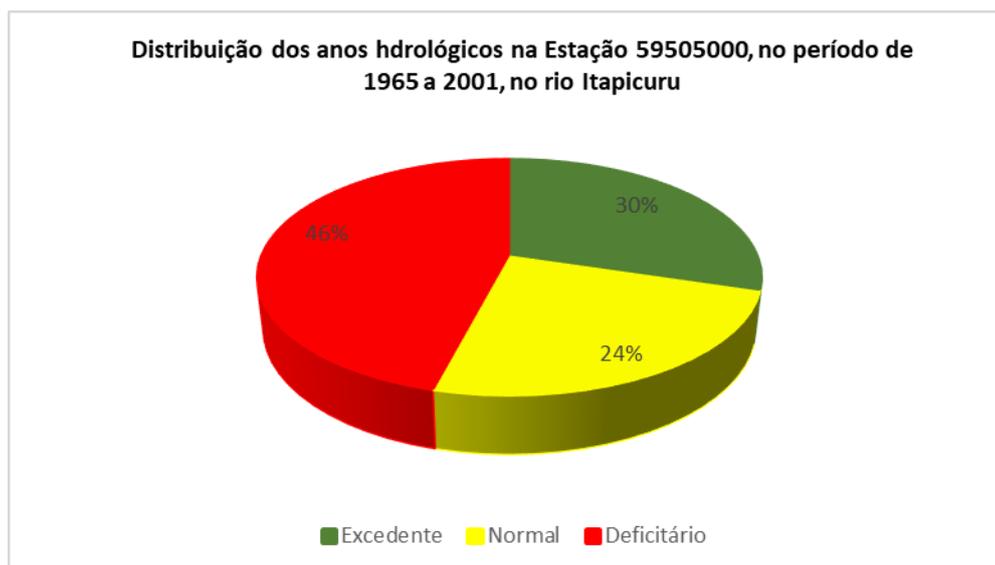
Gráfico 29- Proporção dos anos deficitário, normais e excedentes hídricos no período de 1965 a 2018, na Estação 59505000, Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Conforme observado no Gráfico 30, os anos com excedentes hídricos está presente EM sua maioria período que antecede o da inauguração das barragens. Mas a predominância ainda sim é de anos hidrológicos normais.

Gráfico 30- Proporção dos anos deficitário, normais e excedentes hídricos no período de 1965 a 2001, na Estação 59505000, Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

No Gráfico 31 pós Pedra altas e Ponto Novo e pré Pindobaçu, observa-se ausência de anos excedentes na estação e os anos deficitários passaram a ser mais frequentes.

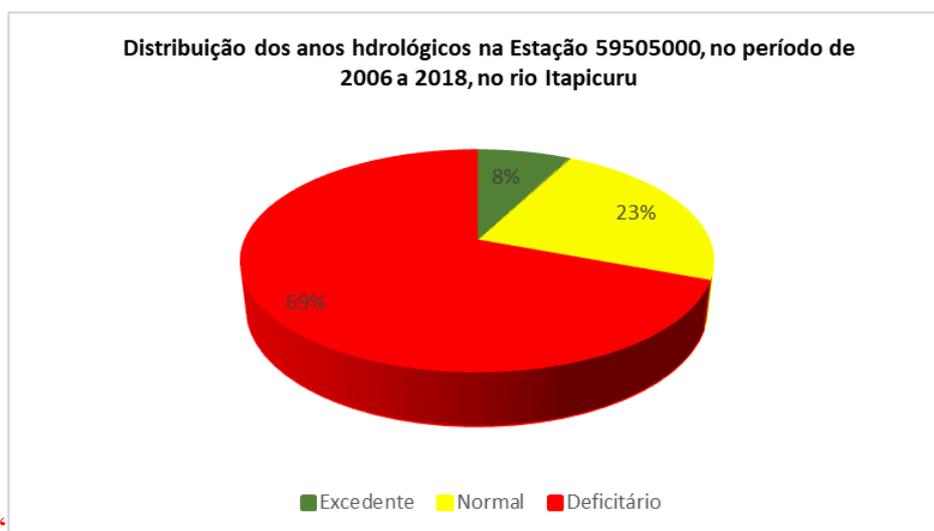
Gráfico 31- Proporção dos anos deficitário, normais e excedentes hídricos no período de 2002 a 2005, na Estação 59505000, Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

No Gráfico 32, em período pós Pindobaçu (2006), percebe-se um maior incremento de anos deficitários em relação aos gráficos anteriores deste item.

Gráfico 32- Proporção dos anos deficitário, normais e excedentes hídricos no período de 2006 a 2018, na Estação 59505000, Rio Itapicuru.

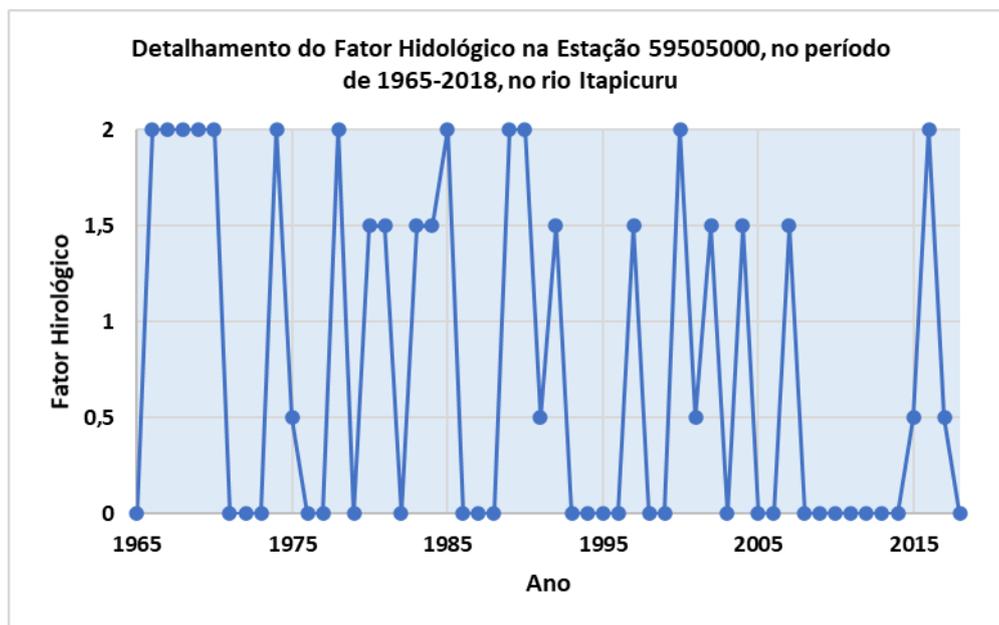


Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.7 Detalhamento do Fator Hidrológico

O detalhamento do fator hidrológico (DFH) apresentado no Gráfico 33, é um detalhamento dos anos normais apresentado anteriormente. O valor 1,5 foi atribuído para os anos normais excedentes e o valor 0,5 para os anos normais deficitários. A partir disso foi possível concluir que a maioria dos anos são deficitários e após a construção das barragens, aumentou esta situação.

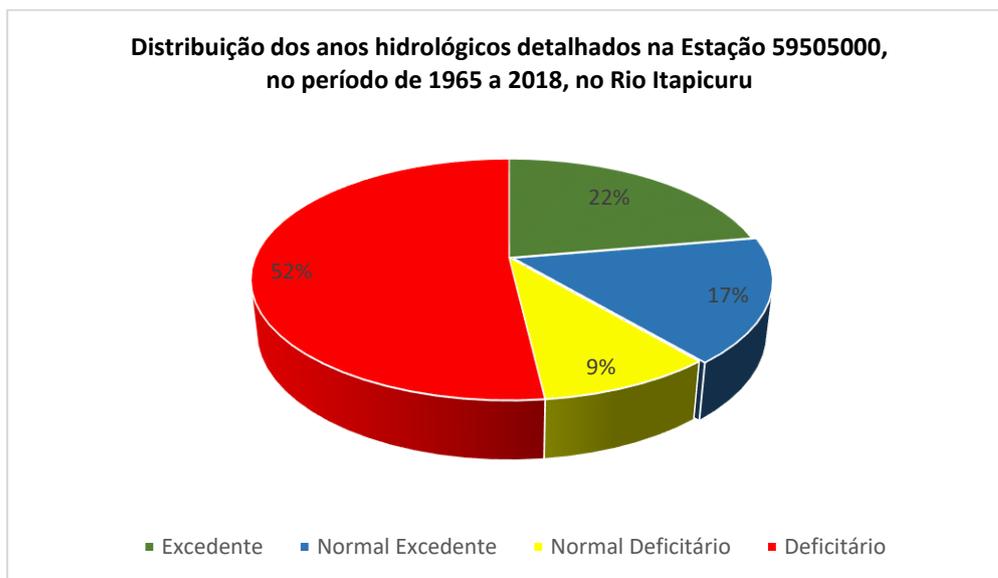
Gráfico 33- Detalhamento do Fator Hidrológico no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Para uma melhor visualização e compreensão dos dados expostos, foi elaborado o Gráfico 34, onde é possível observar que os anos hidrológicos normais tem uma tendência maior que os anos de excedentes hídricos, representando 26% do total (17% normais excedentes e 9%, normais deficitários). Essa situação tornou-se mais evidente nos anos subsequentes a 2002 ano de início da operação das barragens.

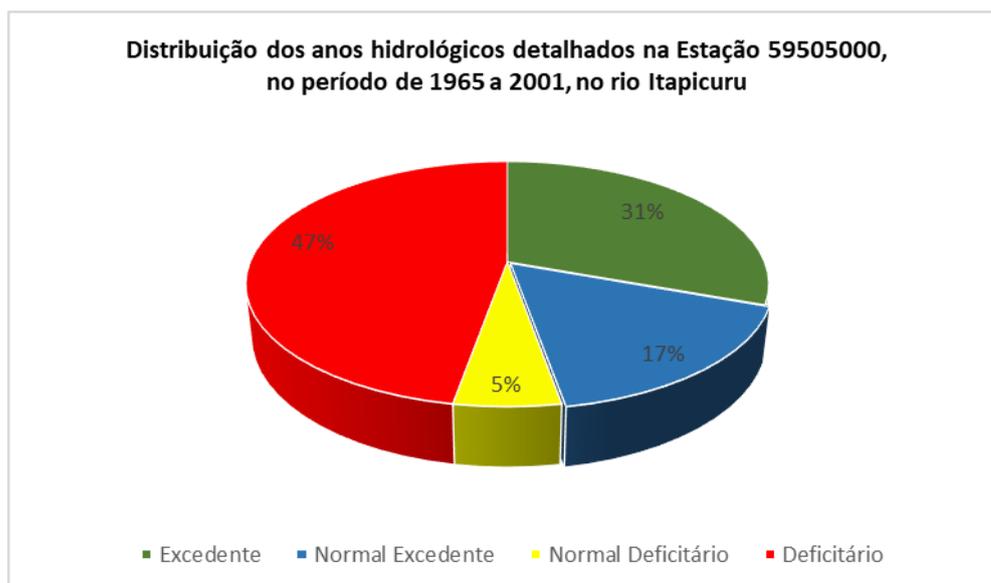
Gráfico 34- Proporção dos anos, normais com tendência a excedentes hídricos ou déficit hídrico, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

No detalhamento dos anos hidrológicos para o período pré Pedras Altas e Ponto Novo (2002), os anos hidrológicos apresentaram os anos normais excedente prevalecendo em relação aos anos normais deficitários (Gráfico 35).

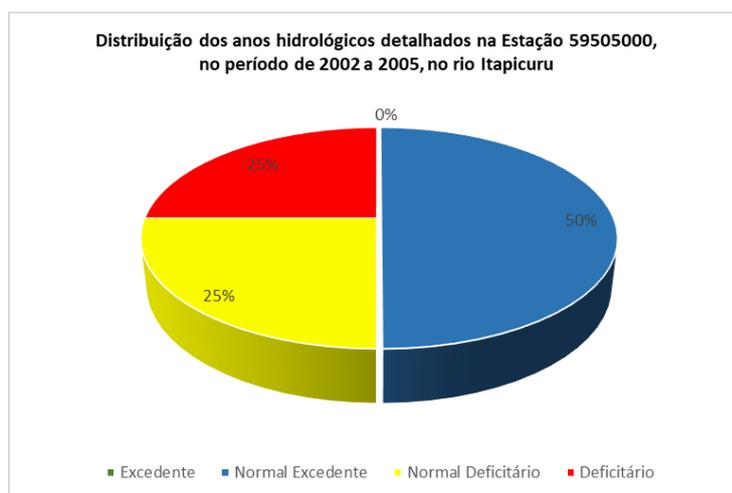
Gráfico 35- Proporção dos anos, normais com tendência a excedentes hídricos ou déficit hídrico, no período de 1965 a 2001, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Após construção das Barragens de Pedras Altas e Ponto Novo (2002), os impactos nos anos hidrológicos não foram tão significativos, as vazões logo após o início de operação da mesma permaneceram, o que é possível inferir que as vazões foram controladas pela Barragem. Os anos de excedentes hídricos deixaram, sendo o último no ano 2000 (Gráfico 36).

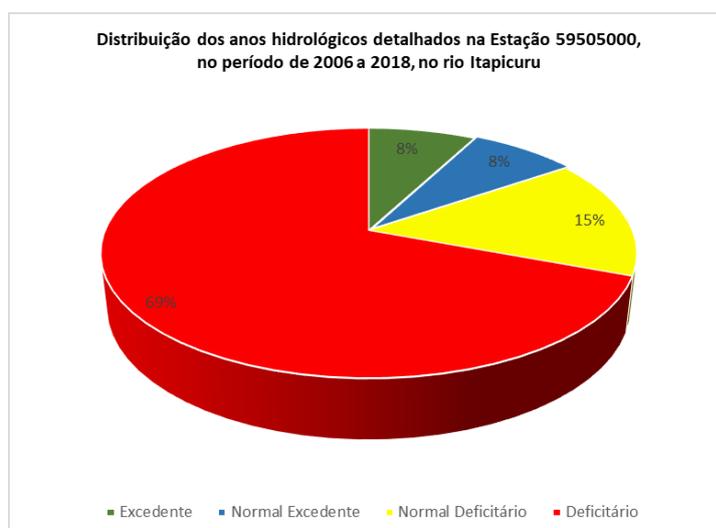
Gráfico 36 - Proporção dos anos, normais com tendência a excedentes hídricos ou déficit hídrico, no período de 2002 a 2005, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Após início de operação da Barragem de Pindobaçu (2006), coincidiu com grande período de estiagem na bacia, o que impactou nos dados de vazões. Com isso, anos hidrológicos normais deficitários surgiram (Gráfico 37).

Gráfico 37- Proporção dos anos, normais com tendência a excedentes hídricos ou déficit hídrico, no período de 2006 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



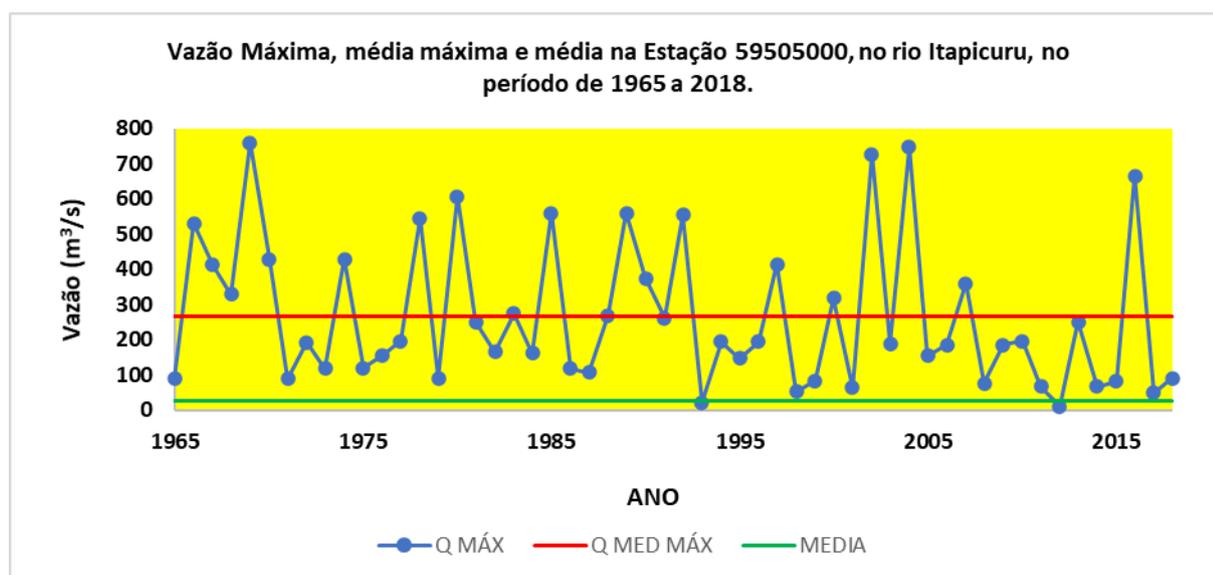
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.8 Vazões Máximas E Vazões Mínimas

Com os dados de vazões extremas máximas e mínimas do período integral (1965 a 2018), foram produzidos gráficos de vazões extremas máximas anuais com suas respectivas médias máximas anuais (759,984 m³/s) e vazões extremas mínimas anuais com suas respectivas médias mínimas anuais (1,462 m³/s).

No Gráfico 38 podemos observar que as vazões máximas se distanciaram da média nos primeiros seis anos (oscilando de 1965 a 1971), possivelmente associado a um período de seca. Analisando o período de início de operação das barragens, observou-se que as Barragens de pedras Pedra altas (2002) e Ponto Novo (2002) teve influência sobre o aumento de vazão considerável no mesmo ano, tendo esta época apresentado a terceira maior vazão (727,718 m³/s) dentre os 54 anos alvo deste estudo, fenômeno esse possivelmente pelo acúmulo e regularização de vazão do barramento; em 2004 apresentou-se a segunda maior vazão analisado no período (747,588 m³/s). Já no período de funcionamento da Barragem de Pindobaçu (2006) houve redução das vazões máximas, que passaram a ser abaixo das média máxima e com proximidades da média caracterizando a bacia com tendência a déficit hídrico e consequentemente com potencialidade de secas hidrológicas. No entanto, após o período de 2012,2014 e 2015, que foi um período crítico, com déficit hídricos conforme mostra o Gráfico 38, os valores de vazão máxima aumentaram significativamente no ano de 2016, sendo que em 2017 a vazão voltou estar próximo a média.

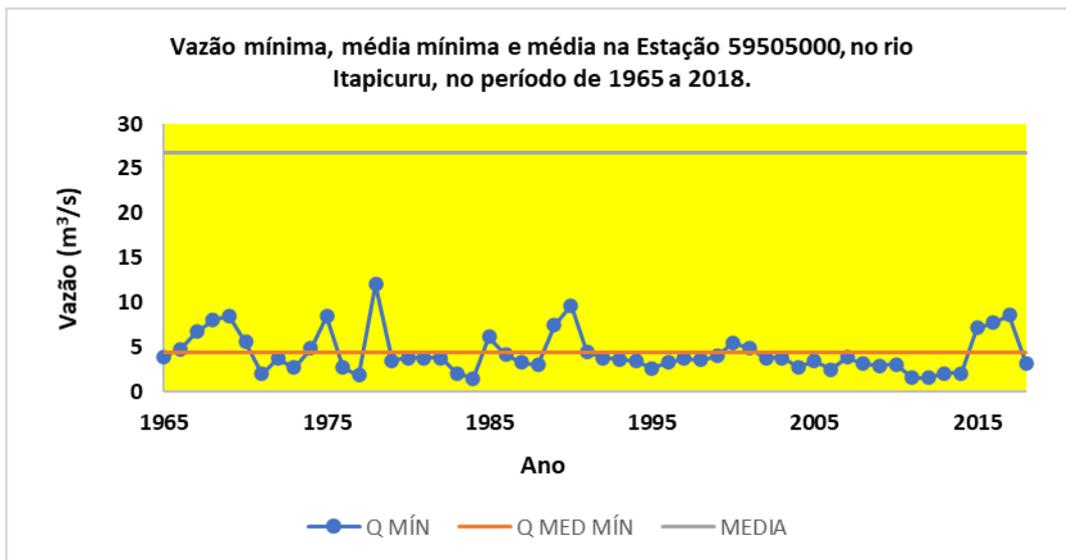
Gráfico 38 - Valores máximos de vazão com respectivas médias máximas e anuais, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

No período de estiagem a situação da bacia tornou-se crítica após o período de instalação das barragens, como observado no Gráfico 39. As vazões mínimas apresentaram reduções com valores abaixo da média mínima pelo período de 13 anos (2002 a 2015), apresentando assim uma deficiência hídrica. Como as vazões mínimas não ultrapassam a média, caracteriza um indicativo de que nesta bacia não existe uma tendência de vazões mínimas excedentes.

Gráfico 39- Valores mínimos de vazão com respectivas médias máximas e anuais, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



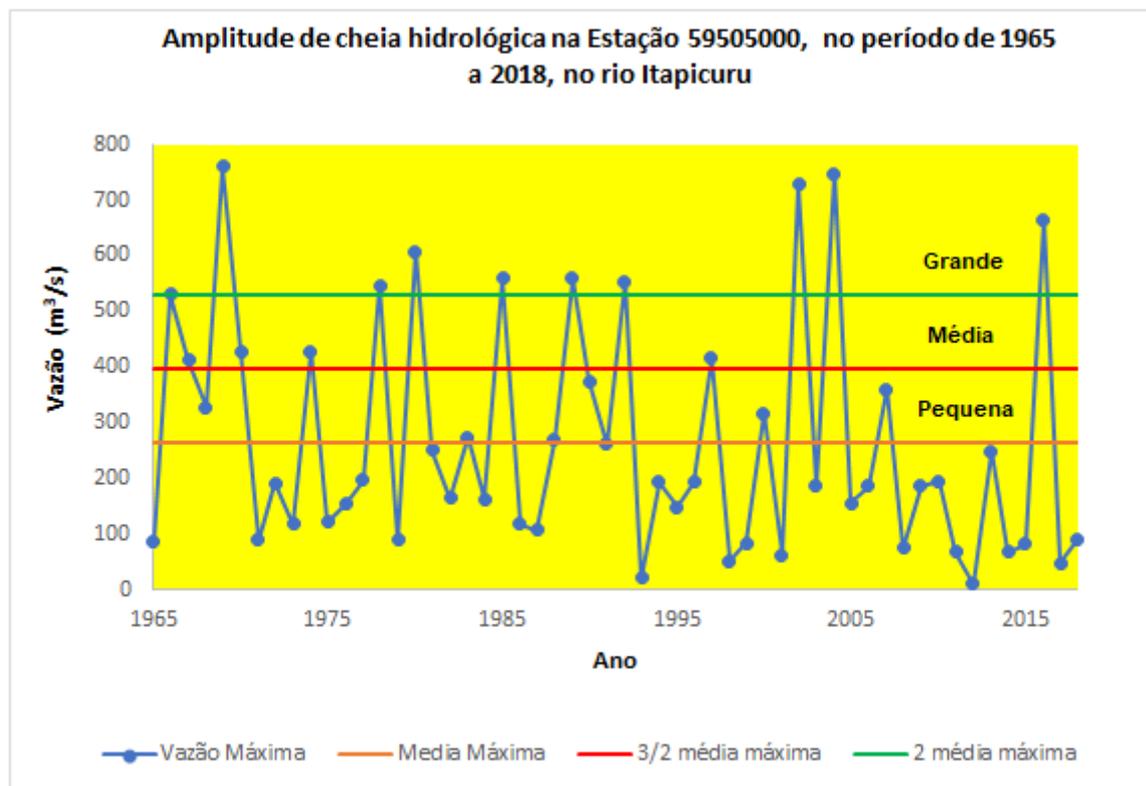
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.9 Amplitudes de cheias e secas Hidrológicas

Na classificação da amplitude de cheias foi levado em considerações vazões máximas e médias máximas. Na bacia durante o período analisado, de acordo com o Gráfico 40, foi encontrado períodos de cheias hidrológicas que pudessem inferir sobre inundações na bacia, também foi possível observar que existem valores acima da vazão média máxima durante alguns períodos caracterizando anos com tendência a cheias. Porém, existem valores abaixo da média máxima que induz a anos sem tendência a cheias.

Após o início de operação das barragens operação das barragens de Pindobaçu (2006) foi observado que as cheias de grandes amplitudes existiram somente ano de 2016, quando ocorreu inundações no município Gráfico 40.

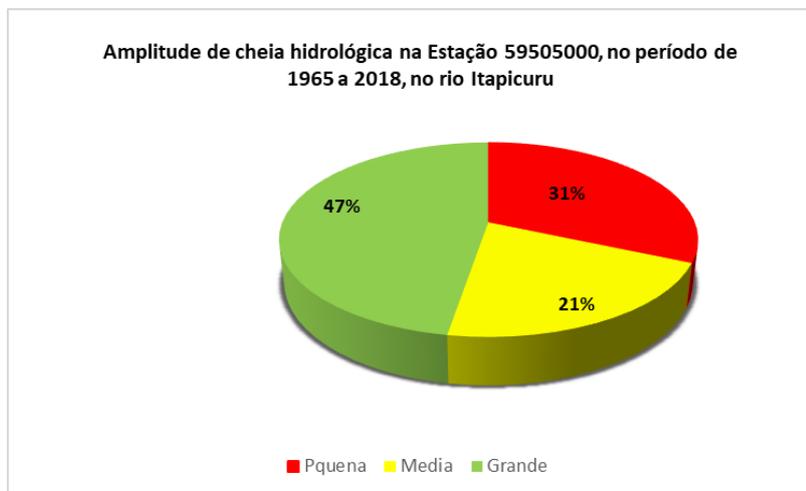
Gráfico 40- Amplitude de cheia hidrológica no período, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

De acordo com os dados acima avaliados, podemos constatar que apesar de terem tido anos com cheias de pequenas e médias amplitudes, as cheias de grande amplitude têm grande predomínio na bacia, com 47% do total das cheias durante todo o período avaliado, seguidas das cheias com amplitude pequenas (31%) e das cheias com medias amplitudes (21%), conforme mostra o Gráfico 41.

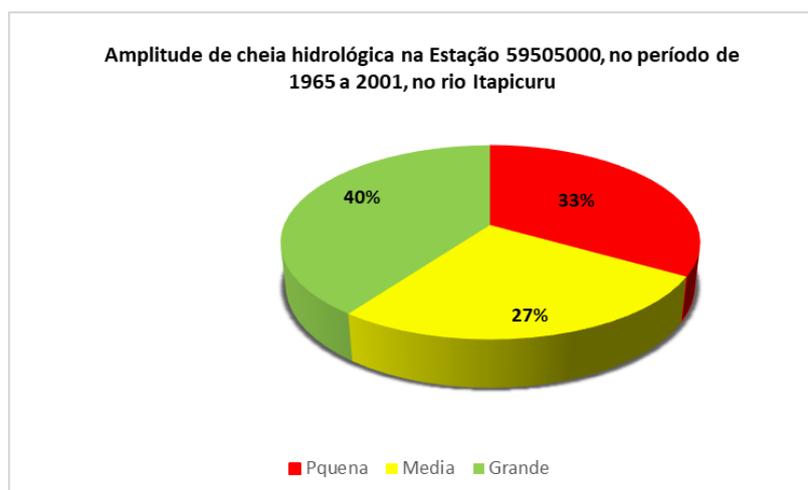
Gráfico 41- Cheias hidrológicas de grande, média e pequenas amplitudes, no período de 1965 a 2018, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

No período pré-operação das barragens de pedras Pedra altas (2002) e Ponto Novo (2002), mostrado no Gráfico 42, quando comparado ao tempo integral analisado, o quadro não muda muito, porém diminui a influência das grandes amplitudes de enchentes. As secas de pequenas amplitudes com percentual de 48% no período para o período antes de início de operação das barragens. As secas de grandes amplitudes são menores com apenas 5% do período estudado. Não indicando anos com tendência a secas hidrológicas.

Gráfico 42- Cheias hidrológicas de grande, média e pequenas amplitudes, no período de 1965 a 2001, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.

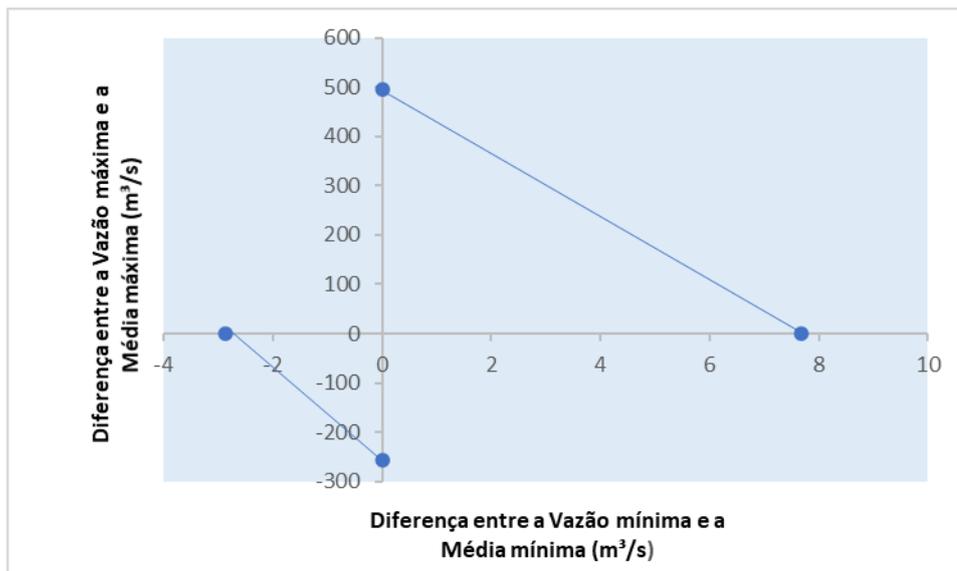


Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.10 Razão de Fluxo (Rf)

Na classificação da razão de fluxo, após tratamento de dados utilizando as diferenças de vazões máximas e mínimas, para o Rio Itapicuru foi encontrado um valor de Razão de Fluxo (Rf) = 5,17, permitindo classificar a bacia em questão quanto ao seu fluxo como do tipo normal deficitário (Gráfico 43).

Gráfico 43- Razão de Fluxo no período de 1937 a 2018, na BHRJ, na Bacia Hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.11 CURVAS INTEGRADAS MÉDIAS ACUMULADAS PRECIPITAÇÃO VAZÃO (CIMAPV)

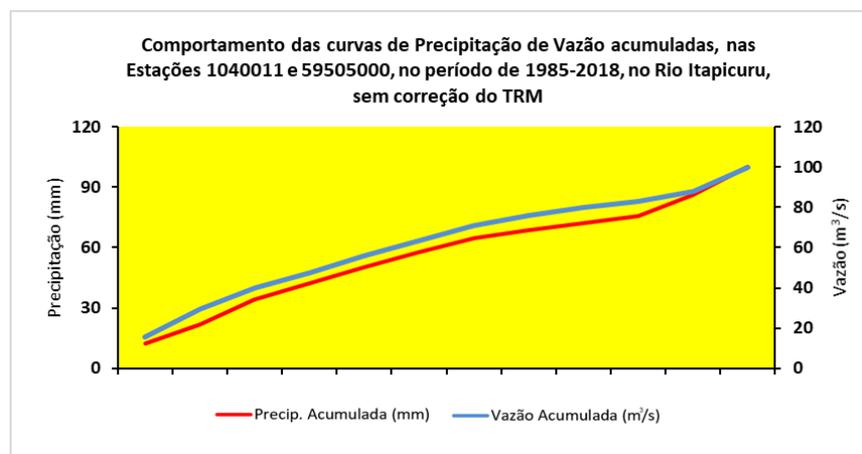
Na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru, permite analisar que a precipitação atua como maior contribuinte na formação da vazão, principalmente nos meses de março a dezembro. Nos meses de janeiro e fevereiro o aquífero carregado se torna maior contribuinte na formação da vazão. Detalha-se que se não existisse correção dos dados da ANA, a interpretação poderia ser outra conforme demonstra o *Quadro 28* em relação ao *Quadro 29* e Gráfico 44 em relação ao Gráfico 45.

Quadro 28 – Relação aquífero X precipitação sem correção.

Mês	Precip. Acumulada (mm)	Vazão Acumulada (m ³ /s)	Precip. Acumulada (mm) - Vazão Acumulada (m ³ /s)
Jan	12,48036088	15,74707066	-3,266709779
Fev	22,06305942	29,46008388	-7,397024461
Mar	34,4856932	40,0194597	-5,533766497
Abr	42,34074462	47,63395245	-5,293207832
Mai	50,26542563	56,07401676	-5,808591129
Jun	57,99193011	63,64323439	-5,651304281
Jul	64,52997048	70,73638864	-6,206418155
Ago	68,70953152	76,07449568	-7,364964167
Set	72,04520568	80,01876869	-7,973563015
Out	75,52668539	82,88870563	-7,36202024
Nov	86,10859836	87,87773238	-1,769134018
Dez	100	99,99096742	0,009032577

Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 44- Comportamento das curvas de Precipitação de Vazão acumuladas, nas Estações 1040011 e 59505000, no período de 1985-2018, no Rio Itapicuru, sem correção do TRM.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

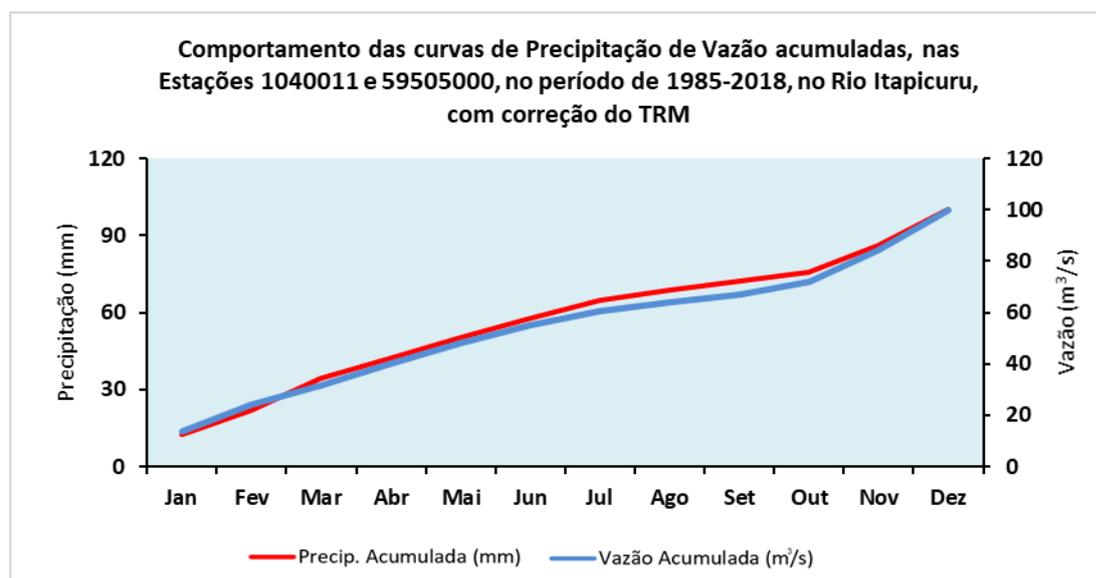
Quadro 29 – Relação aquífero X precipitação com correção

Mês	Precip. Acumulada (mm)	Vazão Acumulada (m ³ /s)	Precip. Acumulada (mm) - Vazão Acumulada (m ³ /s)
Jan	12,48036088	13,71301322	-1,232652333
Fev	22,06305942	24,27238904	-2,209329619
Mar	34,4856932	31,88688179	2,598811412
Abr	42,34074462	40,3269461	2,01379852
Mai	50,26542563	47,89616373	2,369261906

Jun	57,99193011	54,98931797	3,002612134
Jul	64,52997048	60,32742502	4,20254546
Ago	68,70953152	64,27169803	4,43783349
Set	72,04520568	67,14163497	4,903570704
Out	75,52668539	72,13066172	3,396023675
Nov	86,10859836	84,24389676	1,864701601
Dez	100	99,99096742	0,009032577

Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 45- Comportamento das curvas de Precipitação de Vazão acumuladas, nas Estações 1040011 e 59505000, no período de 1985-2018, no Rio Itapicuru, sem correção do TRM.



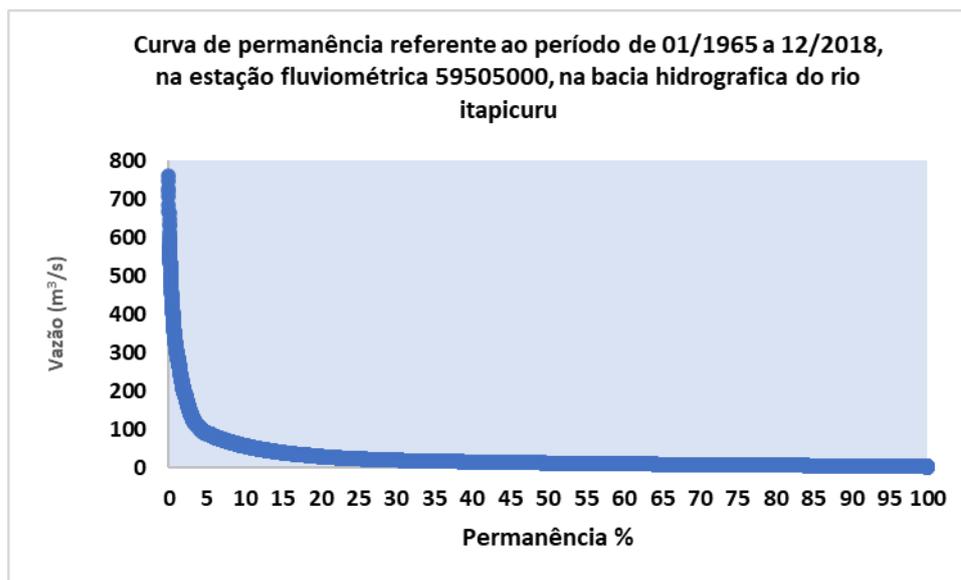
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

8.2.12 CURVAS DE PERMANÊNCIA (CP)

A curva de permanência representa a permanência da vazão em determinado período expresso em percentagem. Logo, expõe a percentagem de dias no ano que temos determinadas vazões (CRUZ; TUCCI, 2008).

O resultado no Gráfico 46, mostrou que as maiores vazões têm um período de permanência menor que 5% de dias no ano, ou seja, aproximadamente 18 dias.

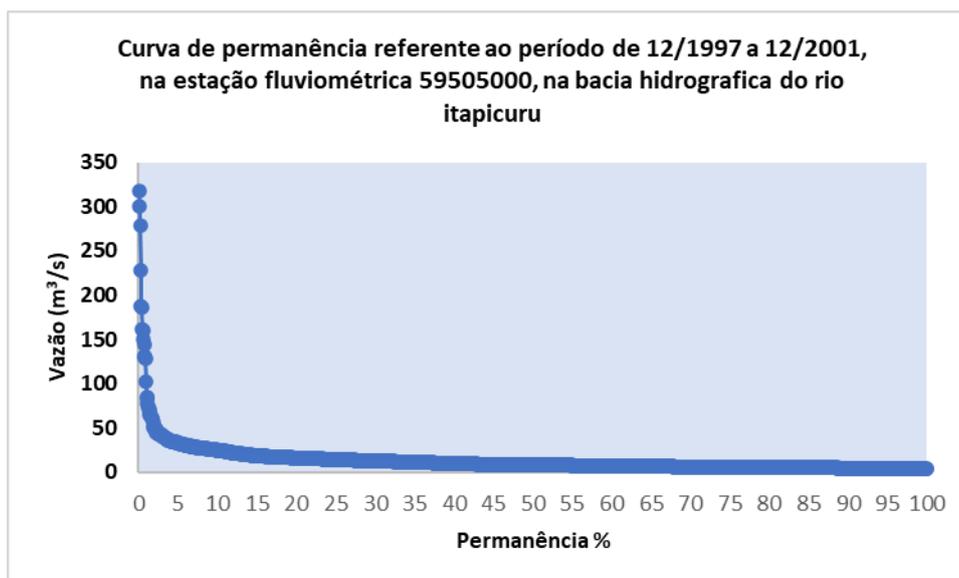
Gráfico 46 - Curva de permanência referente ao período de 01/1965 a 12/2018, na estação fluviométrica 59505000, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

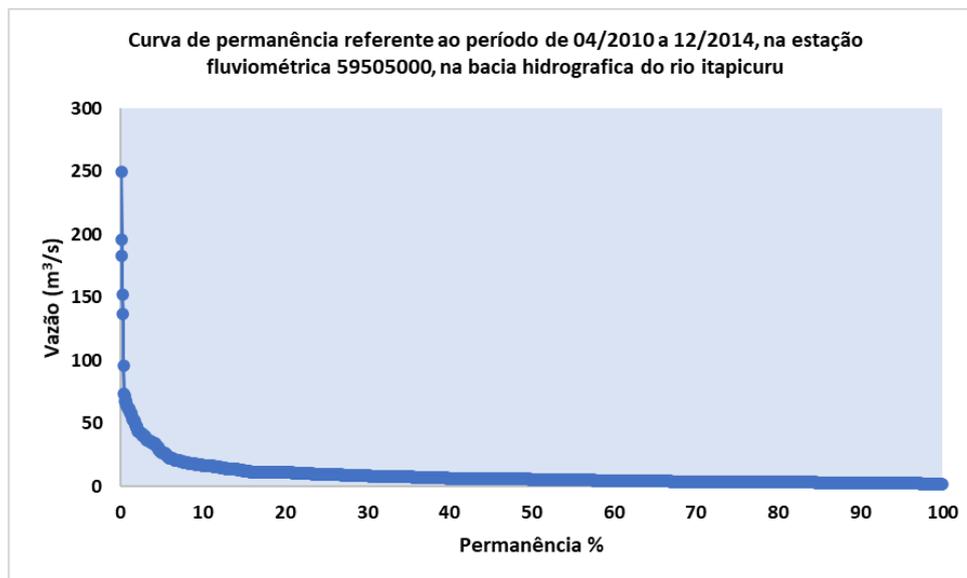
Analisando o Gráfico 47, Gráfico 48 e Gráfico 49, percebe-se que após a implantação das barragens, o último período apresentou maior pico de vazão, contudo para o mesmo tempo de permanência, existem maiores vazões em período anterior a criação dessas barragens.

Gráfico 47- Curva de permanência referente ao período de 01/1965 a 12/2018, na estação fluviométrica 59505000, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru.



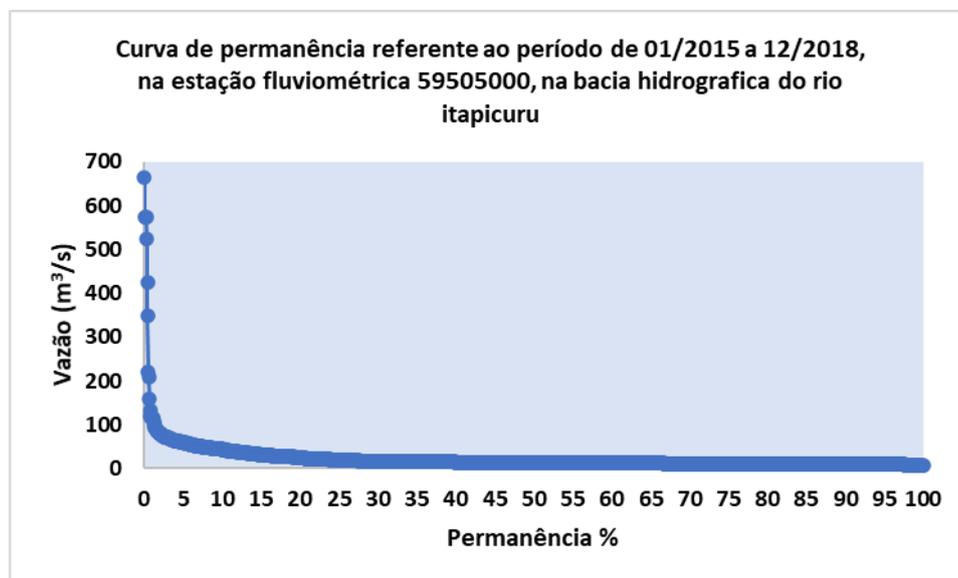
Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 48- Curva de permanência referente ao período de 01/1965 a 12/2018, na estação fluviométrica 59505000, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Gráfico 49- Curva de permanência referente ao período de 01/1965 a 12/2018, na estação fluviométrica 59505000, na bacia hidrográfica do Rio Itapicuru.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

O anexo demonstrará as curvas de permanência referente ao período de 01/1965 a 11/1970; 09/1980 a 01/1983, 04/2010 a 12/2014 e 01/2015 a 12/2018.

8.2.13 CURVAS DE GARANTIA

Segundo (CRUZ; TUCCI, 2008) para obter uma garantia hídrica eficiente é necessária uma frequência de 90% ou 95% de permanência de vazões. Também, vale destacar que através da curva de garantia é possível estimar a quantidade de água de um determinado curso hídrico pode suprimir uma determinada atividade, seja ela de cunho elétrico, abastecimento humano, agricultura, pecuária etc. Na Bahia, a Instrução Normativa SRH nº 01 de 2007, estabelece limites de outorga baseados nas curvas de garantia.

“Instrução Normativa BAHIA - SRH nº 01 de 2007

- a) 80% da vazão de referência do manancial, estimada com base na vazão de até 90% de permanência a nível diário, quando não houver barramento;*
- b) 80% (oitenta por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes; I Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco;*
- c) 95% (noventa e cinco por cento) das vazões regularizadas com 90% (noventa por cento) de garantia, dos lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais intermitentes. Para abastecimento humano, o limite de uso total da vazão de referência poderá atingir até 95% (noventa e cinco por cento). No caso de captações em lagos naturais ou de barramentos implantados em mananciais perenes, a vazão remanescente de 20% (vinte por cento) das vazões regularizadas deverá escoar para jusante, por descarga de fundo ou por qualquer outro dispositivo que não inclua bombas.”*

O estudo gerou a curva de garantia para os dez períodos previsto no item 5.2.1, porém nesta fase de qualificação será demonstrado as análises relativas aos períodos indicados abaixo, tendo em consideração um período anterior a construções das barragens alvo deste estudo e os dois últimos períodos analisados. A seguir são demonstrados os Dados de vazão de curvas chaves utilizadas para comparação de garantia de vazão (*Quadro 30*).

Quadro 30 – Dados de vazão de curvas chaves utilizadas para comparação de garantia de vazão.

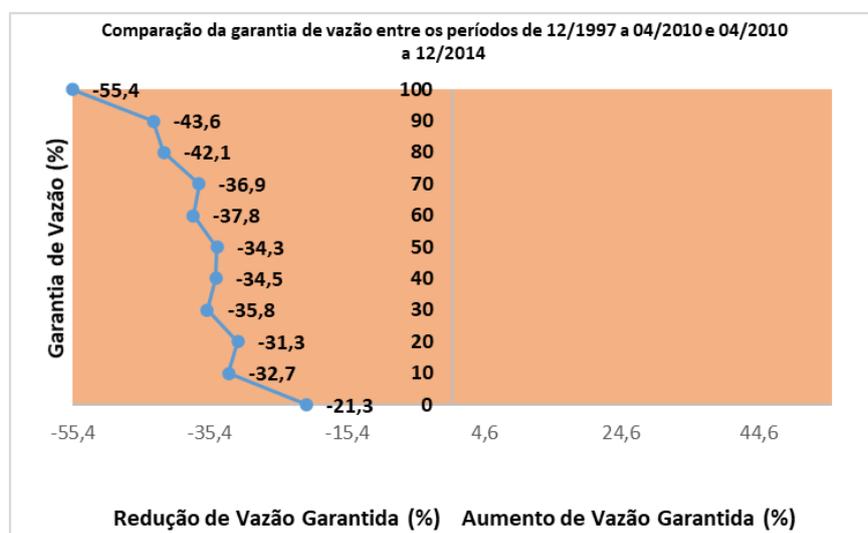
Períodos	Vazão Mínimo	
	19-1997/12-2001	3,556
04-2010/12-2014	1,588	249,751
01-2015/12-2018	7,164	664,365

Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Se comparado os períodos 19-1997/12-2001, (antes do período das barragens) com o penúltimo período pós barragem (04-2010/12-2014), percebe-se que houve um decréscimo significativo da garantia de vazão, talvez devido a um processo de erosão ocasionado pelas barragens, a vazão de garantia para 90% foi de -43,6% (Gráfico 50).

Provavelmente nestes anos ocorreram conflitos pelo uso indiscriminado da água.

Gráfico 50- Comparação da garantia de vazão entre os períodos de 12/1997 a 04/2010 e 04/2010 a 12/2014.

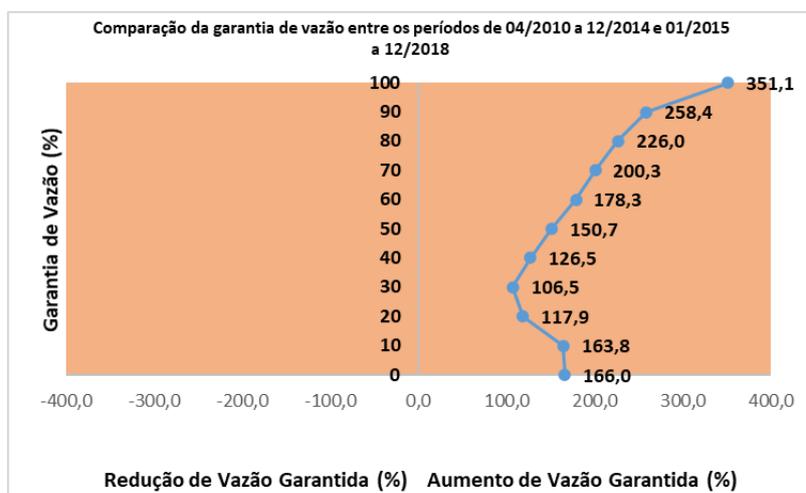


Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Já na comparação entre o penúltimo período analisado (04-2010/12-2014) em relação ao último período 01-2015/12-2018, a garantia progrediu significativamente, talvez um possível assoreamento ocasionado pela erosão com a construção das barragens; entendendo que que a área assoreada combinada com precipitação elevada na cabeceira, faz com que o rio apesar de ficar menos profundo, a infiltração no solo é menor, fazendo o escoamento superficial

ser maior (Gráfico 51).

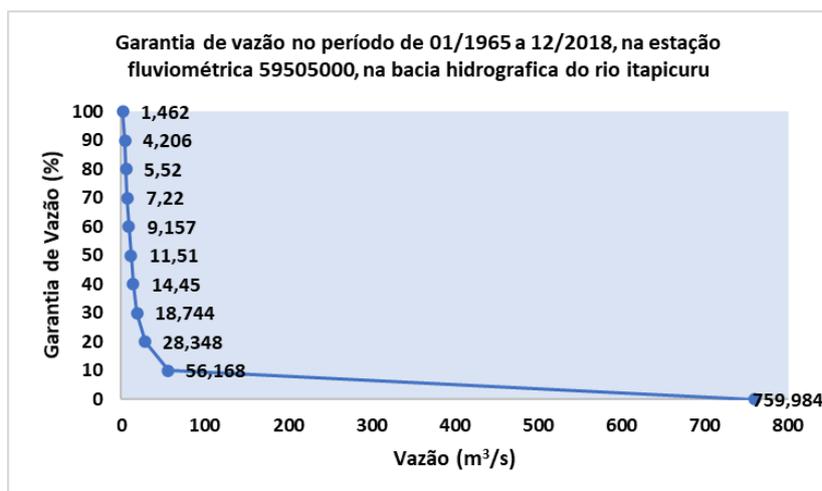
Gráfico 51- Comparação da garantia de vazão entre os períodos de 12/1997 a 04/2010 e 04/2010 a 12/2014.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

O Rio Itapicuru, na jusante, apresenta uma baixíssima garantia hídrica, onde é necessária uma frequência de 90% se ter uma vazão de 4,2 m³/s no município de Conde (local que está situada a estação fluviométrica), levando em conta que é necessária uma frequência de 90 ou 95% de permanência de vazões (CRUZ; TUCCI, 2008) para obter uma garantia hídrica eficiente (Gráfico 52 e Quadro 31).

Gráfico 52- Garantia de Vazão no período de 01/1965 a 12/2018 na estação fluviométrica 59505000.



Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

Quadro 31 – Garantia e Vazão Garantida na Bacia do Rio Itapicuru analisados 54 anos de dados fluviométricos.

VAZÃO GARANTIDA (m ³ /s)	GARANTIA (%)
759,984	0
56,168	10
28,348	20
18,744	30
14,45	40
11,51	50
9,157	60
7,22	70
5,52	80
4,206	90
1,462	100

Fonte dos dados: ANA. Elaborado pelo autor (2022).

O anexo demonstrará as curvas de garantia referente ao período de 01/1965 a 11/1970; 09/1980 a 01/1983, 04/2010 a 12/2014 e 01/2015 a 12/2018.

9 DOCUMENTO NORTEADOR PARA SISTEMA DE ALERTA CONTRA ENCHENTES E INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE CONDE-BA.

O serviço Geológico do Brasil (CPRM), possui alerta de cheias reconhecido pelo governo federal como atividade essencial para garantia da segurança coletiva, esse reconhecimento mostra a importância da hidrologia aplicado nas áreas dos desastres ambientais, como os causados pelas enchentes e inundações.

Novais (2018) aponta 20 (vinte) registros de ocorrência na bacia, desde 1914 a 2016, sendo que jamais houve ocorrências nos meses de junho, julho, agosto, setembro e outubro, conforme poderá ser visualizado no quadro abaixo (Quadro 32):

Quadro 32 - Registros de ocorrência de enchentes/inundações e alagamentos no município de Conde, desde 1914 a 2016.

Evento identificados	Registro de ocorrência (Mês/ANO)	Tipo de Ocorrência	Média Mensal de Precipitação das estações a montante no mês do evento	Duração do evento (dias)
1	Jan/1914	Inundação gradual	192,8	10
2	Mai/1924	Inundação gradual	239,3	Sem informação
3	Nov/1949	Inundação gradual	247,4	Sem informação
4	Mar/1952	Inundação gradual/alagamento	172,6	10
5	Mar/1957	Inundação gradual	240,5	Sem informação
6	Mar/1960	Inundação gradual/alagamento	335,1	7
7	Abr/1966	Inundação gradual/alagamento	198,2	4
8	Mar/1969	Inundação gradual	264,8	12
9	Mai/1974	Inundação gradual/alagamento	183,1	4
10	Mai/1978	alagamento	177,6	5
11	Fev/1980	Inundação gradual	344,4	19
12	Dez/1985	Inundação gradual	153,7	6
13	Mai/1989	alagamento	84,9	Sem informação
14	Dez/1989-jan	Inundação gradual	369,4	17

	1990			
15	Jan/1992	Inundação gradual	423,9	8
16	Mar/1997	Inundação gradual	268,1	4
17	Jan/2002	Inundação gradual	330,5	5
18	Jan/2004	Inundação gradual	362,2	11
19	Mai/2009	alagamento	83	15
20	Jan/2016	Inundação gradual	219,8	6

Fonte: novais (2018). Adaptado pelo Autor

Em 28 de janeiro de 2016, veículos da imprensa traz nas capas dos noticiários que a Prefeitura de Conde decreta estado de emergência depois de inundações. Nos noticiários é possível verificar o envolvimento do INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos no âmbito de orientações enquanto ao nível do Rio Itapicuru.

Figura 17 – Notícia de inundação no município de Conde no ano de 2016.

28/01/2016 13h38 - Atualizado em 28/01/2016 13h54

Prefeitura de Conde decreta estado de emergência depois de inundações

Único acesso a cidade, realizado pela BA-233, está alagado, diz secretário. Aumento do nível do Rio Itapicuru é responsável por causar alagamentos.

Do G1 BA

FACEBOOK TWITTER G+ PINTEREST

A prefeitura do município de Conde, a cerca de 200 quilômetros de Salvador, decretou estado de emergência na tarde de quarta-feira (27). Segundo informações do secretário de administração, Paulo Madeirol, a decisão foi tomada porque o aumento do nível do Rio Itapicuru está causando inundações na cidade.

Ainda de acordo com Madeirol, o único acesso a cidade é realizado pela BA-233, mas está impossibilitado pois a estrada foi tomada pela água. O secretário informou que a prefeitura vem mantendo contato com o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Inema) desde a última sexta-feira (22).

CHUVA

Foi passado pelo Inema que o nível do rio deve continuar subindo nos próximos dias. Por experiência própria, estamos alertando a população dos riscos porque sabemos o real perigo de quando essa água resolve subir", desabafou o secretário.

Fonte: Sítio Globo (G1) – Publicado em 28/01/2016.

Na data de 26 de março de 2019 é possível verificar imagens do Rio Itapicuru com aspecto de cheia no município de Tucano que dista cerca de 220 km de Conde, alvo objeto do trabalho, ainda que não tenha ocorrido inundação nessa última cidade, tal dado deixou a cidade de Conde em alerta é importante ser verificado para comportamento do rio no local em comunhão com a precipitação no local.

Figura 18 – Verificação de cheia do Rio Itapicuru em Tucano -Ba, no mês de março de 2019.



Fonte: Rede de compartilhamento de vídeos Youtube – Publicado em 26/03/2019.

Em poucos dias após a cheia em Tucano, os noticiários já falavam que cheia no Rio Itapicuru põe em alerta os moradores do município do Conde - onde o rio deságua no mar, visto o rio apresentar aspecto de cheia, conforme pode ser verificado na figura a seguir:

Figura 19 – Notícia de cheia do Rio Itapicuru em Conde-Ba, no mês de abril de 2019.



Imagem do Rio Itapicuru feita ontem (01/04/2019) na cidade do Conde-Bahia

Fonte: Sítio Jacobina Notícias – Publicado em 02/04/2019.

No ano de 2020, precisamente em 22 de maio, o município de Conde tem sua cidade invadida pelo Rio Itapicuru, havendo alagamento de mais da metade das ruas da sede;

Figura 20 – Notícia de inundação no município de Conde no ano de 2020.

Sexta, 22 de Maio de 2020 - 08:45

Conde: Cidade ainda tem 70% de ruas alagadas; 55 famílias são alojadas em escolas

por Francis Juliano



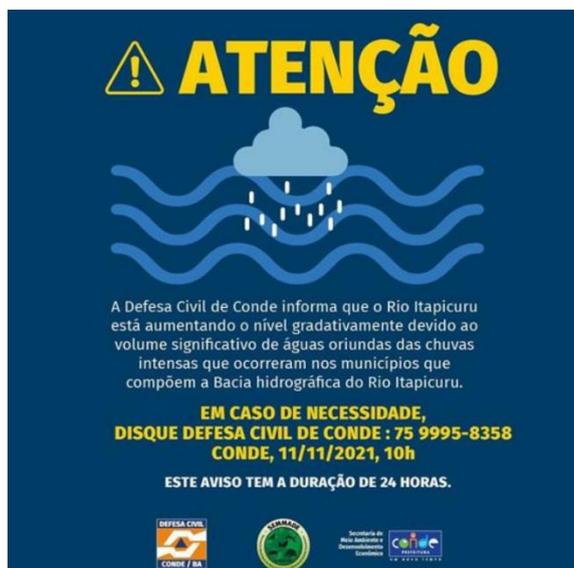
Foto: Reprodução / Esplanada News

O município do Conde, no Litoral Norte, amanheceu nesta sexta-feira (22) com a maioria das ruas alagadas. Nesta quinta-feira (21), o município decretou situação de emergência após a inundação causada pelo transbordamento do Rio Itapicuru ([ver aqui](#)). Ao Bahia Notícias, o assessor de comunicação da prefeitura, Antônio Reis, informou que cerca de 70% da área urbana tomada pelas águas.

Fonte: Sítio Bahia Notícias – Publicado em 22/05/2020.

Em novembro de 2021 a Defesa Civil de Conde informava que o Rio Itapicuru estava aumentando o nível gradativamente devido ao volume significativo de águas oriundas das chuvas intensas que ocorreram nos municípios que compõem a Bacia hidrográfica do Rio Itapicuru, o que colocou a cidade em estado de alerta; a inundação não ocorreu neste ano.

Figura 21 – Notícia de alerta de cheia do Rio Itapicuru em Conde-Ba, no mês de novembro de 2021.



Fonte: Sítio Prefeitura Municipal de Conde – Publicado em 11/11/2021.

Na data de 24/03/2022 um vídeo postado na internet, foi possível verificar o Rio Itapicuru com nível de cheia no município de Olindina que fica a cerca de 120 km de Conde.

Figura 22 – Verificação de cheia do Rio Itapicuru em Olindina -Ba, no mês de março de 2022.



Fonte: Rede de compartilhamento de vídeos Youtube – Publicado em 24/03/2022.

A partir dos dados supramencionados, percebe-se que nos últimos 7 anos ocorreram eventos relevantes no Rio Itapicuru que refletem diretamente em área de foz, neste caso em Conde, podendo o resumo dos eventos serem verificados no quadro abaixo:

Quadro 33 – Eventos de cheia ou inundação no município de Conde entre os anos de 2016 - mar/2022.

Evento	Ano	Mês	Inundação em Conde
1	2016	Janeiro	sim
2	2019	Março	não
3	2019	Abril	não
4	2020	maio	sim
5	2021	Novembro	não
6	2022	Março	não

Fonte: Rede de compartilhamento de vídeos Youtube e Prefeitura Municipal do Conde (2022).

Neste sentido, foi criado o **Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru** com o objetivo de emitir sinal de atenção ou alerta a gestão pública municipal, visando planejamento de ações aos casos de enchentes e inundações.

9.1 Aplicação do Sistema de Alerta de Risco de Cheias no Rio Itapicuru

O sistema apresenta-se em formato Microsoft Office Excel (.xlsx) de forma interativa, dependendo antes da execução por parte do usuário, a respectiva leitura das observações. Serão demonstrados a seguir, exemplos de utilização a partir de informações delineadas no Quadro 33, presente no item anterior. Vale ressaltar que o evento 1 não será possível simular, visto que os Boletins técnicos emitidos pelo INEMA passaram a vigorar somente a partir do ano de 2017.

9.1.1 Cheia no Rio Itapicuru no município de Tucano com possibilidade de inundação em Conde-BA

Boletim Informativo Semanal de Monitoramento das Barragens Utilizado:

Nº 14 - 26 de março a 01 de abril de 2019

Diretoria de Águas - DIRAG
Coordenação de Segurança de Barragens - COSEB



INFORMATIVO SEMANAL Nº 14 - 26 de março a 01 de abril de 2019										
NOME DA BARRAGEM	MUNICÍPIO	OPERADOR	COTA MÁXIMA OPERACIONAL (m)	COTA MÍNIMA OPERACIONAL (m)	VOLUME MÁXIMO OPERACIONAL (hm³)	DATA	COTA ATUAL (m)	VOLUME ATUAL (hm³)	VOLUME ÚTIL (%)	USOS
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUAÇU										
APERTADO	MUCUGÊ	CERB	1.017,00	1.003,15	108,69	01/04/19	1.005,95	10,89	0,00	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
BANDEIRA DE MELO	ITAETÉ	CERB	298,70	289,00	111,59	01/04/19	299,07	119,30	100,00	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
FRANÇA	PIRITIBA/MIGUEL CALMON	CERB	513,5*	501,00	33,17*	01/04/19	508,13	9,44	27,81	ABASTECIMENTO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
PEDRA DO CAVALO (UHE)	CACHOEIRA/GOV. MANGABEIRA	VOTORANTIM / CERB	124,00**	106,00	5.329,88	31/03/19	115,46	3.939,36	45,77	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTENÇÃO DE CHEIAS E GERAÇÃO DE ENERGIA
SÃO JOSÉ DO JACUIPE	S.J DO JACUIPE	CERB	386,00	364,00	357,00	01/04/19	367,72	20,74	3,79	IRRIGAÇÃO E ABASTECIMENTO
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU										
AIPIM	ANTÔNIO GONÇALVES	EMBASA	498,00	483,00	2,28	31/03/19	498,12	2,31	100,00	ABASTECIMENTO HUMANO
ANDORINHA II	ANDORINHA	DNOCS	393,00	382,00	13,68	01/04/19	390,76	8,84	62,49	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTROLE DE CHEIA, ABASTECIMENTO INDUSTRIAL (MINERADORA)
ARACI	ARACI	DNOCS	494,00	481,00	65,84	01/04/19	491,89	44,39	66,92	ABASTECIMENTO
CACHOEIRA GRANDE	JACOBINA	EMBASA	549,00	537,14	3,66	01/04/19	548,38	3,02	82,48	ABASTECIMENTO
PEDRAS ALTAS	CAPIM GROSSO	CERB	360,00	347,05	38,45	01/04/19	356,00	12,59	34,98	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
PINDOBAÇU	PINDOBAÇU	CERB	465,00	431,28	16,88	01/04/19	465,07	16,99	100,00	ABASTECIMENTO E IRRIGAÇÃO
PONTO NOVO	PONTO NOVO	CERB	380,30	352,40	38,94	01/04/19	361,06	44,42	91,14	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
QUICÉ	SENHOR DO BONFIM	DNOCS	298,00	292,00	4,23	01/04/19	295,93	1,89	42,68	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
RÔMULO CAMPOS (JACURICI)	ITIUBA / CANSANÇÃO	DNOCS	337,00	323,84	146,82	01/04/19	334,12	86,06	57,94	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE CONTAS										



SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE CHEIAS NO RIO ITAPICURU-BA

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado intitulada "Avaliação quantitativa de águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Itapicuru visando cenários de enchentes e inundações no município de Conde no estado da Bahia, Brasil", defendida no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais no ano de 2022

Discente: Matheus Gonçalves da Silva Souza email: matheus.engambiental@hotmail.com
Orientadores: Dra. Carla Silva Souza email: carla.sousa@ifbaiano.edu.br
PhD Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves email: mariotaboca@gmail.com
Dr. Micael de Souza Fraga email: micaelfraga@gmail.com

Entre com a data do informativo semanal do INEMA: 26/03/2019

Entre com o volume atual das barragens do informativo semanal do INEMA

Barragem	Volume útil (%) - Inserir	Risco volume (%)
Araci	66,92	8,80
Pedras Altas	34,98	5,03
Ponto novo	91,14	12,57
Rômulo Campos	57,94	7,54
Cachoeira Grande	82,46	11,31
Quicé	42,68	6,29
Aipim	100	12,57

Classificação do Risco de Cheias

Estado de atenção	≥ 70
Estado Normal	< 70

Risco atual	64%
Valor máximo do Risco Volume	88%

MÊS	
MARÇO	
Total Risco Mês	Risco acumulado
11%	75,1%
12%	Estado de atenção

Observações:

- Este Sistema de Alerta de Risco de Cheias pode ser utilizado para a cidade de Conde-BA.
- Este Sistema de Alerta de Risco poderá ser utilizado para outras cidades ribeirinhas localizadas na calha principal do Rio Itapicuru
- Os dados do volume atual das barragens pode ser obtido no site do inema, cujo link se encontra disponível no final desta página

<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/barragensreservatorios/informativo-semanal-de-monitoramento-das-barragens/>

Para o caso ora analisado, o Sistema de Alerta emitiu um risco acumulado de 75,1% para o risco acumulado de cheia, devendo assim o município de Conde se encontrar em Estado de atenção.

9.1.2 Cheia no Rio Itapicuru no Município de Conde com possibilidade de inundação

Boletim Informativo Semanal de Monitoramento das Barragens Utilizado:

Nº 14 - 26 de março a 01 de abril de 2019

Diretoria de Águas - DIRAG
Coordenação de Segurança de Barragens - COSEB



INFORMATIVO SEMANAL Nº 14 - 26 de março a 01 de abril de 2019										
NOME DA BARRAGEM	MUNICÍPIO	OPERADOR	COTA MÁXIMA OPERACIONAL (m)	COTA MÍNIMA OPERACIONAL (m)	VOLUME MÁXIMO OPERACIONAL (hm³)	DATA	COTA ATUAL (m)	VOLUME ATUAL (hm³)	VOLUME ÚTIL (%)	USOS
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUACU										
APERTADO	MUCUGÊ	CERB	1.017,00	1.003,15	108,69	01/04/19	1.005,95	10,89	0,00	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
BANDEIRA DE MELO	ITAETÉ	CERB	298,70	289,00	111,59	01/04/19	299,07	119,30	100,00	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
FRANÇA	PIRTIBA/MIGUEL CALMON	CERB	513,5*	501,00	33,17*	01/04/19	508,13	9,44	27,81	ABASTECIMENTO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
PEDRA DO CAVALO (UHE)	CACHOEIRA GOV. MANGABEIRA	VOTORANTIM / CERB	124,00**	106,00	5.329,88	31/03/19	115,46	3.939,36	45,77	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTENÇÃO DE CHEIAS E GERAÇÃO DE ENERGIA
SÃO JOSÉ DO JACUIPE	S. J. DO JACUIPE	CERB	386,00	364,00	357,00	01/04/19	387,72	20,74	3,79	IRRIGAÇÃO E ABASTECIMENTO
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU										
AIPIM	ANTÔNIO GONÇALVES	EMBASA	498,00	483,00	2,28	31/03/19	498,12	2,31	100,00	ABASTECIMENTO HUMANO
ANDORINHA II	ANDORINHA	DNOCS	393,00	382,00	13,68	01/04/19	390,76	8,84	62,49	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTROLE DE CHEIA, ABASTECIMENTO INDUSTRIAL (MINERADORA)
ARACI	ARACI	DNOCS	494,00	481,00	65,84	01/04/19	491,89	44,39	66,92	ABASTECIMENTO
CACHOEIRA GRANDE	JACOBINA	EMBASA	549,00	537,14	3,66	01/04/19	548,38	3,02	82,48	ABASTECIMENTO
PEDRAS ALTAS	CAPIM GROSSO	CERB	360,00	347,05	38,45	01/04/19	356,00	12,59	34,98	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
PINDOBAÇU	PINDOBAÇU	CERB	465,00	431,28	16,88	01/04/19	465,07	16,99	100,00	ABASTECIMENTO E IRRIGAÇÃO
PONTO NOVO	PONTO NOVO	CERB	360,30	352,40	38,94	01/04/19	361,06	44,42	91,14	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
QUICÉ	SENHOR DO BONFIM	DNOCS	298,00	292,00	4,23	01/04/19	295,93	1,89	42,68	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
RÔMULO CAMPOS (JACURICÍ)	ITUBA / CANSANÇÃO	DNOCS	337,00	323,84	146,82	01/04/19	334,12	86,06	57,94	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE CONTAS										



SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE CHEIAS NO RIO ITAPICURU-BA

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado intitulada "Avaliação quantitativa de águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Itapicuru visando cenários de enchentes e inundações no município de Conde no estado da Bahia, Brasil", defendida no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais no ano de 2022

Discente: **Matheus Gonçalves da Silva Souza**
Orientadores: **Dra. Carla Silva Souza**
PhD Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves
Dr. Micael de Souza Fraga

email: matheus.engambiental@hotmail.com
email: carla.sousa@ifbaiano.edu.br
email: mariotaboca@gmail.com
email: micaelfraga@gmail.com

Entre com a data do informativo semanal do INEMA: **01/04/2019**

Entre com o volume atual das barragens do informativo semanal do INEMA

Barragem	Volume útil (%) - Inserir	Risco volume (%)
Araci	66,92	8,80
Pedras Altas	34,98	5,03
Ponto novo	91,14	12,57
Rômulo Campos	57,94	7,54
Cachoeira Grande	82,46	11,31
Quicé	42,68	6,29
Aipim	100	12,57

MÊS

ABRIL

Total Risco Mês	Risco acumulado
9%	73,1%

Risco atual	Valor máximo do Risco Volume
64%	88%

Valor Máximo do Risco Mês: 12% Estado de atenção

Observações:

- Este Sistema de Alerta de Risco de Cheias pode ser utilizado para a cidade de Conde-BA.
- Este Sistema de Alerta de Risco poderá ser utilizado para outras cidades ribeirinhas localizadas na calha principal do Rio Itapicuru
- Os dados do volume atual das barragens pode ser obtido no site do inema, cujo link se encontra disponível no final desta página

<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/barragensreservatorios/informativo-semanal-de-monitoramento-das-barragens/>

Para o caso ora analisado, o Sistema de Alerta emitiu um risco acumulado de 73,1% para o risco acumulado de cheia, ou seja, atenção.

9.1.3 Inundação no Rio Itapicuru no Município de Conde

Boletim Informativo Semanal de Monitoramento das Barragens Utilizado: Nº 21 - 19 a 28 de maio de 2020

Diretoria de Águas - DIRAG
Coordenação de Segurança de Barragens - COSEB



INFORMATIVO SEMANAL Nº 21 - 19 a 28 de maio de 2020										
NOME DA BARRAGEM	MUNICÍPIO	OPERADOR	COTA MÁXIMA OPERACIONAL (m)	COTA MÍNIMA OPERACIONAL (m)	VOLUME MÁXIMO OPERACIONAL (hm³)	DATA	COTA ATUAL (m)	VOLUME ATUAL (hm³)	VOLUME ÚTIL (%)	USOS
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUACU										
APERTADO	MUCUGÊ	CERB	1.017,00	1.003,15	108,69	18/05/20	1.010,07	35,61	25,13	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
BANDEIRA DE MELO	ITAETÉ	CERB	298,70	289,00	111,59	18/05/20	298,88	115,28	100,00	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
FRANÇA	PIRITIBA/MIGUEL CALMON	CERB	513,5*	501,00	33,17*	18/05/20	509,40	13,57	40,36	ABASTECIMENTO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
PEDRA DO CAVALO (UHE)	CACHOEIRA/GOV. MANGABEIRA	VOTORANTIM / CERB	124,00**	106,00	5.329,88	27/05/20	118,58	4.414,65	64,31	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTENÇÃO DE CHEIAS E GERAÇÃO DE ENERGIA
SÃO JOSÉ DO JACUIPE	S. J. DO JACUIPE	CERB	386,00	364,00	357,00	18/05/20	366,26	14,91	2,12	IRRIGAÇÃO E ABASTECIMENTO
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU										
AIPIM	ANTÔNIO GONÇALVES	EMBASA	498,00	483,00	2,28	20/04/20	498,28	2,35	100,00	ABASTECIMENTO HUMANO
ANDORINHA II	ANDORINHA	DNOCs	393,00	382,00	13,68	11/05/20	388,17	5,05	33,06	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTROLE DE CHEIA, ABASTECIMENTO INDUSTRIAL (MINERADORA)
ARACI	ARACI	DNOCs	494,00	481,00	65,84	11/05/20	493,17	57,30	86,84	ABASTECIMENTO
CACHOEIRA GRANDE	JACOBINA	EMBASA	549,00	537,14	3,66	20/04/20	548,92	3,58	97,74	ABASTECIMENTO
PEDRAS ALTAS	CAPIM GROSSO	CERB	360,00	347,05	38,45	18/05/20	359,14	29,84	83,05	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
PINDOBAÇU	PINDOBAÇU	CERB	465,00	431,28	16,88	18/05/20	465,07	16,99	100,00	ABASTECIMENTO E IRRIGAÇÃO
PONTO NOVO	PONTO NOVO	CERB	360,30	352,40	38,94	18/05/20	361,55	48,72	100,00	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
QUICÉ	SENHOR DO BONFIM	DNOCs	298,00	292,00	4,23	11/05/20	295,13	1,29	28,08	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
RÔMULO CAMPOS (JACURICI)	ITUUBA / CANSANÇÃO	DNOCs	337,00	323,84	146,82	11/05/20	332,52	61,36	40,85	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DE CONTAS										



SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE CHEIAS NO RIO ITAPICURU-BA

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado intitulada "Avaliação quantitativa de águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Itapicuru visando cenários de enchentes e inundações no município de Conde no estado da Bahia, Brasil", defendida no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais no ano de 2022

Discente: **Matheus Gonçalves da Silva Souza**
Orientadores: **Dra. Carla Silva Souza**
PhD Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves
Dr. Micael de Souza Fraga

email: matheus.engambiental@hotmail.com
email: carla.sousa@ifbaiano.edu.br
email: mariotaboca@gmail.com
email: micaelfraga@gmail.com

Entre com a data do informativo semanal do INEMA: **19/05/2020**

Entre com o volume atual das barragens do informativo semanal do INEMA

Barragem	Volume útil (%) - Inserir	Risco volume (%)
Araci	86,84	11,31
Pedras Altas	83,05	11,31
Ponto novo	100	12,57
Rômulo Campos	40,85	6,29
Cachoeira Grande	97,74	12,57
Quicé	28,08	3,77
Aipim	100	12,57

Classificação do Risco de Cheias

Estado de atenção	≥ 70
Estado Normal	< 70

MÊS

MAIO	
Total Risco Mês	Risco acumulado
10%	80,4%
Valor máximo do Risco Volume	Estado de atenção
88%	
Valor Máximo do Risco Mês	12%

Observações:

- Este Sistema de Alerta de Risco de Cheias pode ser utilizado para a cidade de Conde-BA.
- Este Sistema de Alerta de Risco poderá ser utilizado para outras cidades ribeirinhas localizadas na calha principal do Rio Itapicuru
- Os dados do volume atual das barragens pode ser obtido no site do inema, cujo link se encontra disponível no final desta página

<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/barragensreservatorios/informativo-semanal-de-monitoramento-das-barragens/>

Para o caso ora analisado, o Sistema de Alerta emitiu um risco acumulado de 80,4% para o risco acumulado de cheia, valor este que para o mês de maio propiciou inundação no ano em Conde.

9.1.4 Aumento gradual no Rio Itapicuru no Município de Conde com alerta de possível inundação pela defesa civil do município

Boletim Informativo Semanal de Monitoramento das Barragens Utilizado: Nº 46 - 09 a 16 de novembro de 2021

Diretoria de Recursos Hídricos e Monitoramento Ambiental - DIRAM
Coordenação de Cadastro de Usuários e Segurança de Barragens - COCSB



INFORMATIVO SEMANAL Nº 46 - 09 a 16 de novembro de 2021										
NOME DA BARRAGEM	MUNICÍPIO	OPERADOR	COTA MÁXIMA OPERACIONAL (m)	COTA MÍNIMA OPERACIONAL (m)	VOLUME MÁXIMO OPERACIONAL (hm³)	DATA	COTA ATUAL (m)	VOLUME ATUAL (hm³)	VOLUME ÚTIL (%)	USOS
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUACU										
APERTADO	MUCUGÉ	CERB	1.017,00	1.003,15	108,69	16/11/21	1.011,64	48,93	38,77	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
BANDEIRA DE MELO	ITAETÉ	CERB	298,70	289,00	111,59	16/11/21	299,17	121,53	100,00	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
FRANÇA	PIRITIBA/MIGUEL CALMON	CERB	513,5*	501,00	33,17*	16/11/21	512,54	27,42	82,51	ABASTECIMENTO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
PEDRA DO CAVALO (UHE)	CACHOEIRA/GOV. MANGABEIRA	VOTORANTIM/ CERB	124,00**	106,00	5.329,88	15/11/21	114,86	3.851,04	42,33	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTENÇÃO DE CHEIAS E GERAÇÃO DE ENERGIA
SÃO JOSÉ DO JACUIPE	S. J. DO JACUIPE	CERB	386,00	364,00	357,00	16/11/21	364,18	8,03	0,15	IRRIGAÇÃO E ABASTECIMENTO
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU										
AIPIM	ANTÔNIO GONÇALVES	EMBASA	498,00	483,00	2,28	31/05/21	498,05	2,29	100,00	ABASTECIMENTO HUMANO
ANDORINHA II	ANDORINHA	DNOCS	393,00	382,00	13,68	08/11/21	386,45	3,26	19,17	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTROLE DE CHEIA, ABASTECIMENTO INDUSTRIAL (MINERADORA)
ARACI	ARACI	DNOCS	494,00	481,00	65,84	01/11/21	490,86	36,11	54,15	ABASTECIMENTO
CACHOEIRA GRANDE	JACOBINA	EMBASA	549,00	537,14	3,66	27/05/21	548,32	2,96	80,78	ABASTECIMENTO
PEDRAS ALTAS	CAPIM GROSSO	CERB	360,00	347,05	38,45	16/11/21	356,75	15,35	42,66	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
PINDOBAÇU	PINDOBAÇU	CERB	465,00	431,28	16,88	16/11/21	465,05	16,96	100,00	ABASTECIMENTO E IRRIGAÇÃO
PONTO NOVO	PONTO NOVO	CERB	360,30	352,40	38,94	16/11/21	361,30	46,53	95,97	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
QUICÉ	SENHOR DO BONFIM	DNOCS	298,00	292,00	4,23	08/11/21	295,58	1,63	36,29	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
RÔMULO CAMPOS (JACURICI)	ITIUBA / CANSANÇÃO	DNOCS	337,00	323,84	146,82	08/11/21	330,98	42,78	27,99	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO



SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE CHEIAS NO RIO ITAPICURU-BA

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado intitulada "Avaliação quantitativa de águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Itapicuru visando cenários de enchentes e inundações no município de Conde no estado da Bahia, Brasil", defendida no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais no ano de 2022

Discente: **Matheus Gonçalves da Silva Souza** email: matheus.engambiental@hotmail.com
Orientadores: **Dra. Carla Silva Souza** email: carla.sousa@ifbaiano.edu.br
PhD Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves email: mariotaboca@gmail.com
Dr. Micael de Souza Fraga email: micaelfraga@gmail.com

Entre com a data do informativo semanal do INEMA: **09/11/2021**

Entre com o volume atual das barragens do informativo semanal do INEMA

Barragem	Volume útil (%) - Inserir	Risco volume (%)
Araci	54,15	7,54
Pedras Altas	42,66	6,29
Ponto novo	95,97	12,57
Rômulo Campos	27,99	3,77
Cachoeira Grande	80,78	11,31
Quicé	36,29	5,03
Aipim	100	12,57

MÊS

NOVEMBRO	
Total Risco Mês	Risco acumulado
9%	68,1%
Valor máximo do Risco Mês	Estado Normal

Observações:

- Este Sistema de Alerta de Risco de Cheias pode ser utilizado para a cidade de Conde-BA.
- Este Sistema de Alerta de Risco poderá ser utilizado para outras cidades ribeirinhas localizadas na calha principal do Rio Itapicuru
- Os dados do volume atual das barragens pode ser obtido no site do inema, cujo link se encontra disponível no final desta página

<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/barragensreservatorios/informativo-semanal-de-monitoramento-das-barragens/>

Para o caso ora analisado, o Sistema de Alerta emitiu um risco acumulado de 68,1% para o risco acumulado de cheia, ou seja, normal. O sistema não detectou atenção, conforme a defesa civil, pois possivelmente o rio estava vazio. Tal fato pode ser confirmado por imagens visualizados por meio de vídeo publicado no youtube em 04/11/2021.



Chuvras na Bahia - Rio Itapicuru volta a ter fluxo de água à passar no seu leito. 04/11/2021

3.388 visualizações • 4 de nov. de 2021

👍 105 🗨️ NÃO GOSTEI ➦ COMPARTILHAR ✂️ CLIPE ➦ SALVAR ...

Contudo, a margem de 1,9% a menos em sinal de sistema de alerta, é um indicado que ocorreu o acúmulo de água de maneira significativa, ainda que não considerada como cheia no município de Conde. Detalhe, que a defesa civil informa que o rio esta tendo aumento gradual, não inferindo já estar em cheia no material de alerta disponibilizado pela comunidade.

9.1.5 Cheia no Rio Itapicuru no município de Olindina com possibilidade de inundação em Conde-BA

Diretoria de Recursos Hídricos e Monitoramento Ambiental - DIRAM
Coordenação de Cadastro de Usuários e Segurança de Barragens - COCSB



INFORMATIVO SEMANAL Nº 13 - 22 a 28 de março de 2022										
NOME DA BARRAGEM	MUNICÍPIO	OPERADOR	COTA MÁXIMA OPERACIONAL (m)	COTA MÍNIMA OPERACIONAL (m)	VOLUME MÁXIMO OPERACIONAL (hm³)	DATA	COTA ATUAL (m)	VOLUME ATUAL (hm³)	VOLUME ÚTIL (%)	USOS
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARAGUAGUÁ										
APERTADO	MUCUGÊ	CERB	1.017,00	1.003,15	108,69	28/03/22	1.016,04	96,25	87,26	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
BANDEIRA DE MELO	ITAETÉ	CERB	298,70	289,00	111,59	28/03/22	299,00	117,74	100,00	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
FRANÇA	PIRITIBA/MIGUEL CALMON	CERB	513,5*	501,00	33,17*	28/03/22	513,45	32,87	99,09	ABASTECIMENTO E REGULARIZAÇÃO DE VAZÕES
PEDRA DO CAVALO (UHE)	CACHOEIRA/GOV. MANGABEIRA	VOTORANTIM / CERB	124,00**	106,00	5.329,88	27/11/20	114,87	3.852,34	42,38	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTENÇÃO DE CHEIAS E GERAÇÃO DE ENERGIA
SÃO JOSÉ DO JACUIPE	S. J. DO JACUIPE	CERB	386,00	364,00	357,00	28/03/22	371,23	44,07	10,46	IRRIGAÇÃO E ABASTECIMENTO
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITAPICURU										
AIPIM	ANTÔNIO GONÇALVES	EMBASA	498,00	483,00	2,28	06/12/21	498,16	2,32	100,00	ABASTECIMENTO HUMANO
ANDORINHA II	ANDORINHA	DNOCs	393,00	382,00	13,68	28/03/22	386,30	3,12	18,14	ABASTECIMENTO, IRRIGAÇÃO, CONTROLE DE CHEIA, ABASTECIMENTO INDUSTRIAL (MINERADORA)
ARACI	ARACI	DNOCs	494,00	481,00	65,84	28/03/22	492,96	55,15	83,51	ABASTECIMENTO
CACHOEIRA GRANDE	JACOBINA	EMBASA	549,00	537,14	3,66	07/12/21	548,82	2,96	80,78	ABASTECIMENTO
PEDRAS ALTAS	CAPIM GROSSO	CERB	360,00	347,05	38,45	28/03/22	360,00	35,92	100,00	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
PINDOBAÇU	PINDOBAÇU	CERB	465,00	431,28	16,88	28/03/22	465,08	17,00	100,00	ABASTECIMENTO E IRRIGAÇÃO
PONTO NOVO	PONTO NOVO	CERB	360,30	352,40	38,94	28/03/22	361,53	48,55	100,00	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
QUICÉ	SENHOR DO BONFIM	DNOCs	298,00	292,00	4,23	28/03/22	295,55	1,61	35,74	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO
RÔMULO CAMPOS (JACURIC)	ITUUBA / CANSANÇÃO	DNOCs	337,00	323,84	146,82	28/03/22	330,95	42,50	27,78	IRRIGAÇÃO, REGULARIZAÇÃO E ABASTECIMENTO



SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE CHEIAS NO RIO ITAPICURU-BA

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado intitulada "Avaliação quantitativa de águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Itapicuru visando cenários de enchentes e inundações no município de Conde no estado da Bahia, Brasil", defendida no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais no ano de 2022

Discente: Matheus Gonçalves da Silva Souza

email: matheus.engambiental@hotmail.com

Orientadores: Dra. Carla Silva Souza
PhD Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves
Dr. Micael de Souza Fraga

email: carla.sousa@ifbaiano.edu.br
email: mariotaboca@gmail.com
email: micaelfraga@gmail.com

Entre com a data do informativo semanal do INEMA: 22/03/2022

Entre com o volume atual das barragens do informativo semanal do INEMA

Barragem	Volume útil (%) - Inserir	Risco volume (%)
Araci	83,51	11,31
Pedras Altas	100	12,57
Ponto novo	100	12,57
Rômulo Campos	27,78	3,77
Cachoeira Grande	80,78	11,31
Quicé	35,74	5,03
Aipim	100	12,57

Classificação do Risco de Cheias

Estado de atenção	≥ 70
Estado Normal	< 70

Risco atual		Risco acumulado	
Valor máximo do Risco Volume	69%	11%	80,1%
Valor Máximo do Risco Mês	88%	12%	Estado de atenção

Observações:

- Este Sistema de Alerta de Risco de Cheias pode ser utilizado para a cidade de Conde-BA.
- Este Sistema de Alerta de Risco poderá ser utilizado para outras cidades ribeirinhas localizadas na calha principal do Rio Itapicuru
- Os dados do volume atual das barragens pode ser obtido no site do inema, cujo link se encontra disponível no final desta página

<http://www.inema.ba.gov.br/gestao-2/barragensreservatorios/informativo-semanal-de-monitoramento-das-barragens/>

O Sistema de alerta demonstrou estado de atenção nas datas finais de março de 2022, em conformidade com os noticiários.

10 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

DOS ASPECTOS MORFOMÉTRICOS:

- A BRI e BEQ analisadas possuem valores de declividade e altitude bastantes elevados em região de cabeceira, em que levando em consideração a classificação da EMBRAPA (2009) a BRI tem-se o terreno suave ondulado e a BEQ ondulada.
- A velocidade do Rio Itapicuru diminui de forma significativa após aproximadamente os primeiros 30 km, a partir de sua nascente; sendo que o rio Itapicuru na BEQ possui percentual de declividade média em 125% superior a BRI;
- A altitude no do rio Itapicuru em BEQ é maior em aproximadamente 185% em relação a BRI, podendo entender que possui uma queda d'água bem relevante no primeiro local comparado em relação ao segundo;
- Todas as drenagens foram quantificadas e ordenadas segundo a classificação de Strahler, com existência de cursos hídricos até a 8ª ordem em ambas as bacias analisadas, no entanto as maiores ramificações têm maior representatividade na BEQ em relação a BRI.
- Levando em consideração o índice de circularidade, fator de forma e Coeficiente de Compacidade, a bacia tem característica alongada, possui um alto tempo de concentração, porém possui tendência baixa a grandes enchentes, porém o fator de forma da BEQ se aproxima mais de tendencia de enchentes em cerca de 200% em relação a BRI.
- Tanto BRI quanto BEQ possui uma baixa tendência em apresentar novos canais hídricos;
- Faz-se necessário integrar os dados obtidos com elementos de vazão e precipitação ao longo dos anos;

Deve-se monitorar pontos de meandros próximos a sede do município de Conde, em virtude de um tempo elevado de concentração em consonância com precipitações nas regiões próximas ao município.

DO FATOR HIDROLÓGICO:

Levando em consideração a metodologia de Gonçalves (2014) e dados pluviométricos que influencia diretamente no rio Itapicuru açu (zona de cabeceira), combinada com a estação fluviométrica 59505000 – Usina Altamira (rio Itapicuru) localizada no município de Conde-BA, no período de 01/1965 a 12/2018, tem-se os seguintes resultados:

- Entre o período 1970 a 1972 em relação ao período de 1973 a 1980 houve o maior aumento significativo de vazão nos 54 (1965-2018) anos analisados, cerca de 213%.
- Apresentaram os anos de 1966,1967,1968,1969,1970,1974,1978,1985,1989,1990,2000 e 2016 como Fator hidrológico 2, ou seja, valores extremos anuais máximos e mínimos acima das médias máximas e mínimas (ano hidrológico excedente);
- O tempo de retardo médio (TRM) da bacia é >30 dias, ou seja, a água possui tempo para infiltrar, entretanto o excesso de área antropizada é um fator mitigador dessa condição. Também, como as grandes vazões do rio se mantêm, mesmo com a redução da garantia de vazão no rio, deve-se considerar a implantação de barragens, como sinal de enxurradas a jusante;
- A curva Rpv indica que o aquífero está vazio no mês de março (quando necessita de uma maior precipitação média para gerar 1 m³/s de vazão média) e cheio em setembro, período em que é necessária uma menor precipitação média para gerar 1 m³/s de vazão média.
- O DRpv aponta que nos meses de abril, outubro, novembro e dezembro, o rio é efluente, ou seja, neste período o aquífero está carregado e passa a contribuir na formação da vazão; e aos demais meses o rio é influente, com valores acima do sendo assim período que o rio que infiltra água no aquífero, que por sua vez, encontra-se vazio.
- Os gráficos de Rpv e DRpv conclui que há escassez de água, havendo assim pouca disponibilidade hídrica para as populações que depende do seu uso, considerando a sua dependência de precipitações.
- Apresentaram os anos de 1966,1967,1968,1969,1970,1974,1978,1985,1989,1990,2000 e 2016 como Fator hidrológico 2, ou seja, valores extremos anuais máximos e mínimos acima das médias máximas e mínimas (ano hidrológico excedente);
- Os anos hidrológicos normais não são maiores que dois anos consecutivos, o que mudou após as barragens, visto essa situação só ocorrer nos anos de 2001 e 2002. E os anos

deficitários, que não costumavam ser maiores que 3 (três) anos consecutivos, tiveram intervalo de 7 (sete) anos consecutivos no período de 2008 a 2015. Os dados pluviométricos não demonstraram período de estiagem nesses anos deficitários.

- As barragens existentes na bacia dificultam o fluxo das águas e proporcionam um uso racional do recurso hídrico ao longo do ano;
- A cota mínima medida e a cota mínima da régua expõe um fenômeno recorrente de assoreamento na região de jusante das barragens, provocado pela vazão baixa nos longos períodos de estiagem, onde o rio perde força para conduzir os sedimentos à foz.
- O gráfico de amplitudes de secas atribui a baixa vazão à ação antrópica através das implantações das barragens no montante, devido a sua elevada capacidade de armazenamento de água.
- A baixa capacidade de infiltração da água, principalmente no montante, contribui no aumento da velocidade no escoamento superficial
- Os gráficos de Curva de Permanência e da amplitude de cheia apontam que o rio Itapicuru tem tendência a cheias em períodos isolados na jusante.
- sinuosidade da curva de permanência indica que as vazões não se mantêm na bacia;
- A curva de garantia de vazão (período: 01/1965 a 12/2018) indica que: com uma garantia de 90% temos uma vazão de 4,206 m³/s
- A curva de garantia de vazão (período: 19-1997/12-2001) indica que: com uma garantia de 90% temos uma vazão de 4,496 m³/s.
- A curva de garantia de vazão (período: 04-2010/12-2014) indica que: com uma garantia de 90% temos uma vazão de 2,535 m³/s.
- A curva de garantia de vazão (período: 01-2015/12-2018) indica que: com uma garantia de 90% temos uma vazão de 9,0856 m³/s.
- O último período aumentou 358% a Q90 em relação ao anterior
- A atividade agrária apresenta-se com maior aptidão a riscos de erosão na bacia, como observado no mapa de vegetação e uso do solo.

DO DOCUMENTO NORTEADOR PARA SISTEMA DE ALERTA CONTRA ENCHENTES E INUNDAÇÕES NO MUNICÍPIO DE CONDE-BA:

- O Sistema de Alerta propiciará ao poder público municipal o monitoramento de cheias das barragens a montante de Conde, ajudando assim no planejamento de ações de mitigação dos efeitos das cheias e inundações;
- O Sistema deverá ser usado em comunhão com outros instrumentos, como a tabua de maré (levando em consideração conceitos de novais 2018), além do monitoramento de vazões do rio através da estação fluviométrica de altamira 59505000 e estações pluviométricas nas proximidades do município
- Este Sistema de Alerta de Risco de Cheias pode ser utilizado para a cidade de Conde-BA e outras cidades ribeirinhas localizadas na calha principal do Rio Itapicuru;
- Os dados do volume atual das barragens podem ser obtidos no site do INEMA, cujo link se encontra disponível no final na planilha gerada;
- É necessário entrar com dado data, pois o sistema automaticamente irá estimar o risco do mês.

11 REFERÊNCIAS

- ABREU, F.G.; SOBRINHA, L.A.; BRANDÃO, J. L. B. Análise da distribuição temporal das chuvas em eventos hidrológicos extremos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.2, mar/abr, p. 239-250, 2017.
- BRASIL, ANM – **AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO**, 2019. Disponível em: <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>. Acesso em 06/06/2020.
- BRASIL, **IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/downloads-geociencias.html> / . Acesso em 06/16/2020.
- BRASIL, CPRM – **COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS, 2004**. Disponível em: <http://geosgb.cprm.gov.br/>. Acesso em 22/11/2019.
- BAHIA, INEMA – **INSTITUTO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DA BAHIA, 2017**.
- Baban SMJ. Wan-Yusof K (2001) **Modelling soil erosion in tropical environments using remote sensing and geographical information systems**. *Hydrological Science Journal* 46(2):19 1-198
- BRASIL (2019). **Agência Nacional das Águas (ANA)**. Disponível em: <http://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas> Acesso em: 06 de junho de 2020.
- BRASIL. Projeto RADAMBRASIL. **Levantamento dos Recursos Naturais**, Volume 24, Suplemento. Ministério da Fazenda. Secretaria de Estado de Planejamento e Avaliação. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Diretoria de Geociências. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. Rio de Janeiro, 1999. 236p.
- BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em: 05 jun. 2021.
- CANIL, K.; LAMPIS, A.; SANTOS, K.L. Vulnerabilidade e a construção social do risco: uma contribuição para o planejamento na macrometrópole paulista. **Cadernos Metrôpole**, v. 22, n. 48, p. 397-416, maio/ago, 2020.
- CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícias Geomorfológicas**, Campinas, v. 18, n. 9, p. 35-64, 1969.
- Elementos de mineralogia e geologia / João Pedro Tauscheck Zielinski. – Londrina : **Editora e Distribuidora Educacional S.A.**, 2018. 240 p.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação dos solos. Brasília: **EMBRAPA Produção de Informação**; Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2009. 412 p.
- ESQUIVEL, M. S. 2006. **Quaternário costeiro do município de Conde: implicações para a gestão ambiental**. 113 p. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Salvador, BA, Brasil.
- GARCEZ, L.N.; ALVAREZ, G.A. Hidrologia São Paulo: **Ed. Edgard Blucher Ltda**. 1988. **porosidade/permeabilidade de aquíferos em função da dinâmica sazonal das precipitações e das vazões na bacia hidrográfica do rio Verde-BA**. XII Simpósio de Recurso Hídricos do Nordeste. Natal, Rio Grande do Norte. 2014. Anais. Disponível em: <http://eventos.abrh.org.br/xiisrh/anais/>.

Acesso em: 30 de novembro de 2019.

GOMES, W.B.; CORREIA, F. W.S.; CAPISTRANO, V.; VEIGA, J. A. P.; VERGASTA, L. A.; CHOU, S. C.; LYRA, A. A.; ROCHA, V.M. Avaliação dos Impactos das Mudanças na Cobertura da Terra e Cenário de Emissões (RCP 8.5) no Balanço de Água na Bacia do Rio Madeira. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, n. 4, p. 689-702, 2020.

GONÇALVES, M. J. de S. (2015a). **Detalhamento do fator hidrológico: um novo parâmetro para se avaliar anos hidrológicos excedentes, anos hidrológicos normais excedentes, anos hidrológicos normais deficitários e anos hidrológicos deficitários, além dos impactos nas vazões à jusante de barramentos**. Cadernos de Geociências. Submissão 24/08/2015. No prelo.

GONÇALVES, M. J. de S. (2016). **Avaliação do impacto ambiental da redução de vazão na foz do rio São Francisco. 1º Simpósio da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco**. Disponível em: <<http://cdn.agenciapeixe vivo.org.br/media/2019/06/Avaliza%C3%A7%C3%A3o-do-impacto-ambiental-da-redu%C3%A7%C3%A3o-de-vaz%C3%A3o-na-foz-do-Rio-SF.pdf>> Acesso em: 28 de outubro de 2019.

GONÇALVES, M. J. S. & TORRES, A. P. (2019). **Distinção entre sub-bacias hidrográficas dos rios Carinhanha, Preto e Sapão, localizadas no Sistema Aquífero do Urucuia-SAU, a partir do tempo de retardo médio**. Revista Mercator (no prelo). Submissão abril/2019.

GONÇALVES, M. J. S. (2019a). **Metodologia de avaliação quantitativa das águas superficiais em bacias hidrográficas**. Palestra ministrada no dia 16 de maio de 2019.

GONÇALVES, M. J. de S. (2019c) **Avaliação da barragem de São José do Jacuípe, 34 anos depois de sua inauguração, seus usos, gestão e consequências da operação**. Simpósio Nacional o Rural e o Urbano no Brasil – SINARUB. Universidade Católica. Salvador (no prelo).

GONÇALVES, M. J. de S. **Avaliação Quantitativa das Águas Superficiais da Bacia Hidrográfica do Rio Paraguaçu no Estado da Bahia – Brasil**. 2014. 168 f. Tese (Doutoramento) - Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2014.

GONÇALVES, M. J. de S. (2015b). **Classificação do fluxo no rio utilizando a razão de fluxo (Rf)**. **Cadernos de Geociências**. Submissão 01/12/2015. No prelo
PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. **Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas**. Porto Alegre: ABRH, 2003.

Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). Rio de Janeiro: IBGE, 2009 e 2019.

LOPES, V. A., FAN, F. M., PONTES, P. R., SIQUEIRA, V. A., COLLISCHONN, W., & MARQUES, D. D. (2018). **A firstintegrated modelling of a river-lagoon large-scale hydrological system for forecasting purposes**. JOURNAL OF HYDROLOGY, 177-196

LOLLO, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico: sistematização e aplicação na quadrícula de Campinas**. 1995. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.

- NOVAIS, M. P. S. **Enchentes e Inundações no município de Conde, Litoral Norte da Bahia, com enfoque na análise da percepção de desastres**. 2018. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras, Ciências humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- PAIXÃO, M. A., KOBAYAMA, M., ZAMBRANO, F. C., MICHEL, G. P., & FAN, F. M. (2018). Lições Sobre o Gerenciamento de Desastres Hidrológicos obtidas a partir da Ocorrência em Rolante/RS. *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 251-267.
- Pereira, L. A. (2012). Regionalização de vazões de permanência aplicada na região hidrográfica do Uruguai utilizando o programa SisCoRV. Monografia (Engenharia Ambiental), Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo.
- PORTO, Marcelo Firpo de Souza. **Uma ecologia política dos riscos – princípios para integrarmos o local e o global na promoção da saúde e da justiça ambiental**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2007.
- Radambrasil, Ministério das Minas e Energia. Secretaria Geral. (1983) **Projeto RADAMBRASIL**. Folha SC. 24/25 Aracaju/Recife: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso Potencial da Terra. Rio de Janeiro, 624p
- Rego, F. S. (2013). **Regionalização de vazões considerando a evapotranspiração real em seu processo de formação**. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) -Universidade Federal de Viçosa –UFV, Viçosa
- RPGA da Bacia do Rio Itapicurú. (2018). Programa Monitora: **Programa de Monitoramento das Águas do Estado da Bahia**. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos
- Samizava, T. M.; Kaida, R. H.; Imai, N. N.; Nunes, J. O. R. SIG aplicado à escolha de áreas potenciais para instalação de aterros sanitários no Município de Presidente Prudente-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 60, n. 1, p. 43-55, 2008.
- SANTOS, E. B.; SANTOS, D. B.; MELO, J. R. B.; CEA, J. J. S.; RIOS, M. L.; REIS, C. F. **La acción humana y los impactos ambientales en el Río Itapicuru**. Congresso Latinoamericano de Agroecología, 4, 2013. Lima. Anais... Universidade Nacional Agraria de La Molina, 2013
- Schoellhamer D.H. 2002. Variability of Suspended Sediment Concentration at Tidal to Annual Time Scales in San Francisco Bay, USA. *Cont. Shelf Res.*, 22:1857-1866
- SILVA, L. G. T.; SILVA, B. N. R. da; RODRIGUES, T. E. Análise fisiográfica das várzeas do baixo Tocantins: uma contribuição ao manejo e desenvolvimento dos sistemas de uso da terra. Belém, PA: **EMBRAPA Amazônia Oriental**, 2002. 34 p. (Documentos, 149).
- SILVA, S. L. A.; MARTINS, M. H.M.; SPINK, M. J. P. Percepção e hierarquia de riscos de inundação recorrente em área urbana regularizada: uma análise discursiva. **Saúde Debate**, Rio de Janeiro, v. 44, n. ESPECIAL 2, p. 202-213, 2020.
- STRAHLER, A.N. Quantitative analysis of watershed geomorphology. New Haven: Transactions: **American Geophysical Union**, 1957. v.38. p. 913-920
- SOARES, M. R. G. J; SOUZA, J. L. M. **Análise morfométrica da bacia hidrográfica do rio Pequeno em São José dos Pinhais (PR)**. *Revista de Geografia*, Londrina, v. 21, n. 1, p. 19-36, 2012.

SCHUMM, S. A. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. **Geological Society of America Bulletin**, v. 67, n. 5, p. 597- 646, 1956.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; RIBEIRO, C. A. A. S.; LEITE, F. P. **Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas**, Guanhães – MG. *Árvore*, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 849-857, 2006.

TSCHIEDEL, A. F., & PAIVA, R. C. (2018). Uncertainty Assessment in Hydrodynamic Modeling of Floods Generated by Dam Break. *REVISTA BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS*; v.23;

Tucci (2005) no Brasil, as inundações mais frequentes estão relacionadas às ações do homem sobre o território e que vem se intensificando com o aumento significativo da urbanização
VILLELA, S.M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: Mcgraw Hill, 1975. 250p

TUCCI, Carlos E. M. *Gestão das Inundações Urbanas*. Porto Alegre – RS/ Brasil, 2005.

U.S. Department of the Interior. U.S. Geological Survey. Disponível em: <<http://https://earthexplorer.usgs.gov/>> Acesso em: 05 jun.

VOGEL, R. M.; FENNESSEY, N. M. **Regional flow-duration curves for ungauged sites in Massachusetts**. *J Water Resour Plann Manage ASCE* 1990. 116 (4): 531-49.

ANEXOS

ANEXO A: DADOS HIDROLÓGICOS
(1965 a 2018)

Dados hidrológicos no período de 1965 a 2018, na Estação 59505000 (USINA ALTAMIRA) no rio Itapicuru, em Conde – BA (Fator Hidrológico: ano deficitário = vermelho; normal = Laranja e excedente = verde. Detalhamento do Fator hidrológico: ano deficitário = vermelho; normal excedente = azul; normal deficitário = amarelo e excedente = verde)

ANO	Q MÁX	Q MED MÁX	Q MÍN	Q MED MÍN	FH	DFH
1965	88,243	265,4963741	3,916	4,334592593	0	0
1966	529,834	265,4963741	4,771	4,334592593	2	2
1967	411,575	265,4963741	6,715	4,334592593	2	2
1968	328,303	265,4963741	8,029	4,334592593	2	2
1969	759,984	265,4963741	8,491	4,334592593	2	2
1970	428,201	265,4963741	5,601	4,334592593	2	2
1971	89,2762	265,4963741	2,009	4,334592593	0	0
1972	192,234	265,4963741	3,717	4,334592593	0	0
1973	118,505	265,4963741	2,711	4,334592593	0	0
1974	428,392	265,4963741	4,832	4,334592593	2	2
1975	120,595	265,4963741	8,48	4,334592593	1	0,5
1976	154,237	265,4963741	2,711	4,334592593	0	0
1977	196,727	265,4963741	1,854	4,334592593	0	0
1978	545,904	265,4963741	12,008	4,334592593	2	2
1979	90,052	265,4963741	3,531	4,334592593	0	0
1980	607,819	265,4963741	3,754	4,334592593	1	1,5
1981	250,503	265,4963741	3,754	4,334592593	1	1,5
1982	165,084	265,4963741	3,754	4,334592593	0	0
1983	273,894	265,4963741	2,089	4,334592593	1	1,5
1984	162,303	265,4963741	1,462	4,334592593	1	1,5
1985	559,883	265,4963741	6,12	4,334592593	2	2
1986	118,505	265,4963741	4,147	4,334592593	0	0
1987	107,027	265,4963741	3,285	4,334592593	0	0
1988	268,546	265,4963741	2,965	4,334592593	0	0
1989	559,883	265,4963741	7,457	4,334592593	2	2
1990	374,569	265,4963741	9,67	4,334592593	2	2
1991	262,212	265,4963741	4,515	4,334592593	1	0,5
1992	553,647	265,4963741	3,792	4,334592593	1	1,5
1993	21,219	265,4963741	3,62	4,334592593	0	0
1994	194,025	265,4963741	3,451	4,334592593	0	0
1995	147,939	265,4963741	2,659	4,334592593	0	0

ANO	Q MÁX	Q MED MÁX	Q MÍN	Q MED MÍN	FH	DFH
1996	194,025	265,4963741	3,285	4,334592593	0	0
1997	414,916	265,4963741	3,713	4,334592593	1	1,5
1998	51,702	265,4963741	3,566	4,334592593	0	0
1999	83,478	265,4963741	4,018	4,334592593	0	0
2000	317,508	265,4963741	5,529	4,334592593	2	2
2001	62,835	265,4963741	4,829	4,334592593	1	0,5
2002	727,718	265,4963741	3,792	4,334592593	1	1,5
2003	188,679	265,4963741	3,792	4,334592593	0	0
2004	747,588	265,4963741	2,81	4,334592593	1	1,5
2005	155,034	265,4963741	3,451	4,334592593	0	0
2006	186,036	265,4963741	2,511	4,334592593	0	0
2007	359,531	265,4963741	3,824	4,334592593	1	1,5
2008	75,646	265,4963741	3,102	4,334592593	0	0
2009	186,036	265,4963741	2,93	4,334592593	0	0
2010	195,824	265,4963741	3,095	4,334592593	0	0
2011	67,58	265,4963741	1,588	4,334592593	0	0
2012	10,277	265,4963741	1,588	4,334592593	0	0
2013	249,751	265,4963741	2,033	4,334592593	0	0
2014	67,58	265,4963741	2,033	4,334592593	0	0
2015	81,506	265,4963741	7,164	4,334592593	1	0,5
2016	664,365	265,4963741	7,721	4,334592593	2	2
2017	48,743	265,4963741	8,584	4,334592593	1	0,5
2018	91,326	265,4963741	3,24	4,334592593	0	0

**ANEXO B: CURVA PRECIPITAÇÃO
VAZÃO** (estações de Jáguarari, Miguel
Calmon, Açude Jacurici e Jacobina)

Tempo de retardo ≥ 30 dias

Utilizando a estação pluviométrica de Jaguarari

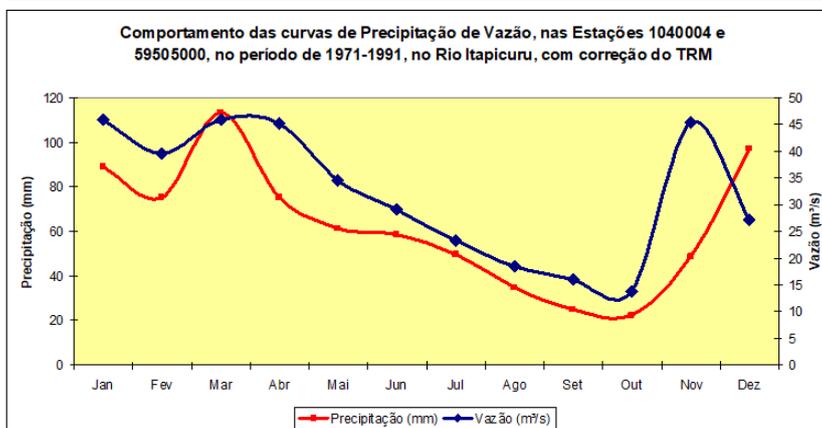
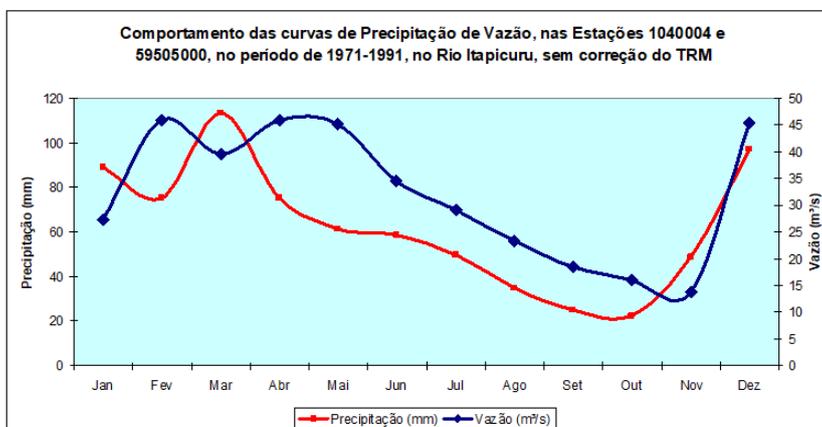
Área de influência de nascente rio Itapicuru e Barragem de Quicé: 1971-1991



SEM CORREÇÃO			
Mês	Precipitação (mm)	Vazão (m³/s)	MÊS
Jan	89,3	27,1540	Jan
Fev	75,4	45,8959	Fev
Mar	113,4	39,5049	Mar
Abr	75,2	45,9125	Abr
Mai	61,4	45,2397	Mai
Jun	58,8	34,4413	Jun
Jul	49,6	29,0753	Jul
Ago	34,9	23,3450	Ago
Set	24,9	18,5350	Set
Out	22,2	15,9923	Out
Nov	48,8	13,8575	Nov
Dez	97,3	45,3509	Dez

COM CORREÇÃO			
MÊS	Precipitação (mm)	Vazão (m³/s)	MÊS
Jan	89,25	45,8959	Fev
Fev	75,4	39,5049	Mar
Mar	113,4	45,9125	Abr
Abr	75,2	45,2397	Mai
Mai	61,4	34,4413	Jun
Jun	58,8	29,0753	Jul
Jul	49,6	23,3450	Ago
Ago	34,9	18,5350	Set
Set	24,9	15,9923	Out
Out	22,2	13,8575	Nov
Nov	48,8	45,3509	Dez
Dez	97,3	27,1540	Jan

Utilizando a estação pluviométrica de Jaguarari



Tempo de retardo ≥ 30 dias

Utilizando a estação pluviométrica de Miguel Calmon

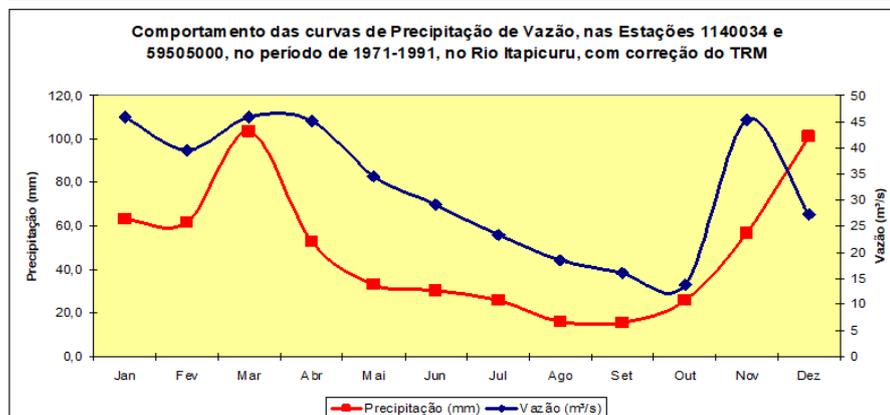
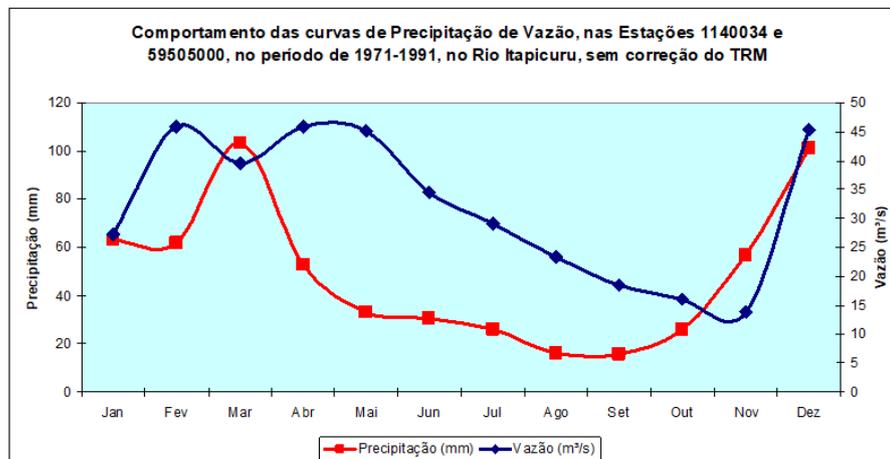
Área de influência do rio Peixe e Barragem de Cachoeira Grande: 1971-1991



SEM CORREÇÃO			
Mês	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)	MÊS
Jan	63,3	27,1540	Jan
Fev	61,6	45,8959	Fev
Mar	103,6	39,5049	Mar
Abr	53,0	45,9125	Abr
Mai	33,1	45,2397	Mai
Jun	30,5	34,4413	Jun
Jul	25,8	29,0753	Jul
Ago	16,3	23,3450	Ago
Set	15,5	18,5350	Set
Out	26,2	15,9923	Out
Nov	57,0	13,8575	Nov
Dez	101,0	45,3509	Dez

COM CORREÇÃO			
MÊS	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)	MÊS
Jan	63,3	45,8959	Fev
Fev	61,6	39,5049	Mar
Mar	103,6	45,9125	Abr
Abr	53,0	45,2397	Mai
Mai	33,1	34,4413	Jun
Jun	30,5	29,0753	Jul
Jul	25,8	23,3450	Ago
Ago	16,3	18,5350	Set
Set	15,5	15,9923	Out
Out	26,2	13,8575	Nov
Nov	57,0	45,3509	Dez
Dez	101,0	27,1540	Jan

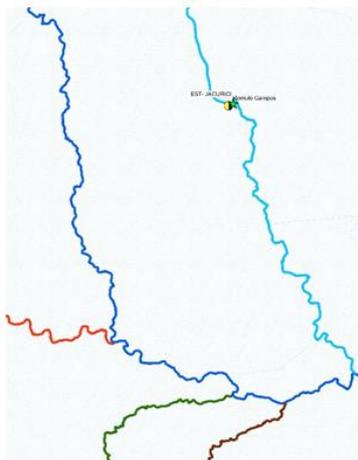
Utilizando a estação pluviométrica de Miguel Calmon



Tempo de retardo ≥ 30 dias

Utilizando a estação pluviométrica de Açude Jacurici

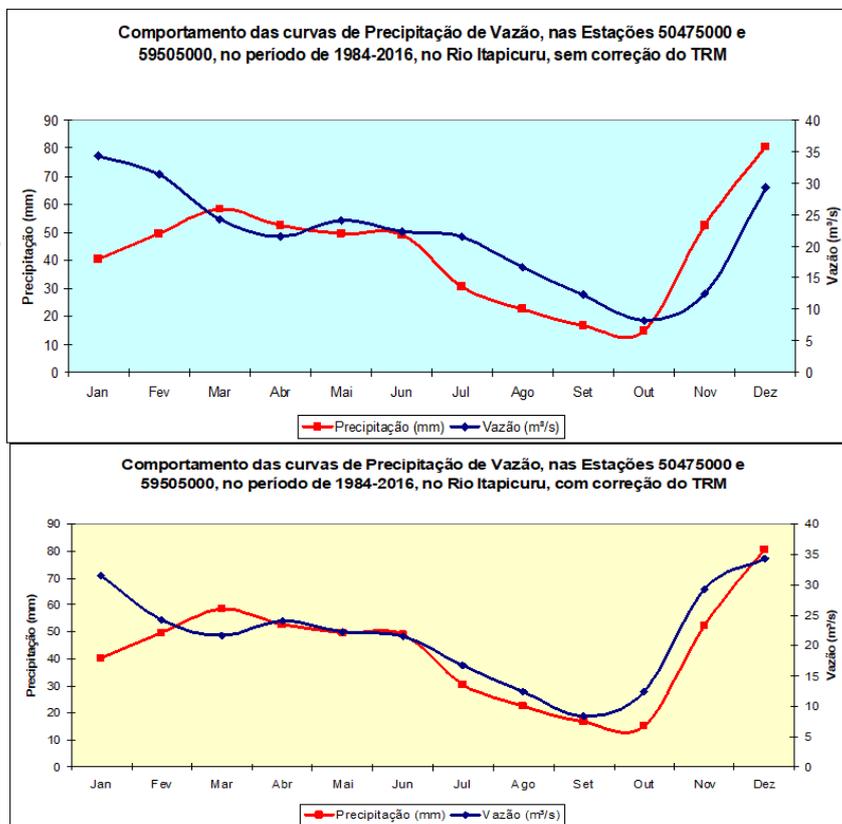
Área de influência do rio Jacurici e Barragem de Romulo Campos: 1984-2016



SEM CORREÇÃO			
Mês	Precipitação (mm)	Vazão (m³/s)	MÊS
Jan	40,3	34,3	Jan
Fev	49,7	31,5	Fev
Mar	58,3	24,2	Mar
Abr	52,6	21,6	Abr
Mai	49,5	24,0	Mai
Jun	49,2	22,3	Jun
Jul	30,4	21,6	Jul
Ago	22,5	16,7	Ago
Set	16,7	12,3	Set
Out	15,1	8,3	Out
Nov	52,5	12,4	Nov
Dez	80,7	29,3	Dez

COM CORREÇÃO			
MÊS	Precipitação (mm)	Vazão (m³/s)	MÊS
Jan	40,3	31,5	Fev
Fev	49,7	24,2	Mar
Mar	58,3	21,6	Abr
Abr	52,6	24,0	Mai
Mai	49,5	22,3	Jun
Jun	49,2	21,6	Jul
Jul	30,4	16,7	Ago
Ago	22,5	12,3	Set
Set	16,7	8,3	Out
Out	15,1	12,4	Nov
Nov	52,5	29,3	Dez
Dez	80,7	34,3	Jan

Utilizando a estação pluviométrica de Açude Jacurici

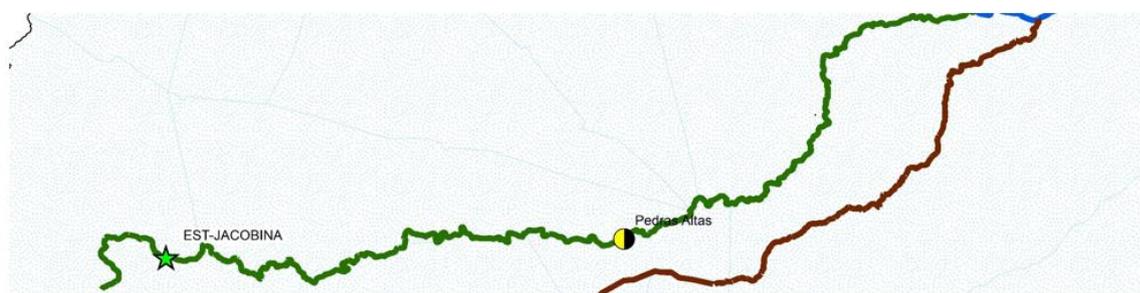


Tempo de retardo =<30 dias

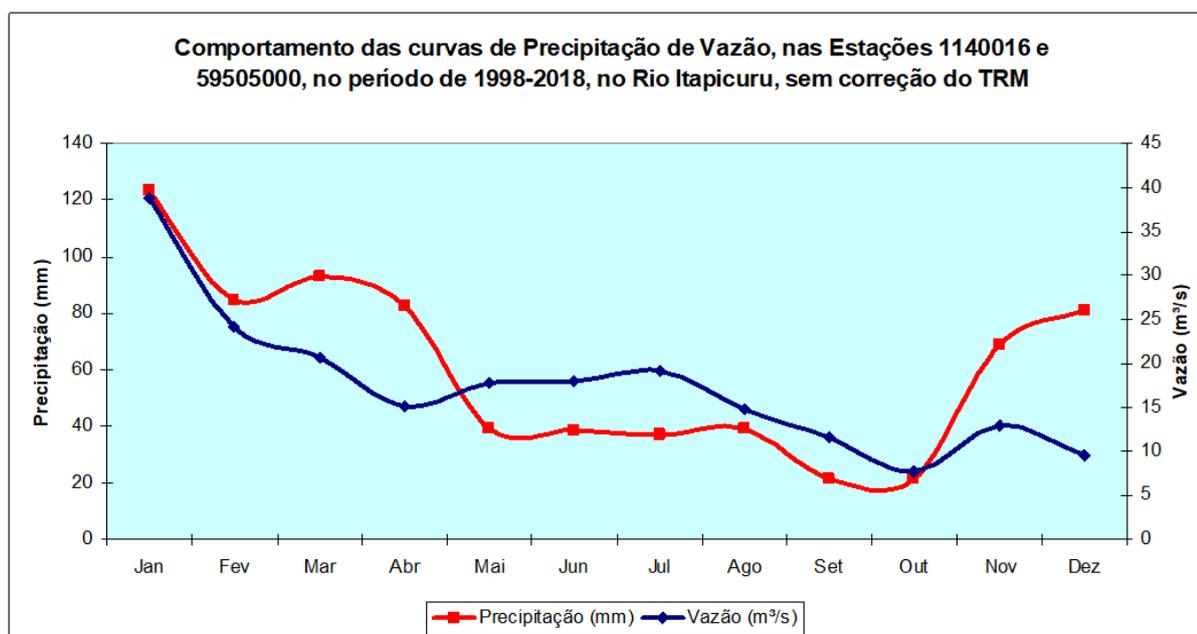
Utilizando a estação pluviométrica de Jacobina

Área de influência do rio Itapicuru-Mirim e Barragem de Pedras Altas: 1998-2018

SEM CORREÇÃO			
Mês	Precipitação (mm)	Vazão (m ³ /s)	MÊS
Jan	123,5	38,7816	Jan
Fev	84,7	24,2075	Fev
Mar	92,8	20,6200	Mar
Abr	82,3	15,0642	Abr
Mai	39,4	17,8198	Mai
Jun	38,4	17,9173	Jun
Jul	37,3	19,1533	Jul
Ago	39,4	14,8522	Ago
Set	21,376	11,5999	Set
Out	21,424	7,7372	Out
Nov	69,0	12,9291	Nov
Dez	81,2	9,5711	Dez

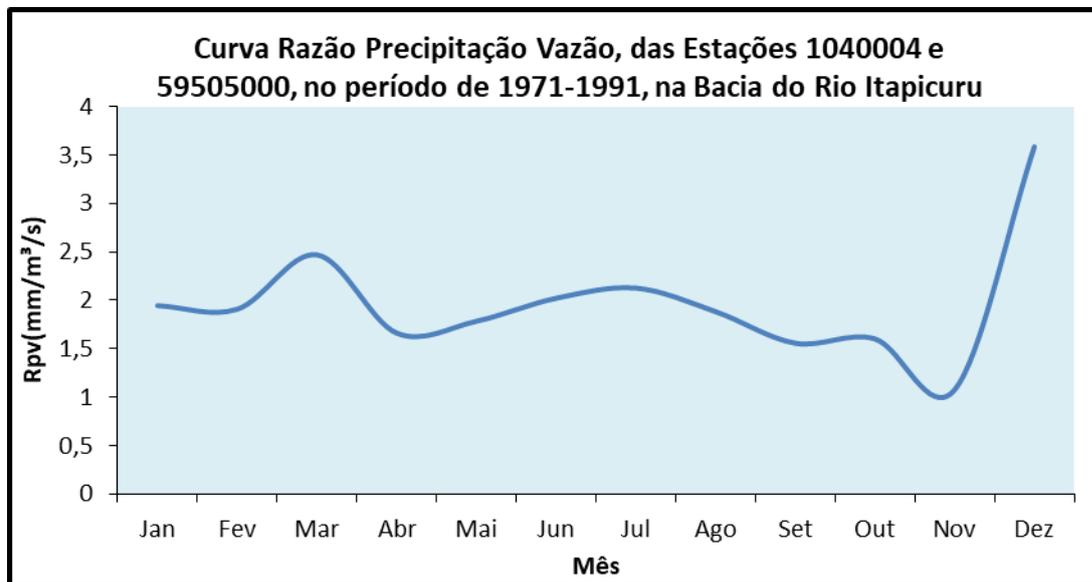


Utilizando a estação pluviométrica de Jacobina

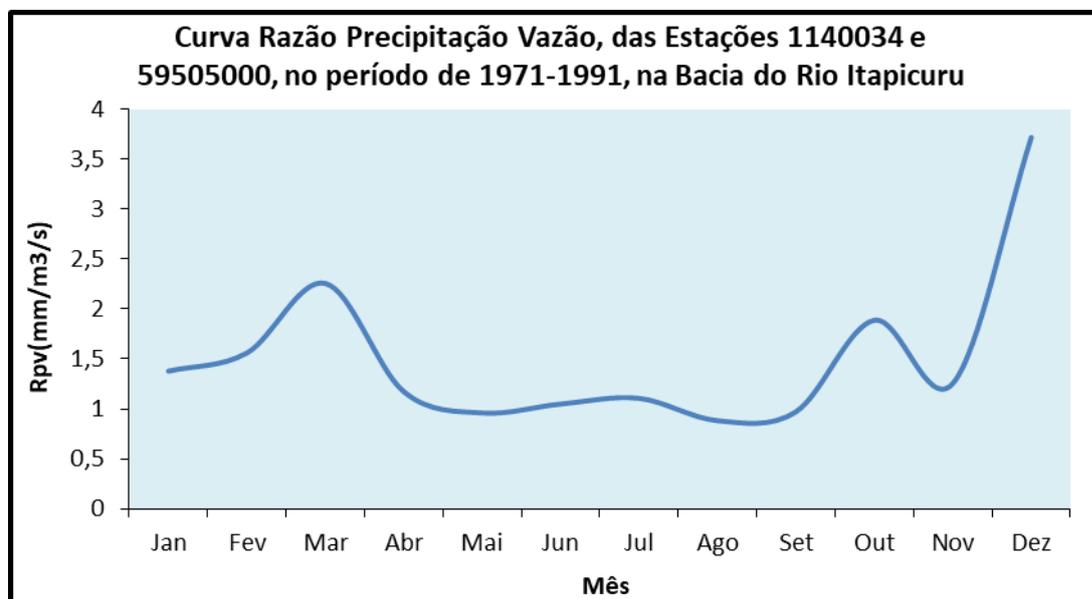


**ANEXO C: CURVA RAZÃO
PRECIPITAÇÃO, VAZÃO - RPV (estações
de Jáguarari, Miguel Calmon, Açude
Jacurici e Jacobina)**

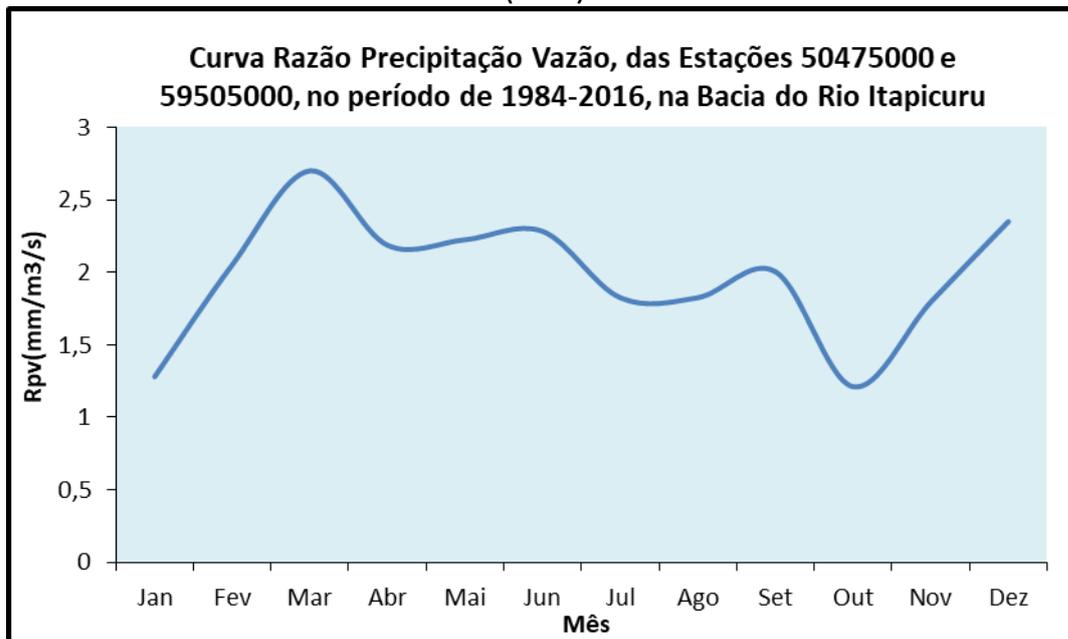
Estação Pluviométrica Jaguarari – 1040004 e Estação Fluviométrica Usina
Altamira - 59505000
(RPV)



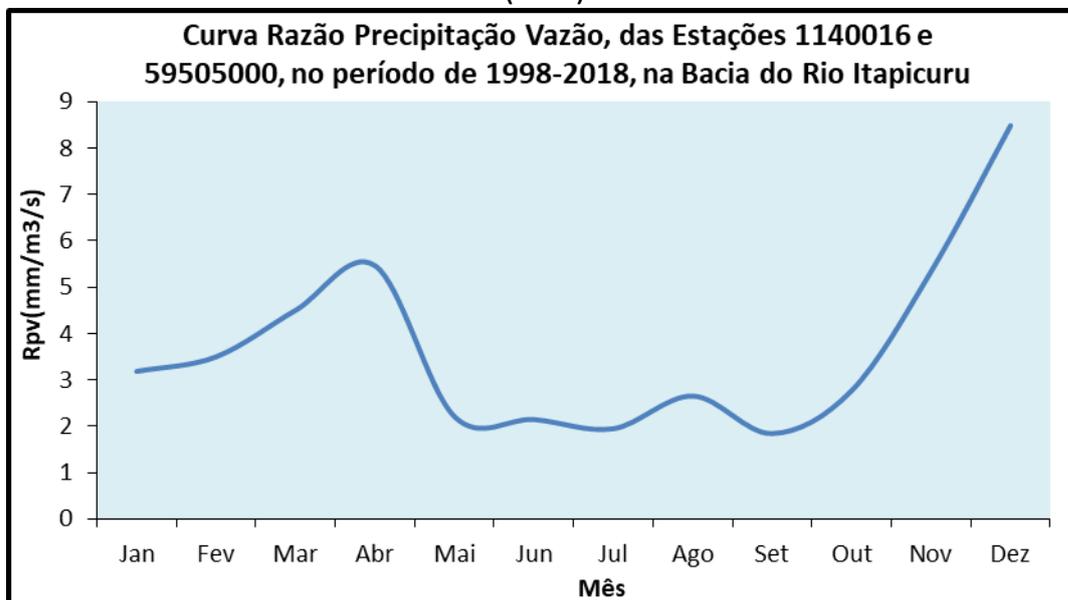
Estação Pluviométrica Miguel Calmon – 1140034 e Estação Fluviométrica Usina
Altamira - 59505000
(RPV)



Estação Pluviométrica Açude Jacurici – 50475000 e Estação Fluviométrica Usina Altamira - 59505000
(RPV)

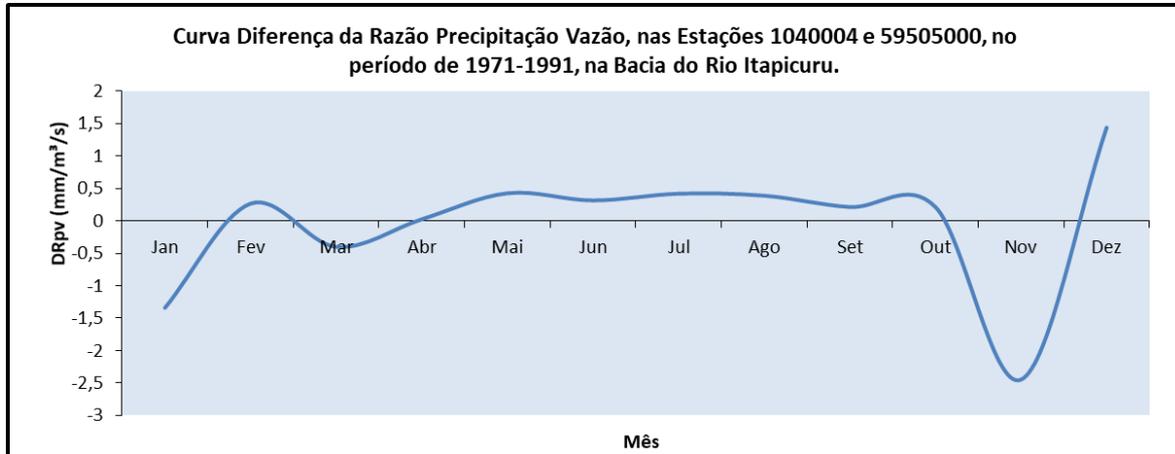


Estação Pluviométrica Estação Jacobina – 1140016 e Estação Fluviométrica Usina Altamira - 59505000
(RPV)

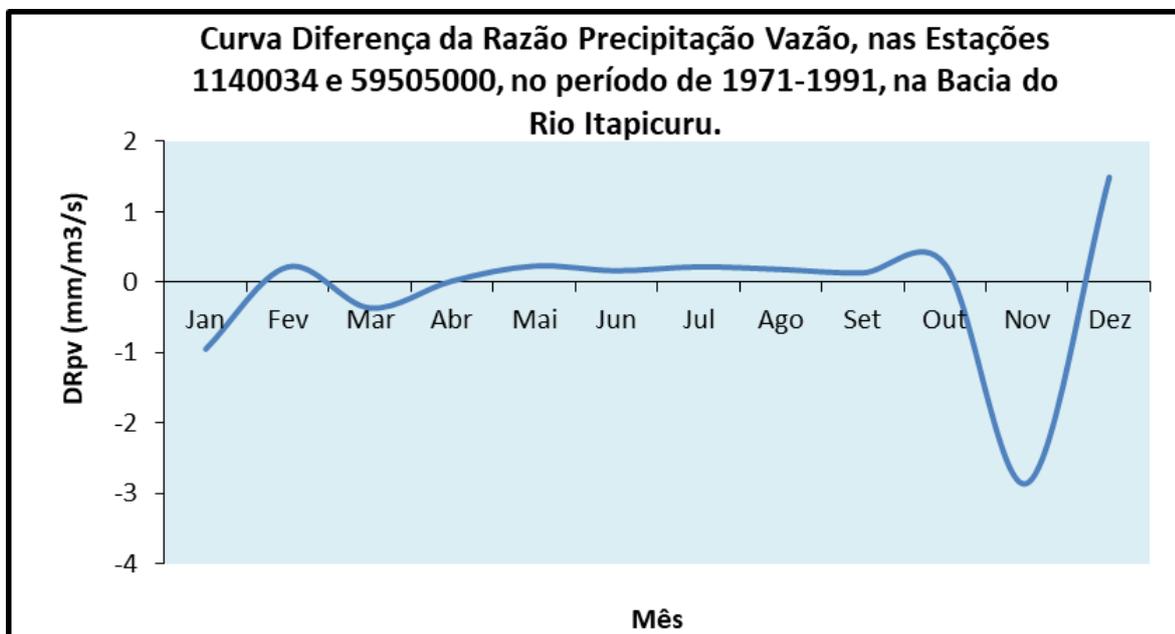


**ANEXO D: CURVA DIFERENÇA RAZÃO
PRECIPITAÇÃO, VAZÃO - DRPV**
(estações de Jáguarari, Miguel Calmon,
Açude Jacurici e Jacobina)

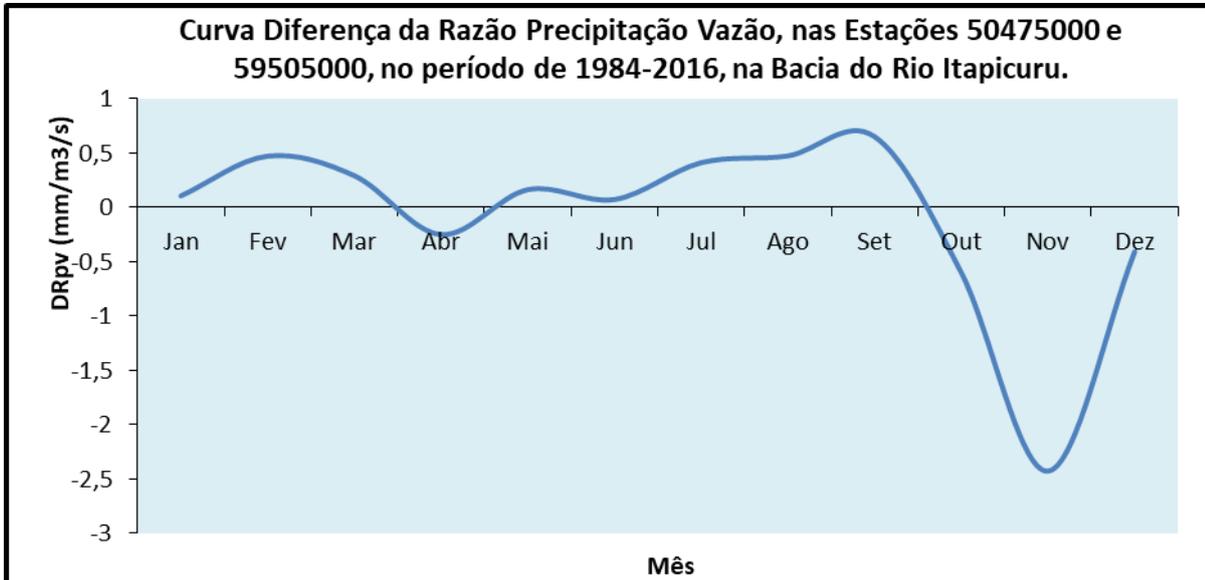
Estação Pluviométrica Jaguarari – 1040004 e Estação Fluviométrica Usina
Altamira - 59505000
(DRPV)



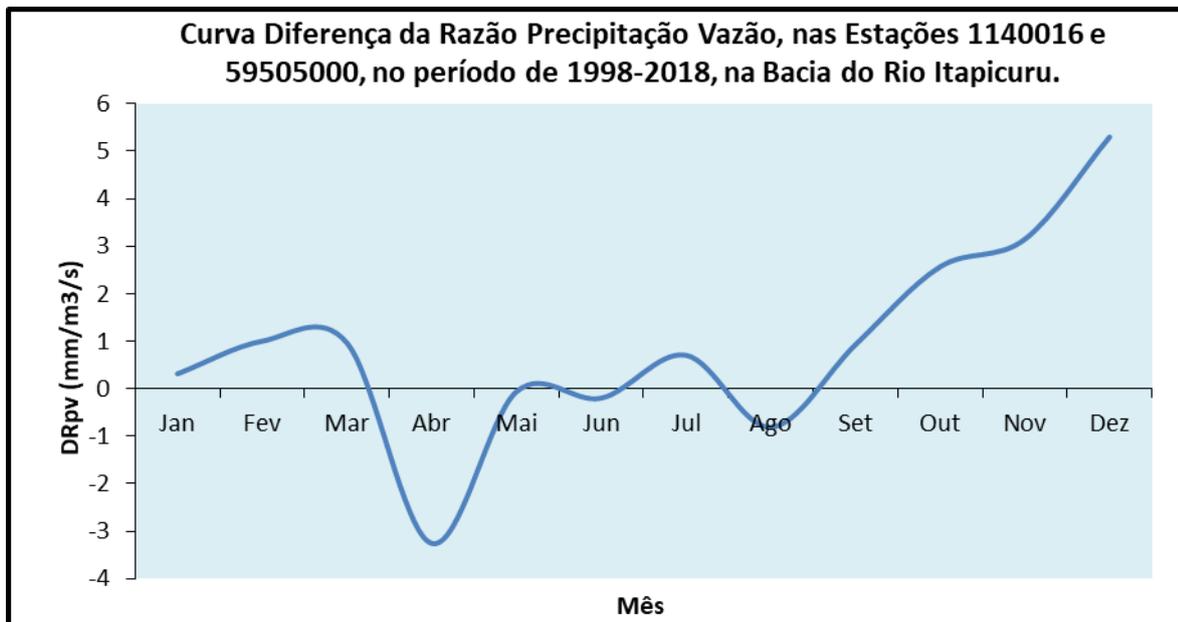
Estação Pluviométrica Miguel Calmon – 1140034 e Estação Fluviométrica Usina
Altamira - 59505000
(DRPV)



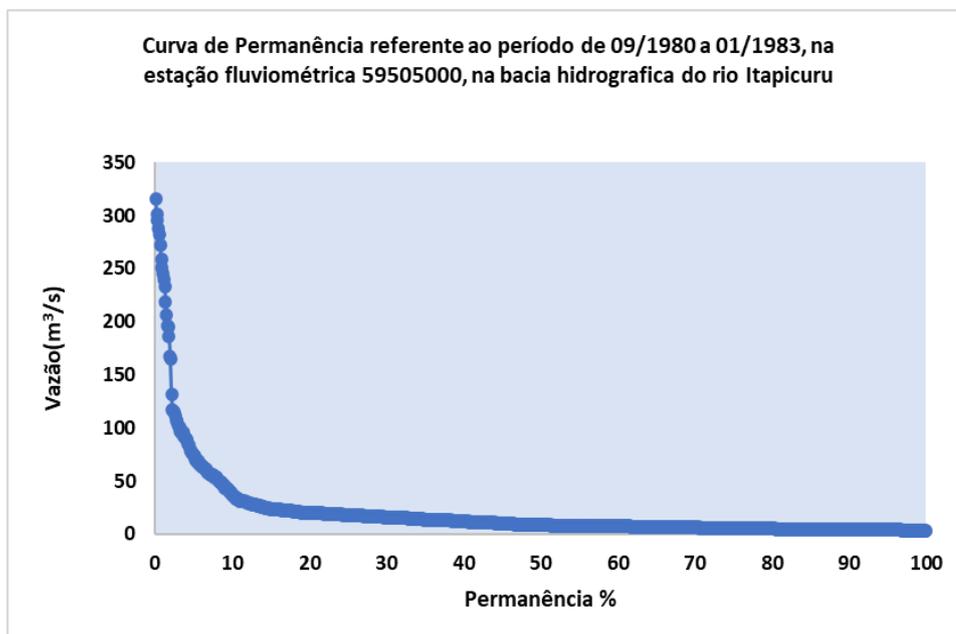
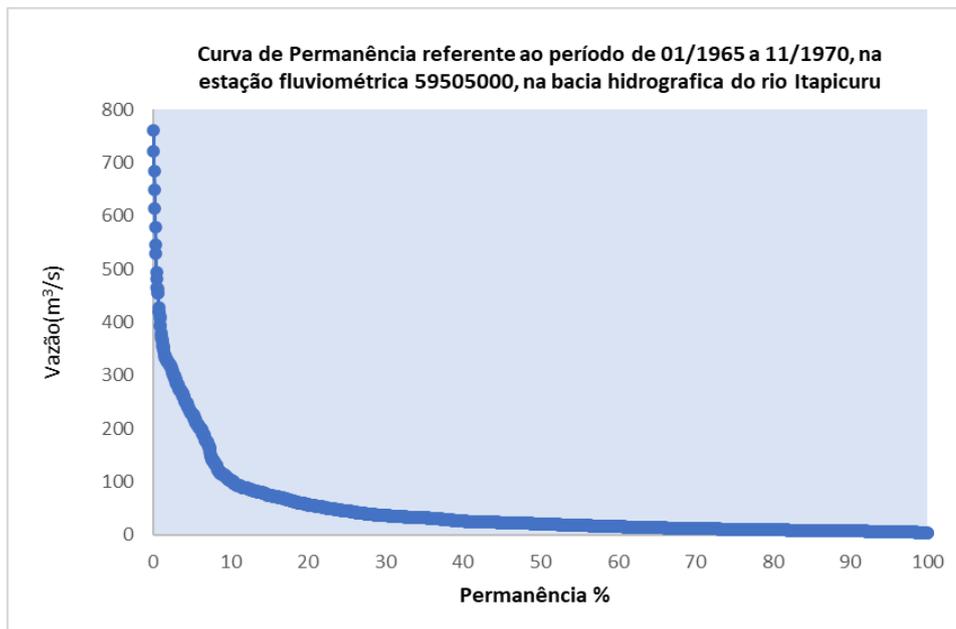
Estação Pluviométrica Açude Jacurici – 50475000 e Estação Fluviométrica Usina Altamira - 59505000
(DRPV)

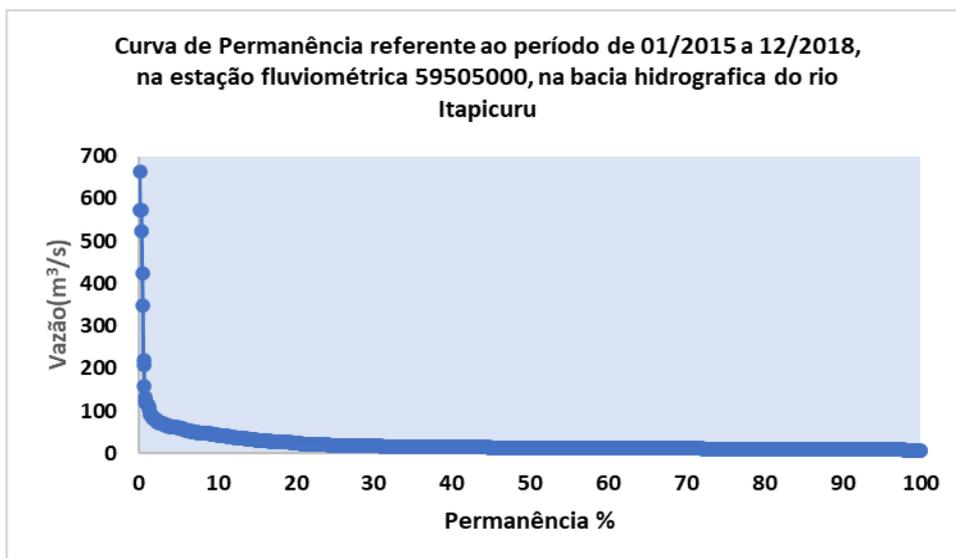
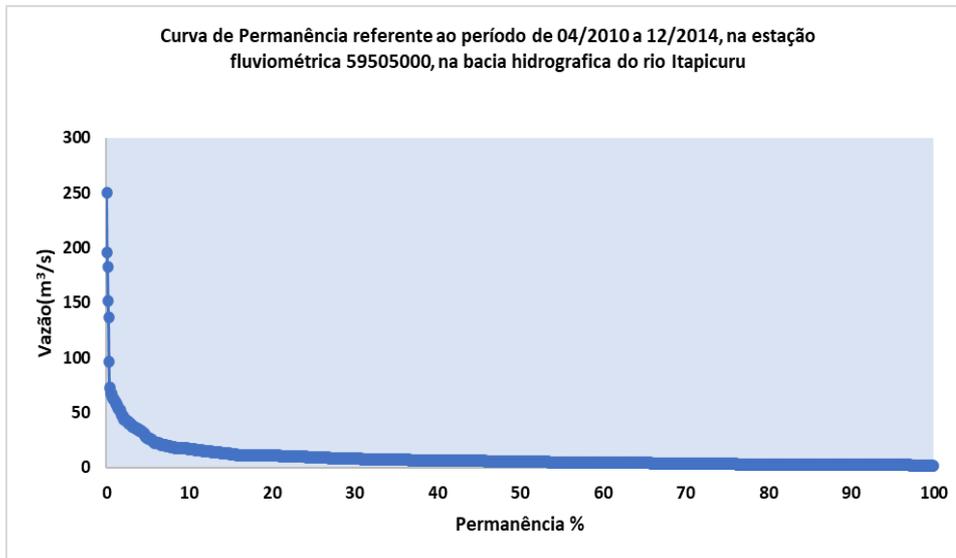


Estação Pluviométrica Estação Jacobina – 1140016 e Estação Fluviométrica Usina Altamira - 59505000
(DRPV)

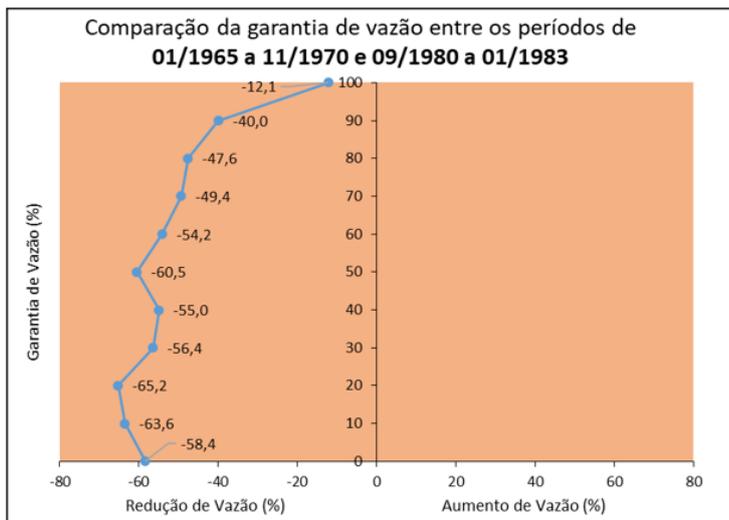


**ANEXO E: Curvas De Permanência
referente ao período de 01/1965 a
11/1970; 09/1980 a 01/1983, 04/2010
a 12/2014 e 01/2015 a 12/2018)**

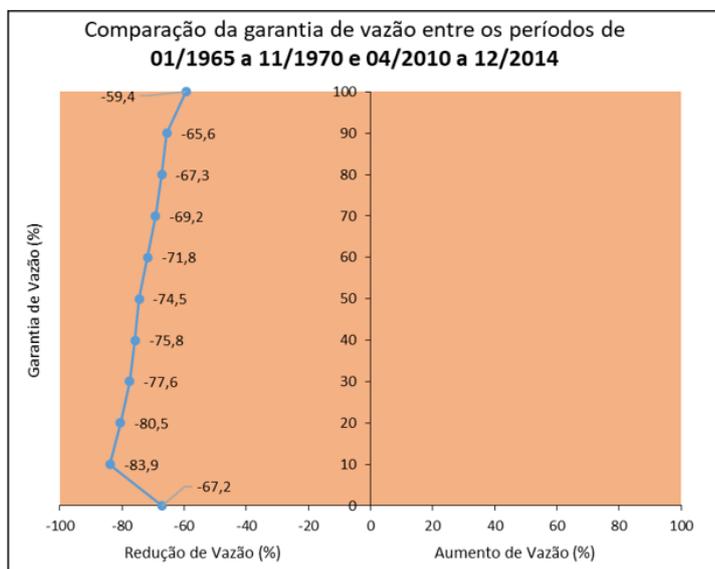




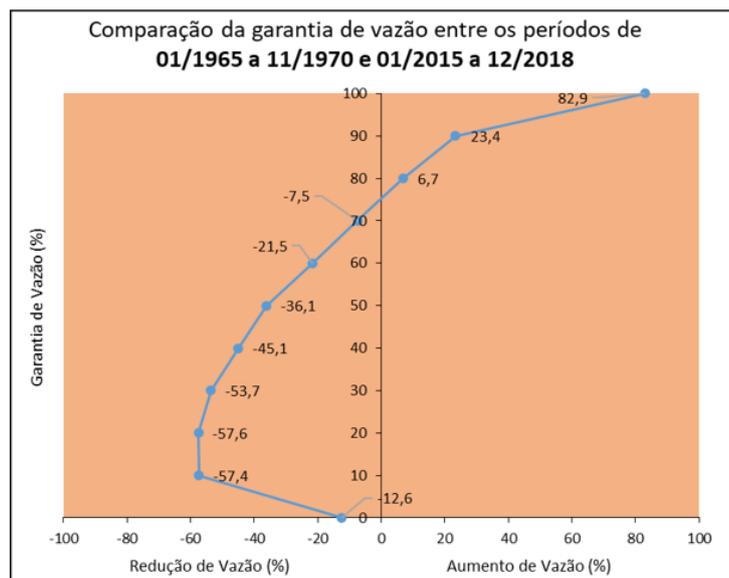
**ANEXO F: Curvas de Garantia referente
ao período de 01/1965 a 11/1970;
09/1980 a 01/1983, 04/2010 a
12/2014 e 01/2015 a 12/2018)**



Garantia (%)	Redução da Garantia (%)
0	-58,4
10	-63,6
20	-65,2
30	-56,4
40	-55,0
50	-60,5
60	-54,2
70	-49,4
80	-47,6
90	-40,0
100	-12,1



Garantia (%)	Redução da Garantia (%)
0	-67,2
10	-83,9
20	-80,5
30	-77,6
40	-75,8
50	-74,5
60	-71,8
70	-69,2
80	-67,3
90	-65,6
100	-59,4



Garantia (%)	Redução e/ou aumento da Garantia (%)
0	-12,6
10	-57,4
20	-57,6
30	-53,7
40	-45,1
50	-36,1
60	-21,5
70	-7,5
80	6,7
90	23,4
100	82,9

**ANEXO G: MODELO DE PLANILHA XLS.
do Sistema de Alerta de Risco de
Cheias no Rio Itapicuru**

SISTEMA DE ALERTA DE RISCO DE CHEIAS NO RIO ITAPICURU-BA

Este trabalho faz parte da dissertação de mestrado intitulada "Avaliação quantitativa de águas superficiais da bacia hidrográfica do rio Itapicuru visando cenários de enchentes e inundações no município de Conde no estado da Bahia, Brasil", defendida no Mestrado Profissional em Ciências Ambientais no ano de 2022

Discente: **Matheus Gonçalves da Silva Souza** email: matheus.engambiental@hotmail.com
Orientadores: **Dra. Carla Silva Souza** email: carla.sousa@ifbaiano.edu.br
PhD Dr. Mário Jorge de Souza Gonçalves email: mariotaboca@gmail.com
Dr. Micael de Souza Fraga email: micaelfraga@gmail.com

Entre com a data do informativo semanal do INEMA: **22/01/2022**

Entre com o volume atual das barragens do informativo semanal do INEMA

Barragem	Volume útil (%) - Inserir	Risco volume (%)
Araci	100	12,57
Pedras Altas	100	12,57
Ponto novo	100	12,57
Rômulo Campos	100	12,57
Cachoeira Grande	100	12,57
Quicé	100	12,57
Aipim	100	12,57

Classificação do Risco de Cheias

Estado de atenção	≥ 70
Estado Normal	< 70

MÊS

JANEIRO	Risco acumulado
Total Risco Mês	100,0%
12%	100,0%
Valor máximo do Risco Mês	Estado de atenção

Risco atual 88%

Valor máximo do Risco Volume 88%

Valor Máximo do Risco Mês

12%

Estado de atenção

Observações:

- 1: Este Sistema de Alerta de Risco de Cheias pode ser utilizado para a cidade de Conde-BA.
- 2: Este Sistema de Alerta de Risco poderá ser utilizado para outras cidades ribeirinhas localizadas na calha principal do Rio Itapicuru
- 3: Os dados do volume atual das barragens pode ser obtido no site do inema, cujo link se encontra disponível no final desta página