

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MODELAGEM HIDROLÓGICA PARA ANÁLISE DE  
BALANÇO HÍDRICO E AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DE  
GESTÃO DE DEMANDA AGRÍCOLA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO URUBU - TO**

**NICOLE JOHN VOLKEN**

**ORIENTADOR: RICARDO TEZINI MINOTI**

**CO-ORIENTADORA: CONCEIÇÃO DE MARIA ALBUQUERQUE  
ALVES**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E  
RECURSOS HÍDRICOS**

**BRASÍLIA / DF: JUNHO / 2022**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**  
**FACULDADE DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

**MODELAGEM HIDROLÓGICA PARA ANÁLISE DE  
BALANÇO HÍDRICO E AVALIAÇÃO DE CENÁRIOS DE  
GESTÃO DE DEMANDA AGRÍCOLA NA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO URUBU – TO**

**NICOLE JOHN VOLKEN**

**DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO DEPARTAMENTO DE  
ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL DA FACULDADE DE  
TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA COMO PARTE DOS  
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE  
MESTRE EM TECNOLOGIA AMBIENTAL E RECURSOS HÍDRICOS.**

**APROVADA POR:**

---

**Prof. RICARDO TEZINI MINOTI, Dr. (ENC/UnB)**  
**(ORIENTADOR)**

---

**Prof. OSCAR DE MORAES CORDEIRO NETTO, Dr. (ENC/UnB)**  
**(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**Profª. ROBERTA MARA DE OLIVEIRA VERGARA, Dr. (UFT)**  
**(EXAMINADOR EXTERNO)**

**DATA: BRASÍLIA/DF, 10 de junho de 2022.**

## FICHA CATALOGRÁFICA

VOLKEN, NICOLE JOHN	
Modelagem hidrológica para análise de balanço hídrico e avaliação de cenários de gestão de demanda agrícola na bacia hidrográfica do Rio Urubu – TO. [Tocantins] 2022. xv, 173 p., 297 mm (PTARH/ENC/FT/UnB, Mestre, Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, 2022)	
Dissertação de Mestrado - Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental.	
1. WEAP	2. Disponibilidade Hídrica
3. Gestão de Alto Nível	4. Irrigação
I. PTARH/ENC/FT/UnB	II. Título (série)

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

VOLKEN, N. J. (2022). Modelagem hidrológica para análise de balanço hídrico e avaliação de cenários de gestão de demanda agrícola na bacia hidrográfica do Rio Urubu – TO. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-245/2022, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 173p.

## CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Nicole John Volken

TÍTULO DA MONOGRAFIA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Modelagem hidrológica para análise de balanço hídrico e avaliação de cenários de gestão de demanda agrícola na bacia hidrográfica do Rio Urubu – TO.

GRAU / ANO: Mestre / 2022.

É concedida à Universidade de Brasília a permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

---

Nicole John Volken  
nicolejvolken@gmail.com  
88058-581 - Florianópolis/SC – Brasil

## AGRADECIMENTOS

À Deus por me amar incondicionalmente e a Nossa Senhora por abrir meus caminhos como só uma mãe pode fazer por uma filha. À minha família por me transmitir os valores que formam o meu caráter e me fazem ter um amor profundo pela vida, pela justiça e pela liberdade;

Aos meus orientadores Ricardo Minoti e Conceição Alves pela imensa aprendizagem ao longo do desenvolvimento desta dissertação, me dedicando sempre bons conselhos, direções e me animando nesta caminhada acadêmica;

A todos os professores do Programa de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos (PTARH/UnB), por me desafiarem com novos conhecimentos e estarem sempre à disposição, e também aos meus colegas de turma do mestrado, que prontamente compartilharam informações técnicas e horas de estudo para alcançar este objetivo;

Aos membros do Projeto Gestão de Alto Nível (GAN), que me acolheram muito receptivamente a equipe de trabalho e me disponibilizaram informações e experiências sobre a área da bacia do Rio Formoso, além de informações sobre agronomia e interações sociais ali existentes. Agradeço em especial ao professor Dr. Fernán Vergara, pelo seu tempo e disposição em me ajudar ao longo de todas as etapas, e também ao Dr. André Fróes que me direcionou pelos cenários a serem aplicados. E ainda a acolhida que tive em Palmas na UFT, na ocasião de participar do “Seminário de Integração do Projeto Rede de Pesquisa para Gestão de Alto Nível dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Formoso – TO”, em especial aos pesquisadores Fabiano Fagundes e Deivison Santos.

Também agradeço aos membros da minha banca de Seminário e Defesa de Mestrado, professores Dr. Oscar Netto e Dr. Roberta Vergara, por disponibilizarem seus conhecimentos para minha avaliação e crescimento acadêmico;

E ao financiamento pela CAPES-ANA da "Rede de Pesquisa para Gestão de Alto Nível dos Recursos Hídricos na Bacia do Rio Formoso -TO" no âmbito do Programa de Apoio ao Ensino e à Pesquisa Científica e Tecnológica em Regulação e Gestão de Recursos Hídricos – Pró-Recursos Hídricos chamada nº 16/2017.

## RESUMO

A bacia hidrográfica do Rio Formoso é muito relevante no estado do Tocantins por sua vocação para a agricultura, onde hoje as duas principais cultivares são o arroz e a soja para sementes. A alta demanda de água para irrigação aliada a um ano com baixas pluviosidades e um período mais extenso de seca, o ano de 2016 registrou uma escassez hídrica na Bacia que se estendeu pelos próximos anos. Este fato ocasionou danos ambientais, econômicos e sociais registrados principalmente na sub-bacia do Rio Urubu, localizada próxima a foz do Rio Formoso. Com o objetivo de avaliar o balanço hídrico no Rio Urubu e fortalecer a gestão dos recursos hídricos na área, este estudo analisou a resposta da vazão do Rio Urubu a quatro diferentes cenários de mudança da demanda para irrigação, utilizando a ferramenta de modelagem hidrológica WEAP. O período de análise foi de julho de 2018 a junho de 2019 devido a maior disponibilidade de dados para esse período. A vazão do Rio Urubu foi calculada com o método *Rainfall Runoff* em nó de bacia hidrográfica e após calibração na comparação com vazões regionalizadas o resultado foi muito bom ( $R^2 = 0,89$ ) para estação Praia Alta e bom ( $NSE = 0,79$ ) para a estação Fazenda Fortaleza. No cenário de referência foi observado que o ponto mais crítico é após o nó de demanda D2, localizado antes do afluente Rio Dueré. Neste ponto de análise foi observado que a vazão do Rio Urubu chega a zero várias vezes durante os meses de julho e agosto. No primeiro cenário alternativo foi necessária uma redução de 35% aplicada sobre todos os nós de demanda para manter uma vazão diferente de zero ao longo de todo o período analisado. No segundo cenário a redução foi aplicada levando em consideração que nem todos os irrigantes realmente reduziram sua demanda. O resultado de redução necessária foi de 40% para participação de 90% e 80% dos irrigantes e de 45% para 70% dos irrigantes. O terceiro cenário mostrou que caso o plantio da soja ocorra 25 dias antes não é preciso reduzir a demanda, porém não é possível aplica-lo devido a restrição sanitária. O quarto cenário antecipar em 10 dias, o que reflete a redução de 20% da demanda sobre todos os irrigantes do Rio Urubu.

**Palavras-chave:** Disponibilidade hídrica; Gestão de Alto Nível; WEAP.

## ABSTRACT

The Formoso river watershed is very relevant in the state of Tocantins for its vocation for agriculture, where today the two main cultivars are rice and soybean for seeds. With the high demand for water for irrigation combined with a year of low rainfall and a longer period of drought, the year 2016 recorded a water shortage in the Basin that lasted for the next few years. This fact caused environmental, economic, and social damages recorded mainly in the sub-basin of the Urubu River, located near the mouth of the Formoso River. To evaluate the water balance in the Urubu River and strengthen the management of water resources in the area, this study analyzed the response of the Urubu River's flow to four different scenarios of changing demand for irrigation, using the WEAP hydrological modeling tool. The analysis period was from July 2018 to June 2019 due to the greater availability of data for this period. The flow of the Urubu River was calculated with the Rainfall Runoff method in a hydrographic basin node and after calibration in the comparison with regionalized flows, the result was very good ( $R^2 = 0.89$ ) for Praia Alta station and good ( $NSE = 0.79$ ) to Fazenda Fortaleza station. In the reference scenario, it was observed that the most critical point is after the demand node D2, located before the tributary river Dueré. At this point of analysis, it was observed that the flow of the Urubu River reaches zero several times during July and August. In the first alternative scenario, a 35% reduction was applied to all demand nodes to maintain a non-zero flow throughout the analyzed period. In the second scenario, the reduction was applied to take into account that not all irrigators reduced their demand. The result of the necessary reduction was 40% for the participation of 90% and 80% of the irrigators and from 45% to 70% of the irrigators. The third scenario showed that if soybeans are planted 25 days earlier, there is no need to reduce demand, but it is not possible to apply it due to sanitary restrictions. The fourth scenario is anticipated by 10 days, which reflects a 20% reduction in demand for all irrigators on the Urubu River.

**Keywords:** water availability; high-level management; WEAP.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	OBJETIVO.....	4
2.1	OBJETIVO GERAL .....	4
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	5
3.1	GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS .....	5
3.2	INSTRUMENTOS DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS .....	9
3.3	CRISE HÍDRICA E CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA .....	14
3.3.1	Manejo de água e métodos de irrigação .....	17
3.4	SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO.....	21
3.5	WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM (WEAP).....	25
3.6	CENÁRIOS APLICADOS EM MODELAGEM HIDROLÓGICA.....	32
4	A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO .....	35
4.1	PROJETO GESTÃO DE ALTO NÍVEL .....	39
5	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	43
5.1	LIMITES POLÍTICOS.....	44
5.2	CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA .....	45
5.3	CLIMA E REGIME HIDROLÓGICO .....	46
5.4	TIPO DE SOLO .....	47
5.5	HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE .....	49
5.6	USO E COBERTURA DO SOLO .....	51
5.7	PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA.....	53
6	METODOLOGIA .....	55
6.1	AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO HIDROLÓGICO.....	57
6.2	ESTRUTURAÇÃO E ANÁLISE DE DISPONIBILIDADE DE DADOS .....	58
6.3	MODELAGEM WEAP.....	60
6.3.1	Bacia Hidrográfica.....	62
6.3.2	Demanda.....	64
6.3.3	Estação fluviométrica .....	67
6.3.4	Requerimento de vazão .....	67
6.3.5	Rio, escoamento superficial e conector de demanda.....	67
6.4	REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES E CALIBRAÇÃO .....	68

6.5	CENÁRIOS ALTERNATIVOS .....	71
6.5.1	Cenário 1.....	73
6.5.2	Cenário 2.....	73
6.5.3	Cenário 3.....	75
6.5.4	Cenário 4.....	75
7	RESULTADOS.....	76
7.1	AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO .....	76
7.2	DADOS DE ENTRADA NO MODELO WEAP .....	80
7.3	REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES .....	84
7.4	SIMULAÇÃO DA VAZÃO .....	87
7.5	ANÁLISE DE CENÁRIOS .....	93
7.5.1	Análise do Cenário 1 .....	97
7.5.2	Análise do Cenário 2 .....	100
7.5.3	Análise do Cenário 3 .....	104
7.5.4	Análise do Cenário 4 .....	106
8	CONCLUSÕES.....	113
9	RECOMENDAÇÕES .....	116
10	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	118
	APÊNDICE A – VAZÃO SIMULADA RIO URUBU E DUERÉ .....	130
	APÊNDICE B – VAZÃO NO RIO URUBU NO CENÁRIO 1 .....	134
	APÊNDICE C – VAZÃO NO RIO URUBU NO CENÁRIO 2 .....	139
	APÊNDICE D – VAZÃO NO RIO URUBU NO CENÁRIO 3 .....	143
	APÊNDICE E – VAZÃO NO RIO URUBU NO CENÁRIO 4 .....	150
	APÊNDICE F – DEMANDA DE ÁGUA PARA CADA BOMBA COM PREENCHIMENTO DE FALHAS.....	159

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Fonte: modificado SINGREH (2019). .....	8
Figura 2 - Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Fonte: ANA, 2017.....	11
Figura 3 - Proposta de alteração da curva de referência Q90 sendo à esquerda o período chuvoso e a direita o período seco no Rio Formoso (Vergara et al., 2013). .....	14
Figura 4 - Características desejáveis de um Sistema de Apoio à Decisão. Fonte: modificado Turban e Aronson (2007). .....	22
Figura 5 - Esquematização da modelagem hidrológica realizada na ferramenta WEAP. Fonte: modificado de SEI (2016). .....	26
Figura 6 - Representação das interações entre as camadas de solo no método <i>Rainfall Runoff</i> WEAP. Fonte: SEI, 2015. ....	30
Figura 7 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Formoso e as bombas de captação de água para irrigação. ....	35
Figura 8 – Imagens do Rio Formoso, sendo a) e b) Rio Formoso durante estação seca no ano de 2016; c) e d) Bombas de captação de água para irrigação no Rio Formoso; e) e f) Canais de irrigação na bacia hidrográfica do Rio Formoso (Fonte: projeto GAN; Google Maps). ....	37
Figura 9 - Vazões outorgáveis e vazões demandadas para o Rio Urubu. Fonte: IAC, 2018. ..	39
Figura 10 – Imagem de monitoramento online das bombas hidráulicas de captação de água para irrigação (Fonte: GAN, 2022). ....	41
Figura 11 – Imagem do sistema de monitoramento da disponibilidade de água nas estações fluviométricas da bacia hidrográfica do Rio Formoso (Fonte: GAN, 2022). ....	42
Figura 12 - Estiagem no Rio Urubu no ano de 2016. Fonte: Reprodução/TV Anhanguera. ...	43
Figura 13 - Localização das bacias hidrográficas do Rio Urubu e Dueré. ....	43
Figura 14 - Limites políticos dos municípios presentes nas bacias hidrográficas do Urubu e Dueré (Tocantins). Elaboração: Volken (2022). ....	44
Figura 15- Precipitação média mensal na bacia hidrográfica do Rio Formoso. Fonte: Alvez <i>et al.</i> , 2016. ....	46
Figura 16 - Distribuição espacial da precipitação média anual na bacia do Rio Formoso. Elaborado: Volken, 2022. ....	47
Figura 17 - Mapa de tipo de solo nas bacias hidrográficas do Urubu e Dueré (Tocantins). Elaboração: Volken (2022). ....	48

Figura 18 - Mapa hipsométrico das bacias hidrográficas Urubu e Dueré (Tocantins). Elaboração: Volken (2022). .....	50
Figura 19 - Mapa de declividade do terreno nas bacias hidrográficas dos rios Urubu e Dueré (Tocantins). Elaboração: Volken (2022). .....	51
Figura 20 - Mapa de uso e cobertura do solo nas bacias dos rios Urubu e Dueré (Tocantins). Fonte: Mapbiomas, 2020. Elaboração: Volken (2022). .....	52
Figura 21 - Hidrografia e localização dos pontos de captação de água nas bacias dos rios Dueré e Urubu (Tocantins). Elaboração: Volken (2022). .....	53
Figura 22 – Fluxograma das principais etapas metodológicas desenvolvidas no estudo.....	55
Figura 23 – Modelo esquemático de representação na ferramenta WEAP da área estudo com os nós de demanda e bacia hidrográfica para modelagem de balanço hídrico.....	61
Figura 24 - Diagrama unifilar dos elementos e nós para simulação no WEAP na área de estudo. ....	62
Figura 25 - Representação dos nós de bacia hidrográfica no modelo WEAP.....	62
Figura 26 - Coeficientes de cultura aplicados ao nó de bacia hidrográfica.....	64
Figura 27 - Período de cultivo da soja e do arroz na bacia do Rio Urubu. ....	65
Figura 28 – Diagrama unifilar dos nós de demanda e estações fluviométricas utilizados para a simulação WEAP. ....	65
Figura 29 - Localização das estações fluviométricas e suas áreas de influência na bacia do Rio Formoso (TO).....	69
Figura 30 – Diagrama unifilar dos pontos de análise dos resultados da simulação hidrológica WEAP e entre os cenários. ....	72
Figura 31 - Vazões registradas nas estações fluviométricas Foz Rio Urubu, Fazenda Fortaleza e Foz Rio Dueré.....	77
Figura 32 - Registro de falhas nas estações fluviométricas Foz Rio Urubu, Fazenda Fortaleza e Foz Rio Dueré.....	77
Figura 33 - Bombas de captação de água no Rio Urubu e registro de disponibilidade de dados no período de análise do estudo. ....	79
Figura 34 - Demanda de água para irrigação após preenchimento de falhas. ....	81
Figura 35 – Comparação do volume total de água captada em cada nó de demanda no Rio Urubu na modelagem WEAP.....	81
Figura 36 - Volume aplicado a cada nó de demanda no Rio Urubu ao longo do ano de referência. ....	81

Figura 37 - Áreas de influência das estações pluviométricas na área de estudo a partir do método de Thiessen. ....	82
Figura 38 - Precipitação média diária na bacia hidrográfica do Rio Urubu. ....	83
Figura 39 - Precipitação média diária na bacia hidrográfica a jusante da estação fluviométrica Foz Rio Dueré. ....	83
Figura 40 – Umidade relativa do ar na estação pluviométrica Lagoa da Confusão (Bacia hidrográfica do Rio Urubu). ....	84
Figura 41 - Vazões regionalizadas para a bacia do Rio Urubu. ....	86
Figura 42 - Resultado da simulação de vazão “WEAP Inicial”. ....	88
Figura 43 - Comparação da vazão registrada na estação fluviométrica Foz Rio Urubu e a vazão "WEAP Inicial". ....	88
Figura 44 - Comparação das vazões regionalizadas com "WEAP Inicial". ....	89
Figura 45 - Comparação das vazões regionalizadas com "WEAP Calibrado". ....	91
Figura 46 - Vazão de referência resultante da simulação WEAP para o Rio Urubu. ....	93
Figura 47 - Vazão remanescente nos pontos de análise P1, P2 e P3, localizados após os nós de demanda ao longo do Rio Urubu. ....	93
Figura 48 – Vazão remanescente do Rio Urubu entre julho e agosto. ....	95
Figura 49 - Volume de água demandado para irrigação e não atendido não atendido para o ano de simulação da pesquisa. ....	96
Figura 50 – Comparação entre a vazão remanescente de referência no Rio Urubu e a vazão com redução de 35% da demanda de água para irrigação, observada em P2. ....	97
Figura 51 – Vazão remanescente nos meses de julho e agosto nos pontos de análise P1, P2 e P3 para 35% e 45% de redução da demanda. ....	99
Figura 52 - Volume de água demandado por 90%, 80% e 70% das bombas hidráulicas. ....	101
Figura 53 - Vazão no Rio Urubu no ponto P2, nas situações de redução da demanda para 90%, 80% e 70% das bombas hidráulicas. ....	102
Figura 54 - Antecipação da demanda de água em 25 dias. ....	105
Figura 55 - Vazão remanescente no ponto de análise P2 no Rio Urubu para cenário de referência e 25 dias de antecipação de demanda de água para irrigação. ....	105
Figura 56 - Antecipação em 5 dias do volume de água demandada para irrigação. ....	106
Figura 57 - Antecipação em 10 dias do volume de água demandada para irrigação. ....	107
Figura 58 - Antecipação em 5 dias do volume de água demandada para irrigação com redução de 30% em relação à demanda de referência. ....	107

Figura 59 - Vazão remanescente nos pontos de análise P1, P2 e P3, com antecipação da demanda em 5 dias e redução de 30% da demanda. ....	108
Figura 60 - Vazão no Rio Urubu para antecipação de demanda em 10 dias avaliando o ponto P2.....	109
Figura 61 - Demanda de água com antecipação de 10 dias e redução de 20% em relação a referência. ....	110
Figura 62 - Vazão remanescente nos pontos de análise P1, P2 e P3, com antecipação da demanda em 10 dias e redução de 20% da demanda. ....	110

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens de diferentes sistemas de irrigação. Fonte: modificado de Testezlaf (2017) e SENAR (2019). .....	20
Tabela 2 - Municípios e suas porcentagens de área dentro da bacia do Rio Urubu. Fonte: SRHMA, 2009.....	45
Tabela 3 - Características morfométricas da bacia do Rio Urubu e Dueré. Fonte: Marinho Filho <i>et al.</i> (2013).....	46
Tabela 4 - Porcentagem de tipo de solo nas bacias do Urubu e Dueré. ....	48
Tabela 5 - Porcentagem de área em relação ao intervalo hipsométrico. ....	49
Tabela 6 - Declividade do terreno nas bacias hidrográficas dos rios Urubu e Dueré (Tocantins). ....	50
Tabela 7 - Porcentagem das classes de uso e cobertura do solo nas bacias dos rios Urubu e Dueré (Tocantins).....	51
Tabela 8 - Estações fluviométricas localizadas na área de estudo com dados disponíveis para o período de análise.....	58
Tabela 9 - Dados de entrada para a modelagem hidrológica e suas fontes.....	59
Tabela 10 - Estações pluviométricas utilizadas no método de Thiessen.....	60
Tabela 11 - Dados climáticos utilizados para a modelagem hidrológica. ....	60
Tabela 12 - Dados de entrada do modelo WEAP para cálculo de vazão utilizando o método <i>Rainfall Runoff</i> . ....	63
Tabela 13 - Bombas hidráulicas de captação de água referentes a cada nó de demanda simulado no modelo WEAP para a Bacia Hidrográfica do Rio Urubu/TO. ....	66
Tabela 14 - Estações fluviométricas utilizadas na regionalização de vazão. ....	68
Tabela 15 - Valores de classificação dos medidores de performance estatística $R^2$ e Nash-Sutcliffe na simulação de bacias hidrográficas. Fonte: Moriasi <i>et al.</i> (2015).....	71
Tabela 16 - Condições de simulação dos cenários alternativos em comparação a condição de referência. ....	72
Tabela 17 - Parcela das bombas de captação de água com redução de demanda. ....	74
Tabela 18 - Identificação das estações pluviométricas utilizadas para cálculo da precipitação média pelo método de Thiessen. ....	82
Tabela 19 – Características morfométricas das bacias hidrográficas de interesse. ....	84
Tabela 20 - Valores modificados na calibração do modelo WEAP. ....	90
Tabela 21 - Resultado da análise estatística do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).....	91

Tabela 22 - Resultado da análise estatística de desempenho para análise de eficiência Nash-Sutcliffe (NSE).....	92
---	----

## LISTA DE ABRIVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

ANA – Agência Nacional de Águas

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CERH – Conselho Estadual de Recursos Hídricos

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

GAN – Gestão de Alto Nível

GET – Governo do Estado do Tocantins

IAC – Instituto de Atenção às Cidades

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MDR – Ministério do Desenvolvimento Regional

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

SAD – Sistema de Apoio à Decisão SEI – *Stockholm Environment Institute*

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SINGREH – Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SRHMA – Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Tocantins

UFT – Universidade Federal do Tocantins

WEAP – *Water Evaluation and Planning System*

ha – Hectares

L – Litros

km – Quilômetros

m<sup>3</sup> – Metros cúbicos

s – Segundos

# 1 INTRODUÇÃO

A gestão dos recursos hídricos é fundamentada na definição de uma estrutura legal e institucional, que com um conjunto de ações buscam por meio do planejamento prévio a manutenção da disponibilidade de água em quantidade e qualidade. De modo a facilitar o entendimento sobre a dinâmica hidrológica e poder usufruir das vantagens naturais que uma bacia hidrográfica possui em detrimento de outras unidades territoriais, normalmente a gestão dos recursos hídricos é feita nesta escala (SEMAD, 2008; Bordallo, 1995; Paiva e Paiva, 2001; Nascimento e Villaça, 2008).

Suprir as necessidades ambientais e socioeconômicas em um país de dimensões continentais, com complexos biomas e níveis de maturidade diferentes na gestão dos recursos hídricos, como é o caso do Brasil, se mostra um grande desafio, que pode resultar em balanços hídricos desfavoráveis e insegurança hídrica, mesmo em regiões de alta disponibilidade de água (Phillippi Jr. *et al.*, 2009; Tundisi, 2013).

O desenvolvimento agrário do Brasil ocupa posições de destaque a nível mundial, o que reflete na demanda de água para irrigação, representando mais da metade do volume captado de corpos hídricos superficiais no país (ANA, 2020). O Estado do Tocantins vem se tornando uma potência agrícola nos últimos anos, com o Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP), chegando a R\$18,8 bilhões no ano de 2021, com destaque para a produção de arroz ficou em terceiro lugar a nível nacional de produção, e também a soja e o milho (IBGE, 2022; MAPA 2022).

A Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, localizada na região sudoeste do estado do Tocantins, possui um terreno de topografia muito plana, com várzeas largas que inundam naturalmente durante a estação chuvosa, sendo esta área responsável pela alta produtividade agrícola da Bacia, principalmente relacionada ao arroz. Porém, durante a estação de seca pluviométrica, característica da região, também são cultivados graças ao sistema de irrigação instalado, o feijão, a melancia e a soja para sementes, que recebe destaque no cenário nacional (SEPLAN, 2016; Santos e Rabelo, 2008; Farias *et al.*, 2018; Vergara *et al.*, 2013).

A união de fatores como a alta demanda de água para a irrigação, um período de estiagem prolongado e precipitações abaixo das registradas em anos anteriores, fez com que no ano de 2016 a Bacia Hidrográfica do Rio Formoso enfrentasse uma crise hídrica severa, com o registro da interrupção da vazão tanto no Rio Formoso, quanto em seu afluente Rio Urubu (IAC,

2018; Fleischmann *et al.*, 2017; G1, 2016). Esta situação resultou na suspensão temporária das outorgas de água da Bacia por meio de um pedido do Ministério Público do Estado do Tocantins ao Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), porém como a situação da crise hídrica é caracterizada por um balanço entre demanda e disponibilidade de água desfavorável, especialmente na estação seca, ela permanece pendente de uma solução definitiva até os dias atuais (IAC, 2018; Naturatins, 2016; Toledo, 2021).

Os elevados volumes de água captada para a irrigação na área da Bacia do Rio Formoso são justificados pela sua vasta área de produção, mas também pelas características de baixa eficiência na aplicação da água nas culturas. Esse sendo decorrente das características do principal método de irrigação aplicado na região, a sub-irrigação por elevação do lençol freático que utiliza grandes quantidades de água para suprir a demanda. Além disso, também ocorrem perdas de água por evaporação e infiltração nos canais que transportam a água (Testezlaf, 2017; IBGE, 2019, IAC, 2018).

Para além dos aspectos técnicos de produção agrícola, também existe uma necessidade de alteração nos instrumentos de gestão hídrica aplicados na Bacia do Rio Formoso, em especial uma revisão das outorgas concedidas. A participação ativa dos agentes fiscalizadores, o monitoramento da disponibilidade e demanda de água, e estudos que possam ampliar a compreensão sobre o balanço hídrico na Bacia, podem ser apontados como ações necessárias para o retorno mínimo da manutenção do equilíbrio ambiental da região (IAC, 2018).

Como forma de expandir o entendimento sobre as dinâmicas hidrológicas, sociais e econômicas em uma área de gestão hídrica, a aplicação de modelos matemáticos vem sendo cada vez mais utilizados (Magalhães e Barp, 2014). Essas ferramentas normalmente utilizam como área uma bacia hidrográfica e são capazes de representar com certa segurança o cenário de referência, que usualmente reflete as características atuais de demanda e disponibilidade hídrica, ou um período específico que se deseja analisar (Simonovic, 2009).

Algumas ferramentas podem ainda simular cenários alternativos que permitem avaliar diferentes estratégias de ação, como a implementação de políticas públicas voltadas para a gestão hídrica, mudanças no comportamento dos agentes, alteração de tecnologias de irrigação, ou ainda, fatores climáticos extremos como estiagens, o que pode ser muito vantajoso para auxiliar na tomada de decisões pelos gestores de recursos hídricos (Jamieson e Fedra, 1996; Simonovic, 2009; Ermolieva *et al.*, 2022; Gorgoglione *et al.*; 2019).

Com o intuito de ampliar o conhecimento sobre as dinâmicas hidrológicas na área da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso e possibilitar o subsídio de informações para auxiliar os gestores dos recursos hídricos a aprimorar a aplicação dos instrumentos de gestão, como a outorga de uso da água, e também aos usuários da bacia, para fortalecer a busca por alternativas mais eficientes na aplicação da água às culturas, este estudo se caracterizou como pioneiro na análise de modelagem hidrológica aplicada a Bacia Hidrográfica do Rio Urubu/TO, uma das sub-bacia do Rio Formoso.

A escolha da área se deu em favor da disponibilidade de dados de monitoramento hidrológico em comparação com os registros das demais áreas da bacia, necessários para a simulação do balanço hídrico na ferramenta *Water Evaluation and Planning System* (WEAP). Outro fator para escolha da área foi a forte atividade agrícola que demanda altos volumes de água, levando a interrupções na vazão do Rio Urubu durante a crise hídrica do ano de 2016.

Além da análise do balanço hídrico no cenário de referência, de julho de 2018 a junho de 2019, foram aplicados quatro cenários alternativos, como propostas de mudança nos volumes de água captada para a irrigação, frente a alterações técnicas que possibilitem maior eficiência no manejo da água na agricultura, com foco no arroz e na soja para sementes.

Este documento está estruturado em dez capítulos. O Capítulo 1 consiste na Introdução, o Capítulo 2 apresenta os objetivos do presente projeto de pesquisa, o Capítulo 3 é referente à fundamentação teórica e revisão bibliográfica, apresentando uma visão geral sobre a gestão de recursos hídricos que vem sendo implementada no Brasil, os conflitos decorrentes da escassez hídrica, a importância dos sistemas de apoio à decisão e a utilização da ferramenta de modelagem WEAP para auxiliar na gestão dos recursos hídricos são abordados.

O Capítulo 4 apresenta a situação hídrica da bacia do Rio Formoso, da qual o Rio Urubu faz parte. No Capítulo 5 é apresentada a caracterização da área de estudo. O Capítulo 6 descreve a metodologia desenvolvida no estudo para simulação da vazão para o Rio Urubu e a descrição dos cenários alternativos. O Capítulo 7 apresenta os resultados obtidos no estudo. O Capítulo 8 apresenta a conclusão do estudo e no Capítulo 9 as recomendações acerca da utilização do estudo e seu aprimoramento. No Capítulo 10 estão as referências bibliográficas utilizadas. Existe ainda um Anexo com as principais informações de dados de entrada e resultados obtidos.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver uma metodologia para contribuir para o entendimento do balanço hídrico na bacia hidrográfica do Rio Urubu/TO a partir de simulação hidrológica e aprimorar a relação entre disponibilidade e demanda de água para irrigação com base na proposição de cenários alternativos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Com propósito de alcançar o objetivo geral, foram delimitados os seguintes objetivos específicos:

- Analisar a rede de monitoramento hídrico considerando aspectos ambientais e de segurança hídrica para usuário bacia do Rio Urubu;
- Modelar a vazão do Rio Urubu e seu afluente Rio Dueré, por meio da utilização do modelo WEAP pelo método *Rainfall Runoff*;
- Construir e analisar cenários de alocação de água e seus impactos socioambientais por meio da utilização do modelo WEAP;

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

Neste capítulo será apresentada uma visão geral sobre a gestão dos recursos hídricos no Brasil e as condições que podem levar a situações de crise hídrica, como desequilíbrio entre demanda e disponibilidade de água, em especial na agricultura. Também será apresentado o conceito de sistemas de apoio a decisão e como podem auxiliar os agentes responsáveis por meio da utilização de ferramenta de modelagem hidrológica, como o WEAP, a promover alterações nas políticas e acordos entre os usuários de uma unidade de gestão hídrica.

#### **3.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS**

A água é elemento fundamental à vida e é responsável pela manutenção dos sistemas ecológicos que existem na Terra. A água também possui um papel indispensável para o desenvolvimento social e econômico tendo em vista os seus múltiplos usos, que podem ir da conservação ambiental até à diluição de efluentes. Assim, a gestão e o gerenciamento dos recursos hídricos são especialmente importantes para a manutenção da água em quantidade e qualidade, em especial no século XXI, em que a competição e os conflitos pelo uso da água vêm se intensificando (Tundisi, 2013).

A princípio na maior parte dos países a água era tratada de forma distinta por cada setor que a utilizava, seja a irrigação, a pesca, navegação, geração de energia ou saneamento, e assim, não havia uma interligação entre os setores. Além disso, o enfoque da gestão das águas era voltado para situações de desastres que contaminavam a água ou em situações de escassez, de modo que a atuação visava à remediação do problema. Porém, notou-se que era preciso tornar esse processo mais eficiente e a partir da conferência de Dublin em 1992, muitos países mudaram sua legislação passando a realizar a gestão das águas com um enfoque no planejamento de ações a fim de evitar problemas relacionados à disponibilidade e qualidade da água (Tundisi, 2013).

Como forma de promover a utilização sustentável da água, a SEMAD (2008) conceitua a gestão dos recursos hídricos como a elaboração de documentos com orientações e normas que estabeleçam um sistema que opere em favor do planejamento para a conservação dos recursos hídricos. Nascimento e Villaça (2008) destacam que a gestão dos recursos hídricos deve fomentar políticas públicas voltadas para a participação social, uma vez que segundo Paiva e Paiva (2001) o planejamento realizado em uma unidade de gestão hídrica deve levar em consideração as principais atividades nela desenvolvidas e considerar os anseios da sociedade.

A escolha da bacia hidrográfica como unidade territorial de gestão hídrica está ligada à vantagem de que ela é uma área física bem definida em que há uma descentralização do gerenciamento do recurso, desempenhada na política tradicional pelos municípios e estados. Assim, como a unidade da bacia hidrográfica possui um ecossistema hidrologicamente integrado deve também existir uma visão sistêmica dos processos para o gerenciamento adequado dos recursos nesta escala (Tundisi, 2006).

Uma vantagem associada a utilização de bacia hidrográfica como unidade de gestão está ligada a uma maior facilidade de registro das variáveis hidrológicas e ambientais, o que facilita o estudo dos diferentes processos que influenciam na disponibilidade de água em uma bacia hidrográfica (Tucci, 1993). Uma forma bastante utilizada para ampliar a compreensão das dinâmicas hidrológicas da bacia é avaliar as suas características morfométricas que consistem em uma série de procedimentos que buscam estabelecer relações suas características geométricas e relacionando-as com seus aspectos ambientais (Christofoletti, 1999; Rocha *et al.*, 2014, Villela e Mattos, 1975; Christofoletti, 1970). As características morfométricas normalmente empregadas são descritas a seguir:

- **Área da bacia (A):** é a área drenada pelo conjunto pelos corpos de água presentes na bacia hidrográfica, sendo ela calculada por sua projeção horizontal.
- **Perímetro da bacia (P):** consiste no comprimento total da linha imaginária que representa o divisor de água da bacia hidrográfica.
- **Comprimento do canal principal (L):** refere-se a distância entre a nascente do rio considerado principal e sua foz.
- **Comprimento total dos canais (Lt):** corresponde a soma do comprimento de todos os rios presentes na bacia hidrográfica.
- **Densidade de drenagem (Dd):** é uma relação entre o comprimento total dos corpos d'água com a área de drenagem.
- **Coefficiente de compacidade (C):** é uma grandeza adimensional que varia seu valor em relação a forma da bacia. Desse modo, uma bacia com coeficiente de compacidade igual a 1 teria a forma de um círculo, e valores maiores, mais irregular é a forma da bacia.
- **Índice de circularidade (IC):** parecido com o coeficiente de compacidade, o índice de circularidade procura verificar se a forma da bacia se aproxima a de um círculo.
- **Fator de forma (F):** esse fator procura associar o formato da bacia hidrográfica a um retângulo, de forma que quanto mais similar ao formato, menor o valor do fator de forma e menores serão os picos de enchente.

- **Ordem dos cursos d'água (nº):** essa característica está associada à quantidade de ramificações de cursos de água na bacia e que são responsáveis pela drenagem da bacia.

Bernardi *et al.* (2013) ressaltam que quando o planejamento de gestão hídrica é feito em uma escala de bacias hidrográficas, existe a valorização das singularidades contidas em cada uma o que fortalece o desenvolvimento de estratégias e ações para a implementação das metas que devem estar contidas no plano de bacia hidrográfica. Para isso, é preciso um monitoramento dos processos hidrológicos, climatológicos, antrópicos e outros que venham a causar alguma interferência na área da bacia, de forma que a aplicação do planejamento seja adequada.

Para Porto e Porto (2008) a escala da bacia hidrográfica na qual será aplicada a gestão dos recursos hídricos deve variar com a complexidade dos problemas a serem solucionados. Além disso, Bordallo (1995) observa que em uma escala de bacia hidrográfica a gestão se torna multidisciplinar, ou seja, não apenas a questão hídrica, mas de conservação do meio ambiente e a ocupação territorial passam a ser mais eficientes quando elaboradas e aplicadas em conjunto, e assim, o planejamento de metas, aplicação de recursos financeiros e execução de ações, refletem em uma gestão mais sustentável dos recursos naturais disponíveis.

No Brasil, a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433/1997, apresenta em seu Art. 1º, que trata dos fundamentos da política, que a água é um bem de domínio público e que possui um valor econômico ligado a ela uma vez que se entende que é um recurso natural escasso. Traz ainda que a gestão dos recursos hídricos deve ser realizada de forma descentralizada e com a participação da sociedade civil, dos usuários e o poder público, levando em consideração os múltiplos usos que a água pode ter e assim, pretende terminar com a hegemonia do setor de geração elétrica que até o momento era o que detinha a prioridade dos usos (Brasil, 1997; Borsoi e Torres, 1997).

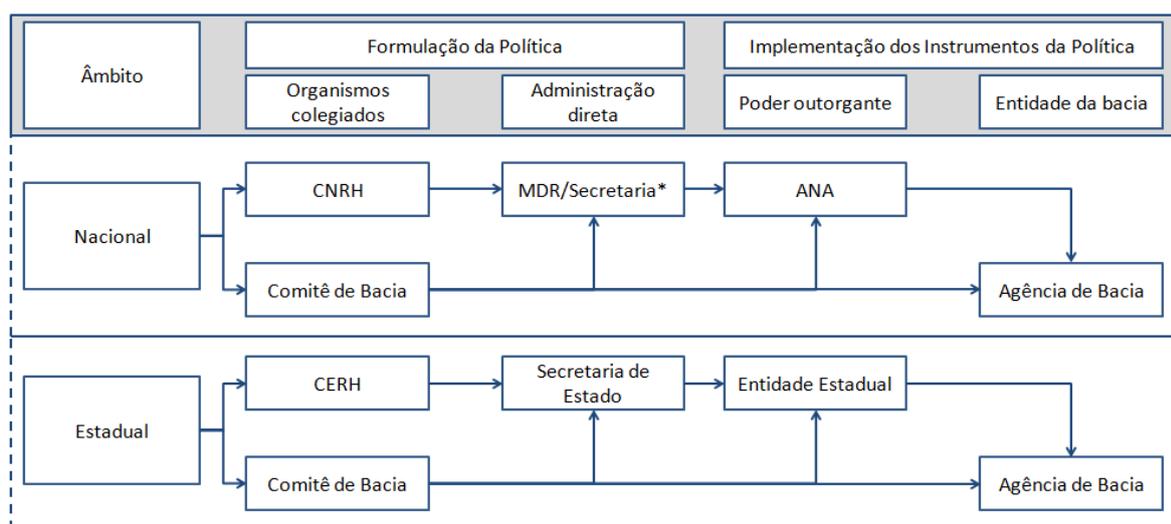
Apesar de mais usual, a bacia hidrográfica não é a única delimitação de área que pode ser escolhida como unidade de gestão de recursos hídrico. Mattos *et al.* (2003) citam como exemplos de unidades de gestão também as microrregiões que englobem partes de mais de uma bacia hidrográfica e áreas de influência de reservatórios. Com a realização cada vez mais frequente de obras de engenharia que fazem a transposição de água entre bacias hidrográficas, a gestão desse recurso passa a ter uma área mais complexa, envolvendo bacias que naturalmente não estariam conectadas (Regô *et al.*, 2017). Flammini *et al.* (2014) propõe que devido a interligação entre água, energia e a produção de alimentos, a gestão dos recursos hídricos deve

possui uma abordagem que considere novas áreas de influência do recurso natural no contexto dos mananciais.

A PNRH apresenta o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) como o responsável por sua implementação, ficando assim como um coordenador da gestão integrada, que deve atuar como regulador e responsável pela implementação dos instrumentos de gestão previstos na Lei nº 9.433/1997, além de ser a primeira instância em que se poderá arbitrar sobre os conflitos que possam ocorrer na bacia hidrográfica em relação aos seus múltiplos usos.

O SINGREH atua tanto sobre os corpos d'água de domínio da união, que são aqueles que possuem a nascente e a foz em mais de um estado brasileiro ou que foram construídos com recursos federais, como o caso de barragens e reservatórios, quanto nos demais corpos d'água que são considerados como de domínio estadual (IPEA, 2012).

A estrutura do SINGREH é composta por instâncias colegiadas que deliberam sobre os recursos hídricos e também pelos atores da administração regional, sendo eles os responsáveis pela formulação de políticas públicas voltadas para a gestão das águas. Os responsáveis pela implementação dos instrumentos da PNRH, como a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e as Agências de Bacia também constituem do SINGREH (IPEA, 2012). O fluxograma da Figura 1 apresenta a estrutura organizacional do SINGREH.



\* Secretaria Nacional de Segurança Hídrica que compõe o Departamento de Recursos Hídricos e de Revitalização de Bacias Hidrográficas

Figura 1 - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Fonte: modificado SINGREH (2019).

Fazem parte desse sistema em escala nacional o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o Ministério de Desenvolvimento Regional, com a Secretaria Nacional de Segurança Hídrica e o Departamento de Recursos Hídricos e de Revitalização de Bacias Hidrográficas, os comitês de bacias hidrográficas de corpos d'água de responsabilidade da União, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico e as agências de bacias federais. Em escala estadual existe o Conselho Estadual de Recursos Hídricos, o Governo Estadual representado por um órgão ou secretaria que atue em questões envolvendo os recursos hídricos, os comitês de bacias hidrográficas estaduais e suas respectivas agências de bacias, quando existirem (ANA, 2017).

Dentre os desafios para a implementação de uma gestão dos recursos hídricos que seja integrada e participativa, Luchini (2000) destacava no início dos anos 2000, a necessidade de uma comunicação eficiente entre os órgãos gestores da PNRH e também a necessidade de capacitação de seus membros, incluindo os participantes de Comitês de Bacia Hidrográfica (CBHs), sendo estes ainda desafios encontrados nos dias de hoje. Para Phillippi Jr. *et al.* (2009) a falta de integração entre o planejamento estratégico de recursos hídricos com demais setores como o de uso e ocupação do solo e de saneamento, faz com que a gestão dos recursos hídricos fique prejudicada.

Tundisi (2013) ressalta ainda que em muitas bacias hidrográficas há a falta de dados sobre a disponibilidade, demanda e qualidade da água nos corpos hídricos, o que dificulta a compreensão do sistema ambiental presente na bacia hidrográfica e o estabelecimento de critérios para avaliar se os múltiplos usos estão ocorrendo de forma sustentável ou causando danos ao meio ambiente.

### **3.2 INSTRUMENTOS DA POLÍTICA NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS**

Como uma forma de alcançar os fundamentos, objetivos e diretrizes estabelecidos na Política Nacional de Recursos Hídricos, a Lei nº 9.433/1997 apresenta cinco instrumentos em seu art. 5º que buscam auxiliar na aplicação da gestão de recursos hídricos no território brasileiro. Os instrumentos são os seguintes: plano de recursos hídricos, enquadramento em classes dos corpos hídricos, a outorga de direito de uso da água, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informações sobre os recursos hídricos (Brasil, 1997).

A implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos deve ser feita de modo a atender aos desejos da sociedade presente na unidade de gestão dos recursos hídricos, normalmente a bacia hidrográfica, uma vez que essa é a área de aplicação dos instrumentos, de

forma a garantir a sustentabilidade da região tanto em aspectos ambientais como econômicos, visando um horizonte de médio e longo prazo (Porto e Porto, 2008).

Outro aspecto importante é que apesar de a PNRH não obrigar a aplicação de todos os instrumentos em todas as bacias hidrográficas do país, eles são uma boa forma de verificar se a gestão de recursos hídricos está sendo aplicada de maneira eficiente e, além disso, os instrumentos possuem correlações direta ou indireta entre si, de modo que o fortalecimento de cada um depende de uma efetiva implementação dos demais, e assim a gestão dos recursos hídricos se torna mais robusta (Porto e Porto, 2008).

Segundo a recomendação da ANA (2013a) em bacias que apresentem uma maior complexidade nos usos da água, seja pela qualidade dos mananciais, seja pelos múltiplos usos ou por questões climatológicas em que naturalmente se apresente uma maior tendência a escassez hídrica, e que, portanto, são mais propensas a apresentarem conflitos pelo uso da água, a aplicação dos instrumentos é o caminho para realizar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica.

O Plano de Recursos Hídricos é um instrumento que deve dar apoio técnico a ações de implementação da PNRH e assim buscar seu gerenciamento em escala nacional, estadual e de uma bacia hidrográfica. Para que o Plano reflita as necessidades e peculiaridades de cada local e possa realmente vir a ser implementando, tendo em vista que sua aplicação é um desafio, é preciso que durante sua elaboração exista a participação social, com a presença dos usuários da água na bacia, a sociedade civil e também os representantes do governo responsáveis pela aplicação da PNRH. Além disso, é preciso que o Plano converse com as demais políticas de ordenamento territorial e preservação ambiental, de modo a fortalecer a sua importância e aplicabilidade (Ribeiro, 2009; ANA, 2013a).

Um Plano de Recursos Hídricos deve ser elaborado tendo em vista cenários futuros que dependerão ou não da implementação das metas definidas no Plano. Além disso, ele deve apresentar um diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos, um balanço de disponibilidade e demanda de água, quais serão os programas a serem desenvolvidos para o alcance das metas e um cronograma de médio e longo prazo para sua aplicação. É conveniente que o Plano contenha as prioridades para a outorga, as diretrizes e critérios para a cobrança, a qualidade desejada para os corpos hídricos, dando uma base para outros instrumentos como a outorga, o enquadramento e a cobrança pelo uso da água (ANA, 2013a). A Figura 2 apresenta a relação entre os instrumentos da PNRH e o papel central do plano de recursos hídricos.

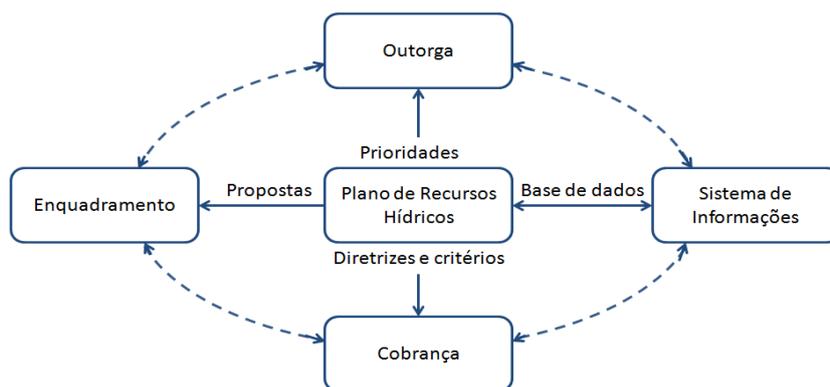


Figura 2 - Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos. Fonte: ANA, 2017.

O enquadramento também é um instrumento de planejamento para gestão dos recursos hídricos e possui o objetivo de assegurar a qualidade da água levando em consideração a utilização mais nobre que se encontra naquele trecho do manancial (Ribeiro, 2009). Para isso, o corpo de água é classificado segundo a Resolução CONAMA n° 357/2005, atualizada posteriormente pela Resolução CONAMA n° 430/2011.

A depender da classe de enquadramento a qualidade da água deverá observar os valores limites apresentados nas Resoluções para cada um dos parâmetros. Os corpos da água podem ser classificados entre cinco classes para água doce, quatro classes para água salinas e quatro classes para água salobras (ANA, 2013a). Para águas doces, caso o corpo hídrico ainda não possua enquadramento aprovado pelo Conselho de Recursos Hídricos adotasse como referência à classe 2 para a qualidade desejada (ANA, 2017).

Assim como o Plano de Recursos Hídricos o enquadramento dos corpos hídricos deve ser proposto e aprovado por seu Comitê de Bacia Hidrográfica que também deve prever as metas de qualidade a serem alcançadas ou mantidas ao longo do tempo, além das ações que serão desenvolvidas para a obtenção desse resultado (Ribeiro, 2009). Segundo os dados apresentados pela ANA (2017) a realidade do Brasil ainda é que existem poucas propostas de enquadramentos aprovadas no território e a maior parte dos corpos de água que possuem o instrumento está com sua qualidade em desconformidade com a classe adotada, o que ressalta o tamanho do desafio que esse instrumento representa para a gestão dos recursos hídricos.

Outro instrumento da PNRH que ainda é a cobrança pelo uso da água. Esse instrumento de gestão, com caráter financeiro, prevê que os usuários de água passem a reconhecer que ela é um bem dotado de valor econômico e que por esse motivo deve ter um valor real. Espera-se que com a adoção da cobrança a utilização da água seja feita de forma mais racional, diminuindo

os desperdícios de água e assim criando uma consciência ambiental no usuário (Ribeiro, 2009). Os valores arrecadados pela cobrança são destinados a manutenção do Comitê de Bacia Hidrográfica ao qual o corpo hídrico faz parte, para serem aplicado no desenvolvimento das ações previstas no Plano de bacias e demais atividades que forem voltadas para a recuperação e conservação da bacia hidrográfica, além do financiamento da Agência de Bacia Hidrográfica, caso ela exista (ANA, 2017).

Tendo em vista que para a elaboração e aplicação dos instrumentos da PNRH são necessários diversos dados, que devem ser atualizados com certa frequência para a aplicação e melhoria da gestão dos recursos hídricos na bacia, um dos instrumentos da política é justamente um sistema de informações. Para auxiliar o planejamento de ações e tomadas de decisão em uma bacia hidrográfica o sistema de informações deve ser de fácil acesso, conter informações espaciais, quantitativas, qualitativas, de disponibilidade e demanda hídrica, além de conseguir armazenar de forma organizada os dados coletados. Portanto, o sistema de informações serve como suporte aos demais instrumentos da PNRH, como por exemplo, ao fornecer informações para a aplicação de cobrança, auxiliar na tomada de decisão sobre o enquadramento e para os cálculos de vazões outorgadas (Laudon e Laudon, 1999; MMA, 2007).

O último instrumento da PNRH é a outorga de uso da água que consiste em um instrumento regulatório aplicado pelos gestores de recursos hídricos estaduais ou a ANA em casos de corpos d'água de domínio da união. A outorga autoriza o direito de uso da água para os usuários que alterem tanto em quantidade como qualidade o regime pré-existente no corpo hídrico, seja ele superficial ou subterrâneo (Ribeiro, 2009; ANA, 2011). Cada estado pode determinar a sua vazão outorgável, sendo que essa é considerada a vazão disponível que pode ser destinada a um determinado usuário, levando em consideração uma vazão de referência, que garante a água no manancial durante a maior parte do tempo (Silva e Monteiro, 2004).

Para a determinação de qual seria o melhor valor para a vazão de um rio em que se realiza a autorização para os diversos usos, existem alguns conceitos que são empregados, como o de vazão ecológica, onde é possível a manutenção do equilíbrio ambiental do corpo hídrico. A vazão remanescente também é utilizada como referência e em seu conceito além de incluir a vazão ecológica leva em consideração à navegabilidade do manancial, a vazão para diluição de efluente para atender a classe do enquadramento definido para o corpo d'água e seus diversos usos. Existe também a vazão ambiental, que considera não apenas as necessidades da água para

os múltiplos usos e a conservação ecológica do rio, mas também todo o ecossistema que se encontra à sua volta (ANA, 2011).

De maneira a tornar mais prática a determinação da vazão de referência, atualmente no Brasil tem-se utilizados métodos hidrológicos, baseados na observação de vazões históricas, sendo os métodos mais utilizados os chamados  $Q_{90}$ ,  $Q_{95}$  e  $Q_{7,10}$ , que avaliam de forma estatística a permanência ao longo do tempo de uma mínima vazão (Bezerra *et al.*, 2013).

A PNRH recomenda que para cada bacia hidrográfica sejam avaliados e respeitados os usos prioritários na bacia, levando em consideração os estabelecidos em lei e no Plano de Recursos Hídricos, uma vez que eles são os que exigem maior garantia de abastecimento, e assim, mesmo em períodos de seca esses usuários não podem ficar sem água. Recomenda-se também a verificação do enquadramento do corpo hídrico, a manutenção do tráfego aquaviário quando for o caso e o abastecimento para os múltiplos usos presentes na bacia hidrográfica (Brasil, 1997; ANA, 2011).

Um exemplo dessa variação acontece quando se analisa a vazão outorgável da ANA, para mananciais de domínio de união, que é de 70% da  $Q_{95}$ , podendo variar dependendo das características de cada região, sendo possível destinar até 20% dessa vazão para um mesmo usuário (ANA, 2007). Já para o estado do Tocantins, segundo o Decreto n° 2.432, que regula a outorga de uso da água no estado, a vazão de referência é de 75% da  $Q_{90}$ , sendo possível outorgar até 25% para um mesmo usuário (GET, 2005).

Na Figura 3 é possível observar as curvas de permanência para o Rio Formoso na estação fluviométrica de mesmo nome (26750000). Vergara *et al.* (2013) propuseram uma alteração dos períodos sazonais atualmente empregados pelo NATURATINS sendo chuvoso de outubro a abril, para dezembro a maio, e seco de maio a setembro. Observa-se que a vazão  $Q_{90}$  atualmente empregada na Bacia para o período chuvoso é de  $7,92\text{m}^3/\text{s}$ , podendo ser outorgada até  $5,94\text{m}^3/\text{s}$ , que representa 75% da vazão. Já com a proposta do estudo de Vergara *et al.* (2013) seria possível outorgar até  $29,07\text{m}^3/\text{s}$  para o período, tendo em vista a vazão  $Q_{90}$  passar a ser  $38,77\text{m}^3/\text{s}$ . Enquanto que para o período de estiagem a outorga passaria de  $3,66\text{m}^3/\text{s}$  para  $3,225\text{m}^3/\text{s}$ , se tornando mais restritiva, uma vez que a disponibilidade é menor.

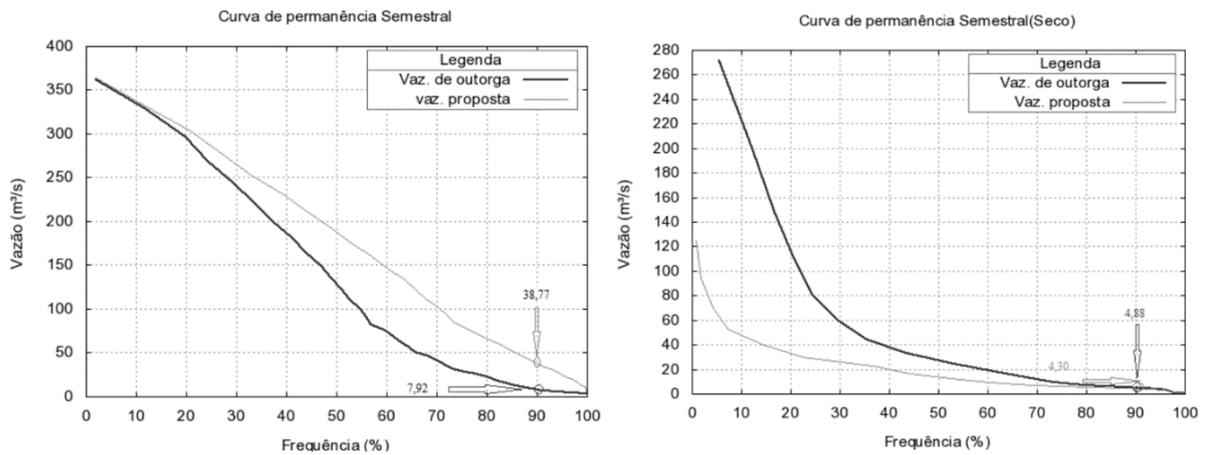


Figura 3 - Proposta de alteração da curva de referência Q90 sendo à esquerda o período chuvoso e a direita o período seco no Rio Formoso (Vergara et al., 2013).

Existem ainda as vazões consideradas insignificantes, que a depender do valor de água captado ou lançado no manancial, não necessita de outorga de uso da água, logo o usuário recebe uma dispensa de outorga. Esse valor varia de uma bacia hidrográfica para outra e deve ser aprovado pelo Conselho de Recursos Hídricos (ANA, 2013b). Por exemplo, para o estado do Tocantins, segundo o Decreto n° 2.432, valores iguais ou inferiores a 1 L/s ou 21,6 m³/dia recebem uma dispensa de outorga de uso da água, desde que a soma dos usos individuais no trecho ou na bacia hidrográfica sejam inferiores a 25% da vazão de referência para a outorga (GET, 2005).

As outorgas possuem prazo de validade, que pode chegar ao máximo a 35 anos e também podem ser suspensas temporariamente ou definitivamente em alguns casos que são definidos na PNRH, como por exemplo, quando não há o cumprimento por parte do usuário do valor outorgado ou existe a necessidade de reverter uma grave degradação ambiental ou de abastecer os usuários prioritários em situações de crise hídrica (Brasil, 1997).

### 3.3 CRISE HÍDRICA E CONFLITOS PELO USO DA ÁGUA

Embora o Brasil seja considerado como um país em que existe uma disponibilidade alta de água, essas características hidrográficas não estão espalhadas de forma igualitária pelo território brasileiro. Ademais, associando a demanda por água para os usos múltiplos e levando em consideração o aumento da população em determinadas regiões do Brasil, fica evidente que o balanço hídrico entre oferta e demanda é desfavorável em algumas localidades. Por exemplo, apesar de a Região Hidrográfica Amazônica possui alta disponibilidade de água, existe baixa demanda associada, enquanto que na Região Hidrográfica Atlântico Nordeste Oriental, com

boa parte de sua área inserida no Semiárido brasileiro, possui alta demanda por água e baixa disponibilidade, o que pode provocar situações de *stress* hídrico (ANA, 2017; 2018).

A segurança hídrica segundo Tucci e Chagas (2017) está relacionada diretamente com a escassez hídrica, de modo que ela reflete a aptidão de um sistema de suportar alterações na disponibilidade hídrica, seja em quantidade ou qualidade, e a capacidade de gestão dos riscos associados a necessidade de atendimento das demandas, levando em consideração os aspectos ambientais, sociais e econômicos. Segundo os mesmos autores, a fonte da vulnerabilidade hídrica pode também estar associada a pressão do desenvolvimento da sociedade sobre o meio ambiente, e a incertezas na variabilidade de séries hidrológicas, levando em considerações aspectos de monitoramento, alterações climáticas, alterações no uso do solo e modificações dos regimes advindos de obras hidráulicas.

A vulnerabilidade do sistema hídrico pode refletir em situações de escassez hídrica, que segundo Aguilera-Klink *et al.* (2000) se associa principalmente a dois fatores distintos e que podem ocorrer simultaneamente, sendo eles a escassez hídrica causada pelas condições naturais do meio, em que ocorre baixas precipitações ao longo do ano e o balaço hídrico é desfavorável ou a escassez associada a alta demanda por água para diversos usos, que será considerada neste estudo como uma situação de crise hídrica.

Para Tundisi (2006) uma crise hídrica está principalmente relacionada a uma má gestão dos recursos hídricos, em que não existe uma integração eficiente entre os atores responsáveis pelo gerenciamento do recurso e o planejamento e execução de ações que visam o controle do uso da água e aumento da disponibilidade em épocas de escassez. Tundisi *et al.* (2008) também citam como fatores causadores das crises hídricas o aumento da demanda por água causado pela urbanização, a diminuição da disponibilidade pela contaminação dos mananciais, a infraestrutura hídrica deficitária e degradada pela falta de manutenção e as mudanças climáticas que causam maior frequência da incidência de eventos hidrológicos extremos como as secas prolongadas.

Situações de crise hídrica são relatados em diversos artigos como o de Soriano *et al.* (2016) que apresenta o caso do sistema Cantareira, que se deu pela união dos seguintes fatores: alteração no regime de chuvas da região, sendo abaixo das precipitações esperadas durante um período de tempo que impediu a recuperação do volume do reservatório e também a uma ausência de gestão hídrica apropriada, o que levou a falta de água para diversos usos, inclusive resultando em desabastecimento da região metropolitana de São Paulo.

Buchs (2010) também apresenta uma situação de crise hídrica no condado de Almeida, na Espanha, em que a falta de água acontece devido à existência de uma agricultura intensiva com utilização de grandes volumes de água para a irrigação. Além disso, o autor aponta para uma deficitária gestão dos recursos hídricos na região, que tem buscado apenas a mitigação dos danos causados pela crise hídrica, mas não tem incentivado a utilização de sistemas mais sustentáveis de irrigação por parte dos usuários.

Situações como essa podem ser agravadas por questões de disputa pela água por diversos setores ou entre um mesmo tipo de usuários, o que leva a casos de conflitos pelo uso da água. Pereira e Cuellar (2015) relatam o caso dos rios Orós e Castanhão, no Ceará, em que grandes agricultores irrigam suas plantações enquanto pequenos produtores sofrem com a falta de água, o que gera um estresse social na região. Também citam a questão do abastecimento de água da Região Metropolitana de Fortaleza e dos agricultores da bacia do Rio Jaguaribe, que desejam fortalecer a agricultura local com a irrigação, mas existe a necessidade de abastecimento da capital, agravando a situação de conflito pelo uso da água.

Para as bacias em que ocorrem os conflitos pelo uso da água, Silva *et al.* (2006) recomendam o desenvolvimento de estudos hidrológicos que levem em consideração a disponibilidade de água, a demanda por seu uso, os sistemas hidráulicos de captação e distribuição de água, e também os atores envolvidos, como os gestores da bacia hidrográfica, os usuários e a sociedade civil interessada no assunto.

Ademais, ANA (2011) recomenda o estabelecimento de uma alocação negociada de água entre os diversos usuários, que vise ao atendimento ao menos parcial de suas necessidades, segundo as prioridades estabelecidas na PNRH e também no plano de bacia hidrográfica, além da manutenção de uma vazão remanescente no corpo d'água, capaz de suprir as condições ambientais do ecossistema local. Firma-se então um Marco Regulatório onde são estabelecidos um conjunto de especificidades e direcionamentos para a outorga de água na região em situação de crise hídrica, de modo a promover um uso mais racional do recurso hídrico e sanar os conflitos ocasionados pela crise (Silva *et al.*, 2006).

Muitas bacias hidrográficas em que a agricultura está fortemente presente percebe-se um agravamento das crises hídricas e conflitos entre os usuários, pois as tecnologias de irrigação adotadas pelos estabelecimentos agropecuários possuem baixa eficiência no uso da água e assim necessitam de uma grande quantidade do recurso para o desenvolvimento de sua

cultura, o que faz com que até mesmo os Marcos Regulatórios estabelecidos para se tentar superar um momento de crise hídrica não sejam respeitados. Por esse motivo, abaixo é apresentada a situação do Brasil em relação à irrigação, a necessidade de um manejo de água que busque a eficiência dos sistemas e quais são os métodos de irrigação mais empregados atualmente.

### **3.3.1 Manejo de água e métodos de irrigação**

Segundo informações disponibilizadas pela ANA (2020), no Brasil a maior retirada de água dos corpos hídricos em relação à vazão, acontece para a utilização na irrigação, representando 49,8% do total e estima-se que esse valor venha a crescer por volta de 24% até o ano de 2030, o que está relacionado ao crescimento esperado da economia do país. Em seguida encontram-se o abastecimento humano e da indústria. Esses três setores juntos representam cerca de 85% da vazão de água retirada no Brasil.

A irrigação consiste em uma técnica que visa fornecer água em quantidade adequada durante os diferentes estágios de desenvolvimento de uma planta, como germinação, crescimento e amadurecimento, variando de uma cultura para outra. Ela é utilizada para diminuir os riscos de perda de safra, evitando que as plantas atinjam o ponto de murchar. Assim a irrigação é fundamental para que plantações em regiões com baixos índices pluviométricos como regiões semiáridas ou que em alguns períodos do ano possuem chuvas abaixo da média anual (Testezlaf, 2017).

A irrigação também é utilizada para buscar uma maximização dos ganhos de produção na lavoura com o aumento da produtividade, melhoramento da qualidade do produto, entre outros objetivos indiretos (Testezlaf, 2017). Desta forma, para suprir de maneira assertiva a necessidade de água de uma planta deve ser realizado um manejo adequado da água, promovendo a irrigação na quantidade certa e na hora certa. Segundo Camargo (2016), a eficiência do manejo de água em um sistema de irrigação deve ainda levar em consideração a preservação ambiental, de forma possibilitar a conservação da água no sistema e diminuir a necessidade de energia para seu uso. Entretanto, segundo Chartzoulakis e Bertaki (2015), a eficiência do uso da água na irrigação é muito baixa, resultando em um aproveitamento por volta de 55% da água que é aplicada na cultura.

Camargo (2016) apresenta três metodologias de manejo da água na irrigação de plantações que promovem uma maior eficiência no uso da água. O manejo via solo consiste em

avaliar a tensão da água no solo e assim analisar a necessidade ou não de irrigação da cultura. O manejo via clima leva em consideração a evapotranspiração diária que acontece em uma cultura a depender dos dados climáticos, como umidade relativa do ar, e assim possibilita verificar a demanda hídrica para a cultura. E o manejo via planta, que leva em consideração os aspectos visuais de estresse hídrico de uma plantação.

Assim, é possível escolher o método que melhor se adequa a cada plantação e irrigante, uma vez que existem métodos mais simples e métodos mais tecnológicos. Camargo (2016) ainda ressalta que independentemente do método de manejo do uso da água a ser utilizado, todos apresentam ganhos de eficiência em relação a quantidade de água utilizada e demanda por energia.

Outro aspecto importante para o manejo da água na irrigação é a escolha do tipo de irrigação a ser utilizado em uma propriedade. Ele deve considerar as características do solo, do tipo de cultura, se ela será permanente ou temporária, o ciclo de crescimento da cultura e também as características climáticas da região como a precipitação, quantidade de dias de sol e umidade do ar. Além disso, os mecanismos hidráulicos de condução da água até seu destino final, como os canais, tubulações, bombas hidráulicas, também devem ser avaliados para verificar as perdas de água ao longo do caminho (Christofidis, 2013).

De acordo com o Censo Agropecuário realizado no ano de 2017, apenas 10% das áreas agrícolas no Brasil utilizam algum tipo de irrigação, o que representa 6,7 milhões de hectares. Esse valor apesar de pequeno significa um incremento de quase 50% das áreas irrigadas em comparação com os dados do Censo Agropecuário de 2006, o que mostra um avanço na utilização das técnicas de irrigação (IBGE, 2019).

Segundo Testezlaf (2017) existem quatro métodos para a aplicação da irrigação e eles englobam diversos sistemas que por sua vez possuem diferentes níveis de tecnologia associada, com diferentes porcentagens de eficiência em relação ao aproveitamento da água demandada. A seguir é apresentado de forma simplificada o conceito por trás desses principais métodos de irrigação.

- **Métodos de aspersão (M1):** a água é aplicada nas folhas da cultura, assim como uma simulação de chuva. Para isso é preciso uma ampla estrutura e que a água seja pressurizada para a aspersão. A irrigação pode ser feita de forma convencional ou mecanizada, por pivôs centrais e carretéis.

- **Métodos de superfície (M2):** são aqueles em que a irrigação é feita de forma geral em uma área de cultura e a água é colocada acima do solo formando uma lâmina d'água e assim a água se infiltra por gravidade. Dentre os sistemas de irrigação que utilizam esse método se encontram os sulcos na terra e a inundação, muito aplicada para o cultivo de arroz.
- **Métodos localizados (M3):** a aplicação da água é feita em uma área restrita próxima a planta de modo a umidificar apenas a parcela de solo em que abaixo se encontra a área de raízes. Por esse motivo é um método que utiliza pequenas vazões em comparação aos demais e é considerado um método mais sustentável em relação à aplicação de água. Podem ser citados como tipos de sistemas desse método o gotejamento e a microaspersão.
- **Métodos subsuperficiais (M4):** a água é aplicada abaixo do solo, na área de raízes da planta, de forma a minimizar as perdas. Apesar de ser bastante econômico em relação a quantidade de água utilizada, é um método com certo grau de complexidade associado à sua implementação e manutenção. O gotejamento subterrâneo e a elevação do lençol freático são tipos de sistemas que empregam esse método de irrigação.

Os sistemas de irrigação que mais utilizam água são o de inundação, sulcos, elevação do nível freático e também os que utilizam aspersores, em especial para regiões com altas temperaturas e clima seco que favorecem a evaporação. Já os métodos mais sofisticados que utilizam sistemas de gotejamento (superficial ou subsuperficial) e microaspersão, são considerados mais eficientes no uso da água, porém apresenta uma complexidade mais elevada de aplicação e conseqüentemente um valor de mão de obra mais elevado (Testezlaf, 2017).

Segundo o Censo Agropecuário (IBGE, 2019), os mecanismos de irrigação mais utilizados no Brasil, levando em consideração a área irrigada, são os pivôs centrais e método de inundação, ambos com 21% de área irrigada. Em seguida aparecem os outros métodos de aspersão que juntos somam 27%, depois os métodos localizados (24%), a irrigação por sulcos (2,5%), e por fim os outros métodos de molhação (3,5%), que são aqueles em que a irrigação é feita de maneira manual. A Tabela 1 elenca algumas das vantagens e desvantagens associadas aos sistemas e métodos de irrigação mais usuais.

Tabela 1 - Vantagens e desvantagens de diferentes sistemas de irrigação. Fonte: modificado de Testezlaf (2017) e SENAR (2019).

Sistema e Método	Vantagens	Desvantagens
Pivôs (M1)	Adequado para a maioria dos sistemas de cultura; Baixas perdas por evaporação em comparação a métodos de superfície.	Alta evaporação em condições de altas temperaturas; Custo inicial elevado; Necessidade de manutenção; Custos com energia elétrica.
Inundação (M2)	Manejo é simples; Manutenção de lâmina d'água diminui a incidência de ervas daninhas; Permite aproveitamento de águas pluviais.	Para atingir altos níveis de eficiência é preciso grande volume de água; Pode aumentar o número de insetos; Grande perda de água por infiltração dependendo do tipo de solo.
Sulcos (M2)	Não precisa de mão de obra especializada; Pouca interferência nos tratamentos fitossanitários; Pode ser utilizado para várias culturas.	Perda de água por escoamento superficial; Utilização de grande volume de água; Dificuldade de automação do sistema.
Gotejamento e microaspersores (M3)	Necessita de baixos volumes de água; Facilita o controle fitossanitário; Aumento da qualidade e quantidade do produto; Baixas perdas por percolação.	Elevado investimento inicial; Podem ocorrer entupimento dos condutos; Mão de obra especializada para manutenção e operação do sistema.
Gotejamento Subsuperficial (M4)	Alta eficiência de aplicação da água; Pode ser automatizado; Aplicação uniforme da água; Baixa necessidade de energia elétrica.	Custo inicial elevado; Difícil visualização quando apresenta problemas; Podem ocorrer entupimentos; Mão de obra especializada para manutenção e operação.
Elevação do lençol freático (M4)	Baixa necessidade de energia elétrica; Relativo fácil manejo para regiões com nível elevado do lençol freático e de áreas planas.	Monitoramento intensivo para funcionamento eficaz; Necessita de alta disponibilidade de água; Depende da declividade do terreno.

Com os resultados apresentados no Senso Agropecuário fica evidente que a maior parte da irrigação realizada no Brasil utiliza métodos de irrigação que consomem muita água e nesse sentido Christofidis (2013) insiste que é preciso uma mudança da utilização dos métodos de irrigação, onde os agricultores devem buscar sistemas de irrigação que tornem o desenvolvimento da agricultura mais sustentável, utilizando a água de forma racional e otimizada.

Segundo Coelho *et al.* (2005), a irrigação utilizada de forma racional pode promover uma economia de aproximadamente 20% da água e 30% da energia consumida, que reflete em um benefício muito relevante principalmente em regiões em que a demanda de água é elevada e a disponibilidade hídrica é baixa. Chartzoulakis e Bertaki (2015) também ressaltam que é importante que as políticas públicas voltadas para a agropecuária incentivem a adoção de sistemas mais eficientes em relação ao uso da água.

### **3.4 SISTEMAS DE APOIO À DECISÃO**

Stair e Reynolds (2011) dizem que é preciso passar por três etapas para que se possa tomar uma decisão em relação a algum problema que se deseja resolver. A primeira é conhecida como a etapa das informações, que engloba a obtenção de todos os dados disponíveis sobre o problema e fatores que podem ter influência sobre o mesmo, incluindo os recursos disponíveis e suas limitações. A segunda etapa consiste no projeto, onde são elaborados cenários com diferentes situações para a solução do problema e assim verifica-se a viabilidade de sua aplicação. Por fim, tem-se a etapa de tomada de decisão, em que o responsável opta pela solução que melhor pode resolver o problema, não apenas olhando as abordagens simuladas, mas também compreendendo a situação como um todo.

Pereira e Quintana (2002) ressaltam que a tomada de decisões muitas vezes possui grande complexidade, em especial quando estão relacionadas a problemas que envolvem ao mesmo tempo várias áreas do conhecimento ou ainda as que estão diretamente ligadas à gestão e ao planejamento. Dessa forma, para que a etapa de escolha da solução possa ser tomada com mais confiança, tem-se cada vez mais utilizado ferramentas de modelagem computacional em que é possível a simulação de cenários futuros possíveis durante o processo de desenvolvimento do projeto (Turban e Aronson, 2007). Esses instrumentos são conhecidos como Sistemas de Apoio à Decisão (SAD).

Segundo Little (1970) um SAD pode ser definido como um sistema de apoio para tomadores de decisão em que após serem processados os dados em um modelo computacional, é possível realizar uma análise dos resultados auxiliando a adoção de uma melhor forma de ação. Dessa forma, de acordo com Power (1997) possuem característica de SAD os sistemas de informação geográfica (SIG), softwares utilizados para outorga de agências de águas ou ainda outros sistemas executivos de informações que possam apoiar com seus resultados a escolha das decisões a serem tomados pelos gestores e responsáveis pelo projeto em questão.

Na mesma linha de pensamento, Jamieson e Fedra (1996) dizem que o que diferencia um SAD de outros modelos matemáticos normalmente utilizados para modelagem de processos, é que ele não se restringe a verificar o atual comportamento do processo ou a prever uma situação futura, mas é utilizado para fomentar decisões que podem se tornar uma política ou ainda avaliar a implementação de ações que impactarão no meio ambiente e social.

Para isso, é preferível que esse sistema possua uma interface simples, de modo a ser de fácil manuseio e que os resultados sejam expressos de forma a facilitar seu entendimento, como gráficos e tabelas, isso porque os tomadores de decisão em muitos casos não são especialistas na área e por vezes não possuem tempo para aprender a complexidade das ferramentas computacionais (Binder, 1994). A Figura 4 apresenta as situações em que o emprego de um SAD pode auxiliar a tomada de decisões e também as capacidades e vantagens dos sistemas.

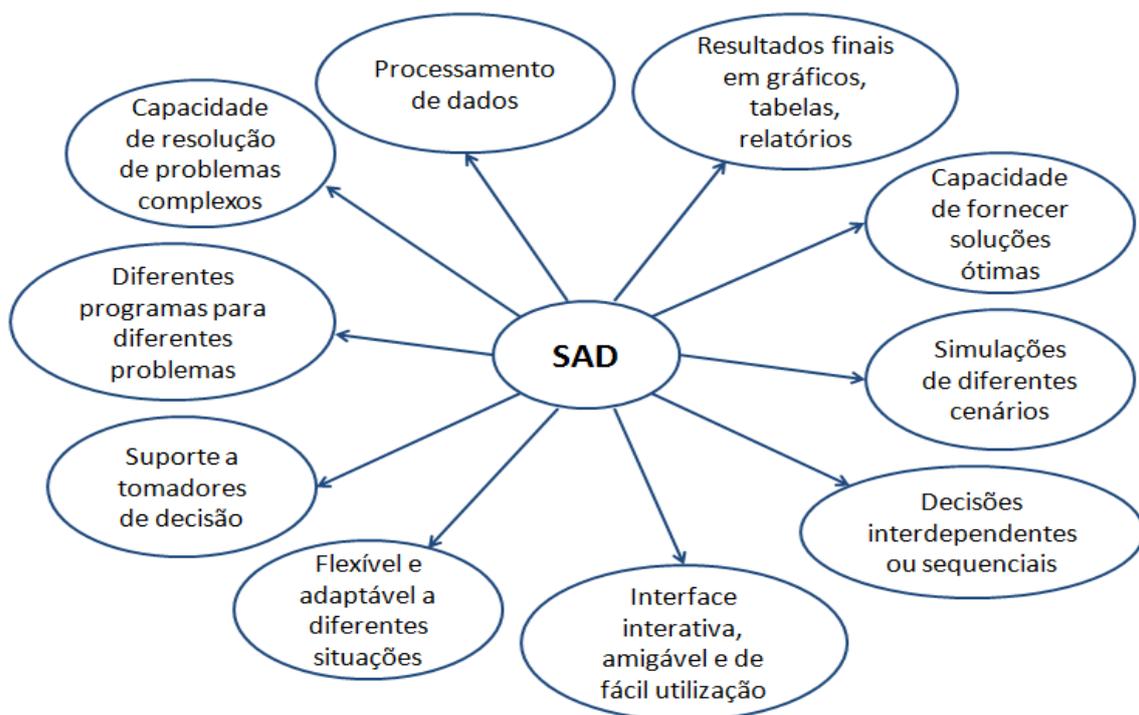


Figura 4 - Características desejáveis de um Sistema de Apoio à Decisão. Fonte: modificado Turban e Aronson (2007).

Um SAD pode ser considerado como uma ferramenta flexível às variáveis de modo a se tornar adaptável a distintas situações, fortalecendo os resultados gerados e consequentemente a tomada de decisão (Turban e Aronson, 2007). Outra vantagem apresentada pelos modelos SAD é que, em muitas situações se deseja resolver algum problema, existe a falta de dados sobre alguns parâmetros que interferem sobre a situação a ser avaliada ou ainda a variáveis de

difícil quantificação que tornam o problema ainda mais complexo, mas que são possíveis de serem simulados em um SAD (Simonovic, 2009).

Entretanto, ressalta-se que essas ferramentas não devem substituir os tomadores de decisão, que por sua vez exercem papel fundamental por serem os responsáveis pela interpretação dos resultados gerados e também compreenderem de forma mais específica as diversas circunstâncias que estão envolvidas ao problema e assim são capazes de avaliar os prós e contras envolvidos na aplicação de cada um dos resultados obtidos pelos sistemas de apoio à decisão, podendo escolher o cenário que melhor se adequa à situação real e que não necessariamente é a melhor opção gerada pelo SAD (Turban e Aronson, 2007).

Quando se buscam soluções para questões ambientais, é preciso compreender que elas devem levar em consideração não apenas questões técnicas, mas também sociais, econômicas e políticas, integrando todas as áreas que possam estar envolvidas, para tentar compreender como elas afetam o recurso ambiental em questão, mas também como as alternativas de soluções afetam essas áreas, o que tornam complexas as soluções dos problemas que envolvem o meio ambiente (Senado Federal, 2001). Por exemplo, quando se trata de um problema situado em uma bacia hidrográfica é preciso levar em consideração o ambiente natural, como os corpos d'água presentes, vazão e precipitação, mas também em muitos casos, a ação antrópica, como uso e ocupação do solo, consumo de água pelos diferentes usuários e as políticas aplicadas a região (Evers, 2008).

Ademais os atores envolvidos na gestão dos recursos hídricos também devem ser considerados na solução do problema por possuírem diferentes interesses e conhecimentos em níveis variados, o que os faz levar em considerações distintos critérios como mais relevantes ou não. Por exemplo em um caso de alocação de água, muitas vezes implica em objetivos distintos entre os atores envolvidos, tornando o planejamento para a manutenção do equilíbrio na bacia hidrográfica uma questão bastante complexa (Evers, 2008).

Assim sendo, Pereira e Quintana (2002) ressaltam que quando se trata de sistemas ambientais a adoção de SAD se torna uma ferramenta importante para auxiliar os gestores, em especial quando existem conflitos sobre os recursos, como em situações de crise hídrica. A adoção de um SAD que realize a avaliação da situação segundo uma análise multicritério, em que não necessariamente é encontrada uma solução ótima, uma vez que os processos ambientais são complexos, mas vai ajudar a construir um conjunto de relações que irão melhorar a

visualização do todo de modo a facilitar no planejamento de uma solução pelos atores envolvidos.

Tendo em vista as complexidades que podem vir a existir na gestão das águas e também para melhorar o planejamento na utilização dos recursos disponíveis, a aplicação, desenvolvimento ou ainda aprimoramento de diferentes modelos de SAD para se adequar a cada realidade vem sendo feitas ao redor do mundo e no Brasil. Abaixo são apresentados estudos sobre o emprego desses sistemas.

Visando auxiliar o Conselho Central de Irrigação da Mancha na aplicação de políticas que integrem a agricultura da região do aquífero do Júcar, na Espanha, e fomentar um desenvolvimento econômico na região, respeitando a sustentabilidade dos seus recursos naturais, Recio *et al.* (2005) desenvolveram um SAD que compara a disponibilidade de água subterrânea com o produto agrícola gerado em valores monetário, de modo a facilitar a escolha do tipo de cultura a ser adotado pela agropecuária na região.

Bonfante *et al.* (2019) utilizaram três diferentes tipos de SAD para realizar uma comparação entre eles e tentar identificar qual apresentaria maior facilidade de aplicação do modelo, para servir como auxílio aos produtores de milho em uma cidade da Itália. Para isso verificaram qual a eficiência para a redução da irrigação da cultura. Os resultados apresentados apontam que dois dos modelos de SAD utilizados necessitavam de muitos dados de entrada, mas que o modelo mais simples recomendou a utilização de 40% a mais de água do que os modelos mais complicados. Dessa forma ressalta-se que é preciso verificar caso a caso os prós e contras da aplicação de cada SAD e compreender a complexidade apresentada a cada situação.

Em uma região localizada no Zimbábue, onde os reservatórios de acumulação para a irrigação de lavouras de cana de açúcar estão sobrecarregados, acarretando conflitos pelo uso da água, Mhiribidi *et al.* (2018) utilizaram uma modelagem com parâmetros hidrológicos e critérios políticos para uma melhor alocação de água entre os diferentes usos presentes na região. Os resultados da modelagem entre demandas reais e simuladas, com diferentes prioridades para os diversos usos, mostraram que a demanda para irrigação com os valores propostos fica abaixo da demanda atual, o que significa que se a alocação da água for realizada segundo as prioridades elencadas no estudo, ou faltará água para irrigação ou os agricultores devem utilizar métodos de irrigação mais eficientes que os atualmente empregados.

Gorgoglione *et al.* (2019) desenvolveram um estudo fazendo uma análise de cenários que leva em consideração questões sociais, ambientais e econômicas da região fronteira entre Brasil e Uruguai, na bacia hidrográfica Cuareim/Quaraí, tendo em vista os conflitos pelo uso da água, principalmente entre os irrigantes de arroz no período de seca. Assim o trabalho buscou com a ajuda de um modelo de apoio a decisão encontrar qual seria a melhor localidade para a construção de um açude que pudesse reter água para a utilização durante o período de estiagem. Assim, o estudo indicou estratégias de alocação de água que se aliadas a políticas de longo prazo podem melhorar a gestão dos recursos hídricos na bacia, preservando a eficiência econômica, a equidade social e a integridade do meio ambiente.

No Brasil em muitas bacias hidrográficas as avaliações dos pedidos de outorga de uso da água são realizadas de maneira manual com a utilização de planilhas de dados e SIG de forma separada o que dificulta o processo. Tendo isso em vista, Pereira *et al.* (2012) aprimoraram um sistema de SAD integrando uma modelagem hidrológica a um SIG. Assim constataram que se torna mais fácil a tomada de decisão pelo órgão responsável, podendo aplicar outorgas sazonais que variam de acordo com a disponibilidade hídrica da região. O estudo foi desenvolvido para a bacia hidrográfica do rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul.

Portanto, a utilização de um modelo computacional de apoio à decisão pode contribuir para identificação de cenários que prevejam a diminuição das perdas de água ou que indiquem valores para diminuição das vazões outorgadas, levando em consideração não apenas a água como um bem para a irrigação, mas propondo valores mínimos de vazão remanescente de modo a manter durante todo o ano uma condição ecológica melhor do que a que atualmente existe. Desta maneira a aplicação de um SAD para a avaliação da situação de crise hídrica na bacia hidrográfica do Rio Formoso e em especial na sub-bacia do Rio Urubu, pode vir a auxiliar os gestores a tomarem uma decisão que melhore e fortaleça a gestão dos recursos hídricos na bacia.

### **3.5 WATER EVALUATION AND PLANNING SYSTEM (WEAP)**

O *Water Evaluation And Planning System* (WEAP) foi desenvolvido pelo Instituto Ambiental de Stockholm, e posteriormente passou por processo de aperfeiçoamento pelo Corpo de Engenheiros Hidrológicos do Exército dos Estados Unidos da América. O Banco Mundial, a USAID e o Fundo Global de Infraestrutura do Japão também deram subsídio e apoio para o desenvolvimento da ferramenta (SEI, 2016).

O WEAP é uma ferramenta computacional capaz de modelar sistemas hidrológicos e que opera segundo o princípio do balanço de massa aplicado a cada nó, que representa cada elemento físico na bacia hidrográfica que armazene, demande ou disponibilize água ao sistema. Os nós podem representar estruturas como estações de bombeamento de água, estações de tratamento de esgoto, áreas agrícolas, áreas urbanas, reservatórios de água, estações hidroelétricas, entre outros. Além disso, podem ser incorporados ao modelo elementos já existentes ou que pretendem ser incluídos na área de interesse, como novas áreas industriais ou novos loteamentos (SEI, 2016).

A Figura 5 representa esquematicamente os passos para a modelagem dentro da ferramenta WEAP. Primeiramente é necessário determinar qual a área a ser analisada, podendo ser uma bacia hidrográfica, um rio, ou um trecho de interesse. Com o auxílio de um sistema de informações geográficas do próprio WEAP é possível inserir na ferramenta a localização desejada (Yates *et al.*, 2005). A segunda etapa consiste na definição do tempo de base, que será o período (dia, mês, ano) em que será refletido o cenário atual ou cenário de referência do modelo. Em seguida são inseridos os elementos e nós, que representam as disponibilidades e demandas aplicadas à área de interesse.

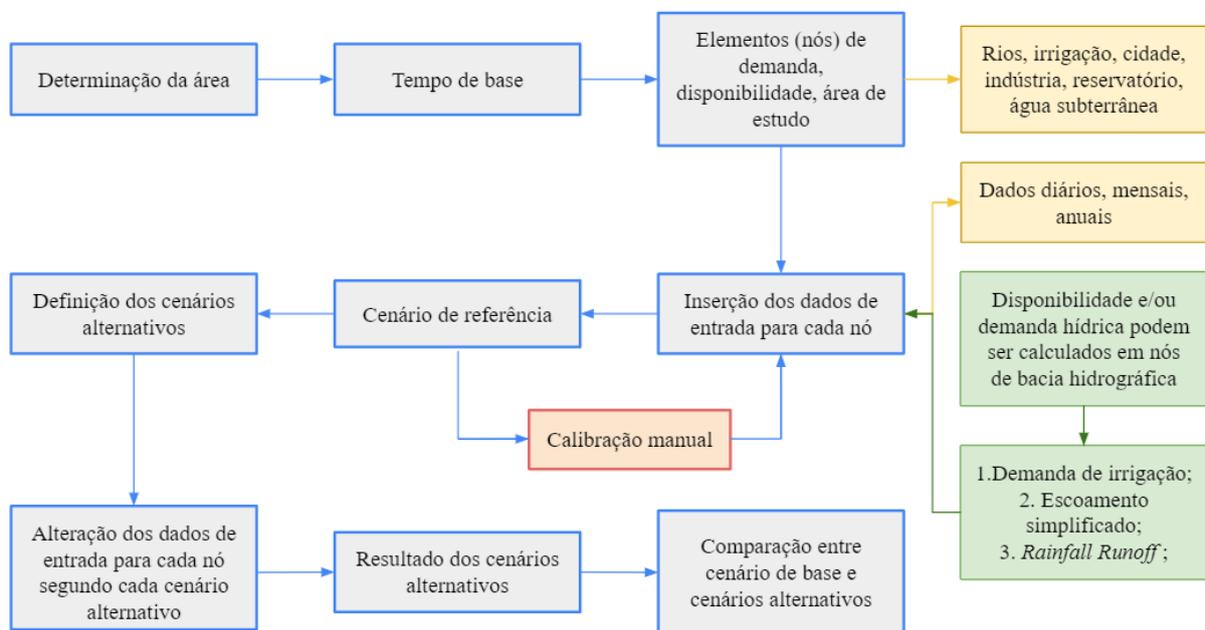


Figura 5 - Esquematização da modelagem hidrológica realizada na ferramenta WEAP. Fonte: modificado de SEI (2016).

Uma funcionalidade importante do WEAP é a possibilidade de se associar a cada nó diferentes prioridades, que podem representar alguma norma vigente, ou vontade do gestor em

priorizar determinado setor em detrimento de outro, como o abastecimento humano em relação a demanda para uma área industrial. A qualidade da água também pode ser avaliada em cada nó, e assim como em relação a quantidade, também é possível estabelecer restrições quanto a qualidade, levando em considerações padrões ambientais (Sieber e Purkey, 2015).

Após a inserção dos nós é preciso fornecer a cada um deles os dados de entrada do modelo, que irão variar dependendo do que cada nó representa. Os dados de entrada representam a situação atual em que se encontra a área de estudo. Segundo Amato *et al.* (2006) os parâmetros de entrada considerados pelo WEAP para a modelagem dos cenários podem ser divididos entre os que se referem ao clima da região, incluindo dados de precipitação, temperatura, umidade e latitude, e os dados hidrogeológicos, como de vazão, tipo e uso do solo, especialmente importantes para áreas de irrigação.

Existem também os dados de influência humana, como os que se referem à demanda, sendo possível identificar no modelo qual o local específico de retirada e a vazão requerida. Segundo SEI (2016), também devem ser inseridos nessa etapa os dados de cargas poluidoras e as políticas de gestão hídrica, prioridades e outras que possam alterar a relação entre demanda e disponibilidade que sejam atualmente empregadas.

Outro aspecto importante é que como os parâmetros de entrada muitas vezes são de difícil definição, em especial quando há falta de informações disponíveis sobre a área de estudo. De modo a facilitar a sua utilização o modelo WEAP força a utilização de um mesmo valor para toda a área da bacia hidrográfica (Amato *et al.*, 2006). Entretanto, quanto maior o número de dados disponíveis, melhor se torna a modelagem e conseqüentemente mais assertiva podem ser as soluções encontradas e apresentadas pelo sistema.

A vazão do rio que está sendo analisada é um dado fundamental a ser inserido no modelo WEAP. Para locais em que haja dificuldade de obtenção desta vazão, seja por inexistência de registros históricos ou falhas, o modelo permite sua simulação utilizando o nó de bacia hidrográfica. Assim, ao inserir esse nó no modelo ele deve ser conectado ao rio, como em uma representação de que a água gerada por escoamento superficial ou também pelo escoamento de base, serão responsáveis pela vazão do rio em análise (SEI, 2016). Para a modelagem hidrológica da vazão é possível optar entre três tipos de métodos, que vão depender da quantidade de dados de entrada que o usuário possui (SEI, 2015). Os métodos são descritos de forma simplificada abaixo.

- **Método de demanda de irrigação:** para esse método são disponibilizados os coeficientes de cultura para cálculo da evapotranspiração e as áreas de cultivo, e assim o modelo apresenta qual a demanda hídrica para a irrigação, não levando em consideração processos como o escoamento superficial e a infiltração de água no solo.
- **Método de escoamento simplificado de chuva:** assim como o método anterior, leva em consideração o coeficiente de evapotranspiração da cultura, entretanto realiza a simulação de quanto de água sobra e escoar sobre a superfície, que pode ser considerado como a água que vai para um rio ou que pode estar sendo infiltrada.
- **Método de escoamento de chuva com umidade do solo ou *Rainfall Runoff (Soil Moisture Method)*:** é considerado o mais completo dentro do modelo, por levar em consideração parâmetros de clima e tipo e uso de solo. Este método será descrito de forma mais detalhada a seguir.

O método *Rainfall Runoff* calcula o escoamento superficial da bacia hidrográfica que ao ser ligado ao elemento rio, pode representar a sua vazão ou parte dela, dependendo da análise em questão. O nó de bacia hidrográfica pode ser subdividido em áreas que representam diferentes tipos de solo ou de uso e cobertura. Além disso, no método *Rainfall Runoff* a simulação da vazão leva em consideração que a área da bacia hidrográfica está dividida em duas camadas de solo, uma superficial e outra profunda, considerando-as unidimensionais para efeitos de cálculo (SEI,2015).

Na camada superior do solo são simulados os processos de evapotranspiração, escoamento superficial, mudanças na umidade do solo e um interfluxo de água para a camada de solo abaixo. Já na camada mais profunda são simulados o fluxo de base do rio na bacia, a umidade do solo profundo e fluxo de água para aquíferos. Para isso, o método requer uma quantidade significativa de dados de entrada, que são divididos entre climatológicos, aplicados uniformemente na área da bacia, e de representação do tipo e uso do solo, que podem variar dependendo das subáreas que o operador desejar incorporar ao modelo (SEI,2015). A Equação 3.1 apresenta a formulação empírica do balanço de massa aplicada a cada nó de bacia hidrográfica e suas subáreas inseridas no modelo.

$$Rd(t) \frac{dz_j}{dt} = Pe(t) - PET(t) * Kc_j(t) * \left( \frac{5 * Z1_j - 2 * Z1_j^2}{3} \right) - Pe(t) * Z1_j^{RRF_j} - f_j * Ks_j * Z1_j^2 - (1 - f_j) * Ks_j * Z1_j^2 \quad (3.1)$$

Sedo:

- Rd: armazenamento efetivo da zona de raízes para uma porção da área da bacia.
- j: identificação da área ou subárea de contribuição;
- Z1: umidade relativa da camada superficial;
- Pe: precipitação efetiva;
- PET: evapotranspiração potencial calculada segundo a equação modificada de Penman-Monteith, com variação de albedo para áreas com neve e ignorando o termo G de fluxo de calor;
- Kc: coeficiente de cultura;
- RRF: fator de resistência ao escoamento, variando com a cobertura do solo;
- Ks: estimativa da condutividade hídrica na zona radicular;
- f: direção preferencial do fluxo, onde 1 representa um fluxo totalmente horizontal e 0 um fluxo completamente vertical;

A representação do fluxo hídrico na camada superficial segundo o método é, portanto, representada pela Equação 3.2 abaixo.

$$RT(t) = \sum_{j=1}^n A_j * (Pe(t) * Z1_j^{RRF_j} + f_j * Ks_j * Z1_j^2) \quad (3.2)$$

Sendo:

- RT: a soma do escoamento superficial com interfluxo na camada superficial;
- A: área de contribuição.

O método *Rainfall Runoff* calcula de forma diferenciada o fluxo de água na camada mais profunda do solo para modelagens onde não é incluído uma conexão entre o nó de bacia hidrográfica e um nó de águas subterrâneas. O fluxo de base é calculado pela Equação 3.3.

$$Smax \frac{dz_2}{dt} = \left[ \sum_{j=1}^n (1 - f_j) * Ks_j * Z1_j^2 \right] - Ks_2 * Z2^2 \quad (3.3)$$

Sendo:

- Smax: percolação profunda do armazenamento superior;
- Ks2: taxa de condutividade hídrica na camada profunda até a saturação total da camada. Seu valor é igual para toda a área da bacia.
- Z2: taxa de armazenamento de água no solo profundo. Quando está saturado o valor é igual a 1.

A Figura 6 representa graficamente as interações simuladas pelo método *Rainfall Runoff* entre a camada de solo superficial e a profunda, mostrando a relação entre os dados de entrada do sistema WEAP para o método aplicado no nó de bacia hidrográfica.

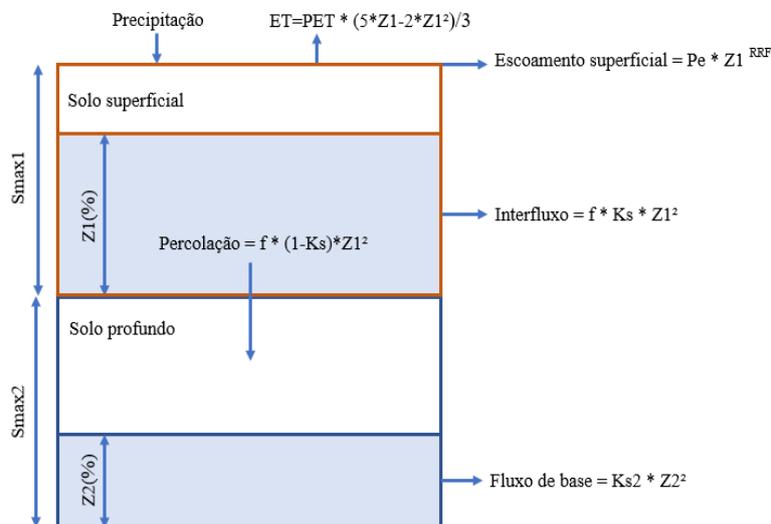


Figura 6 - Representação das interações entre as camadas de solo no método *Rainfall Runoff* WEAP. Fonte: SEI, 2015.

Singh *et al.* (2014) aplicaram o método *Rainfall Runoff* para obtenção da vazão na bacia hidrográfica de Mahanadi, Índia, e obtiveram bom resultados após a calibração do modelo quando comparado a seis estações fluviométricas instaladas na bacia, onde o resultado da variação da simulação em relação aos valores medidos foi de apenas 10%. Teklu *et al.* (2020) também aplicaram o método *Rainfall Runoff* para verificar a capacidade de adequação da simulação de vazão desenvolvida pelo modelo WEAP. A área de estudo foi a bacia hidrográfica do rio Awash, na Etiópia, e o estudo dividiu a área em 22 sub-bacias, as quais cada uma possuía um nó de bacia hidrográfica que representava as características da área de modo a gerar um escoamento que fosse posteriormente dirigido a um dos rios da bacia. O resultado da simulação foi avaliado em cinco pontos, onde haviam dados registrados de vazão. De acordo com as medidas de desempenho estatísticas aplicados no estudo (Nash-Sutcliffe,  $R^2$ , *Index of Agreement*, PBIAS), o resultado da modelagem chegou a apresentar bom resultado em um trecho da Bacia e satisfatório a outros dois subtrechos de controle.

Existem mais dois métodos que podem ser utilizados ao inserir o nó de bacia hidrográfica, entretanto eles servem apenas para calcular a demanda de água necessária para a aplicação em uma ou mais culturas (SEI, 2016). Abaixo é apresentado de forma simplificada esses dois métodos.

- **Método MABIA:** consiste na utilização de dois coeficientes, um para transpiração da cultura e outro para evaporação de água no solo, de modo que é um método bastante complexo e sofisticado. Este método leva em consideração uma simulação diária da irrigação, evapotranspiração, crescimento da colheita e quantidade de água no solo.
- **Método de crescimento vegetal:** foi desenvolvido para avaliar as plantas sobre o efeito do estresse hídrico que pode ser causado por alguma alteração climática, como aumento da temperatura, prolongamento da estação de seca.

Após a inserção de todos os dados de entrada necessários ao modelo WEAP para a representação do cenário de referência é gerado o resultado inicial. Para cada nó incorporado ao modelo é possível realizar a comparação entre a disponibilidade hídrica e a demanda requerida ou a oferta de água, e assim avaliar ponto a ponto o sistema (SEI, 2016). O modelo não possui uma ferramenta capaz de realizar uma calibração, ou mesmo acoplar ao sistema um método de calibração sistematizado. Assim, caso se mostre necessário a calibração deve ser feita manualmente, alterando-se os dados de entrada. Este pode ser apontado como uma desvantagem do modelo.

Após a definição do cenário de referência são modelados os cenários alternativos, que são baseados em suposições e levam em consideração diferentes disponibilidades e/ou demandas pelos recursos hídricos, que podem ser reflexo, por exemplo, de sistemas mais eficientes de irrigação, alteração nas políticas ou o aumento populacional sem melhoramento dos sistemas de tratamento de efluentes (SEI, 2016).

Os resultados dos cenários alternativos são apresentados em comparação ao cenário de referência em forma de gráficos e tabelas o que é uma vantagem, tendo em vista que muitas vezes essa ferramenta é utilizada por pessoas responsáveis pela tomada de decisão, mas que não possuem uma qualificação técnica muito especializada na área de modelagem (SEI, 2016). Assim é possível estabelecer, por exemplo, se haverá disponibilidade hídrica para as diferentes simulações futuras, de modo a poder se definir qual a melhor ação a ser tomada pelo interessado.

Dentre as aplicações que o modelo WEAP consegue simular, é possível citar a análise de demanda por água incluindo diferentes atores, a alocação de água, operação de reservatórios, geração de energia elétrica, verificação da qualidade da água em um corpo hídrico além de rastreamento de fontes poluidoras, a avaliação de vulnerabilidade do sistema incluindo questões ecológicas de preservação e ainda análise de custo (SEI, 2016). Portanto, o WEAP é um modelo

bastante versátil e com grande alcance para resolução de diversos problemas realizando um comparativo entre os cenários propostos.

Por suas características, o WEAP é uma ferramenta voltada para auxiliar no planejamento e gestão de recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, sendo capaz de dar suporte a decisões de gestores públicos, à aplicação de políticas de fomento ao desenvolvimento de uma região ou a preservação ambiental de uma área de interesse, levando em consideração os múltiplos usos da água na bacia hidrográfica (Yates *et al.*, 2005; Sieber e Purkey, 2015).

Um exemplo de aplicação do modelo WEAP foi realizado na Argentina, na bacia hidrográfica do rio Mendoza, com o intuito de verificar como será o cenário futuro do ano de 2030 em relação à gestão dos recursos hídricos da região. Para isso, Sirolesi e Dasí (2019) desenvolveram um mapa estratégico de ordenamento territorial, que leva em consideração os diversos usos da água e suas prioridades, sendo que elas foram amplamente discutidas com a população local, tornando o resultado uma ferramenta mais forte e efetiva para futuras aplicações de políticas na região.

Diante das aplicações possíveis na ferramenta de modelagem hidrológica WEAP, acredita-se que ela possa vir a colaborar para minimizar a situação de crise hídrica presente na Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, em específico, na sub-bacia do Rio Urubu, e dessa forma melhorar as condições ecológicas da região sem deixar de atender as necessidades dos agricultores.

### **3.6 CENÁRIOS APLICADOS EM MODELAGEM HIDROLÓGICA**

A utilização de modelos hidrológicos possibilita a quantificação e previsão de fenômenos hidrológicos por meio de formulações matemáticas. Lou (2010) destaca que com essas ferramentas é possível o preenchimento de lacunas que possibilitam uma melhor gestão dos recursos hídricos. Além disso, também cita que uma das vantagens de se utilizar a modelagem hidrológica é a possibilidade de planejamento e alteração de mudanças empregadas atualmente para buscar cenários alternativos que tenham sido previamente avaliados comparativamente ao cenário de referência.

Assim também Magalhães e Barp (2014) comentam que a aplicação de cenários que tenham como área de estudo uma bacia hidrográfica podem vir a contribuir para o melhoramento da gestão hídrica da bacia, uma vez que é possível levar em consideração as

dinâmicas hidrológicas, econômicas, territoriais e sociais, presentes na bacia. Os autores apontam que além de os cenários conseguirem reduzir incertezas sobre tomadas de decisão, podem apontar as possíveis ações a serem adotadas para melhoramento na eficiência da utilização das águas na bacia hidrográfica e a aplicação dos instrumentos de gestão da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Uma metodologia para se trabalhar com a análise de cenários e que vem sendo aplicada em diversos estudos consiste na determinação de um cenário de referência, que considera os parâmetros de base para a pesquisa. Em muitos casos esse cenário de referência representa a atual situação em uma bacia hidrográfica. Para os demais cenários, escolhe-se qual parâmetro irá apresentar uma variação, como por exemplo, a demanda para irrigação, e se mantém os demais parâmetros com valores iguais aos do cenário de referência. O resultado da simulação dos cenários apresenta o novo comportamento do objeto de estudo e assim é possível a comparação das alternativas entre si (Silva *et al.*, 2017; Mhiribidi *et al.*, 2018; Gorgoglione *et al.*; 2019)

Um exemplo de utilização de cenários na modelagem hidrológica é apresentado por Baptistelli *et al.* (2017), que utilizaram o modelo LabSid AcquaNet para avaliar como se comportaria a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) durante a crise hídrica dos anos 2014/2015, caso os cenários alternativos que consideravam as obras de interligação já concluídas dos Sistemas Jaguari-Atibainha e Sistema Produtor São Lourenço. A análise dos cenários mostrou que apenas quando os dois sistemas estivessem interligados a RMSP todas as demandas de água seriam atendidas, caso contrário sempre haveria uma parcela que continuaria sem água, como por exemplo o setor industrial.

Outra aplicação de cenários alternativos é apresentada por Zohrabi *et al.* (2017) que utilizaram a ferramenta WEAP que com o intuito de aumentar a confiabilidade do abastecimento de água no futuro para a região do rio do Dez, no Irã. Simularam uma maior eficiência nos sistemas de irrigação da região, já que eles são responsáveis por uma retirada significativa de água. Para isso, consideraram cenários de melhoramento da eficiência das estruturas de irrigação em 10% e 20%, e verificaram que apenas com o melhoramento aplicado de 20% é que se pode considerar uma situação de confiabilidade para o abastecimento futuro. O estudo ressalta ainda que é importante o melhoramento da alocação de água uma vez que existe a previsão de uma expansão agrícola para a região.

Gao *et al.* (2017) também utilizando o WEAP desenvolveram um estudo na região semiárida da China para verificar se haverá disponibilidade de água para aplicação do plano de desenvolvimento da região. Para isso, avaliaram quatro cenários distintos que visavam a aplicação de técnicas para aumentar a eficiência da irrigação e também melhores tratamentos para as águas residuárias industriais, uma vez que elas representam parte significativa de água que volta aos corpos hídricos da região. O estudo constatou que para nenhum dos cenários propostos seria possível a implementação do plano de desenvolvimento, uma vez que a água requerida superaria a disponibilidade da região, em termos de águas superficiais, e, portanto, sugeriram uma reformulação do plano de desenvolvimento da região.

A utilização de cenários é uma técnica empregada para tornar mais simples a avaliação de sistemas complexos, uma vez que ela utiliza uma abordagem matemática que possibilita uma análise estruturada de variáveis, com definição de critérios, restrições e ainda consegue simular situações em que uma ou mais variáveis possuam influências diretas ou indiretas umas sobre as outras (Magalhães e Barp, 2014).

Buarque (2003) ressalta que para que os resultados das análises de cenários venham a realmente acontecer, é preciso um engajamento dos atores sociais que fazem parte da área de estudo, uma vez que eles são os responsáveis pela aplicação de políticas e ações que venham a tornar reais os resultados apresentados pelo cenário futuro mais desejado.

A aplicação de cenários alternativos para a avaliação da demanda de água para irrigação sobre a disponibilidade hídrica foi utilizada neste estudo como ferramenta para aumentar o conhecimento acerca da região da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, em especial da sua sub-bacia do Rio Urubu. Assim, os cenários alternativos simulados na ferramenta WEAP analisaram a necessidade de implementação de um manejo de água para irrigação mais eficiente implicando em um decréscimo na captação de água e seu impacto na vazão do Rio Urubu.

## 4 A BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO FORMOSO

A bacia hidrográfica do Rio Formoso, apresentada na Figura 7, possui uma área de drenagem de 21.328 km<sup>2</sup>, divididos entre suas oito sub-bacias chamadas: Urubu, Dueré, Xavante, Escuro, Pau-Seco, Taboca, Ribeirão Lago Verde e das regiões marginais (SRHMA, 2009). Sua área equivale a 7,7% do estado do Tocantins e 5,6% da área da Região Hidrográfica do Araguaia-Tocantins a qual faz parte. Apesar de 3% da área estar localizada no estado do Goiás, a sua gestão é de inteira responsabilidade do estado do Tocantins (SRHMA, 2009).

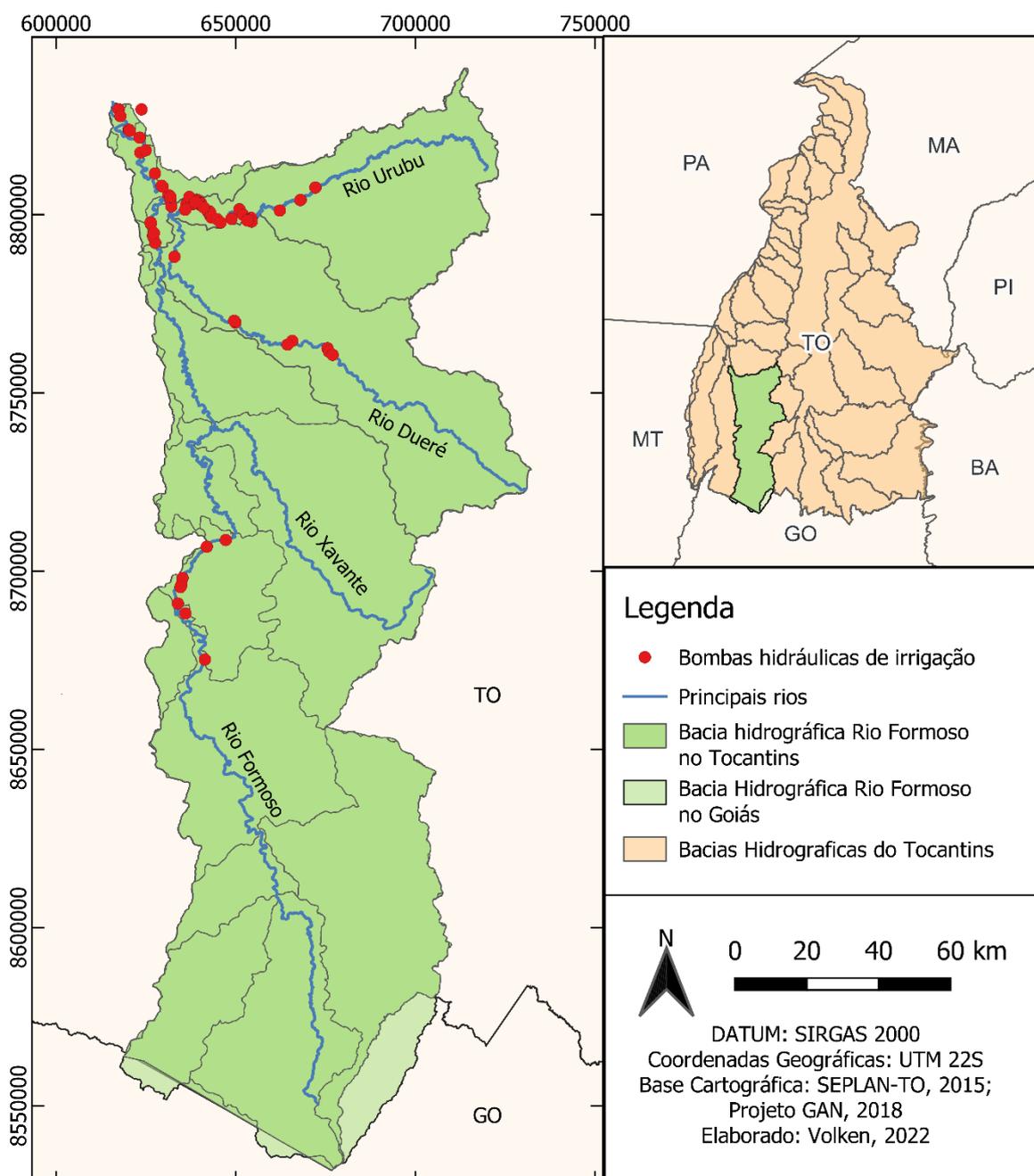


Figura 7 – Localização da bacia hidrográfica do Rio Formoso e as bombas de captação de água para irrigação.

O Tocantins tem se tornado uma potência agrícola nos últimos anos, ocupando o terceiro lugar na Região Norte e o decimo primeiro no Brasil, em relação ao Valor Bruto da Produção Agropecuária (VBP), que chegou a R\$18,8 bilhões. Outro destaque alcançado pelo estado foi a produção de arroz, que alcançou o terceiro lugar em 2021, chegando a 1,2 milhões de toneladas, ficando apenas atrás dos estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (IBGE, 2022; MAPA 2022). Outras produções também se destacam no estado, como a soja (9,8 milhões de toneladas) e o milho (1,5 milhões de toneladas). A vocação natural do estado do Tocantins para o agronegócio se deve em grande parte as características naturais do seu território, com um relevo plano, solo fértil, clima tropical, disponibilidade hídrica, e ainda projetos de desenvolvimento de infraestrutura, que fortalecem a agricultura irrigada e o escoamento da produção (SEPLAN, 2016; IBGE, 2022; MAPA 2022).

Localizada na região sudoeste do estado do Tocantins, a bacia hidrográfica do Rio Formoso possui um terreno de topografia muito plana, com áreas de várzeas extensas, que segundo Santos e Rabelo (2008), pode ser considerada a maior área de irrigação por gravidade do mundo, uma vez que nos períodos chuvosos, de dezembro a abril, ocorre seu alagamento natural, possibilitando o cultivo do arroz. Além disso, com o apoio de infraestrutura do Programa de Desenvolvimento da Região Sudoeste do Tocantins, o PRODOESTE que incentivou a instalação de sistemas de irrigação na área da Bacia, durante a estação seca, é plantado o feijão, a melancia, e a soja para sementes, que recebe destaque no cenário nacional (SEPLAN, 2016; Santos e Rabelo, 2008; Farias *et al.*, 2018; Vergara *et al.*, 2013, IAC, 2018, SRHMA, 2009).

Outra informação que reforça a importância econômica da agricultura na região da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso é concessão de 99,86% das outorgas de uso da água para a atividade de irrigação (Magalhães Filho *et al.*, 2015). Uma característica local é que as áreas das fazendas são muito extensas, e assim é comum verificar que uma propriedade possui mais de uma bomba de captação de água para suprir sua demanda (GAN, 2018). As características naturais de terreno aliadas a aplicação da irrigação de fato é um fator favorável para a agricultura na região, o que permite que mesmo na estação seca, quando há menor disponibilidade de água, seja possível ter safras com bom desempenho.

Por outro lado, como há uma redução característica nas vazões dos rios durante o período de maio a novembro, a captação de água para irrigação acaba agravando a situação. Atualmente existem 98 bombas instaladas ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso

(GAN, 2019), e que essas bombas podem retirar em média uma vazão de 1.620 L/s, num total de 158.100 L/s, caso todas atuem ao mesmo tempo (IAC, 2018). A maior parte das bombas hidráulicas instaladas na Bacia se encontram próximas ao seu exutório, área que nos últimos anos vem sofrendo com problemas de crise hídrica. Existem também uma quantidade significativa de bombas hidráulicas localizadas mais ao centro da Bacia, que é apontada pelo Plano de Bacia Hidrográfica como uma área de possível conflito pelo uso da água no futuro (SRHMA, 2009).

O ano de 2016 apresentou uma pluviosidade abaixo das médias de anos anteriores e também teve um período mais extenso de seca, o que fez com que os níveis dos rios da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso alcançassem um nível elevado de risco de conflitos pelo uso da água e impactos ambientais severos foram registrados, como a interrupção da vazão nos rios Formoso e Urubu no mês de julho, como ilustram as fotografias a) e b) da Figura 8 (Naturatins, 2016; Fleischmann *et al.*, 2017; IAC, 2018).



Figura 8 – Imagens do Rio Formoso, sendo a) e b) Rio Formoso durante estação seca no ano de 2016; c) e d) Bombas de captação de água para irrigação no Rio Formoso; e) e f) Canais de irrigação na bacia hidrográfica do Rio Formoso (Fonte: projeto GAN; Google Maps).

As bombas hidráulicas utilizadas para captação no Rio Formoso ficam em boias de forma a conseguir retirar a água independentemente da altura do rio. A água bombeada é despejada nos canais de irrigação, que são caminhos escavados no solo que se dirigem para o interior das propriedades, se ramificando de forma a promover a irrigação das culturas por sistema de subirrigação onde ocorre a elevação do lençol freático. Uma vez que esse sistema de irrigação é o tipo mais empregado na Bacia e que ele possui a necessidade de elevadas quantidades de água para promover a irrigação em toda a área das propriedades, a diminuição da captação de água é um desafio para os agricultores da região.

Para tentar contornar a situação da crise hídrica em 2016, foi estabelecido um revezamento das captações de água para irrigação ao longo da semana, implementando assim um regime de rodízio de uso da água, onde foi definindo um cronograma de dias e horários em que os irrigantes poderiam retirar água. Essa medida chegou a ter periodicidade diária durante um período de tempo em que a situação da escassez de água estava mais crítica. Uma vez que a aplicação dessa medida apresentou um bom resultado para o ano de 2016, ela também foi adotada no ano seguinte (Naturatins, 2016).

No estado do Tocantins a Política Estadual de Recursos Hídricos, Lei nº 1.307, de 22 de março de 2002, dá os direcionamentos sobre a utilização dos cursos d'água em seu território e estabelece por meio do Decreto nº 2.432, de 06 de junho de 2005 (GET, 2005), a responsabilidade do Instituto Natureza do Tocantins (Naturatins) outorgar o direito de uso dos recursos hídricos. Segundo o Decreto nº 2.432, a vazão outorgada, quando não houver barramento do corpo hídrico, será calculada com base nas informações hidrológicas da região para uma vazão de até 90% de permanência. Além disso, os somatórios das vazões outorgadas para o rio devem obedecer ao limite de 75% da vazão de referência.

Entretanto, quando começou a emitir as outorgas de captação de água na região, não existiam séries hidrológicas suficientes para estabelecer um valor de vazão mínima de referência que poderia ser considerado satisfatório (Vergara *et al*, 2013). Além disso, existe uma alta demanda de água para a irrigação, como já apresentado anteriormente, mas que fica mais evidente na comparação apresentada no Plano do Biênio (IAC, 2018), relacionada às vazões demandadas e às vazões outorgáveis, como mostra a Figura 9 para o Rio Urubu, pertencente a Bacia hidrográfica do Rio Formoso. Nota-se que a situação é mais crítica durante o período de seca, entre os meses de maio a novembro, onde a demanda é muito superior à vazão outorgável. Assim, ressalta-se a necessidade de adoção de medidas para a manutenção

das vazões mínimas de referência, tais como a alteração das outorgas concedidas até o momento e o aprimoramento dos sistemas de irrigação.

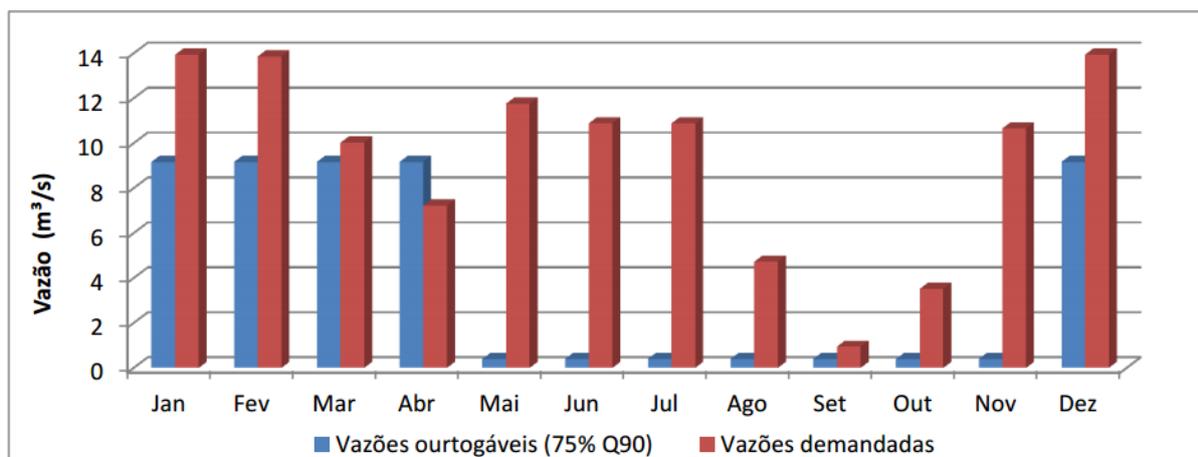


Figura 9 - Vazões outorgáveis e vazões demandadas para o Rio Urubu. Fonte: IAC, 2018.

#### 4.1 PROJETO GESTÃO DE ALTO NÍVEL

Diante da crise hídrica registrada na região da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso, o Ministério Público Estadual do Tocantins (MPTO), no mês de julho de 2016, optou pela suspensão de todas as captações de água, barramento e aberturas de canais, utilizados pelos agricultores para a irrigação das lavouras, a fim de que fosse verificado o cumprimento da legislação ambiental na região, de modo a não oferecer maior risco ao meio ambiente. Diante do impacto econômico e social desta medida, o Poder Judiciário do Estado do Tocantins solicitou que a Universidade Federal do Tocantins (UFT) que emitisse um parecer técnico sobre a situação das condições hídricas da região. O parecer ressaltou que devido à falta de estudos sobre a disponibilidade hídrica e demanda de água na bacia, existiam muitas incertezas sobre as variáveis que ocasionaram a crise hídrica vivenciada naquele momento (IAC, 2018).

Ao final do ano de 2016, o Instituto de Apoio às Cidades (IAC), vinculado a UFT, apresentou em audiência pública a proposta do projeto Gestão de Alto Nível (GAN), que visava em caráter multidisciplinar aplicar medidas para tornar a gestão dos recursos hídricos robusta, unindo um sistema de monitoramento, revisão das outorgas e novas regras de operação das bombas hidráulicas de captação de água. A proposta do projeto GAN foi aplicar quatro fases. A Fase A consistiu no diagnóstico da disponibilidade hídrica na bacia; a Fase B no diagnóstico da demanda hídrica; a Fase C na automação de um sistema de monitoramento das captações de

água para irrigação e a Fase D na revisão das outorgas atuais e na elaboração de regras de operação (IAC, 2018).

Frente à apresentação do projeto GAN e do compromisso firmado entre os agentes envolvidos nesse processo, sendo eles os agricultores e os administradores da gestão hídrica estadual, foi então suspensa a Ação Cautelar do Ministério Público sobre as captações de água nos Rios Formoso e Urubu (IAC, 2018). Até o momento foram desenvolvidas as Fases A, B e C do Projeto GAN.

Como forma de diminuir os impactos sociais e econômicos e possibilitar a previsão de situações críticas, com a realização de um planejamento junto com os produtores, o IAC elaborou o Plano do Biênio para o período de safra de 2018-2019. A partir de quatro estratégias, o plano visava garantir o atendimento às necessidades de água pelos irrigantes ao longo de todo o período e o respeito ao meio ambiente, buscando evitar a retirada excessiva de água dos rios da Bacia do Rio do Formoso (IAC, 2018). As quatro estratégias são apresentadas a seguir:

1. **Estratégia espacial:** foram verificadas onde estavam localizadas as 98 bombas hidráulicas utilizadas para captação de água e os barramentos nos trechos de rio utilizados durante o período seco para armazenar água para captação pelas bombas. Constatou-se que a localização dos pontos de demanda está concentrada em alguns lugares e assim dividiu-se as bombas de captação segundo a área em que se localizam, resultando assim em 10 trechos críticos, que foram, posteriormente, utilizados como trechos de monitoramento.
2. **Estratégia temporal:** avaliou a partir do diagnóstico de disponibilidade hídrica, realizado na Fase A do projeto GAN, que logo após o começo do período seco na bacia hidrográfica do Rio Formoso, havia uma queda drástica da disponibilidade de água nos rios da bacia. Assim, as bombas de captação foram divididas em três grupos, que levam em consideração o trecho crítico em que estavam localizadas e a sua demanda por água. Desta forma, esses três grupos de bombas hidráulicas dividiram as captações de forma a obter uma vazão demandada final que fosse próxima entre os três grupos, e que cada grupo possuísse uma quantidade de bombas parecida. Com os grupos de demanda estabelecidos, foram propostas duas alternativas para um rodízio na captação de água, na expectativa de que com a estratégia adotada seria possível uma distribuição equilibrada para uma gestão segura dos recursos hídricos.

3. **Estratégia hidrológica:** elaborado a partir dos dados das estratégias anteriores. Consistiu no estabelecimento de um nível mínimo de referência, que seria avaliado segundo a sinalização da cota do rio na entrada em cada um dos 10 trechos críticos. Com um sistema de cores, o nível verde sinalizava que estava permitida a captação de água segundo a outorga a qualquer momento, o nível amarelo indicava que a partir deste nível se estabeleceria um sistema de rodízio entre os três grupos de irrigantes, de modo a garantir o atendimento da demanda a todos os irrigantes, sem prejuízos ao meio ambiente. Por fim, o nível vermelho indicava que a partir desta cota ficavam suspensas todas as captações para irrigação.
4. **Estratégia tecnológica:** desenvolvida como forma de auxiliar a estratégia hidrológica consistiu na instalação de hidrômetros em todas as 98 bombas hidráulicas utilizadas pelos agricultores. As leituras das vazões demandadas são realizadas em tempo real, 24 horas por dia. Os dados são transmitidos a cada 15 minutos para a central de controle e armazenamento de informações localizada no IAC, dentro da UFT. Os dados monitorados são disponibilizados para acesso do público pelo site eletrônico [www.gan.iacuft.org.br](http://www.gan.iacuft.org.br) e sua interface é apresentada na Figura 10. Além dos dados de demanda, o site também apresenta dados de disponibilidade hídrica, informando as estações pluviométricas e fluviométricas da bacia do Rio Formoso e os níveis em cada um dos pontos de monitoramento, como apresentado na Figura 11.

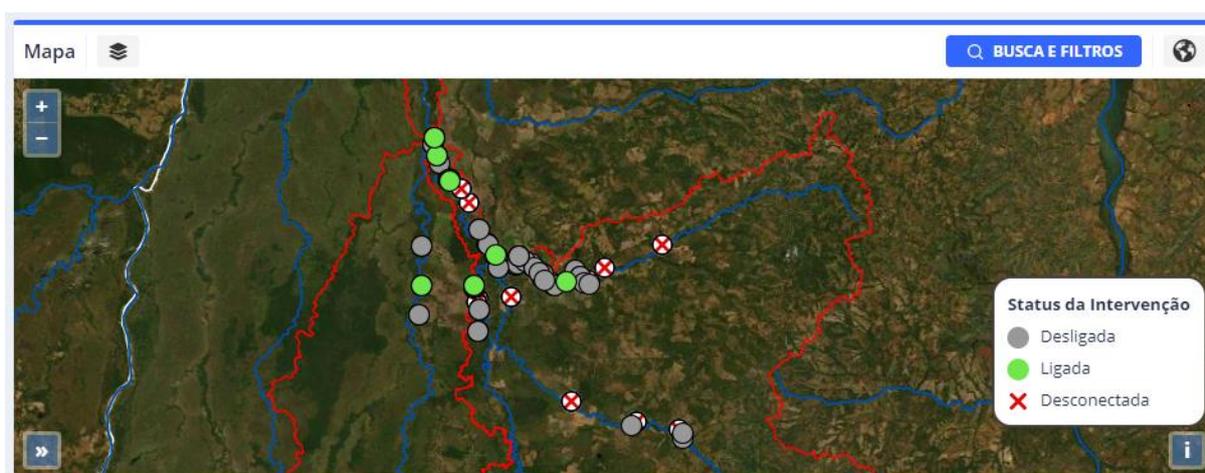


Figura 10 – Imagem de monitoramento online das bombas hidráulicas de captação de água para irrigação (Fonte: GAN, 2022).

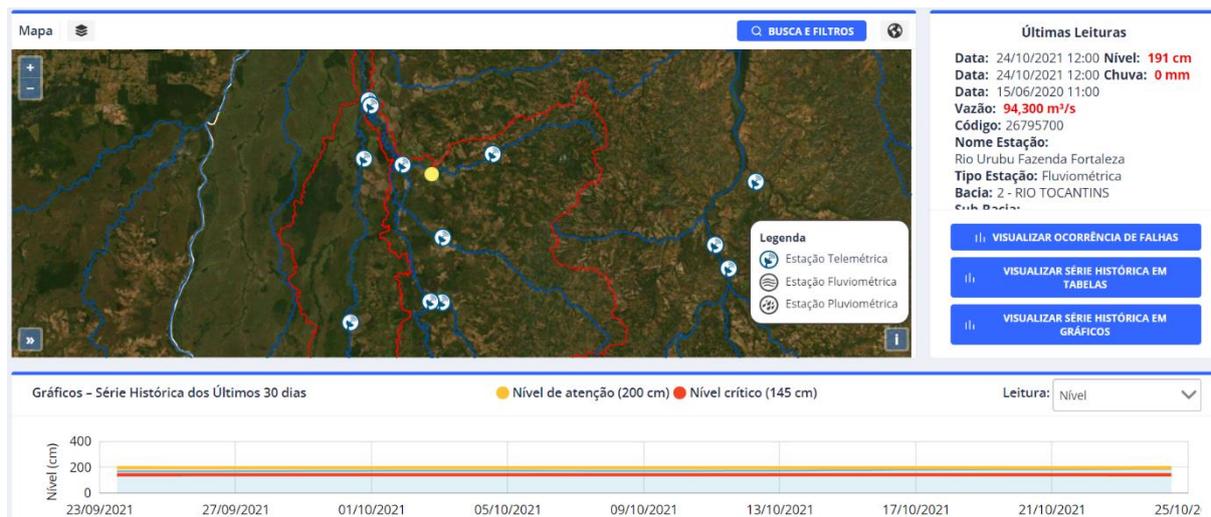


Figura 11 – Imagem do sistema de monitoramento da disponibilidade de água nas estações fluviométricas da bacia hidrográfica do Rio Formoso (Fonte: GAN, 2022).

Com a plataforma online do projeto GAN o agricultor pode antecipar seu planejamento para enfrentamento de situações de escassez hídrica, preparando suas ações para eventuais momentos de rodízio ou suspensão da captação de água, visto que o monitoramento empregado permite a visualização histórica da cota do rio. Além disso, o site do GAN também permite aos órgãos fiscalizadores, o acompanhamento das captações de água, sendo possível identificar quando uma bomba hidráulica está captando acima da vazão outorgada ou em momento de nível vermelho, o que pode auxiliar a atuação destes produtores de forma mais eficiente.

Apesar dos esforços realizados até o momento para tentar diminuir a pressão sobre os recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Formoso, faz-se necessária uma mudança na gestão do recurso, ainda com maior enfoque na prevenção do que em ações apenas paliativas. Frente às dificuldades observadas, parte da motivação da presente pesquisa foi verificar qual seria percentualmente a redução de demanda necessária a ser aplicada pelos irrigantes da bacia hidrográfica do Rio Urubu, que possibilitasse a manutenção de uma mínima vazão. Desta forma, este estudo buscou auxiliar na proposição da diminuição das vazões outorgadas de modo a proporcionar uma gestão mais aprimorada dos recursos hídricos na região.

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A caracterização da área de estudo levou em consideração aspectos sócio-políticos, geomorfométricos, climáticos e de caracterização do solo quanto ao seu uso, cobertura, tipo e declividade. Para algumas dessas análises foram utilizados recursos de geoprocessamento, com o auxílio da ferramenta QGIS que é um Sistema de Informações Geográficas (SIG) de código aberto, sendo a base de dados da SEPLAN-TO, com escala de 1:250.000.

As elevadas vazões bombeadas para a irrigação das lavouras na bacia hidrográfica do Rio Urubu, em especial na estação de seca, fazem com que a disponibilidade hídrica seja inferior a demanda, desencadeando situações de crise hídrica e conflitos entre os usuários de água, além de danos ambientais severos na região, como mostra a Figura 12. A partir das problemáticas identificadas, delimitou-se a bacia hidrográfica do Rio Urubu como área de estudo para a presente pesquisa, unidade hidrográfica localizada ao norte da bacia do Rio Formoso, como o apresentado na Figura 13.



Figura 12 - Estiagem no Rio Urubu no ano de 2016. Fonte: Reprodução/TV Anhanguera.

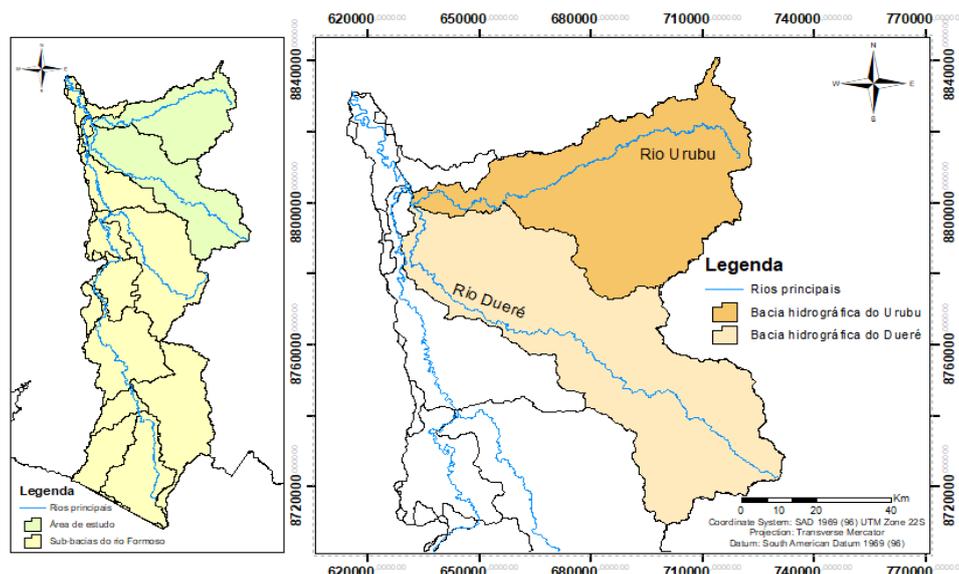


Figura 13 - Localização das bacias hidrográficas do Rio Urubu e Dueré.

A Bacia Hidrográfica do Rio Urubu, apesar de ter praticamente toda sua área de drenagem independente do afluente Rio Dueré, recebe as suas águas no trecho próximo a foz, aumentando a disponibilidade hídrica nesta porção final do Rio favorecendo os irrigantes com bombas de captação ali localizados. Para este estudo, as duas bacias hidrográficas foram consideradas como áreas de interesse. A Bacia Hidrográfica do Rio Urubu possui uma área de drenagem de 2.630 km<sup>2</sup> e Bacia Hidrográfica do Rio Dueré uma área de 3.553 km<sup>2</sup>, equivalendo a 12,7% e 16,3% da Bacia do Rio Formoso respectivamente (Marinho Filho *et al.*, 2013).

## 5.1 LIMITES POLÍTICOS

A Figura 14 apresenta a localização dos municípios dentro da área de estudo, enquanto que a Tabela 2 mostra a porcentagem de suas áreas dentro da bacia do Rio Urubu e Dueré respectivamente.

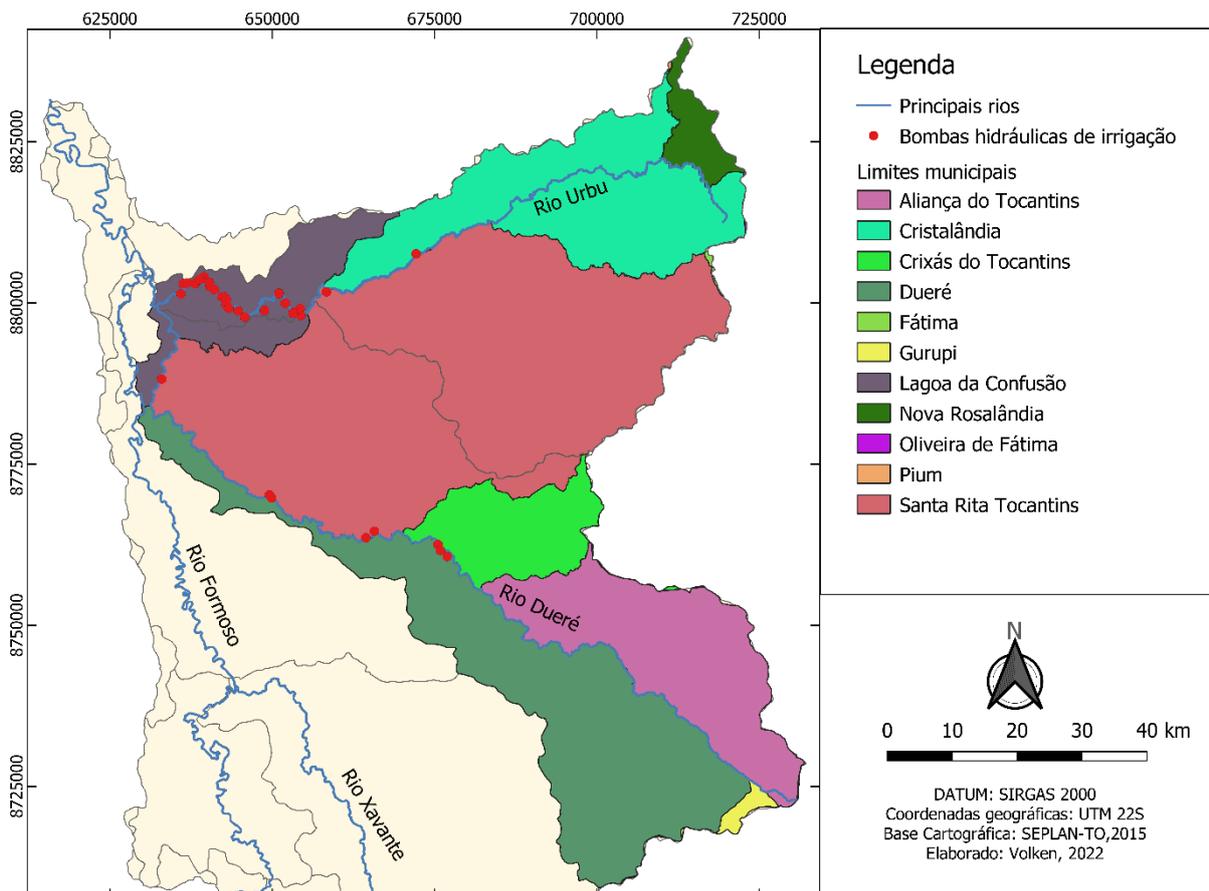


Figura 14 - Limites políticos dos municípios presentes nas bacias hidrográficas do Urubu e Dueré (Tocantins). Elaboração: Volken (2022).

Tabela 2 - Municípios e suas porcentagens de área dentro da bacia do Rio Urubu. Fonte: SRHMA, 2009.

Município	Área Urubu (%)	Área Dueré (%)
Gurupi	-	0,8
Aliança do Tocantins	-	20,0
Crixás do Tocantins	-	9,4
Dueré	-	34,0
Santa Rita Tocantins	52,2	32,2
Lagoa da Confusão	10,7	3,6
Cristalândia	33,0	-
Nova Rosalândia	4,1	-

Nota-se que a maior parte da bacia do Rio Urubu é ocupada pelo município de Santa Rita do Tocantins. Entretanto, o município da Lagoa da Confusão, localizado próximo ao exutório da bacia, é onde se concentra a maior parte das propriedades que fazem uso da água para irrigação e, conseqüentemente, onde ocorrem as maiores tensões relacionadas à disponibilidade dos recursos hídricos.

## 5.2 CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA

A caracterização morfométrica relaciona a forma geométrica da bacia hidrográfica com aspectos ambientais que podem auxiliar na compreensão das dinâmicas hidrológicas presentes na área de estudo. A escolha das variáveis para análise da área da bacia dos Rios Urubu e Dueré por Marinho Filho *et al.* (2013) foi realizada tendo em vista sua recorrente utilização em estudos semelhantes e os cálculos das variáveis foram realizados segundo as descrições apresentadas em Villela e Mattos (1975) e Christofolletti (1970).

A Tabela 3. apresenta os resultados da caracterização morfométrica para cada uma das áreas. Observa-se que a densidade de drenagem de ambas as bacias hidrográficas é bastante similar, enquanto que o coeficiente de compacidade é maior para a bacia do Rio Dueré justamente por apresentar um formato menos arredondado do que a bacia do Rio Urubu. Esta informação se complementa com os resultados obtidos para o fator de forma, o que pode significar que pelo formato das bacias hidrográficas, a do Rio Urubu pode apresentar uma maior tendência a picos mais elevados de vazão de cheia do que os observados no Rio Dueré.

Tabela 3 - Características morfométricas da bacia do Rio Urubu e Dueré. Fonte: Marinho Filho *et al.* (2013).

Características Morfométricas	Equação	Urubu	Dueré	Unidade
Área de bacia	A	2630,45	3553,6	km <sup>2</sup>
Perímetro da bacia	P	305,75	380,2	km
Comprimento do canal principal	L	117,6	143,4	km
Comprimento total dos canais	Lt	1439,1	1461	km
Densidade de Drenagem	$Dd = Lt/A$	0,55	0,53	-
Coefficiente de compacidade	$C = 0,28 * P / \sqrt{A}$	1,67	1,86	-
Fator de forma	$F = A/L^2$	0,31	0,19	-
Ordem dos cursos d'água	n <sup>o</sup>	5 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	-
Índice de circularidade	$IC = 12 * A / P^2$	0,35	0,28	-

### 5.3 CLIMA E REGIME HIDROLÓGICO

O regime hidrológico é caracterizado por uma distinção entre período seco, que ocorre nos meses de maio a novembro, e período de chuva, entre dezembro e abril. A região em que as bacias hidrográficas dos rios Urubu e Dueré se localizam possui uma temperatura média ao longo do ano entre 24°C e 26°C e o clima da região é considerado como tropical seco e úmido, com uma variação de deficiência hídrica de moderada a nula de acordo com a sazonalidade (SRHMA, 2009; Valente *et al.*, 2013).

Cerca de 94,2% da precipitação acontece durante o período chuvoso do ano, onde os meses de dezembro e janeiro são os com maior precipitação. Para o período de estiagem, considerando os três meses com menor precipitação sendo junho, julho e agosto, a média pluviométrica é de apenas 6 mm (Alvez *et al.*, 2016). Na Figura 15 é possível ver a precipitação média mensal para a bacia hidrográfica do Rio Formoso.

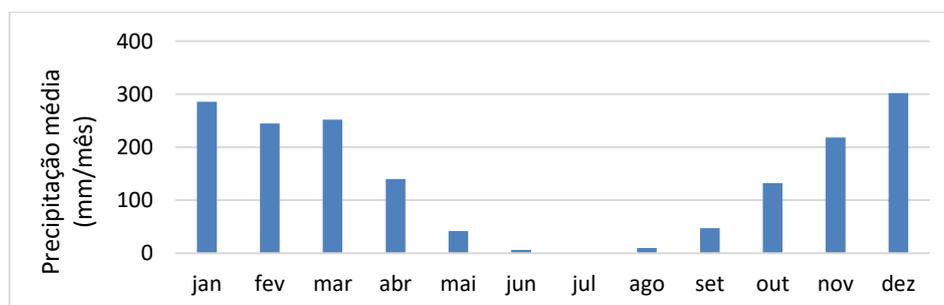


Figura 15- Precipitação média mensal na bacia hidrográfica do Rio Formoso. Fonte: Alvez *et al.*, 2016.

A precipitação média da bacia hidrográfica do Rio Formoso, na qual a área de estudos está inserida, pode ser considerada como característica do bioma Cerrado, apresentando a precipitação média anual de 1579,6 mm, variando entre 1200mm e 1900 mm dependendo da localização dentro da bacia, como é possível observar na Figura 16. Verifica-se que ocorrem maiores lâminas precipitadas ao norte da bacia, onde se localizam as bacias do Rio Urubu e Rio Dueré, do que em relação às áreas mais localizadas ao seu centro-sul da bacia do Rio Formoso.

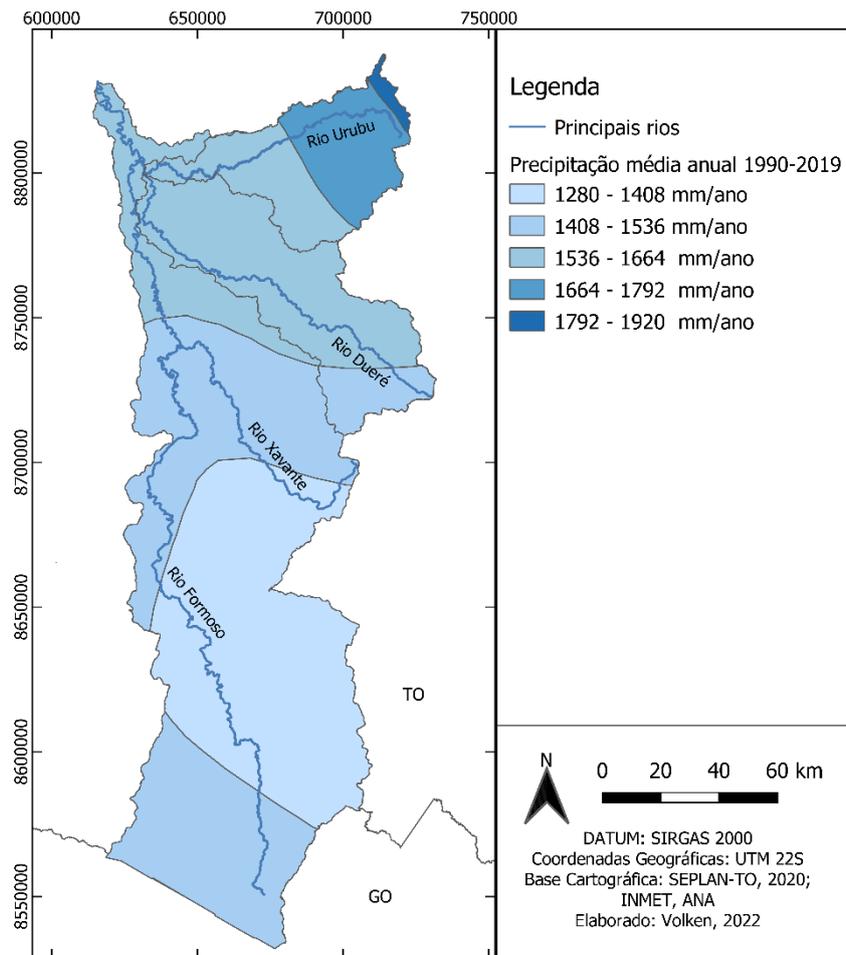


Figura 16 - Distribuição espacial da precipitação média anual na bacia do Rio Formoso. Elaborado: Volken, 2022.

#### 5.4 TIPO DE SOLO

A Figura 17 apresenta o mapa de tipos de solo presentes nas bacias hidrográficas dos rios Urubu e Dueré, enquanto que a Tabela 4 apresenta a porcentagem de área que cada tipo de solo é encontrado nas bacias. Observa-se que o tipo de solo mais encontrado nas bacias é o Plintossolo, ocupando 90,4% da área total. Esse solo é constituído de material mineral que apresenta horizonte plíntico, litoplíntico ou concrecionário, devido à segregação de ferro no

solo. Ele normalmente é encontrado no centro do Brasil em áreas de relevo plano ou levemente ondulado, como é o caso da área de estudo. Além disso, outro fator importante sobre esse tipo de solo é que possui um potencial agrícola agregado para a plantação de arroz irrigado devido sua baixa capacidade de drenagem da água (Santos *et al.*, 2018).

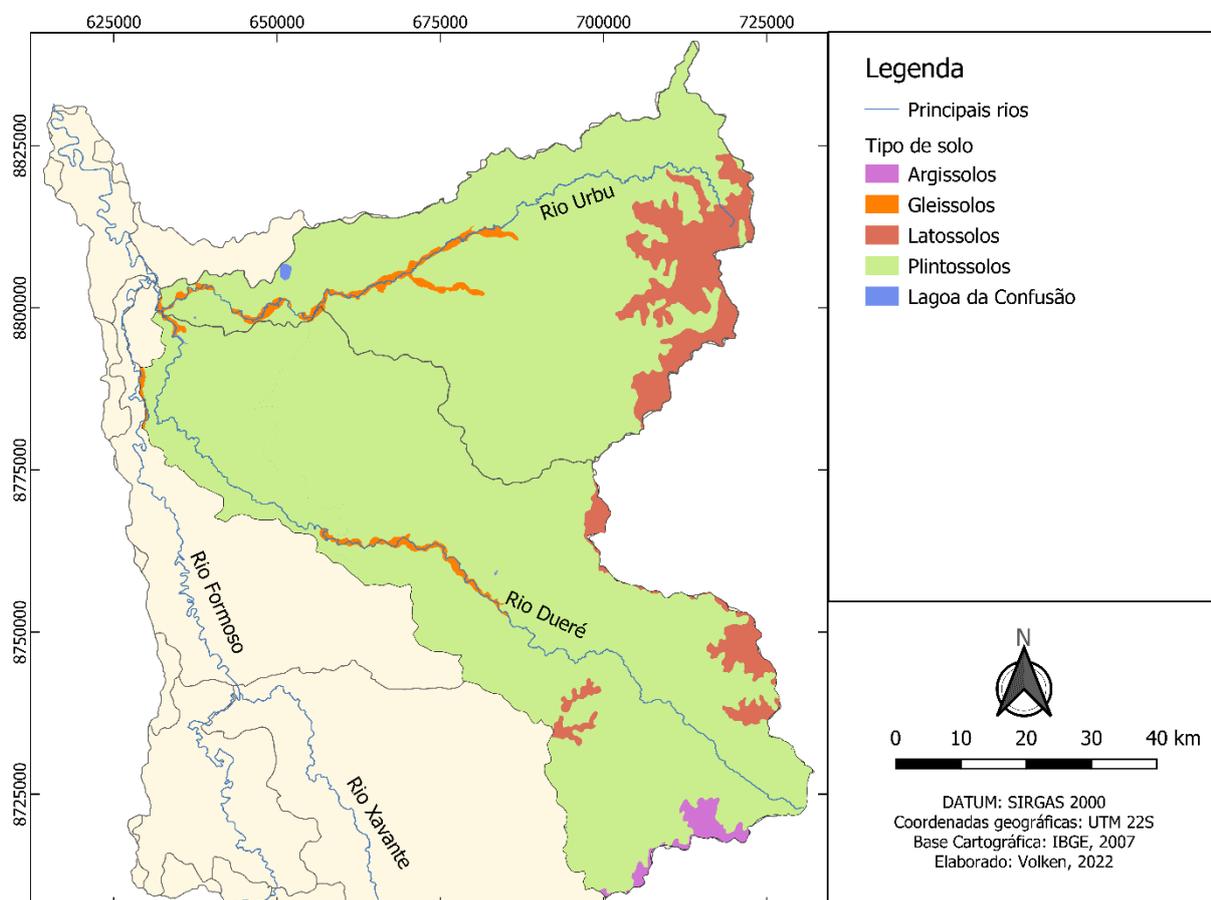


Figura 17 - Mapa de tipo de solo nas bacias hidrográficas do Urubu e Dueré (Tocantins).  
Elaboração: Volken (2022).

Tabela 4 - Porcentagem de tipo de solo nas bacias do Urubu e Dueré.

Tipo de solo	Área Urubu (%)	Área Dueré (%)	Área Total (%)
Plintossolos	85,2	94,2	90,4
Gleissolos	2,6	1,2	1,8
Latossolos	12,2	3,3	7,1
Argissolos	-	1,3	0,8

Na parte mais ao leste das bacias, é possível encontrar o Latossolo, que se caracteriza por ser um solo mais argiloso com altas concentrações de ferro e alumínio, além de apresentar uma acidez elevada. Possui ainda uma alta permeabilidade e é bem estruturado o que é uma

vantagem relacionada ao seu potencial agrícola (Santos *et al.*, 2018). Ele representa 12,2% da área da bacia do Urubu e 3,3% da bacia do Rio Dueré.

O Gleissolo representa cerca de 1,8% da área das bacias e se caracteriza por ser um solo hidromórfico com baixa capacidade de drenagem, formado a partir da sedimentação recente e não consolidada de argilas e areias e com presença de matéria orgânica. São encontrados em áreas de várzea com relevo plano que pode ser sujeito a longos períodos de alagamentos, assim como ocorre na área de estudo (Santos *et al.*, 2018).

Por fim, é possível encontrar em 1,3% da área da bacia do Rio Dueré os Argissolos, que possuem como características principais a presença de argilas de baixa atividade, uma capacidade de drenagem moderada e com cor avermelhada a amarela. São mais comumente encontrados em regiões de relevo plano a suavemente ondulado e podem ser utilizados para diversas culturas desde que ocorra a correção de sua acidez (Santos *et al.*, 2018).

## 5.5 HIPSOMETRIA E DECLIVIDADE

Duas análises interessantes para o conhecimento da área de estudo consistem na identificação da elevação do terreno em relação ao nível do mar, conhecido como análise de hipsometria e também avaliação da declividade do terreno. A baixa variação de altitude do terreno é uma característica muito forte da bacia do Rio Formoso, possibilitando o alagamento natural das extensas áreas de várzeas dos rios, o que segundo Santos e Rabelo (2008), classifica a área como a maior área de irrigação por gravidade do mundo.

A Tabela 5 apresenta a porcentagem de área em relação a um intervalo hipsométrico. A variação altimétrica da região é inferior a 250m entre o ponto mais baixo e o mais elevado do terreno e na parte de jusantes da bacia, que equivale a quase 60% da área, a variação é ainda menor, com apenas 100m, como é possível visualizar na Figura 18.

Tabela 5 - Porcentagem de área em relação ao intervalo hipsométrico.

Intervalo hipsométrico (m)	Área Urubu (%)	Área Dueré (%)	Área Geral (%)
160-200	14,1	24,0	19,7
200-250	39,3	39,0	39,1
250-300	23,7	25,7	24,8
300-350	17,6	10,5	13,5
350-400	5,3	0,8	2,7

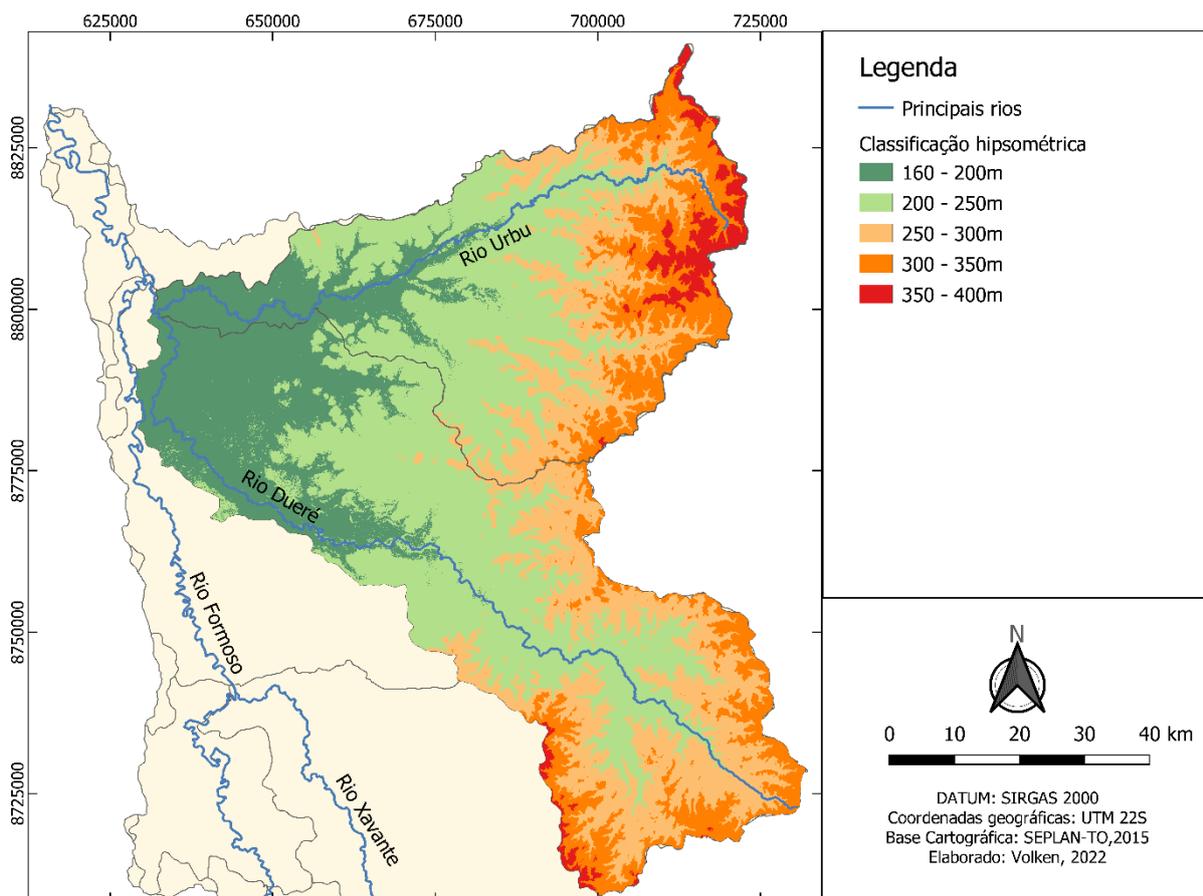


Figura 18 - Mapa hipsométrico das bacias hidrográficas Urubu e Dueré (Tocantins).  
Elaboração: Volken (2022).

A análise da declividade do terreno foi realizada levando em consideração os intervalos propostos pela Embrapa (1979), que define a qual classe o terreno está associado, sendo apresentados na Tabela 6. A maior parte do terreno das bacias hidrográficas, como já era esperado, não possui grandes declividades, possuindo mais de 80% nas classes plano (34,1%) e suave ondulado (50%). Na Figura 19 é possível visualizar que o terreno é pouco acidentado, apresentando um terreno mais ondulado na parte a montante das bacias. Esse tipo de terreno favorece o cultivo de arroz, o que justifica a sua forte produção pelos agricultores da região.

Tabela 6 - Declividade do terreno nas bacias hidrográficas dos rios Urubu e Dueré (Tocantins).

Intervalo de declividade (%)	Classe atribuída	Área Urubu (%)	Área Dueré (%)	Área Geral (%)
0-3	Plano	33,4	34,6	34,1
3-8	Suave ondulado	48,5	51,2	50,0
8-20	Ondulado	16,7	13,6	14,9
20-45	Forte ondulado	1,5	0,6	0,9

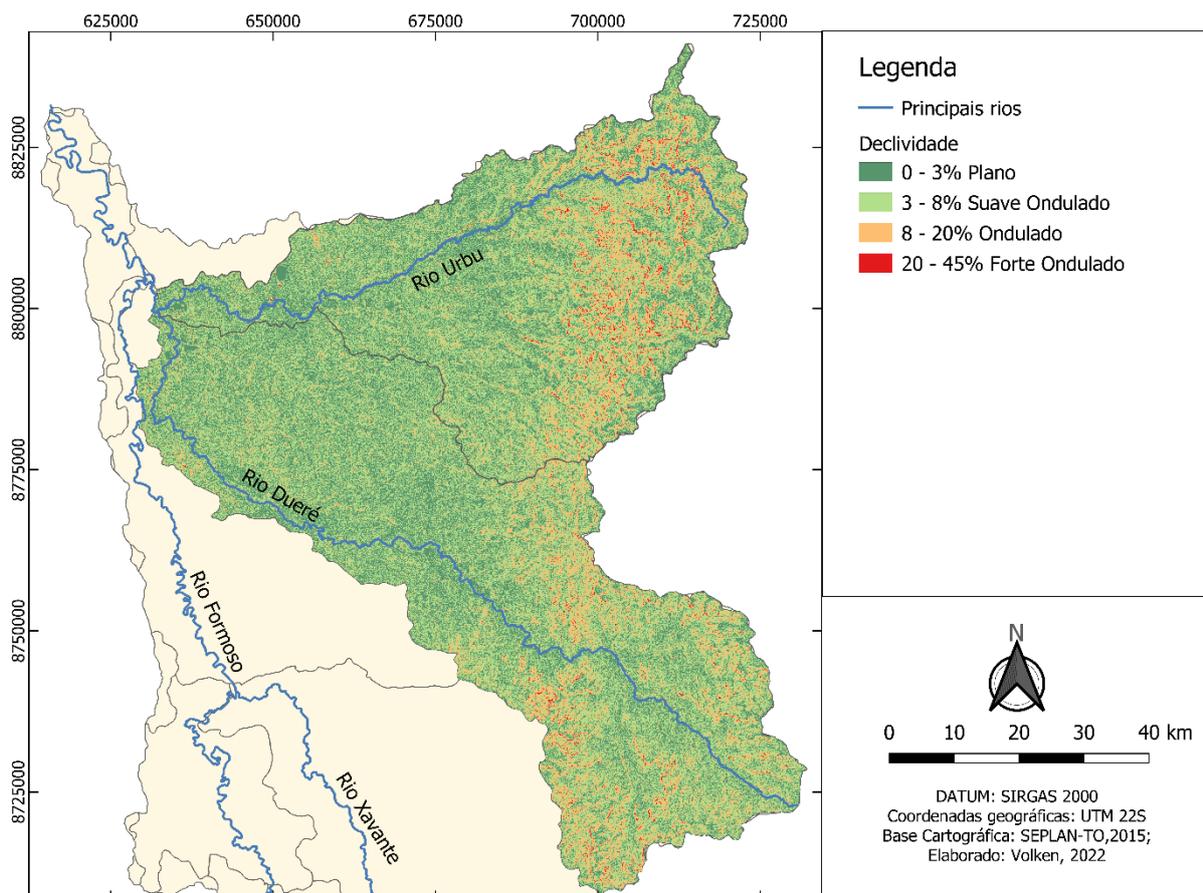


Figura 19 - Mapa de declividade do terreno nas bacias hidrográficas dos rios Urubu e Dueré (Tocantins). Elaboração: Volken (2022).

## 5.6 USO E COBERTURA DO SOLO

A Tabela 7 apresenta os percentuais relacionados a cada um dos tipos de uso e cobertura do solo encontrados nas áreas das bacias hidrográficas em estudo.

Tabela 7 - Porcentagem das classes de uso e cobertura do solo nas bacias dos rios Urubu e Dueré (Tocantins).

Uso e Cobertura	Área (%)	Área Urubu (%)	Área Dueré (%)
Soja	2,4%	3,2%	0,5%
Arroz (beta)	2,7%	2,5%	2,9%
Outras Lavouras Temporárias	0,3%	0,4%	0,1%
Mosaico de Agricultura e Pastagem	5,3%	4,0%	5,4%
Pastagem	33,0%	22,5%	28,3%
Formação Campestre	1,9%	1,4%	1,8%
Formação Florestal	9,1%	10,9%	10,5%
Formação Savânica	41,8%	53,1%	46,6%
Campo Alagado e Área Pantanosa	3,4%	1,9%	3,8%
Área Urbanizada	0,1%	0,1%	0,1%
Outras Áreas não Vegetadas	0,2%	0,1%	0,1%
Lagoa da Confusão	0,7%	0,3%	0,1%

A Figura 20 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo, em que é possível ver onde se localizam cada uma das principais atividades nas bacias e onde ainda há cobertura natural de Cerrado. A agropecuária se destaca de forma bastante espalhada pela área de estudo, abrangendo grandes porções de terra contínua, o que reflete em sua importância econômica e social para o estado do Tocantins.

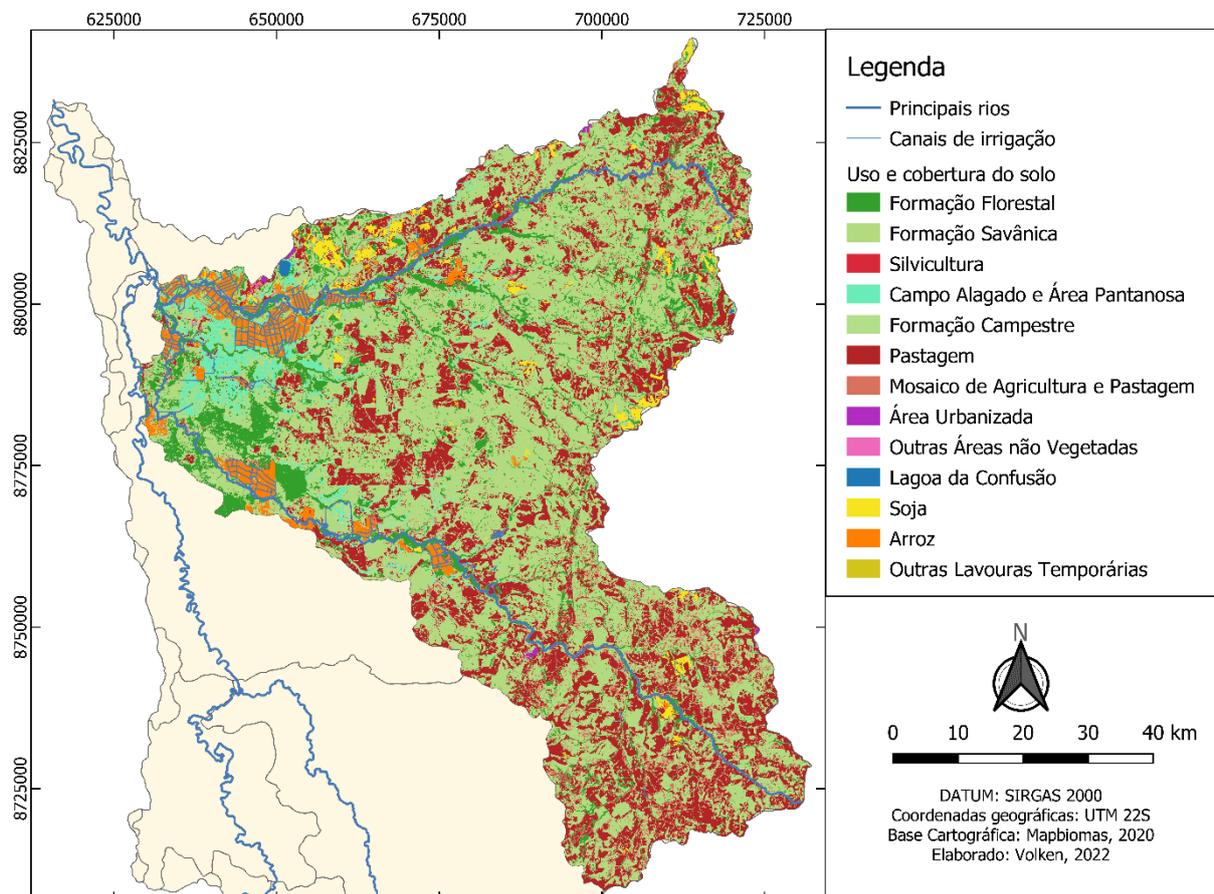


Figura 20 - Mapa de uso e cobertura do solo nas bacias dos rios Urubu e Dueré (Tocantins).  
 Fonte: Mapbiomas, 2020. Elaboração: Volken (2022).

A maior parte da área de estudo é coberta por vegetação nativa típica do bioma Cerrado, que inclui segundo a classificação do Mapbiomas (2020) a formação campestre florestal, savânica e ainda uma característica bastante peculiar a área de estudo que são as áreas de campo alagado e área pantanosa, que se referem principalmente as áreas de várzea localizadas próximas foz do Rio Urubu. Essas áreas são justamente as que apresentam uma declividade baixa de terreno plano a suave ondulado, como apresentado no tópico anterior. Juntas estas áreas representam a maior cobertura do solo, com aproximadamente 56,2% de área.

Outro aspecto interessante é que a área urbanizada pode ser considerada inexpressiva, o que ressalta que a principal atividade desenvolvida na região é a agropecuária, que por sua

vez representa por volta de 43% de ocupação da área total das bacias. Esta área é destinada para a agricultura, em especial próxima ao exutório da bacia hidrográfica do Rio Urubu e do Rio Dueré, e de forma mais distribuída pelas áreas de pastagem destinadas a criação de gado. Nas áreas destinadas a agricultura ocorrem principalmente o plantio do arroz e soja para semente, responsáveis pela alta captação de água para irrigação.

## 5.7 PONTOS DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA

O Censo Agropecuário (IBGE, 2017) apresenta a inundação como o tipo de irrigação mais utilizada na bacia do Rio Formoso, seguida pela irrigação por sulcos para sub-irrigação por elevação do lençol freático. Esses tipos de irrigação são especialmente utilizados nas propriedades dos municípios da Lagoa da Confusão e Cristalândia, onde há o plantio de arroz e soja para semente (Santos e Rabelo, 2008). Isso justifica a grande presença de bombas hidráulicas localizadas no Rio Urubu na parte mais a oeste da bacia hidrográfica, próximas do exutório, como é possível observar na Figura 21.

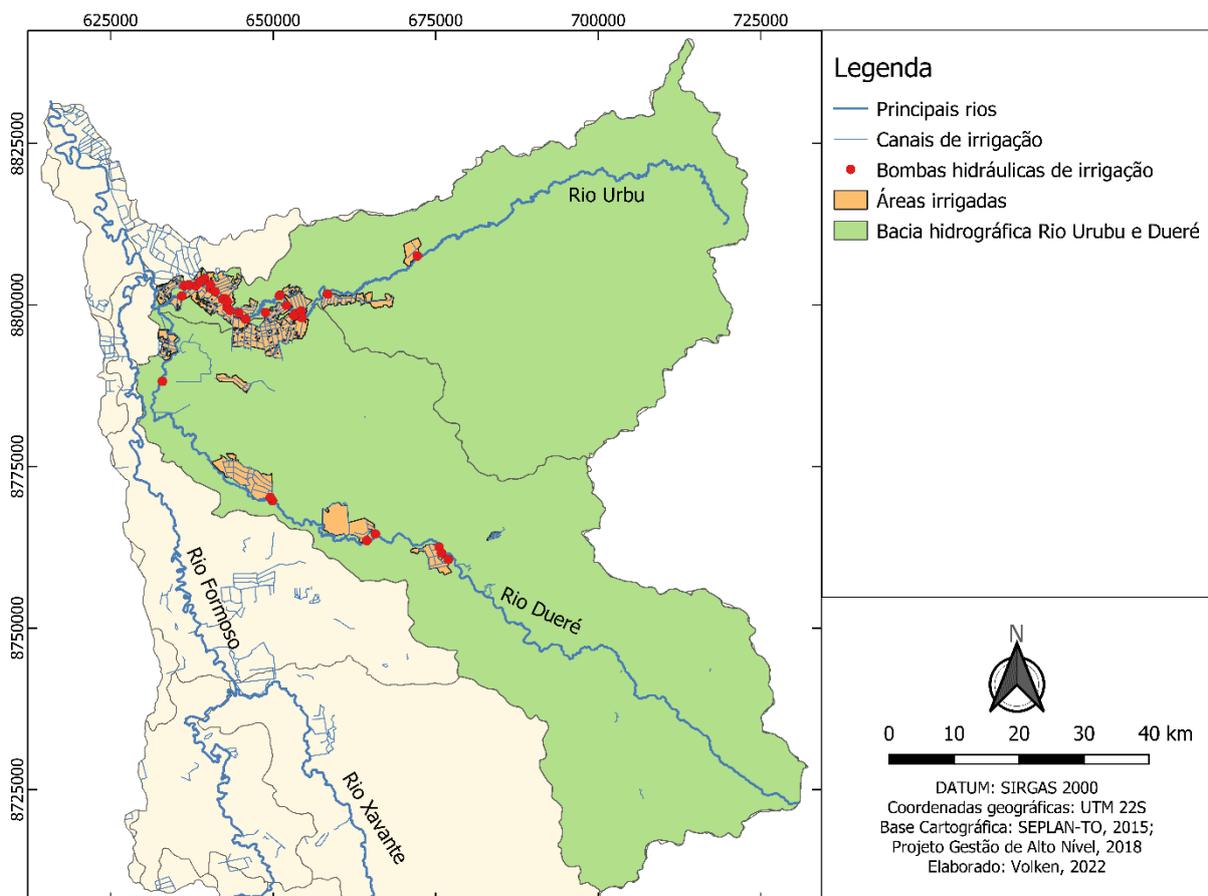


Figura 21 - Hidrografia e localização dos pontos de captação de água nas bacias dos rios Dueré e Urubu (Tocantins). Elaboração: Volken (2022).

Os tipos de irrigação que utilizam menor quantidade de água e, portanto, possuem maior eficiência para a irrigação, como o gotejamento, a micro aspersão e até mesmo os pivôs centrais, que quando comparados ao método de inundação se tornam mais econômicos em relação a demanda de água, são ainda pouco utilizados na área de estudo (IBGE, 2017). Esse fato justifica a existência de 37 pontos de captação de água ao longo do Rio Urubu, que representam, juntos, uma vazão captada de 55.100 L/s, caso todas as bombas hidráulicas estivessem ligadas ao mesmo tempo. Enquanto que no Rio Dueré são encontradas 8 bombas hidráulicas, que juntas representam uma vazão de aproximadamente 11.800 L/s (IAC, 2018; GAN, 2019).

## 6 METODOLOGIA

A área de estudo desta pesquisa consistiu na Bacia Hidrográfica do Rio Urubu e seu afluente Rio Dueré. A área possui uma complexidade relevante visto sua importante atividade econômica voltada para a agricultura irrigada, um ecossistema caracterizado por sua singularidade e uma situação de crise hídrica iniciada em 2016 e que ainda persiste no período de realização deste estudo.

O monitoramento de variáveis hidrológicas na área é recente e por esta razão este estudo desenvolveu uma metodologia que buscou propor um conjunto de procedimentos que contribuíssem para o entendimento do balanço hídrico das bacias estudadas. As alterações no regime fluviométrico provocadas pelas captações de água para irrigação foram avaliadas e então propostas alterações na demanda para manutenção mínima de um ecossistema equilibrado na área do Rio Urubu. As etapas metodológicas desenvolvidas são apresentadas no fluxograma da Figura 22.

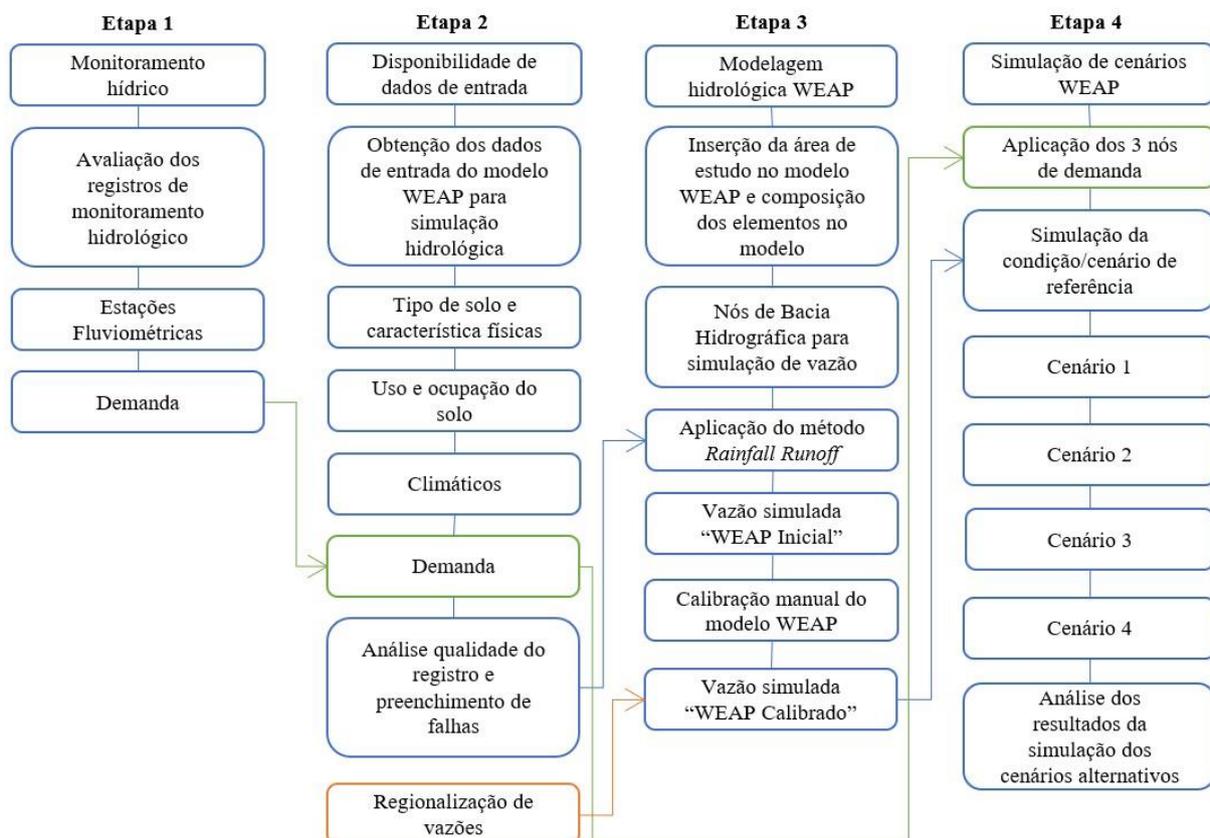


Figura 22 – Fluxograma das principais etapas metodológicas desenvolvidas no estudo.

A primeira etapa metodológica consistiu em uma avaliação do registro de dados hidrológicos na bacia hidrográfica do Rio Urubu e de seu afluente Rio Dueré tendo em vista o

impacto do monitoramento sobre a capacidade de gerenciamento dos recursos hídricos nas bacias. Para isso foi levado em consideração as séries históricas das estações fluviométricas instaladas ao longo dos principais rios da área de estudos, o tempo de monitoramento, qualidade dos dados quanto a presença de falhas e o local das instalações das estações fluviométricas em relação a influência da demanda sobre os dados. Também foram avaliados quanto a qualidade dos dados disponíveis os registros das demandas de água monitorados nas bombas hidráulicas de captação.

A segunda etapa consistiu na obtenção dos dados de entrada para a simulação da vazão que foi considerada como a de referência no estudo. Esta simulação foi realizada pelo método chamado *Rainfall Runoff (Soil Moisture Method)* dentro da ferramenta de modelagem WEAP, e exigiu dados de uso e tipo de solo, características do solo, climáticos. Esta etapa avaliou a disponibilidade dos dados, a presença de falhas nos registros e propôs para os casos necessários o seu preenchimento ou alteração, de modo a tornar a simulação mais próxima ao esperado para o ano de base do estudo. Os dados de demanda que foram levantados e avaliados em etapa anterior, passaram pelos mesmos processos que os demais, de modo a melhor representar os volumes de água captada ao longo do Rio Urubu.

A terceira etapa metodológica consistiu de fato na simulação hidrológica aplicando o método *Rainfall Runoff* no WEAP. Esta simulação foi realizada com dois nós de representação de bacias hidrográficas a fim de se obter uma vazão que pudesse ser utilizada neste estudo como a representativa para o Rio Urubu e parte do final do Rio Dueré, uma vez que não havia dados confiáveis de vazão para a área de estudo para o período de análise da pesquisa. Este método foi escolhido tendo em vista que é considerado o mais completo dentro da ferramenta WEAP, levando em consideração parâmetros climáticos, de tipo e uso do solo. Assim, realizou-se a primeira simulação de vazão que foi chamada “WEAP Inicial”. O resultado inicial foi comparado graficamente com as vazões obtidas via regionalização de vazão e com a estação fluviométrica Foz Rio Urubu (26798500). Após esta etapa, foi realizada a calibração do modelo de forma manual. O resultado foi chamado “WEAP Calibrado” e foi novamente comparado com as vazões regionalizadas.

Para avaliar a qualidade dos resultados obtidos com a simulação, realizou-se uma análise estatística do resultado da vazão calibrada para o Rio Urubu em relação a três vazões regionalizadas para a área de estudo. Foram utilizadas duas medidas de desempenho e seus critérios de avaliação correspondentes recomendados por Moriasi *et al.* (2015). Optou-se pela

escolha do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e da análise de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE). Essas medidas foram escolhidas visto que sua aplicação é recorrente e recomendada para a avaliação de resultados de simulações hidrológicas que utilizem dados diários e que possuam uma escala de bacia hidrográfica, como é o caso deste estudo.

Por fim, a última etapa da metodologia consistiu na simulação dos cenários. Na ferramenta WEAP foram inseridos três nós de demanda, que representam grupos de bombas de captação de água. Primeiramente foi simulado o cenário de referência, que representou a situação mais próxima a realidade para o período de análise, levando em consideração a demanda real aplicada na bacia do Rio Urubu. Este cenário foi utilizado posteriormente para comparação com os demais cenários simulados.

Em seguida foram simulados três cenários alternativos, em que cada um trouxe uma proposta de alteração da demanda buscando avaliar o impacto referente a cada cenário tendo como resposta da vazão remanescente do Rio Urubu. Assim, os cenários alternativos possibilitaram a visualização dos resultados de possíveis melhorias de eficiência do uso da água nas plantações localizadas na área de estudo, refletindo em uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio Urubu.

A seguir são apresentadas de forma mais detalhada as etapas metodológicas desenvolvidas durante a pesquisa, dando ênfase à modelagem hidrológica WEAP, apresentando com detalhes cada um dos elementos inseridos no modelo para este estudo, e os cenários propostos para análise da demanda sobre a vazão remanescente do Rio Urubu.

## **6.1 AVALIAÇÃO DO MONITORAMENTO HIDROLÓGICO**

Levando em consideração as condições críticas de escassez hídrica observadas na bacia hidrográfica do Rio Urubu, considerando também seu afluente Rio Dueré, foi avaliado a presença de monitoramento hidrológico na área de estudo tendo em vista sua importância para a realização de estudos que possam auxiliar na gestão dos recursos hídricos e nas tomadas de decisão por parte dos agentes envolvidos no processo.

Para isso foram avaliadas as estações fluviométricas existentes na área de estudo e apresentadas na Tabela 8. Levou-se em consideração o tempo de monitoramento, a presença de falhas no registro dos dados, o tamanho das falhas e possíveis interferências que as estações fluviométricas possam sofrer e que afetem o registro dos dados. Avaliou-se ainda a

possibilidade de utilização dos dados de registro como dados de entrada no modelo WEAP, utilizado para a análise de balanço hídrico aplicada neste estudo.

Tabela 8 - Estações fluviométricas localizadas na área de estudo com dados disponíveis para o período de análise.

<b>Estação</b>	<b>Código</b>	<b>Responsável</b>	<b>Operador</b>	<b>Fonte</b>
Foz Rio Urubu	26798500	SEMARH-TO	SEMARH-TO	GAN (2020)
Fazenda Fortaleza	26795700	SEMARH-TO	SEMARH-TO	GAN (2020)
Fazenda São Bento	26795100	SEMARH-TO	SEMARH-TO	GAN (2020)
Foz Rio Dueré	26792002	SEMARH-TO	SEMARH-TO	GAN (2020)

A demanda aplicada sobre a área da bacia hidrográfica do Rio Urubu também foi avaliada quanto a presença do seu monitoramento, a importância para a gestão dos recursos hídricos, a presença de falhas, o tamanho das falhas nos registros e possíveis interferências que ocorram no registro e transmissão destes dados para o Instituto de Apoio às Cidades (IAC) que os disponibiliza ao público.

Para isso, levou-se em consideração as 33 bombas hidráulicas que estavam cadastradas no sistema GAN ao longo do Rio Urubu no período de análise da pesquisa, que foi de julho de 2018 a junho de 2019. Não foi realizada análise sobre as bombas de captação de água instaladas ao longo do Rio Dueré por não haver registro no período de pesquisa.

## **6.2 ESTRUTURAÇÃO E ANÁLISE DE DISPONIBILIDADE DE DADOS**

Tendo em vista a avaliação realizada na primeira etapa, preferiu-se realizar uma simulação hidrológica ao invés da utilização da vazão registradas nas estações fluviométricas da região. Desta forma esta etapa consistiu no levantamento de todos os dados de entrada necessários para a simulação.

Dada a uma prévia avaliação da disponibilidade de dados, em especial do monitoramento da demanda de água para a irrigação, o período de análise do estudo foi delimitado entre julho de 2018 e junho de 2019. Para a modelagem foram então necessários dados climáticos, hidrológicos, de uso e ocupação do solo e dados de vazão demandada de água para a irrigação, que apresentados na Tabela 9 com suas respectivas fontes. Todos os dados de entrada foram analisados quanto a sua disponibilidade diária a presença de falhas.

Tabela 9 - Dados de entrada para a modelagem hidrológica e suas fontes.

<b>Dado de entrada</b>	<b>Fonte</b>
Demanda	GAN (2019)
Área da bacia	Marinho Filho <i>et al.</i> (2013)
Uso e ocupação do solo	SEPLAN-TO (2008)
Tipo de solo	SEPLAN-TO (2008)
Coefficiente de Cultura (Kc)	Olivos (2017); Monteiro (2009); Faria <i>et al.</i> (2018)
Fator de resistência ao escoamento (RRF)	Olivos (2017)
Condutividade na zona radicular (Ks)	Reis <i>et al.</i> (2018)
Umidade relativa do solo (Z1)	Silva <i>et al.</i> (2003)
Taxa de condutividade da camada profunda (Ks2)	Reis <i>et al.</i> (2018)
Armazenamento na camada profunda (Z2)	Silva <i>et al.</i> (2003)
Pluviométricos	GAN (2019)
Temperatura	INMET (2020)
Umidade Relativa	INMET (2020)
Velocidade média do vento	INMET (2020)
Fração de céu limpo	INMET (2020)
Vazão Estação Fluviométrica Foz Rio Urubu	GAN (2019)
Vazão Estação Fluviométrica Praia Alta	GAN (2019)
Vazão Estação Fluviométrica Fazenda Fortaleza	SEMARH-TO (2020)
Vazão Estação Fluviométrica Foz Rio Dueré	SEMARH-TO (2020)

De modo a melhor representar a situação real de demanda por água do Rio Urubu, realizou-se um preenchimento das falhas. Para isso optou-se por preencher as falhas com valores de demanda que fossem a média de demanda para o período de cultivo, ou seja, a média da demanda de água registrada no cultivo da soja ou do arroz. Quando a bomba não possuía dados para um destes períodos, o valor médio utilizado foi o da média da demanda registrada nas 18 bombas com melhores dados. Os valores foram preenchidos, observando-se um escalonamento de dias, baseou-se no recomendado para captação de água apresentado no Plano do Biênio, em que foi implementada um rodízio entre os irrigantes (IAC, 2018).

Para o dado de entrada de precipitação, optou-se por aplicar o método de Thiessen para obtenção de uma precipitação média sobre a área da bacia. Assim, foram utilizadas 8 estações pluviométricas que exercem influência sobre as áreas das bacias do Rio Urubu e Dueré são apresentadas na Tabela 10. Duas das estações pluviométricas se encontram fora das áreas das bacias em estudo, Fátima e Pium, mas foram incluídas para a determinação da precipitação média das bacias tendo em vista que especialmente na área da bacia do Rio Urubu, não há estações localizadas na parte a montante da bacia, representando uma grande área sem dados pluviométricos.

Tabela 10 - Estações pluviométricas utilizadas no método de Thiessen.

<b>Estação</b>	<b>Código</b>	<b>Responsável</b>	<b>Operador</b>
Lagoa da Confusão	1049003	ANA	CPRM
Dueré	1149000	ANA	CPRM
Poço da Pedra	1149003	ANA	CPRM
Foz Rio Dueré	26792000	SEMARH-TO	SEMARH-TO
Foz Rio Urubu	26798500	SEMARH-TO	SEMARH-TO
Rio Urubu Fazenda Fortaleza	26795700	SEMARH-TO	SEMARH-TO
Fátima	1048000	ANA	CPRM
Pium	1049001	ANA	CPRM

Os dados climatológicos utilizados na simulação hidrológica são apresentados na Tabela 11. Todos foram avaliados quanto a presença de falhas ao longo do período de base do estudo. Apenas a umidade relativa do ar apresentou períodos de falhas. Como forma de preencher estas lacunas foram avaliadas duas opções, o preenchimento das falhas com valores intermediários entre os dois pontos de dados disponíveis realizado automaticamente pela ferramenta de modelagem WEAP e o cálculo da média dos dados disponíveis estação Lagoa da Confusão (A055).

Tabela 11 - Dados climáticos utilizados para a modelagem hidrológica.

<b>Clima</b>	<b>Unidade</b>	<b>Fonte</b>	<b>Estação</b>	<b>Código</b>
Temperatura	°C	INMET	Lagoa da Confusão	A055
Umidade Relativa	%	INMET	Lagoa da Confusão	A055
Velocidade média do vento	m/s	INMET	Lagoa da Confusão	A055
Fração de céu limpo	%	INMET	Porto Nacional	83064

### 6.3 MODELAGEM WEAP

O primeiro passo para a modelagem de um sistema hidrológico na ferramenta WEAP é a definição do período de tempo escolhido como referência. Para esta pesquisa foi definido como sendo de julho de 2018 a junho de 2019. Este período foi escolhido por ser o único com dados de vazão disponíveis na estação pluviométrica da Foz do Rio Urubu (código 26798500) que se localiza no exutório da bacia hidrográfica do Rio Urubu e que posteriormente foi utilizada para comparar a vazão simulada com a vazão registrada. A segunda etapa foi a escolha do intervalo de tempo base que dada a disponibilidade dos dados nessa escala, optou-se por ser diária.

A modelagem com a ferramenta WEAP é feita por meio da inserção de nós que representam elementos que influenciam na disponibilidade hídrica de uma área de interesse. Para cada nó inserido é calculado um balanço de massa e assim se realiza a análise de disponibilidade hídrica do sistema (SEI, 2016).

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram inseridos no WEAP quatro tipos de nós de representação de elementos, sendo eles o de bacia hidrográfica, o de demanda, o de estação fluviométrica e o de requerimento de oferta. Além disso, para o funcionamento do sistema é preciso realizar as conexões entre os nós e os rios da área de estudo. As ligações foram feitas por dois tipos de elementos, o de escoamento superficial e o conector de demanda. A representação visual do sistema dentro da ferramenta WEAP é apresentada na Figura 23.

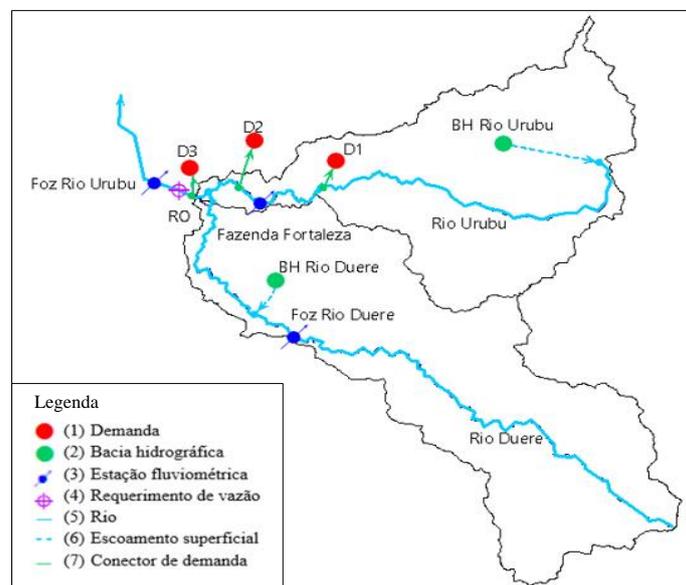


Figura 23 – Modelo esquemático de representação na ferramenta WEAP da área de estudo com os nós de demanda e bacia hidrográfica para modelagem de balanço hídrico.

O modelo WEAP não leva em consideração o distanciamento real entre os nós nem sua organização visual dentro da área de estudo, ou seja, independentemente de um nó de bacia hidrográfica estar graficamente localizada a montante da bacia, se os dados de entrada em seu sistema forem correspondentes a toda a área da bacia hidrográfica, os resultados se referirão a área em questão.

A conexão entre um nó de bacia hidrográfica e o rio significa que o escoamento gerado representa dentro da simulação a vazão do rio, que por sua vez permanece inalterada até encontrar algum outro nó, como o nó de demanda. A Figura 24 apresenta um diagrama unifilar da representação dos nós e sequência de conexões para a simulação. A seguir será descrita as

características de cada nó inserido no sistema WEAP, informando suas especificidades, equacionamentos e dados de entrada requeridos.

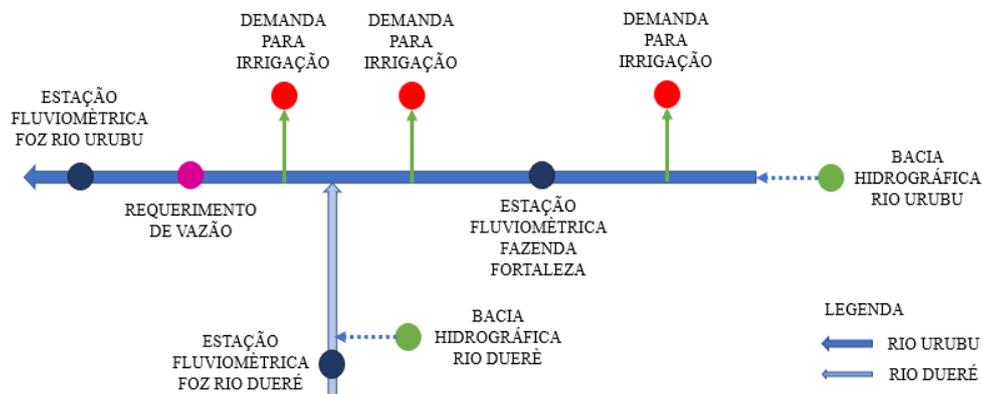


Figura 24 - Diagrama unifilar dos elementos e nós para simulação no WEAP na área de estudo.

### 6.3.1 Bacia Hidrográfica

A primeira etapa de simulação hidrológica foi realizada a partir da inserção de dois nós de representação da bacia hidrográfica na ferramenta de modelagem WEAP. O intuito foi calcular a vazão para o Rio Urubu e parte a jusante da estação fluviométrica Foz Rio Dueré no Rio Dueré. Não foram consideradas as demandas de água para irrigação e a vazão gerada foi considerada de referência. A Figura 25 mostra como foram inseridos na ferramenta WEAP os nós de bacia hidrográfica e sua conexão com a representação dos rios Urubu e Dueré.

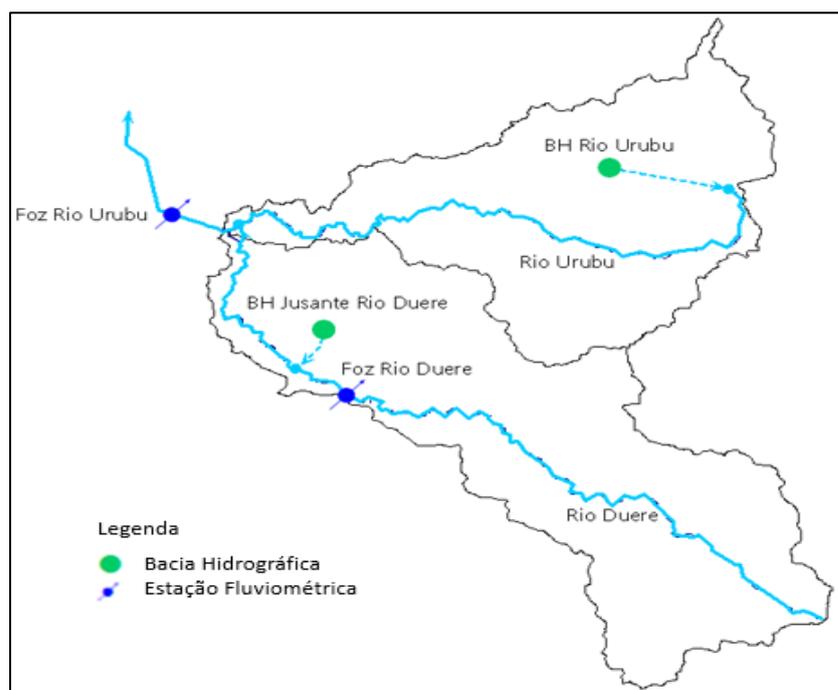


Figura 25 - Representação dos nós de bacia hidrográfica no modelo WEAP.

O método de cálculo *Rainfall Runoff (Soil Moisture Methodo)* foi escolhido para representação dos processos hidrológicos. Por meio dele o WEAP realiza o cálculo do escoamento superficial da bacia hidrográfica e que ao ser ligado ao elemento rio representa a sua vazão ou parte dela, a depender da análise em questão.

A área geral foi dividida entre três subáreas que representam a maior parte do uso e cobertura do solo: cerrado, agricultura e pastagem. Toda a área de estudo foi classificada para o tipo de solo como Plintossolo, por representar mais de 90% da área total de estudo e haver baixa disponibilidade de dados de solo para a bacia. A Tabela 12 apresenta os valores utilizados para os parâmetros de uso e tipo de solo exigidos pela ferramenta.

Tabela 12 - Dados de entrada do modelo WEAP para cálculo de vazão utilizando o método *Rainfall Runoff*.

Uso da Terra	Categoria	Valor	Unidade	Resolução	
Área	BH Rio Urubu	2640	km <sup>2</sup>	Sub-bacia	
Área	BH Jusante Rio Dueré	1054	km <sup>2</sup>		
Área de contribuição BH Rio Urubu (A)	Cerrado	69,7	%		
	Agricultura	3,6			
	Pastagem	26,7			
Área de contribuição BH Rio Dueré (A)	Cerrado	70,2	%		
	Agricultura	7,8			
	Pastagem	22,0			
Coeficiente de Cultura (Kc)	Cerrado	1	-		Uso do solo
	Agricultura	Figura 26			
	Pastagem	0,9			
Fator de resistência ao escoamento (RRF)	Cerrado	6	-		
	Agricultura	2			
	Pastagem	4			
Capacidade de campo da camada superior (SMax1)*	Plintossolo	1000	mm	Tipo de solo	
Condutividade na zona radicular (Ks)	Plintossolo	1350	mm/dia		
Direção preferencial do fluxo (f)*	Plintossolo	0,15	-		
Umidade relativa do solo (Z1)	Plintossolo	24	%		
Capacidade da camada inferior (SMax2)*	-	1000	mm	Bacia hidrográfica	
Taxa de condutividade da camada profunda (Ks2)	-	160	mm/dia		
Armazenamento na camada profunda (Z2)	-	54	%		

\*Valor de referência do modelo.

Para o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) levou-se em consideração para a área agricultável das bacias o do cultivo da soja para semente entre maio e setembro, e do arroz entre novembro e março. Esse período foi delimitado com base nas respostas declaradas pelos irrigantes da bacia do Rio Urubu ao Questionário de Visita à Campo aplicado para o desenvolvimento do Relatório Fase B sobre o ano de análise. A Figura 26 apresenta os valores para  $K_c$  aplicados a cada sub-bacia dentro do modelo WEAP.

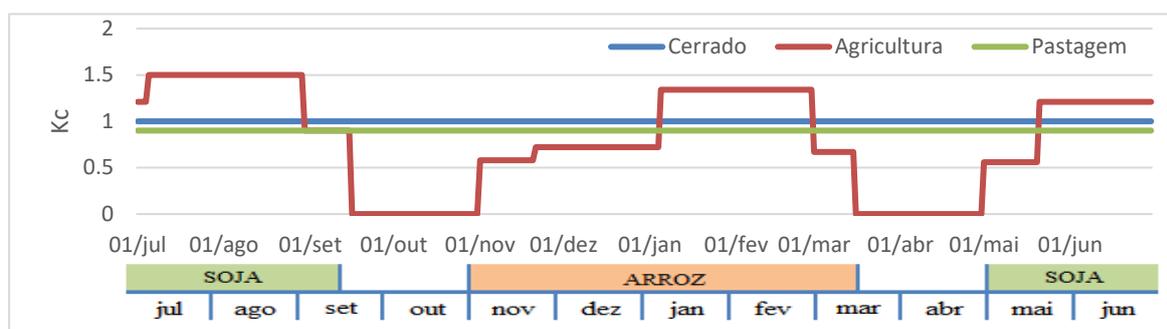


Figura 26 - Coeficientes de cultura aplicados ao nó de bacia hidrográfica.

Os dados climatológicos exigidos pelo método *Rainfall Runoff* para a simulação de uma vazão que seja advinda de um nó de bacia hidrográfica são: precipitação, temperatura, umidade relativa do ar, velocidade média do vento e fração de céu limpo, que representa a quantidade de horas de insolação solar sobre uma área, sendo 0 um céu totalmente nublado e 1 o céu completamente limpo. A precipitação média diária sobre cada uma das bacias hidrográficas do Urubu e Dueré, foram obtidas por meio da aplicação do método de Thiessen.

### 6.3.2 Demanda

A segunda etapa da simulação foi o balanço hídrico com a aplicação das demandas de água captadas para a irrigação. O nó de demanda do modelo WEAP representou o volume de água requerido para a irrigação das culturas. Os valores de demanda aplicados ao modelo tiveram como base os valores reais do volume de água captada diariamente do Rio Urubu pelas bombas hidráulicas. Os valores de demanda foram obtidos do site do Projeto Gestão de Alto Nível (GAN), que disponibiliza dados atualizados a cada 15 minutos. Porém diante das falhas apresentadas ao longo dos registros foi realizado um preenchimento para melhorar a representatividade da demanda.

De acordo com o Questionário de Visita à Campo aplicado para o desenvolvimento do Relatório Fase B diretamente aos agricultores da bacia hidrográfica do Rio Urubu, a maioria

dos agricultores costuma realizar o plantio da soja para semente em maio e o plantio do arroz em novembro. Deste modo, para a simulação realizada considerou-se que todos os irrigantes plantam e colhem na mesma época e que o ciclo total entre plantação e colheita é de 135 dias para ambas as culturas.

O período de plantio da soja para semente foi definido como sendo de 1º de maio a 15 de setembro, enquanto que para plantio de arroz ficou estabelecido entre 1º de novembro a 15 de março, apresentado na Figura 27. Para os meses de outubro e abril foi considerado o período entre safras, em que não há nenhuma plantação.

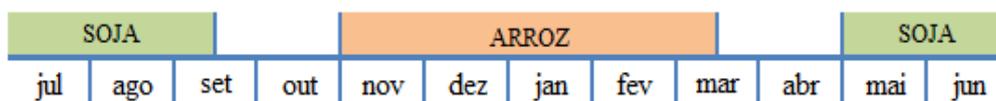


Figura 27 - Período de cultivo da soja e do arroz na bacia do Rio Urubu.

Para a simulação da demanda dentro do modelo WEAP, optou-se por uma abordagem compactada, onde as demandas foram compiladas em três nós de demanda. Essa representação foi escolhida tendo em vista um menor esforço computacional para a simulação do modelo e uma facilidade de importação dos dados para a ferramenta. As 33 bombas hidráulicas utilizadas na captação de água foram divididas em três grupos, e cada grupo é representado por um nó de demanda, como mostra a Figura 28. O modelo não considerou nenhum nó de demanda no Rio Dueré visto que não havia disponibilidade de dados para as 7 bombas hidráulicas no período de análise.

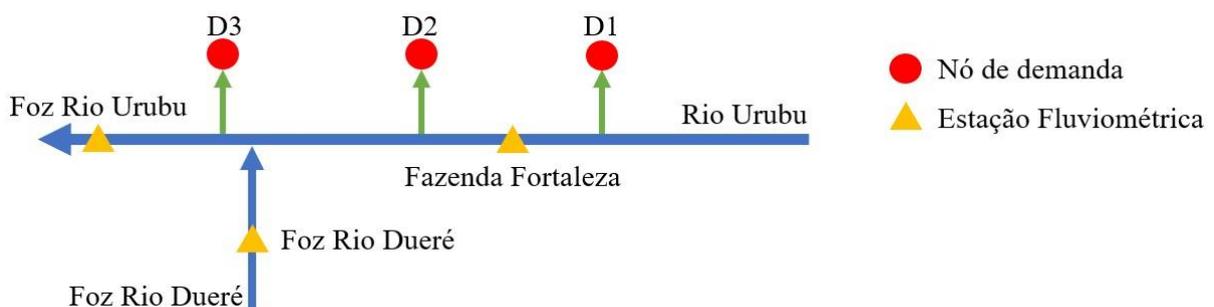


Figura 28 – Diagrama unifilar dos nós de demanda e estações fluviométricas utilizados para a simulação WEAP.

A Tabela 13 apresenta a divisão das 33 bombas de captação em relação aos três nós aplicados no modelo. O nó de demanda D1 relaciona-se às 15 bombas hidráulicas que se encontram localizadas acima da estação de monitoramento fluviométrica Fazenda Fortaleza. O nó de demanda D2 são as 16 bombas hidráulicas que se encontram após a estação Fazenda

Fortaleza, mas antes do afluente Rio Dueré desaguar no Rio Urubu. E o nó D3 representa as 2 bombas de captação de água para irrigação localizadas após a afluência do Rio Dueré ao Rio Urubu. As bombas hidráulicas pertencentes a mesma fazenda receberam o mesmo número de identificação, podendo uma propriedade ter mais de uma bomba hidráulica, diferenciada por letras, e estas podem estar localizadas em trechos distintos do Rio Urubu.

Tabela 13 - Bombas hidráulicas de captação de água referentes a cada nó de demanda simulado no modelo WEAP para a Bacia Hidrográfica do Rio Urubu/TO.

Nó de demanda	Identificação da bomba hidráulica															
	1	2	3a	3b	4	5a	5b	6	7a	7b	8	9	10	11	12	-
D1	13a	13b	13c	13d	14a	14b	15	16	17a	17b	18	19a	19b	20a	20b	21a
D2	21b	20c	-													
D3																

A demanda foi inserida no modelo pelo método de *Specyfi Diariamente Demand* que utiliza a Equação 6.1 para o cálculo da demanda requerida pelo sistema, levando em consideração perdas no sistema, reuso interno de água para suprir parte da demanda e uma estratégia de melhor utilização da água dentro do sistema, chamado de economia. Esse equacionamento eleva o valor da demanda diária a fim de suprir as perdas ao longo do sistema e garantir o valor da demanda. Assim, mesmo havendo perdas de água no sistema, para garantir que a demanda requerida fosse igual a demanda diária real, optou-se por considerar os valores de reuso, perdas e economia como zero.

$$Requerida = \frac{(Demanda\ Diaria) * (1 - \%Reúso) * (1 - \%Economia)}{(1 - \%Perda)} \quad (6.1)$$

O consumo de água utilizada pela demanda reflete no fluxo de água que retorna ao sistema, ou seja, é uma porcentagem de água que representa um incremento de disponibilidade ao manancial ao qual ele está ligado, podendo ser um reservatório, um nó de águas subterrâneas ou ao próprio rio. A porcentagem de água demandada que não é consumida pode retornar ao rio segundo a Equação 6.2. Na modelagem foi adotada uma taxa de 100% de consumo do volume demandado, não considerando um fluxo de retorno de água ao Rio Urubu.

$$Fluxo\ de\ retorno = Fluxo\ de\ demanda * (1 - \%Consumo) \quad (6.2)$$

### **6.3.3 Estação fluviométrica**

O nó de estação fluviométrica é inserido em um trecho de rio e serve como um ponto de comparação entre dados reais e simulados de modo a servir como base para verificar a qualidade da simulação. Na modelagem desenvolvida foram adicionados três nós de estação fluviométrica, Foz Rio Urubu (26798500), Fazenda Fortaleza (26795700), Foz Rio Dueré (26792000). As vazões das estações Fazenda Fortaleza e Foz Rio Dueré utilizadas neste estudo são vazões consistidas, disponibilizadas pela SEMARH-TO. Atualmente ainda não existem curvas chave disponíveis para estas estações, e assim não há mecanismos para checar a qualidade dos valores de vazão disponibilizados. Por fim, cabe destacar que todas as estações sofrem a influência da demanda sobre as vazões registradas, uma vez que todas possuem bombas de captação hídrica instaladas acima de sua localização.

### **6.3.4 Requerimento de vazão**

Este nó indica em uma simulação de balanço hídrico que existe uma vazão mínima que deve ser observada para fins de manutenção de algum requerimento social ou ambiental, garantindo uma mínima disponibilidade hídrica no ponto em que o nó é inserido no modelo. O requerimento de vazão pode ser inserido com uma variação diária o que auxilia a inserção de vazões mínimas diferentes em períodos de disponibilidade hídrica distintos (SEI, 2015).

O requerimento de vazão foi utilizado na simulação dos cenários alternativos de modo a avaliar se a disponibilidade de água no Rio Urubu consegue garantir uma vazão mínima após a demanda para irrigação. Foram avaliadas duas situações de requerimento de vazão. A primeira a vazão deveria ser apenas diferente de zero, indicando a não interrupção do fluxo do rio. A segunda o esforço necessário para manter uma vazão igual a  $Q_{90}$  estabelecida para as outorgas no Rio Urubu. O valor para a  $Q_{90}$  para o período seco de maio a novembro é de 1,245 m<sup>3</sup>/s, enquanto que para a estação chuvosa de dezembro e abril é de 28,627 m<sup>3</sup>/s (IAC, 2017).

### **6.3.5 Rio, escoamento superficial e conector de demanda**

O elemento rio representa justamente o corpo d'água da área de interesse da aplicação do modelo WEAP. Para a modelagem foram inseridos dois elementos de rio, uma para a representação do Rio Urubu e outro como afluente, o Rio Dueré. Os dados de vazão foram gerados por simulação na ferramenta WEAP, como já apresentado.

O elemento de escoamento superficial representa justamente a conexão entre o nó de bacia hidrográfica e o elemento rio. Uma vez que foi considerada na simulação toda a área da bacia hidrográfica do Rio Urubu, o escoamento superficial representa de forma agregada toda a água que é direcionada ao Rio Urubu e parte do Rio Dueré e que se torna sua vazão de referência na modelagem.

O último elemento é o conector de demanda, sendo ele o responsável por informar ao sistema de onde advém o volume de água demandado, no caso, o volume de água para a irrigação. Esse elemento pode representar uma tubulação e por esse motivo permite que sejam inseridas informações acerca da capacidade física do condutor ou restrições que representam uma vazão máxima permitida (SEI, 2016). Para o estudo foi considerado que toda a demanda de água poderia passar pelo condutor, garantindo que o valor de demanda não sofresse redução.

#### 6.4 REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES E CALIBRAÇÃO

Diante da necessidade de verificar a qualidade do resultado obtido para a vazão do Rio Urubu pela simulação WEAP utilizando o método *Rainfall Runoff* e tendo em vista que a estação fluviométrica Foz Rio Urubu pode ser considerada uma estação com dados não confiáveis para o período de análise do estudo, optou-se por fazer a comparação do resultado com vazões regionalizadas para a área.

As três estações escolhidas para a regionalização das vazões estão localizadas na bacia hidrográfica do Rio Formoso e são apresentadas na Tabela 14. Além da proximidade com a área de estudo, elas também foram escolhidas por possuírem dados de vazão para o período de análise do estudo, de junho de 2018 a julho de 2019.

Tabela 14 - Estações fluviométricas utilizadas na regionalização de vazão.

<b>ID</b>	<b>Estação Fluviométrica</b>	<b>Código</b>	<b>Responsável</b>	<b>Operador</b>
1	Fazenda Fortaleza	26795700	SEMARH	SEMARH
2	Foz Rio Dueré	26792000	SEMARH	SEMARH
3	Praia Alta	26720000	ANA	CPRM

Os dados de vazão utilizados para a comparação com a vazão regionalizada das estações Fazenda Fortaleza e Foz Rio Dueré são dados constituídos, ou seja, que tiveram suas falhas preenchidas pela SEMARH-TO. Ambas as estações sofrem influência das bombas de captação de água para irrigação localizadas a montante.

Como forma de diminuir o impacto das captações de água sobre a análise de regionalização, a vazão registrada da estação Fazenda Fortaleza foi somada a vazão retirada, reconstruindo a vazão pré-bombeamento. Os dados de vazão da estação Foz Rio Dueré não foram alterados pela falta de registro nas bombas de captação localizadas a montante.

A estação Praia Alta foi escolhida por estar localizada dentro dos limites da bacia hidrográfica do Rio Formoso, possuir uma longa série histórica de dados não haver registro de captação de água para irrigação a montante da estação, o que significa que os registros não sofrem interferência como as outras duas estações utilizadas neste estudo. A localização das estações fluviométricas Fazenda Fortaleza (1), Foz Rio Dueré (2) e Praia Alta (3) e suas respectivas áreas de contribuição são apresentadas na Figura 29.

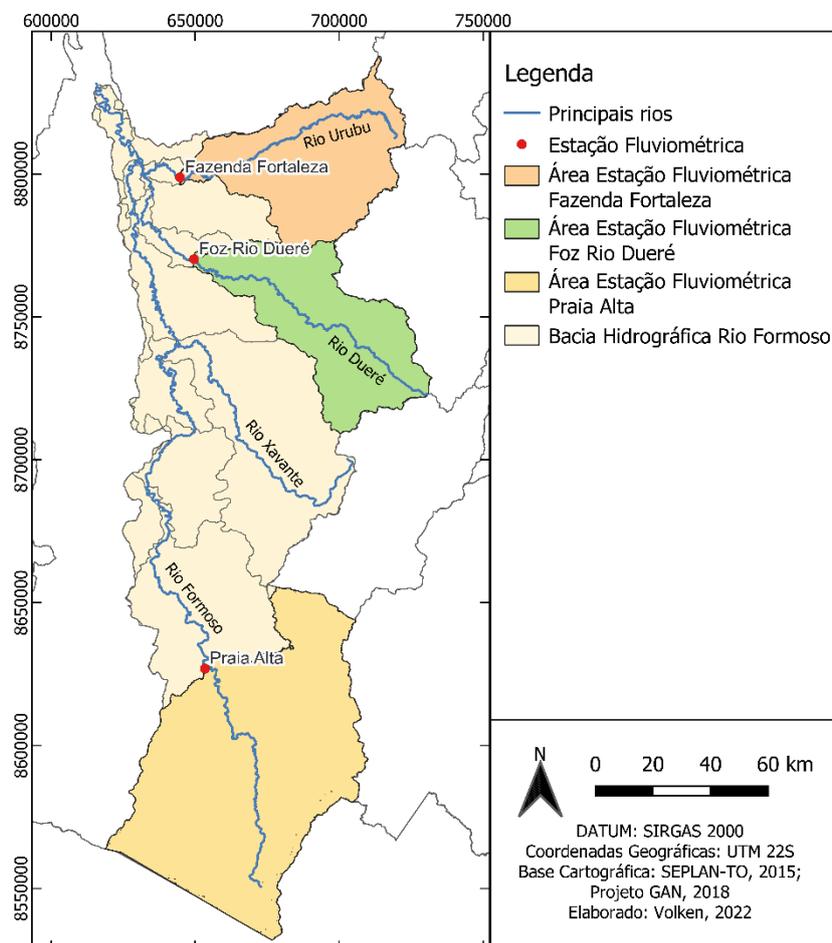


Figura 29 - Localização das estações fluviométricas e suas áreas de influência na bacia do Rio Formoso (TO).

Para a verificação da compatibilidade das áreas de influência das estações fluviométricas também foi realizada uma comparação entre as características morfométricas das bacias, levando em consideração os seguintes aspectos: área, perímetro, comprimento do

canal principal, comprimento total dos canais, densidade de drenagem, coeficiente de compacidade, índice de circularidade e fator de forma. A declividade do terreno, tipo de solo, uso e ocupação do terreno, também foram levados em consideração para análise da aplicabilidade da regionalização.

Optou-se pela escolha da regionalização da vazão pelo método de interpolação linear, por ser um método simples, com necessidade de poucos dados e com ampla aplicação. A Equação 6.3 apresenta a formulação do método de regionalização utilizado.

$$Q_{regionalizada} = (A_{urubu} * Q_{estação}) / A_{estação} \quad (6.3)$$

Onde:  $Q_{estação}$  = vazão da estação fluviométrica de interesse;  $A_{estação}$  = área de influência da estação fluviométrica;  $A_{urubu}$  = área da bacia hidrográfica do Rio Urubu;  $Q_{regionalizada}$  = vazão regionalizada.

A vazão resultante da modelagem hidrológica WEAP foi comparada graficamente com as vazões obtidas via regionalização de vazão e com a estação fluviométrica Foz Rio Urubu (26798500). Após a comparação visual, foi realizada a calibração de forma manual, uma vez que não há no modelo WEAP uma forma de acoplar uma ferramenta de calibração. Foram alterados os valores para o coeficiente de cultura do cerrado ( $K_c$ ), condutividade na zona radicular ( $K_s$ ), fator de resistência ao escoamento (RRF) e capacidade de armazenamento de água na camada inferior (SMax2). O resultado da calibração foi novamente comparado com as vazões regionalizadas.

Para verificar a qualidade do resultado obtido pela simulação de vazão realizada na etapa metodológica anterior, optou-se pela realização de uma análise estatística dos resultados. A análise avaliou o resultado da aplicação de dois medidores de performance estatísticos, sendo eles o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o método de análise de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE). Estes dois medidores foram escolhidos segundo recomendação de Moriasi *et al.* (2015) para análise de resultados de simulações hidrológicas desenvolvidas com dados em escala temporal diária e escala física de bacia hidrográfica.

Para a análise dos resultados estatísticos dos dois medidores de performance seguiu-se a recomendação de Moriasi *et al.* (2015) que sugere a análise segundo dois critérios: a avaliação das medidas de desempenho (PM) e critério de avaliação de desempenho correspondente (PEC), como mostrado na Tabela 15.

Tabela 15 - Valores de classificação dos medidores de performance estatística  $R^2$  e Nash-Sutcliffe na simulação de bacias hidrográficas. Fonte: Moriasi *et al.* (2015).

Medidor		Muito Bom	Bom	Satisfatório	Não Satisfatório
Inicial	$R^2$	$R^2 > 0.85$	$0.70 \leq R^2 \leq 0.85$	$0.50 < R^2 < 0.70$	$R^2 \leq 0.50$
	NSE	$NSE > 0.80$	$0.70 \leq NSE \leq 0.80$	$0.50 < NSE < 0.70$	$NSE \leq 0.50$
Calibrado	$R^2$	$R^2 > 0.85$	$0.75 < R^2 \leq 0.85$	$0.60 < R^2 \leq 0.75$	$R^2 \leq 0.60$
	NSE	$NSE > 0.80$	$0.70 < NSE \leq 0.80$	$0.50 < NSE \leq 0.70$	$NSE \leq 0.50$

## 6.5 CENÁRIOS ALTERNATIVOS

Uma vez gerado o modelo para a simulação da vazão do Rio Urubu, o estudo propôs algumas análises preditivas sobre quais medidas poderiam ser tomadas pela gestão de recursos hídricos a fim de solucionar ou minimizar os conflitos e a problemática de escassez hídrica na região. Para isso foi realizada a simulação de cenários alternativos não neutros em relação a gestão dos recursos hídricos, ou seja, cenários em que é necessário um acordo prévio entre os agricultores e gestores, possibilitando uma escolha pela participação ativa nas mudanças propostas e que impactam diretamente na demanda sobre os recursos hídricos disponíveis.

A aplicação dos cenários buscou avaliar a resposta da vazão remanescente do Rio Urubu após a captação de água pelos irrigantes. Essa análise visou a aplicação de melhorias no manejo da água nas áreas agricultáveis durante o plantio do arroz e em especial da soja para sementes que ocorre durante a estação de seca. Ao final da simulação foi verificando qual a vazão remanescente frente às alterações na demanda propostas nos cenários.

O cenário de referência utilizou a vazão gerada na simulação hidrológica e a demanda de água para o período de análise de julho de 2018 a junho de 2019. Este período de análise é considerado um ano crítico que avalia uma disponibilidade de água baixa em relação a outros anos. Os cenários buscaram representar um conjunto de esforços para ultrapassar a situação de crise, para que não houvesse um impacto ambiental extremo, como o observado quando ocorreu a interrupção da vazão.

Os cenários alternativos foram comparados com o cenário de referência, para verificar qual o impacto das alterações propostas. A Tabela 16 apresenta as condições de referência em comparação as condições dos quatro cenários alternativos. Cada cenário representa um acordo firmado entre os usuários e seu comprometimento com o alcance de uma situação em que não há uma demanda superior a disponibilidade e que eles serão ativamente responsáveis por alcançar um mínimo equilíbrio no balanço hídrico da bacia do Rio Urubu.

Tabela 16 - Condições de simulação dos cenários alternativos em comparação a condição de referência.

Cenário	Demanda de água para irrigação	Condição complementar
Referência	Demanda real disponível no site do projeto GAN (com preenchimento de falhas)	-
Cenário 1	Redução (%) da demanda da Referência	Todas as bombas de captação
Cenário 2	Redução (%) da demanda da Referência	90%, 80% e 70% das bombas de captação
Cenário 3	Demanda de Referência	Antecipação da demanda até não haver interrupção da vazão
Cenário 4	Redução (%) da demanda da Referência	Antecipação da demanda em 5 e 10 dias

Os cenários alternativos foram incorporados na ferramenta WEAP por intermédio da função “Administração de Cenários”. A resposta das simulações de cenários foi analisada comparativamente levando em consideração a vazão remanescente do curso d’água após o bombeamento para irrigação, um requerimento de vazão mínima de permanência, e a demanda não atendida no cenário de referência.

Para a análise dos cenários de forma comparativa levou-se em consideração três pontos de verificação dos parâmetros, sendo ele sempre após os pontos de demanda, como mostrado na Figura 30. Assim a análise foi realizada no Rio Urubu sempre após os nós de demandas, nos pontos P1, P2 e P3, de modo a analisar de forma mais representativa a situação real na bacia hidrográfica do Rio Urubu.

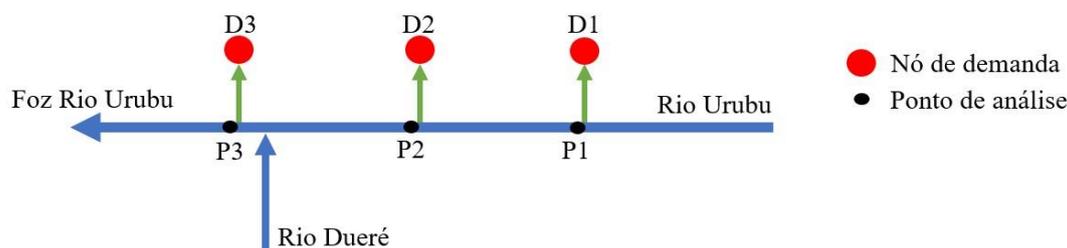


Figura 30 – Diagrama unifilar dos pontos de análise dos resultados da simulação hidrológica WEAP e entre os cenários.

A pesquisa realizada neste estudo não avaliou a aplicação de uma medida em específico que pudesse melhorar o manejo no uso da água ou a aplicação de uma determinada tecnologia de irrigação que utilizasse menores volumes de água para manutenção das culturas com qualidade e segurança. Entretanto, esta é uma etapa fundamental para que a gestão dos recursos

hídricos se torne mais eficiente, tanto na bacia hidrográfica do Rio Urubu como para toda a área da bacia do Rio Formoso, promovendo assim um melhor aproveitamento da água e aumento da qualidade ambiental da região.

### **6.5.1 Cenário 1**

Nesta proposição de cenário parte-se do pressuposto de que todos os irrigantes da bacia do Rio Urubu participam de forma ativa para a redução de demanda de água para irrigação e que essa redução seria igualmente aplicada para todas as bombas de captação de água presentes na bacia. Assim, um melhor manejo das culturas de soja e arroz proporcionará uma redução percentual de consumo de água em relação ao que atualmente é empregado.

Analisou-se, portanto, qual seria a menor redução percentual necessária a ser aplicada para que a vazão do Rio Urubu não chegasse a zero em nenhum dos pontos de análise. E da mesma forma, qual a redução percentual mínima de demanda para que a vazão remanescente após cada trecho de demanda apresenta-se uma vazão que fosse ao menos igual a  $1,245\text{m}^3/\text{s}$ , que equivale a vazão  $Q_{90}$  apresentada no Relatório Fase B (IAC, 2017). A redução percentual foi analisada a cada 5% e todos os demais parâmetros foram mantidos iguais ao cenário de referência.

### **6.5.2 Cenário 2**

Este cenário visou uma situação em que apesar dos esforços para que todos os irrigantes que captam água do Rio Urubu reduzam o seu consumo, ainda assim uma parcela não implementa novas técnicas e práticas de manejo que contribuam para a redução de sua demanda por água. Assim, este cenário buscou avaliar qual seria a redução de demanda necessária a ser adotada quando apenas uma parcela dos irrigantes aplicassem as medidas de manejo necessárias para a redução da demanda, enquanto que a outra parcela das bombas continuaria a consumir a vazão de água aplicada no cenário de referência.

Para determinar quais as bombas hidráulicas não aplicariam a redução de demanda necessária para garantir uma vazão mínima no Rio Urubu, foi levado em consideração que algumas bombas hidráulicas pertencem a uma mesma propriedade, e desta forma elas foram agrupadas. Deste modo, para esse cenário só existiam duas opções, a fazenda aplicou ou não uma redução no consumo de água para irrigação.

Outro fator considerado para definir quais fazenda aplicariam a redução de demanda foi verificar quais apresentam maior consumo de água, e definir teoricamente que elas possuem maior capacidade de implementar de forma efetiva técnicas que possam aumentar a eficácia da aplicação de água nas culturas. Assim, fazendas que captam menos água, segundo o cenário de referência, não reduziram a demanda.

O percentual de bombas que aplicou uma redução na demanda ficou como sendo de 90%, 80% e 70%, que representam respectivamente, 29, 27 e 23 bombas hidráulicas de captação. A Tabela 17 apresenta em destaque as bombas hidráulicas de captação de água que neste cenário sofreram uma redução percentual de demanda de 5 em 5%, até que fossem encontrados valores mínimos de vazão remanescente e que a ela fosse ao menos igual a vazão  $Q_{90}$  de 1,245m<sup>3</sup>/s. Os demais dados foram mantidos iguais ao cenário de referência.

Tabela 17 - Parcela das bombas de captação de água com redução de demanda.

Nó de demanda	Identificação da bomba hidráulida			Redução de demanda (%)
	90% das bombas	80% das bombas	70% das bombas	
D2	13a; 13b; 13c; 13d	13a; 13b; 13c; 13d	13a; 13b; 13c; 13d	17.40%
D2	14a; 14b	14a; 14b	14a; 14b	9.40%
D1	7a; 7b	7a; 7b	7a; 7b	8.80%
D2	17a; 17b	17a; 17b	17a; 17b	8.20%
D2/D3	20a; 20b; 20c	20a; 20b; 20c	20a; 20b; 20c	6.60%
D1	10	10	10	5.30%
D2/D3	21a; 21b	21a; 21b	21a; 21b	4.40%
D1	9	9	9	4.30%
D1	6	6	6	4.30%
D1	8	8	8	3.80%
D2	16	16	16	3.60%
D2	19a; 19b	19a; 19b	19a; 19b	3.10%
D1	4	4	4	2.80%
D1	2	2	2	2.70%
D1	1	1	1	2.60%
D2	18	18	18	2.50%
D1	12	12	12	2.50%
D1	5a; 5b	5a; 5b	5a; 5b	2.30%
D1	3a; 3b	3a; 3b	3a; 3b	1.90%
D1	11	11	11	1.90%
D2	15	15	15	1.50%

### **6.5.3 Cenário 3**

Na proposta aplicada ao terceiro cenário parte-se do pressuposto de que com uma antecipação da plantação das culturas de arroz e soja a demanda de água para irrigação aconteceria em um período em que há naturalmente maior disponibilidade hídrica no Rio Urubu, o que acarretaria em menor impacto da demanda na vazão disponível, em especial durante o período de seca.

Assim, para este cenário a demanda de água para irrigação foi inicialmente mantida igual a demanda aplicada ao cenário de referência, alterando-se a data de início da plantação de arroz e de soja em períodos de 5 em 5 dias, até o momento em que a vazão do Rio Urubu não chegasse a zero em nenhum trecho do rio e que fosse possível respeitar a vazão referente a  $Q_{90}$  de  $1,245\text{m}^3/\text{s}$ . Assim, avaliou-se quantos dias seriam necessários para antecipar a demanda de modo que não fosse necessária nenhuma redução.

### **6.5.4 Cenário 4**

O Cenário 3 apresenta uma limitação importante para a antecipação da demanda de água para irrigação, sendo ela o calendário de plantio de sementes nas várzeas do Tocantins, estabelecido pela Agência de Defesa Agropecuária do Tocantins (Adapec), que se aplica a área de estudo. Este calendário estabelece que a plantação da soja para semente deve começar apenas no dia 20 de abril. Deste modo a antecipação viável em relação ao cenário de referência é de apenas 5 e 10 dias.

No Cenário 4 foi verificada a resposta da vazão do Rio Urubu para as antecipações de 5 e 10 dias. Aplicou-se em conjunto reduções percentuais de demanda, assim como nos demais cenários alternativos, visando manter uma vazão diferente de zero após cada trecho de demanda e também a manutenção de uma vazão de ao menos  $1,245\text{m}^3/\text{s}$ .

## **7 RESULTADOS**

Neste capítulo serão apresentados os resultados obtidos na modelagem hidrológica aplicada sobre a área de estudo. Inicialmente foram realizadas uma avaliação da disponibilidade de dados, adequações nos dados de entrada do modelo WEAP, e as regionalizações de vazão posteriormente utilizadas na calibração do modelo. A vazão resultante da simulação e a análise de balanço hídrico no cenário de referência e cenários alternativos também são apresentados de forma gráfica para ampliar o conhecimento sobre área do Rio Urubu.

### **7.1 AVALIAÇÃO DO SISTEMA DE MONITORAMENTO HIDROLÓGICO**

O monitoramento de dados hidrológicos é fundamental para que a gestão sobre os recursos hídricos possa ser eficaz e que suas ações permitam prevenir e mitigar situações de escassez hídrica, além de possibilitar a melhor aplicação dos seus instrumentos de gestão como a outorga de uso da água, que visa garantir a disponibilidade hídrica aos usuários, caracterizados na Bacia como os irrigantes, e manter condições de equilíbrio ambiental.

A avaliação do sistema de monitoramento hidrológico consistiu em uma etapa inicial do estudo, e buscou avaliar a presença das estações fluviométricas na área da bacia hidrográfica do Rio Urubu e seu afluente Dueré. Também foi avaliado o monitoramento das demandas de água para irrigação recentemente instalada pelo projeto de Gestão de Alto Nível (GAN).

Existem atualmente quatro estações fluviométricas na área de estudo, sendo todas de responsabilidade e operadas pela SEMARH-TO. Todas foram recentemente instaladas e desta forma possuem séries históricas curtas. São elas: Foz Rio Urubu (jan/2017), Foz Rio Dueré (jul/2018), Fazenda Fortaleza (ago/2018) e Fazenda São Bento (dez/2019). O monitoramento da vazão no Rio Urubu e Dueré são de grande relevância para aprimoramento do conhecimento sobre a dinâmica de balanço hídrico na região, e desta forma, a recente instalação de mais estações fluviométricas mostra um comprometimento e interesse por parte dos agentes públicos no fortalecimento da gestão hídrica nas bacias hidrográficas dos rios Urubu e Dueré.

Até o momento da pesquisa a maior disponibilidade de dados de monitoramento da demanda foi para o período de julho de 2018 a junho de 2019. As vazões registradas nas três estações fluviométricas que possuem registros neste ano são apresentadas na Figura 31, enquanto que os registros de falhas deste período são apresentados na Figura 32.

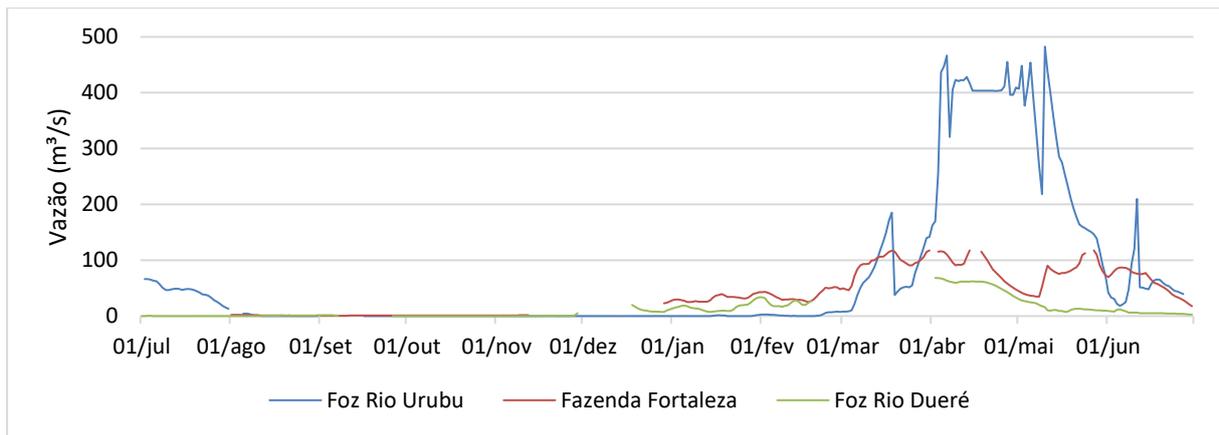


Figura 31 - Vazões registradas nas estações fluviométricas Foz Rio Urubu, Fazenda Fortaleza e Foz Rio Dueré.

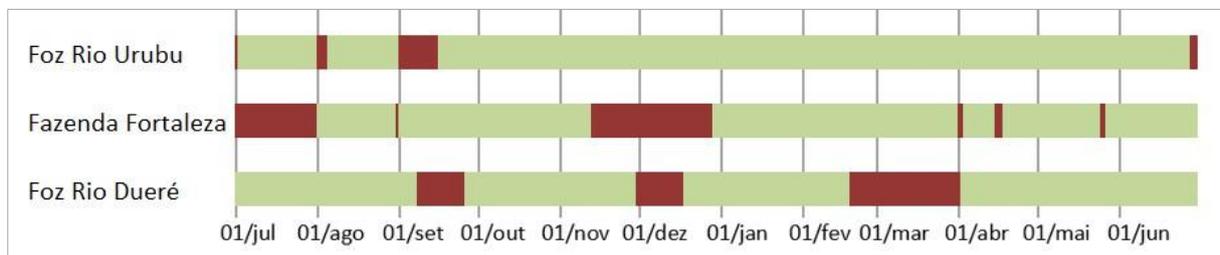


Figura 32 - Registro de falhas nas estações fluviométricas Foz Rio Urubu, Fazenda Fortaleza e Foz Rio Dueré.

Segundo os registros disponíveis de vazão nas estações é possível ver que existem falhas de registros em todas as estações, que variam entre um dia até períodos que ultrapassam 1 mês sem registro. Outro aspecto que vale ser ressaltado é a confiabilidade dos dados registrados, tendo em vista que as estações registram valores de nível e convertem para vazão por meio de uma equação de curva chave. Porém até a data deste estudo não há disponibilidade destas curvas chave e por esta razão não há como avaliar a qualidade dos dados disponíveis.

A falta de confiabilidade e a presença das falhas nos registros levou a necessidade de modelagem da vazão para posterior avaliação do balanço hídrico na área de estudo, e desta forma diminuiu a confiabilidade do resultado em detrimento de uma aplicação direto de valores registrados em uma estação de monitoramento fluviométrica.

Um destaque que pode ser apresentado é para o registro na estação Foz Rio Urubu, que entre os meses de dezembro a março apesar de já haver registros de vazão nas estações localizadas a montante, possui em seu registro, vazões próximas ou iguais a zero, o que pode estar relacionada a demanda de água para a irrigação, indicar um erro nos dados registrados ou ainda ser a constatação de que o Rio Urubu é considerado naturalmente intermitente.

Outro aspecto a ser considerado é a declividade da bacia hidrográfica do Rio Urubu e também considerando toda a bacia hidrográfica do Rio Formoso, que são classificadas como planas em especial próxima a região da foz, onde se localiza a estação Foz Rio Urubu. Esta característica pode fazer com que exista uma influência de remanso do Rio Formoso sobre o Rio Urubu, que pode estar associada aos registros dos meses de abril e maio.

Ressalta-se que monitoramento das vazões é especialmente importante para a gestão dos recursos hídricos uma vez que é a partir dele que são identificadas informações como as mínimas e máximas vazões, as variações ao longo do ano, o que leva a compreensão e cálculo da disponibilidade hídrica em um corpo d'água. O monitoramento seja continuado é fundamental, de modo que os registros de dados de vazão possam dar subsídio a alterações nos instrumentos de gestão e também que possam ser utilizados em estudos para avaliar o balanço hídrico a partir de dados históricos, conferindo maior segurança aos resultados. E desta forma, maior certeza nas ações a serem empregadas para manutenção de uma condição ambiental de menor impacto no ecossistema da bacia hidrográfica do Rio Urubu.

A área da bacia hidrográfica do Rio Urubu apresenta o registro de 33 bombas hidráulicas no sistema GAN para o período de análise da pesquisa, de julho de 2018 a junho de 2019. Estas pertencem a 21 fazendas, de modo que nove delas possuem mais que uma bomba hidráulica de captação de água instalada. Essa informação reflete na característica das propriedades da região, que possuem grandes áreas agricultáveis e conseqüentemente necessitam de elevado volume de água para suprir a demanda das culturas, incluindo as perdas ocasionadas pelo sistema.

A maioria dos registros de volume demandado apresentam falhas que variam de dias a meses consecutivos, sendo que das 33 bombas hidráulicas instaladas, apenas 18 delas possuem mais de 90% de dias com registro dados. A interrupção nos registros disponibilizados no site do GAN pode ter sido causada pela não cobertura de sinal das estações de bombeamento para a transferência dos dados registrados para a central de armazenamento de dados. Uma vez que a área é agrícola o sinal utilizado pode ser fraco e sofrer interferência a depender da localização da estação de bombeamento e também de eventos climáticos.

A interrupção no registro também pode ser causada por problemas de funcionamento do próprio sistema de telemetria, o que significa dizer que alguns poderiam estar quebrados ou com algum problema na transmissão dos dados registrados, necessitando de manutenção. A Figura 33 apresenta o registro de dados das bombas hidráulicas de captação de água para

irrigação instaladas ao longo do Rio Urubu e utilizadas neste estudo para representação da vazão demandada.



Figura 33 - Bombas de captação de água no Rio Urubu e registro de disponibilidade de dados no período de análise do estudo.

O monitoramento das demandas aplicado em todas as bombas hidráulicas de captação de água na bacia hidrográfica do Rio Urubu faz parte de um sistema pioneiro no Brasil e os dados monitorados fortalecem o desenvolvimento de ações que favoreçam uma gestão eficiente dos recursos hídricos na Bacia. Por isso, recomenda-se que o monitoramento seja contínuo e que medidas que possam diminuir a incidência de falhas possam ser aplicadas para um registro histórico de dados com alta qualidade possa ser gerado e utilizado futuramente.

Os dados provenientes dos registros de demanda para irrigação podem ser utilizados em estudo que avaliem seu balanço hídrico, como foi utilizado neste estudo, e também podem ser empregados para análise de eficiência de irrigação das culturas, avaliação do manejo de água empregado na agricultura, além de facilitarem a fiscalização dos órgãos competentes, uma vez que os registros são disponibilizados a cada 15 minutos na plataforma online GAN.

Diante da aplicação recente do monitoramento de dados de vazão e demanda na Bacia Hidrográfica do Rio Urubu e Dueré, este estudo acabou por desenvolver uma metodologia que pudesse contornar a dificuldade apresentada. Esta metodologia buscou realizar uma modelagem hidrológica para obter uma vazão que pudesse ser utilizada como referência para a análise de balanço hídrico na área de estudo. Para aperfeiçoar a compreensão sobre a dinâmica de demanda e disponibilidade a metodologia aplicada ainda avaliou alterações na demanda que representassem um acordo de colaboração dos irrigantes. A seguir serão apresentados os resultados obtidos pela aplicação desta metodologia.

## **7.2 DADOS DE ENTRADA NO MODELO WEAP**

Para a análise do balanço hídrico na bacia hidrográfica do Rio Urubu os dados de entrada na ferramenta de simulação hidrológica WEAP foram avaliados quanto a sua disponibilidade, presença de falhas e confiabilidade dos dados disponíveis. Os dados de vazão registrada nas estações fluviométricas ao longo dos rios Urubu e Dueré foram os primeiros a ser avaliados. Levou-se em consideração o período de análise utilizado neste estudo como o ano de base, julho de 2018 a junho de 2019.

Diante da análise sobre a disponibilidade de dados das vazões nos rios Urubu e Dueré, optou-se por realizar uma modelagem hidrológica para a obtenção de uma vazão que fosse utilizada posteriormente como referência para a análise de balanço hídrico e avaliação da influência da demanda sobre os recursos hídricos da região. Os dados de entrada se referem ao método de cálculo de vazão aplicado no modelo WEAP denominado na ferramenta como *Rainfall Runoff*. Os dados de entrada para este método foram avaliados quando sua disponibilidade diária e presença de falhas. Quando necessário foi aplicado alguma técnica que pudesse preencher estas falhas ou substituir o dado de entrada.

De modo a melhor representar a situação real de demanda por água do Rio Urubu, realizou-se um preenchimento das falhas utilizando a média das 18 bombas com registros superiores a 90% dos dias e levando em consideração os períodos de cultivo e intervalos

sanitários de entre safra. O total de água demandada ao longo do período é apresentado Figura 34, comparando os dados com falhas e após o preenchimento.

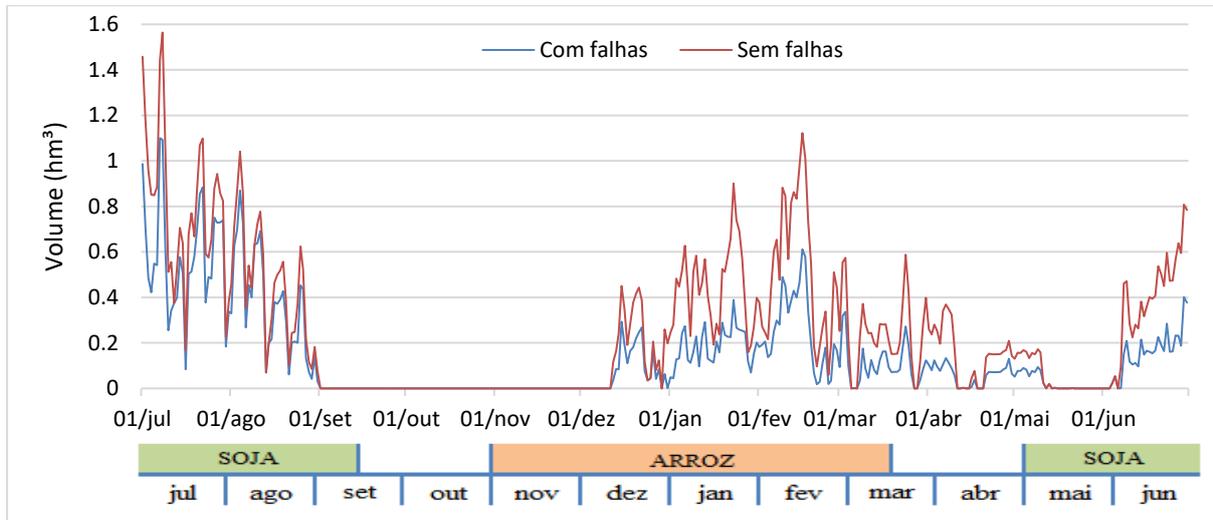


Figura 34 - Demanda de água para irrigação após preenchimento de falhas.

A Figura 35 mostra o volume total de água para irrigação demandado em cada nó, enquanto que a Figura 36 apresenta o volume demandado para irrigação ao longo do ano em cada nó e que foi utilizado como dado de entrada para a modelagem hidrológica WEAP posteriormente realizada.

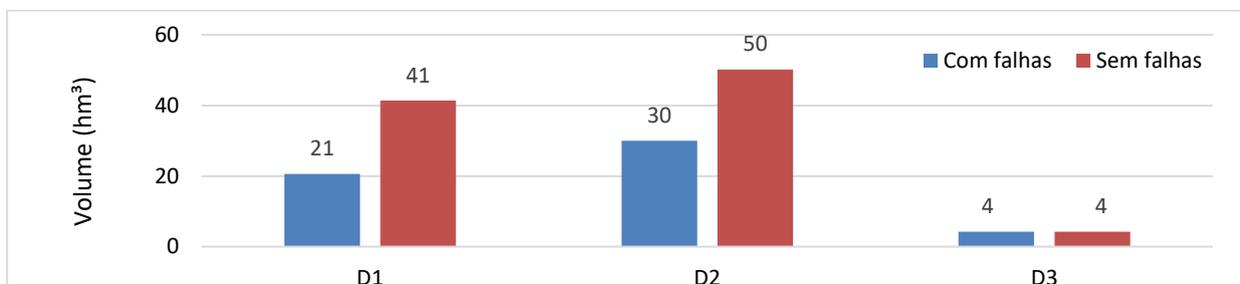


Figura 35 – Comparação do volume total de água captada em cada nó de demanda no Rio Urubu na modelagem WEAP.

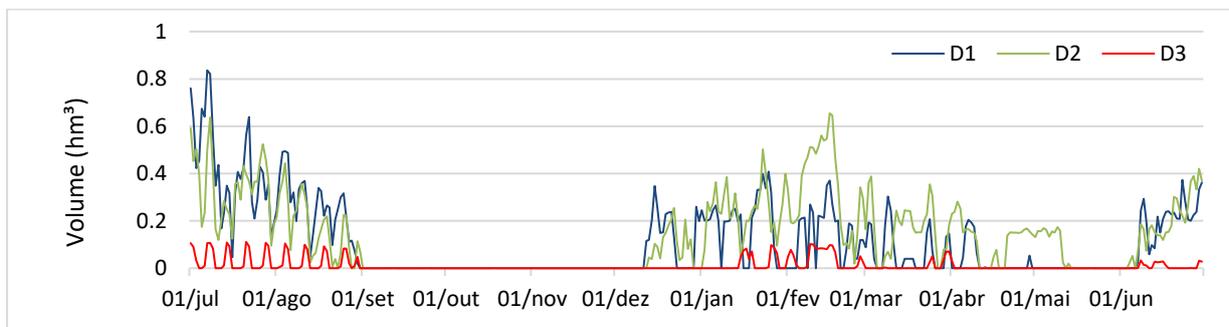


Figura 36 - Volume aplicado a cada nó de demanda no Rio Urubu ao longo do ano de referência.

A precipitação sobre a área da bacia foi calculada utilizando método de Thiessen. Para isso foram consideradas 7 estações pluviométricas localizadas próximas a área das bacias hidrográficas do Rio Urubu e Dueré. A Figura 37 apresenta a divisão das áreas de influência de cada estação pluviométrica nas bacias do Rio Urubu e Dueré, levadas em consideração no método de Thiessen. Os números de identificação nas estações correspondem à coluna de ID da Tabela 18, apresentada acima.

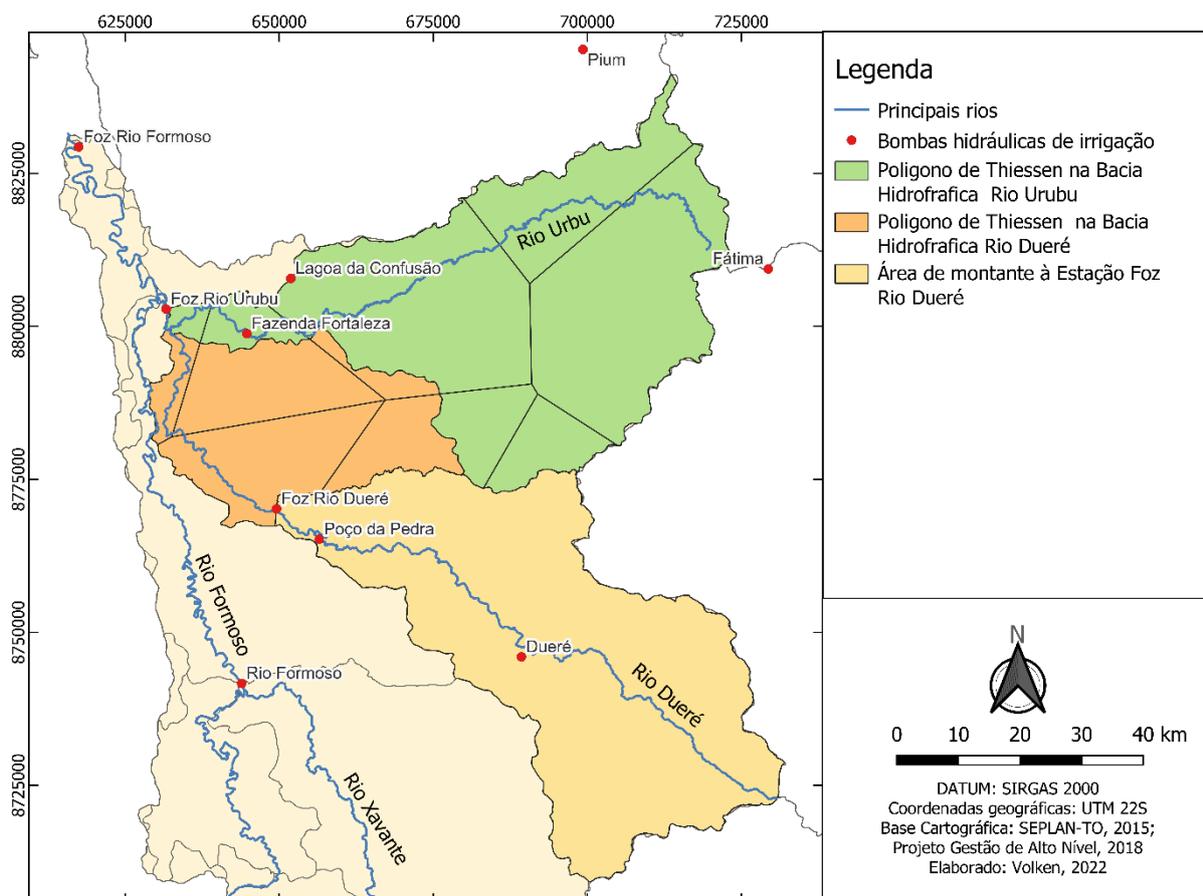


Figura 37 - Áreas de influência das estações pluviométricas na área de estudo a partir do método de Thiessen.

Tabela 18 - Identificação das estações pluviométricas utilizadas para cálculo da precipitação média pelo método de Thiessen.

ID	Estação	Código
1	Lagoa da Confusão	1049003
2	Dueré	1149000
3	Poço da Pedra	1149003
4	Foz Rio Dueré	26792000
5	Foz Rio Urubu	26798500
6	Rio Urubu Fazenda Fortaleza	26795700
7	Fátima	1048000
8	Pium	1049001

O resultado para a precipitação média diária para o período de julho de 2018 a junho de 2019 é apresentado nas Figuras 38 e 39, respectivamente para a bacia do Rio Urubu e Dueré.

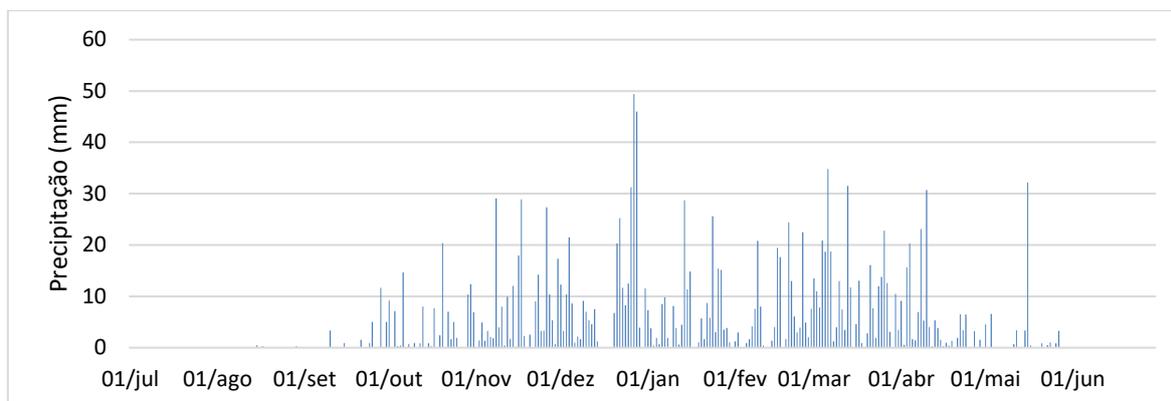


Figura 38 - Precipitação média diária na bacia hidrográfica do Rio Urubu.

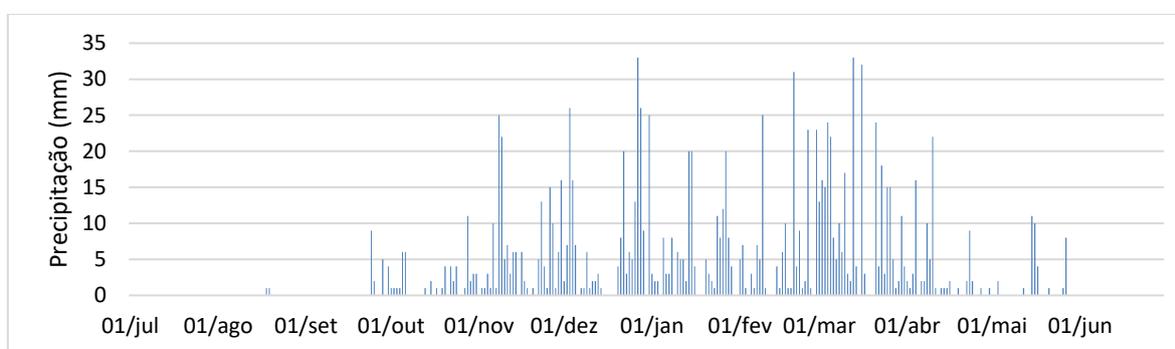


Figura 39 - Precipitação média diária na bacia hidrográfica a jusante da estação fluviométrica Foz Rio Dueré.

Os dados climáticos foram avaliados quanto a presença de falhas no registro de dados diárias para o período do estudo. Apenas os dados referentes a umidade relativa do ar apresentaram falhas. Dois longos períodos foram observados, de 27 de setembro de 2018 a 16 de fevereiro de 2019 e de 24 de abril a 30 de junho de 2019, representando 58% do total de dias do ano de base do estudo.

De modo a não deixar em branco essas lacunas, foram avaliadas duas alternativas. A primeira foi o preenchimento automático realizado pela própria ferramenta de modelagem WEAP, que utiliza valores intermediários entre os dois últimos dados registrados, como se observa em amarelo na Figura 40. A segunda alternativa foi substituir o dado de umidade relativa do ar do período de julho de 2018 a junho de 2019 pela média dos dados registrados na estação. Estes dados médios foram calculados com os registros disponíveis de 5 anos e são apresentados em azul.

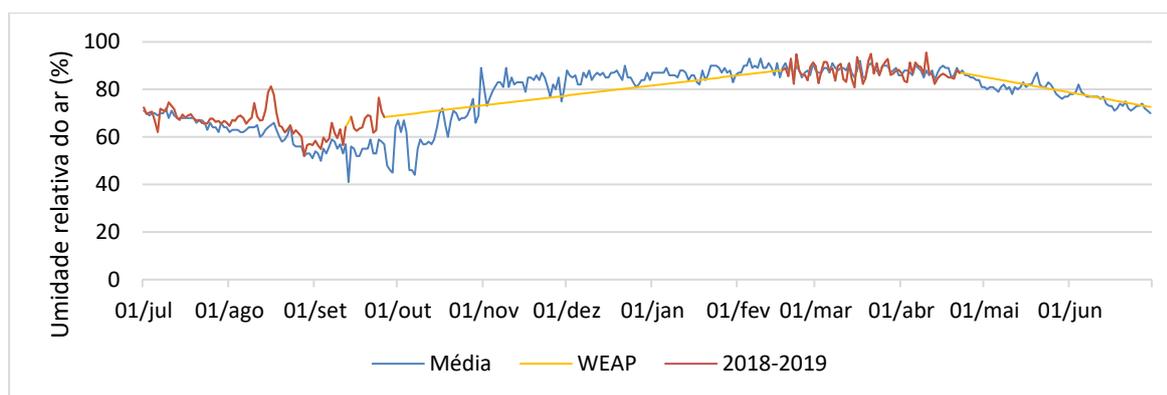


Figura 40 – Umidade relativa do ar na estação pluviométrica Lagoa da Confusão (Bacia hidrográfica do Rio Urubu).

Uma vez que os dados médios se assemelharam a tendência do ano de base do estudo, optou-se por sua utilização ao invés do preenchimento automático fornecido pelo WEAP. Assim, a umidade relativa do ar foi o único dado de entrada que não correspondeu ao período de análise.

### 7.3 REGIONALIZAÇÃO DE VAZÕES

Para a realização desta pesquisa, frente aos dados disponíveis no início do trabalho (junho de 2018 a julho de 2019), o conjunto de dados registrados não era robusto o suficiente para que fossem realizadas as análises de calibração do modelo com a confiança necessária em termos de representatividade do regime de vazões da bacia hidrográfica do Rio Urubu. Assim, optou-se por comparar a vazão simulada no modelo WEAP com as vazões regionalizadas. A Tabela 19 apresenta o resultado da caracterização morfométrica das áreas das bacias hidrográficas referentes as três estações fluviométricas escolhidas para a posterior comparação com a vazão simulada do Rio Urubu.

Tabela 19 – Características morfométricas das bacias hidrográficas de interesse.

Bacia hidrográfica	Rio Urubu	Fazenda Fortaleza	Foz Rio Dueré	Praia Alta
Área (km <sup>2</sup> )	2630,45	2545,9	2502,14	6000,7
Perímetro (km)	319,23	371,13	383,65	642,21
Canal principal (km)	175,7	144,9	134,11	439,84
Todos os canais (km)	3370,5	3209,9	4819,6	8793,5
Densidade de drenagem	1,28	1,26	1,93	1,47
Coefficiente de compacidade	1,74	2,06	2,15	2,32
Índice de circularidade	0,32	0,23	0,21	0,18
Fator de forma	0,09	0,12	0,14	0,03

Em relação à densidade de drenagem, a Foz Rio Dueré apresentou uma boa drenagem enquanto as demais bacias apresentaram resultados de classificação regular. Isto significa que a bacia Foz Rio Dueré em relação as outras possui uma capacidade de escoar mais rapidamente a água para a foz, com menos chances de cheias nos períodos chuvosos, e nos períodos de estiagem o deflúvio nos rios da bacia tendem a ser menores, em comparação as demais bacias.

O coeficiente de compactidade, índice de circularidade e o fator de forma indicam que todas as bacias apresentam uma tendência a possuírem um formato mais alongado ao invés de circular, o que pode significar que em eventos climatológicos intensos essas bacias tendem a não apresentarem áreas de inundação. Desse modo, as características morfométricas aplicadas para avaliar as similaridades entre as áreas das estações fluviométricas e a bacia do Rio Urubu se mostraram próximas, o que sugere que a regionalização da vazão pode vir a representar de forma satisfatória a vazão da área desejada, dentro das limitações de aplicação.

As características de tipo de solo também foram analisadas entre as áreas das estações fluviométricas e a bacia do Rio Urubu. O Plintossolo é o solo mais comum na área das bacias do Rio Urubu (85,2%), Fazenda Fortaleza (84,8%), Foz Rio Dueré (92,2%). Possui como característica uma baixa capacidade de drenagem dos solos, com probabilidade de gerar áreas temporariamente alagadas, especialmente quando localizados nas áreas de relevo plano, predominantes nestas bacias. O restante das áreas das bacias é composto por porções menos expressivas de Latossolo, Gleissolo, Argissolo e Neossolos do tipo Quartzarênico.

Para a área da bacia hidrográfica da estação Praia Alta o Latossolo é o solo predominante (73,3%), o que significa que a área possui como característica uma maior permeabilidade do solo, o que implica em uma drenagem mais rápida e eficiente em relação ao Plintossolo. Outros solos encontrados com menores áreas são p Plintossolo, Latossolo, Gleissolo, Argissolo, Neossolos do tipo Quartzarênico e Litólico.

Em relação ao uso e ocupação do solo, por se tratarem de áreas fortemente agrícolas, a área ocupada para as plantações é expressiva em todas as bacias, Rio Urubu (31,7%), Rio Dueré Jusante (36,8%), Fazenda Fortaleza (28,6%), Foz Rio Dueré (40,1%) e Praia Alta (49,6%). O restante da área das bacias possui a cobertura vegetal original, com diferentes tipos fitofisionômicos do Cerrado. Por fim, realizou-se a verificação da declividade do terreno nas bacias, onde segundo a classificação utilizada pela Embrapa, todas as bacias possuem baixa declividade, com mais de 80% de suas áreas consideradas de plana a suave ondulada, o que

favorece a ocorrência de inundação das áreas de várzea, característica da bacia hidrográfica do Rio Formoso. Esta natural disposição ao alagamento das áreas favorece a plantação de arroz inundado, amplamente cultivado na área da Bacia, e também posteriormente o aproveitamento da área para o plantio de outras cultivares, em especial da soja para sementes.

Os resultados para as vazões regionalizadas são apresentados na Figura 41. Nota-se que as vazões ficaram próximas, seguindo as mesmas tendências ao longo do ano. Observa-se uma vazão mais baixa de junho ao final de novembro, característica da estação de seca e vazões maiores de dezembro a maio, característica do período chuvoso na região.

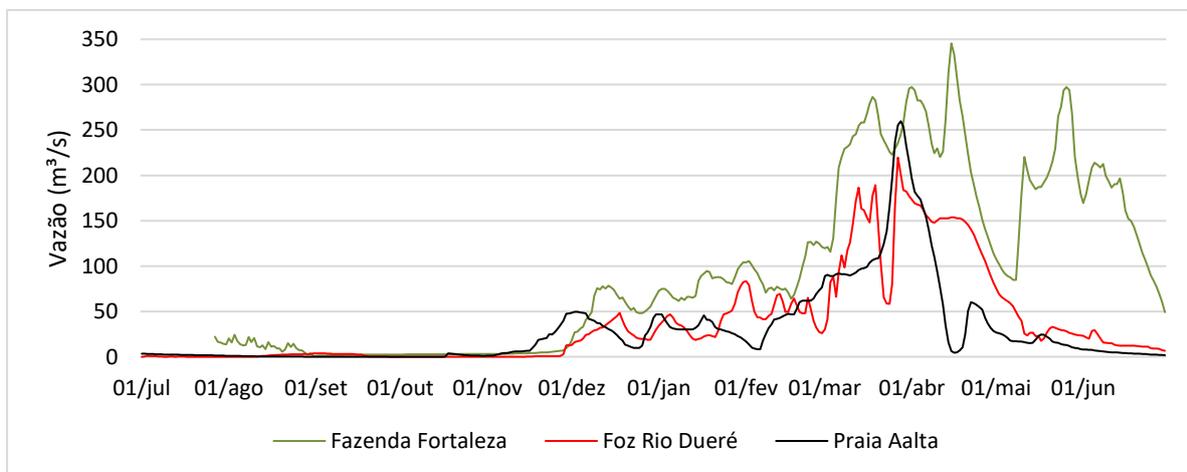


Figura 41 - Vazões regionalizadas para a bacia do Rio Urubu.

A vazão regionalizada da estação Fazenda Fortaleza, que se encontra dentro da própria bacia hidrográfica do Rio Urubu, foi a que apresentou a maior vazão para o período de análise, com destaque para os meses de maio a junho em que é observada uma vazão bastante elevada em comparação às demais. Este resultado pode ser decorrente do escoamento causado por precipitações que tenham ocorrido apenas na área da bacia da estação Fazenda Fortaleza no período de análise. Outro destaque em relação a vazão regionalizada em relação a estação Fazenda Fortaleza é no mês de julho, em que não há dados registrados disponíveis, o que impossibilitou a regionalização para este período.

Para a regionalização da vazão decorrente da estação Foz Rio Dueré observou-se que a vazão do rio foi igual a zero durante o período final de agosto a metade de outubro. Já para o período de dezembro a maio seguiu a tendência das demais vazões regionalizadas. Ressalta-se que as estações Fazenda Fortaleza e Foz Rio Dueré apresentam falhas nos seus registros de dados, e as vazões utilizadas foram obtidas da SEMARH, que realizou um procedimento de

preenchimento das falhas. Porém, como as estações são relativamente novas e ainda não há uma curva-chave para as estações, os dados disponibilizados podem ser considerados pouco confiáveis.

Por fim, a regionalização da vazão para a estação Praia Alta apresentou uma vazão menor em relação as demais e valores iguais a zero entre o final de agosto e metade de outubro. Entre o período de dezembro a abril a tendência de crescimento da vazão foi bastante parecida com as demais vazões regionalizadas, entretanto apresentou uma forte queda na vazão no mês de abril, podendo estar relacionada ao final do período de chuvas na região.

A localização da bacia hidrográfica da estação Praia Alta, também pode ser citada como uma influência para a diferença nos resultados, uma vez que está mais a montante da bacia hidrográfica do Rio Formoso, e assim, conseqüentemente é a mais distante da bacia hidrográfica do Rio Urubu. Apesar de não levados em consideração neste estudo, há ainda a presença de barramentos ao longo dos rios Urubu, Dueré e Formoso, que influenciam nos registros de vazão, em especial para Praia Alta que possui um bastante próximo da estação.

Assim as características especiais de cada estação levam à diferença nos resultados para a regionalização, o que faz com que as vazões regionalizadas não apresentem alta segurança nos resultados. Entretanto todos os resultados mostraram uma certa tendência que pode ser considerada representativa para a vazão do Rio Urubu.

#### **7.4 SIMULAÇÃO DA VAZÃO**

A Figura 42 apresenta as vazões da primeira simulação realizada no modelo WEAP. A vazão “Rio Urubu Jusante” é a soma das vazões do Rio Urubu e Rio Dueré. A vazão “Rio Urubu Jusante” será posteriormente chamada de vazão “WEAP Inicial” neste estudo uma vez que representa a vazão na foz do Rio Urubu sem calibração. A vazão simulada apresentou um comportamento que seguiu de forma bastante significativa a precipitação que ocorreu sobre a bacia. Deste modo, nota-se que para o período de seca, período em que não há precipitação, a vazão diminuiu consideravelmente, enquanto que no momento em que as precipitações começaram a ocorrer, a vazão simulada teve uma resposta quase imediata, apresentando uma vazão expressiva logo nas primeiras precipitações.

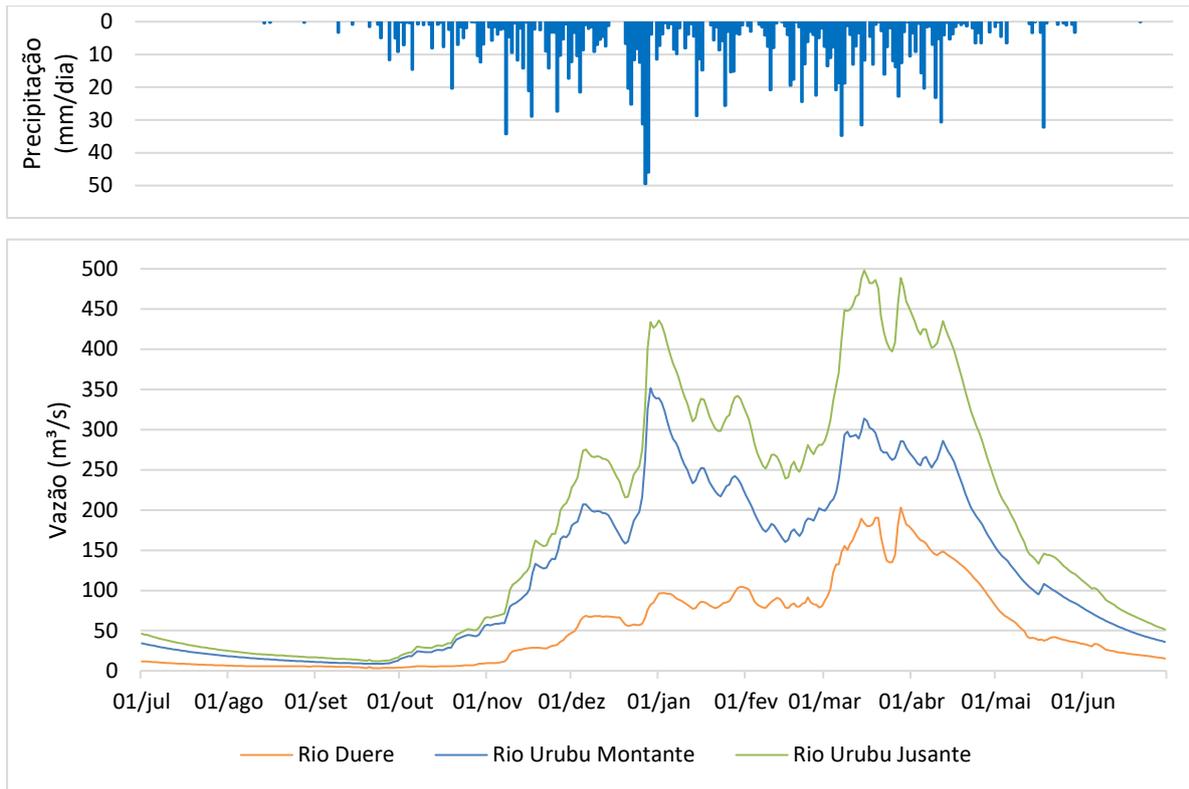


Figura 42 - Resultado da simulação de vazão “WEAP Inicial”.

Ao analisar o comportamento da vazão “WEAP Inicial” em relação à estação fluviométrica Foz Rio Urubu, como mostrado na Figura 43, nota-se que há um deslocamento da curva simulada para a esquerda e a vazão ocorre por mais meses do que a registrada na estação. Em relação a escala de valores as duas curvas apresentam semelhança quanto aos valores mais elevados, especialmente visível para o mês de abril, mês caracterizado pela presença de chuvas, e também na época de julho a outubro, onde as vazões são mais baixas devido ao período de estiagem.

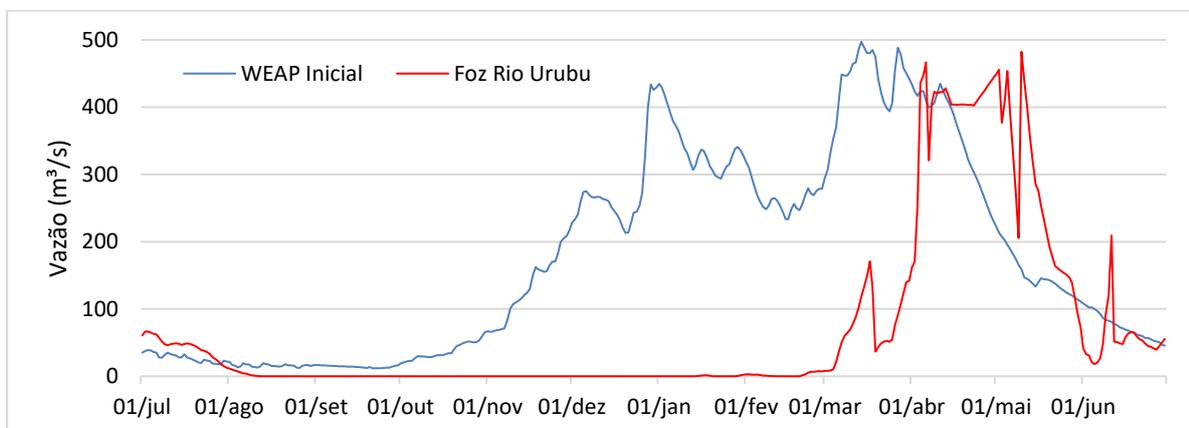


Figura 43 - Comparação da vazão registrada na estação fluviométrica Foz Rio Urubu e a vazão “WEAP Inicial”.

A estação Foz Rio Urubu está localizada justamente na foz da bacia hidrográfica do Rio Urubu, sendo a declividade do terreno classificada como muito plana. Essa característica favorece o alagamento natural das áreas de várzea e pode representar uma interferência nos registros da estação Foz Rio Urubu, devido a efeitos de remanso do Rio Formoso sobre o Rio Urubu. Outra interferência nos dados de vazão registrados na estação Foz Rio Urubu é que devido ao local de sua instalação a vazão registrada é a vazão remanescente do Rio Urubu após todas as captações de água para irrigação serem realizadas. Em relação a presença de falhas no registro de dados a estação Foz Rio Urubu possui falhas consecutivas, com períodos que variam de um dia a mais de um mês sem registro.

Baseado nas características apresentadas pela localização, presença de falhas, curto período de tempo em que a estação se encontra em funcionamento, ausência de análises de consistência sobre os dados que estão sendo gerados, falta de estudo que avalie de fato a influência do efeito de remanso, optou-se por também realizar uma comparação da vazão fruto da simulação hidrológica com vazões regionalizadas para a área de estudo

A Figura 44 apresenta a comparação entre as vazões regionalizadas e a vazão simulada no modelo WEAP para a bacia do Rio Urubu. Essa comparação mostra as vazões no ponto de exutório da bacia, ou seja, já com a inclusão da vazão do Rio Dueré tanto para a vazão simulada, chamada “WEAP Inicial”, quanto para as vazões regionalizadas.

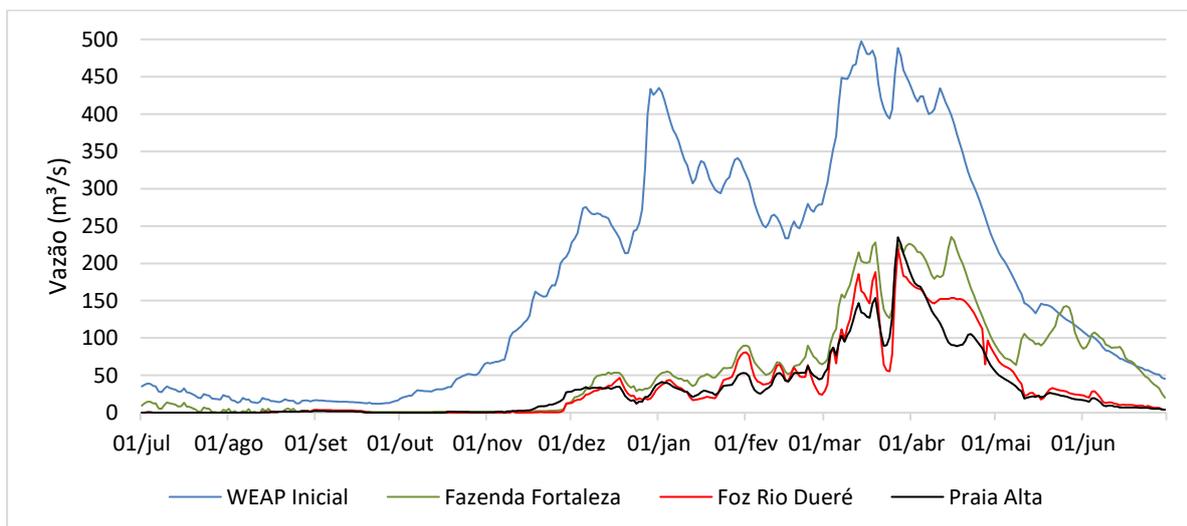


Figura 44 - Comparação das vazões regionalizadas com "WEAP Inicial".

Analisando comparativamente a vazão “WEAP Inicial” com as vazões regionalizadas, percebe-se que a vazão simulada está superestimada para o período de outubro a junho. As vazões regionalizadas apresentaram um crescimento, ou seja, um incremento de fluxo no rio a

partir do final do mês de novembro, o que passa a ocorrer na vazão “WEAP Inicial” já no início do mês de outubro.

Uma possível explicação para grande diferença pode estar relacionada a capacidade de infiltração de água no solo aplicada ao modelo, ou seja, por a área se tratar de um Plintossolo e possuir característica de baixa capacidade de infiltração, a simulação acabou gerando um alto volume de escoamento assim que o período de chuvas começa. Porém, pode haver uma fase inicial em que há maior infiltração de água no solo e recarga do aquífero, o que explicaria a diferença entre a simulação e as regionalizações. Além disso, os dados para o tipo de solo foram obtidos da literatura e não são específicos para a área de estudo, de modo que podem haver diferenças que impactem na modelagem hidrológica.

Diante do resultado da vazão “WEAP Inicial” e partindo de sua análise comparativa com as vazões regionalizadas, realizou-se uma calibração manual do modelo, onde os dados climatológicos permaneceram iguais a simulação inicial, alterando-se apenas os parâmetros de uso e tipo de solo indicados na Tabela 20. Ressalta-se que, uma vez que não existem opções para calibração automática do WEAP, apenas a calibração manual, o resultado final pode não corresponder a melhor resposta possível. Assim, os valores que ajustaram a curva de vazão gerada pelo modelo podem não representar os valores reais referentes à área de pesquisa para uma situação de bacia conservada. Os valores dos parâmetros alterados para a calibração foram aplicados em ambos os nós de bacia hidrográfica inseridos para geração de vazão, BH Rio Urubu e BH Jusante Dueré.

Tabela 20 - Valores modificados na calibração do modelo WEAP.

<b>Parâmetro</b>	<b>Categoria</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>
Coeficiente de Cultura (Kc)	Cerrado	10	-
Condutividade na zona radicular (Ks)	Plintossolo	100	mm/dia
Fator de resistência ao escoamento (RRF)	Cerrado	8	-
	Pastagem	6	
Capacidade da camada inferior (SMax2)	-	500	mm

O resultado da vazão após calibração do modelo foi chamado de “WEAP Calibrado” e se aproximou consideravelmente das vazões regionalizadas, como é possível ver na Figura 45. Houve um decréscimo considerável da vazão, o que pode significar que o modelo passou a

entender melhor os comportamentos hidrológicos na bacia. As primeiras chuvas registradas entre os meses de setembro a meados de novembro, não refletiram em um escoamento superficial capaz de gerar vazão significativa no Rio Urubu. No intervalo de dezembro a março, os valores da simulação ficaram ainda consideravelmente superiores às vazões regionalizadas. Já para os períodos de julho a novembro e de março a junho, a vazão “WEAP Calibrado” se comportou de forma bastante similar às vazões regionalizadas.

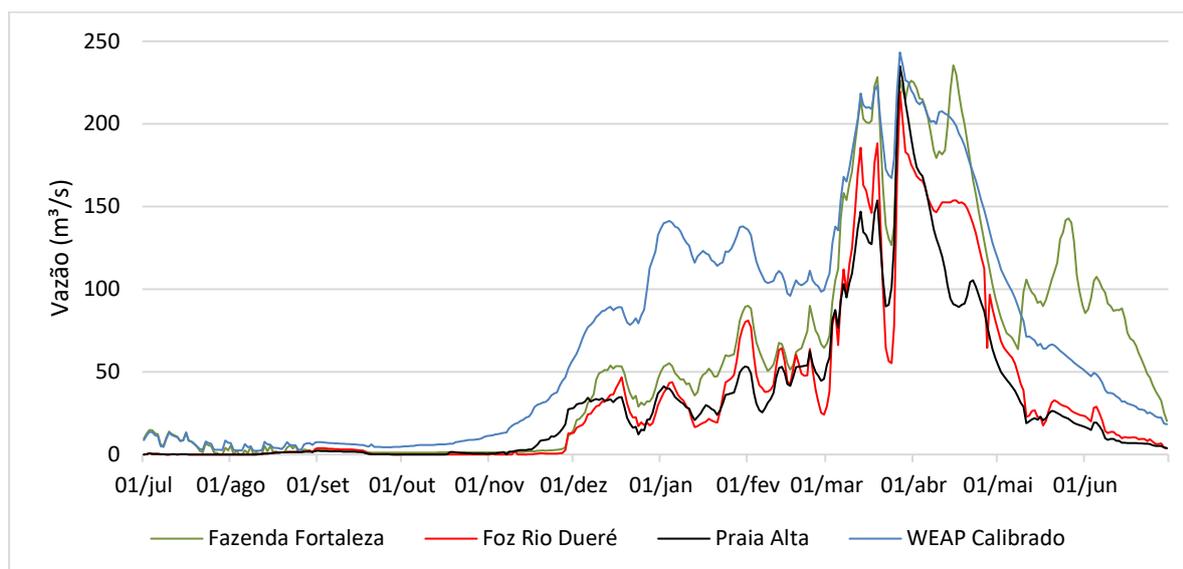


Figura 45 - Comparação das vazões regionalizadas com "WEAP Calibrado".

Para uma análise estatística do resultado da vazão “WEAP Calibrado” foram aplicadas duas medidas de desempenho recomendadas por Moriasi *et al.* (2015), sendo elas o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a análise de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE). Essas duas medidas foram escolhidas tendo em vista sua ampla aplicação em estudos de modelagens hidrológicas que busquem quantificar vazões em simulações em escala de bacia hidrográfica e com espaço temporal diário. A Tabela 21 apresenta o resultado para a análise do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e a Tabela 22 para análise de eficiência de Nash-Sutcliffe (NSE).

Tabela 21 - Resultado da análise estatística do coeficiente de determinação ( $R^2$ ).

Estação Fluviométrica	$R^2$			
	WEAP Inicial		WEAP Calibrado	
Fazenda Fortaleza	0,63	Satisfatório	0,81	Bom
Foz Rio Dueré	0,65	Satisfatório	0,84	Bom
Praia Alta	0,76	Bom	0,89	Muito Bom

Tabela 22 - Resultado da análise estatística de desempenho para análise de eficiência Nash-Sutcliffe (NSE).

Estação Fluviométrica	NSE			
	WEAP Inicial		WEAP Calibrado	
Fazenda Fortaleza	-3,96	Insatisfatório	0,79	Bom
Foz Rio Dueré	-9,28	Insatisfatório	0,55	Satisfatório
Praia Alta	-11,76	Insatisfatório	0,31	Insatisfatório

Todos os resultados gerados a partir da comparação do “WEAP Inicial” com “WEAP Calibrado” indicaram uma melhora. Para o coeficiente  $R^2$ , tanto “Fazenda Fortaleza” quanto “Foz Rio Dueré”, os resultados foram semelhantes no que se refere aos critérios de correspondência, passando de satisfatório para bom. A calibração realizada para o hidrograma obtido no processo de regionalização de vazões com dados da estação Praia Alta, apresentou os melhores resultados, indo de bom para muito bom, sendo essa a melhor classificação possível.

Os resultados apresentados pela análise de NSE também mostraram uma melhora considerável em relação à calibração do modelo WEAP, passando de insatisfatório em todas as regionalizações, para bom e satisfatório, em relação a “Fazenda Fortaleza” e “Foz Rio Dueré” respectivamente. Para “Praia Alta”, apesar dos resultados indicarem melhora significativa quando analisado o valor para NSE, o critério de avaliação permaneceu com classificação de insatisfatória.

A vazão calibrada foi então utilizada como a vazão de referência neste estudo, sendo considerada a melhor vazão simulada, dentro das limitações que a calibração manual impôs. A Figura 46 apresenta as vazões calibradas para cada trecho da bacia, sendo a vazão “Rio Dueré” referente a toda a bacia do Rio Dueré; a vazão “Rio Urubu Montante” a vazão anterior a afluição do Rio Dueré; e a vazão “Rio Urubu Jusante” a vazão na foz da bacia, já com a vazão afluente do Rio Dueré. A partir deste ponto, no restante do estudo as vazões são chamadas de “WEAP Calibrado”.

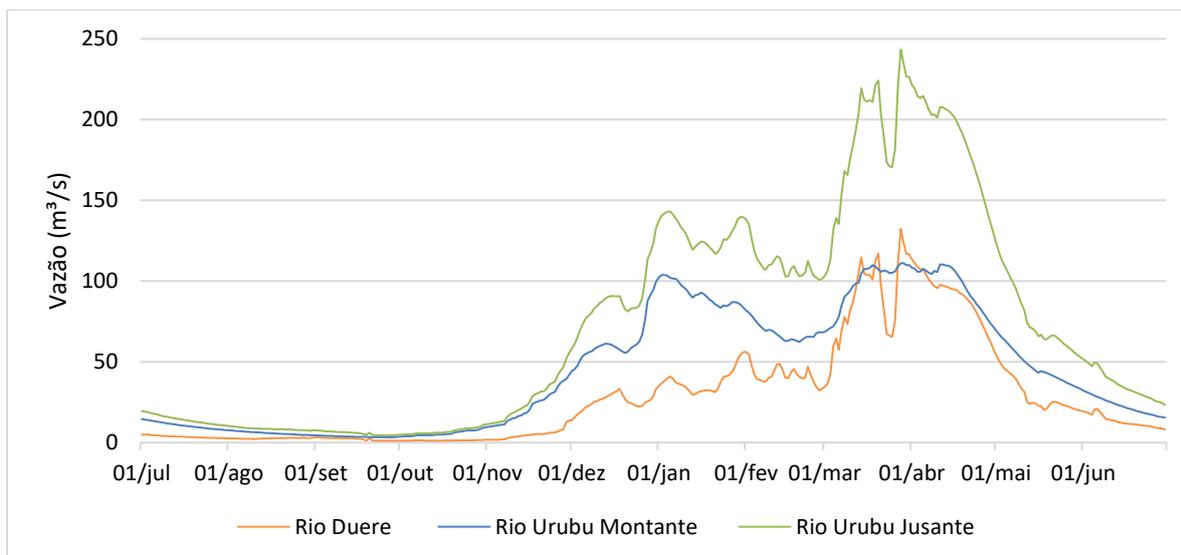


Figura 46 - Vazão de referência resultante da simulação WEAP para o Rio Urubu.

## 7.5 ANÁLISE DE CENÁRIOS

O cenário de referência é o cenário que representa de forma mais próxima da realidade a situação de disponibilidade hídrica para o período de julho de 2018 a junho de 2019 e foi utilizado para comparação com os cenários alternativos. A vazão neste cenário é a vazão “WEAP Calibrado”. A Figura 47 apresenta a vazão remanescente para o Rio Urubu nos três pontos de análise (P1, P2 e P3) que se localizam sempre após um dos nós de demanda (D1, D2, D3), representando assim os pontos mais críticos de disponibilidade hídrica.

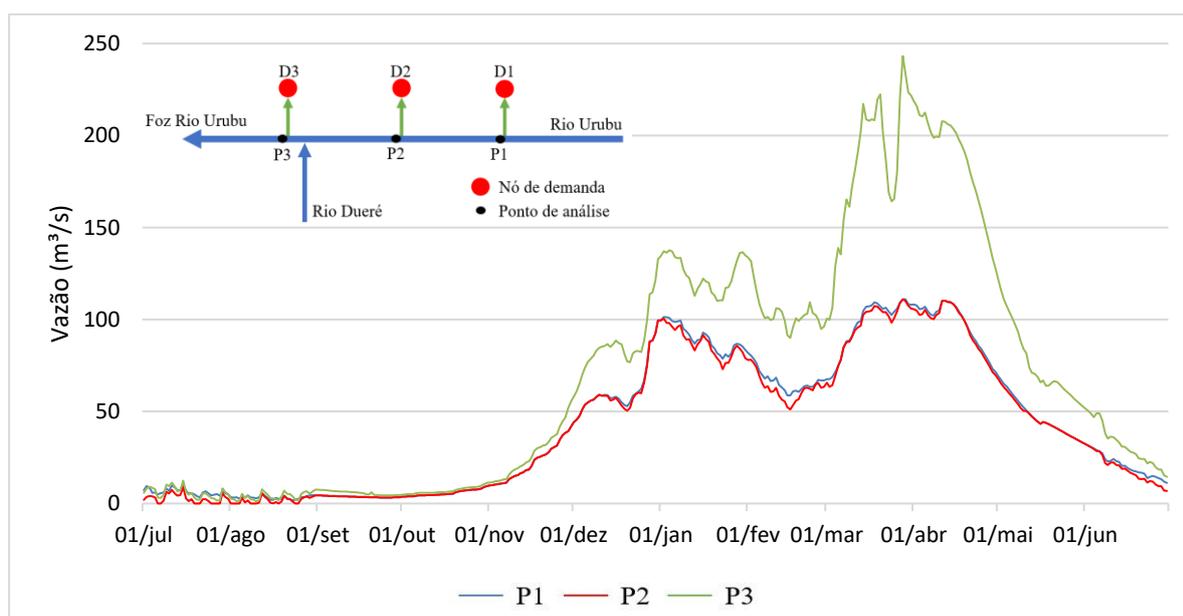


Figura 47 - Vazão remanescente nos pontos de análise P1, P2 e P3, localizados após os nós de demanda ao longo do Rio Urubu.

A simulação para o período de cultivo de arroz, que ocorre entre os meses de novembro a março não apresentou situações de escassez hídrica para a irrigação devido a vazão simulada para o Rio Urubu durante este período ser bastante elevada. Portanto, a vazão remanescente do Rio Urubu para esse período se manteve com alta disponibilidade e durante todo o tempo ficando acima da vazão de referência  $Q_{90}$ , de 28,627 m<sup>3</sup>/s, utilizada para esta análise.

A resposta encontrada na simulação do cenário de referência para o período de cultivo de arroz pode não representar bem a realidade, uma vez que, em especial para o período de dezembro a março, o valor da vazão do Rio Urubu simulado neste estudo ficou consideravelmente acima das vazões regionalizadas para a bacia do Rio Urubu, como mostrado anteriormente. Portanto, pode ser que, na realidade, a disponibilidade hídrica para o período de cultivo do arroz seja inferior ao simulado, porém a vazão no Rio para o período chuvoso ainda é consideravelmente maior que as demandas sendo capaz de suprir a necessidade de água a ser captada, proporcionando um impacto menos significativo para a irrigação da cultura de arroz do que a cultura de soja.

Um fato observado no período chuvoso é que devido a baixa declividade da bacia, e a natural capacidade de inundação da área, durante a cultura do arroz, em alguns momentos é preciso bombear a água das plantações para o Rio Urubu, fazendo o caminho contrario do período seco. Isso tendo em vista a manutenção da qualidade da safra de arroz.

Deste modo, apesar de o estudo ter sido realizado durante todo o período de análise, que vai de julho de 2018 a junho de 2019, verificou-se durante a simulação do cenário de referência que o período de maior complexidade em relação à disponibilidade e à demanda de água ocorre no período seco, com ênfase nos meses de julho e agosto. Esse período é justamente onde ocorreram relatos de conflitos pelo uso da água na bacia do Rio Urubu. Assim, a pesquisa focou na análise deste período.

A Figura 48 apresenta a vazão remanescente para o cenário de referência durante os meses de julho e agosto, onde é possível verificar com maior clareza que durante este período existem vários momentos em que a demanda superou a vazão do rio o que fez com que a vazão chegasse a zero. Isto é visível no trecho de rio após a demanda D2, que por esse motivo foi considerada a região mais crítica da bacia, o que já era esperado uma vez que está localizada ao final da bacia Urubu, mas ainda não recebeu as águas do afluente Dueré, sendo a região onde acontecem os maiores conflitos pelo uso da água.

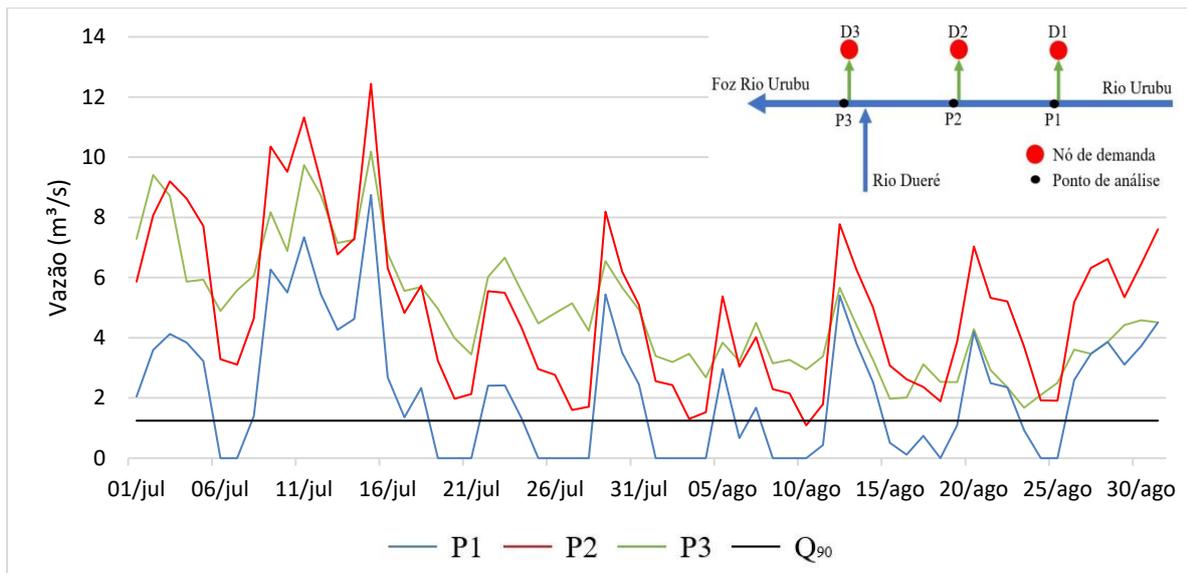


Figura 48 – Vazão remanescente do Rio Urubu entre julho e agosto.

Em relação a vazão no ponto P1, após a demanda D1, apesar de não chegar a valores nulos, os valores observados são considerados baixos, chegando em seu ponto mínimo em 23 de agosto, com  $1,67 \text{ m}^3/\text{s}$ , sendo este valor bastante próximo do valor de vazão de referência  $Q_{90}$  que é de  $1,245 \text{ m}^3/\text{s}$ . Assim, ressalta-se que os valores demandados neste primeiro trecho do Rio Urubu são bastante elevados, deixando a vazão remanescente com valores muito baixos, o que é um grande problema uma vez que após este trecho ainda estão instaladas 16 bombas de captação, que refletem a demanda D2 e mais 2 bombas de captação para D3.

A vazão no ponto de análise P3, após o nó de demanda D3 reflete a vazão remanescente após todas as demandas para a irrigação no Rio Urubu, já com a presença da vazão do afluente Dueré. Nesse ponto observa-se que assim como ocorre no ponto P1, após a demanda D1 a vazão não chega a zerar, mas atinge valores consideravelmente baixos, como em 10 de agosto em que a vazão registrada é de  $1,09 \text{ m}^3/\text{s}$ . É importante observar que caso ocorra um aumento na vazão demandada na bacia do Rio Dueré ou que por motivos climáticos a vazão do afluente seja menor do que a simulada, ela pode vir a impactar significativamente neste nó de demanda, podendo atingir valores nulos assim como observado após a demanda D2 no ponto de análise P2.

A demanda não atendida no cenário de referência é apresentada na Figura 49. Nota-se que a situação ocorre apenas durante o período de irrigação da soja, que justamente é quando a vazão do Rio Urubu já se encontra baixa. Essa demanda não atendida representa um total de  $2.414.078 \text{ m}^3$ , o equivalente a 2,5% da demanda total de água para irrigação, e a 4,7% da demanda de água para irrigação da soja.

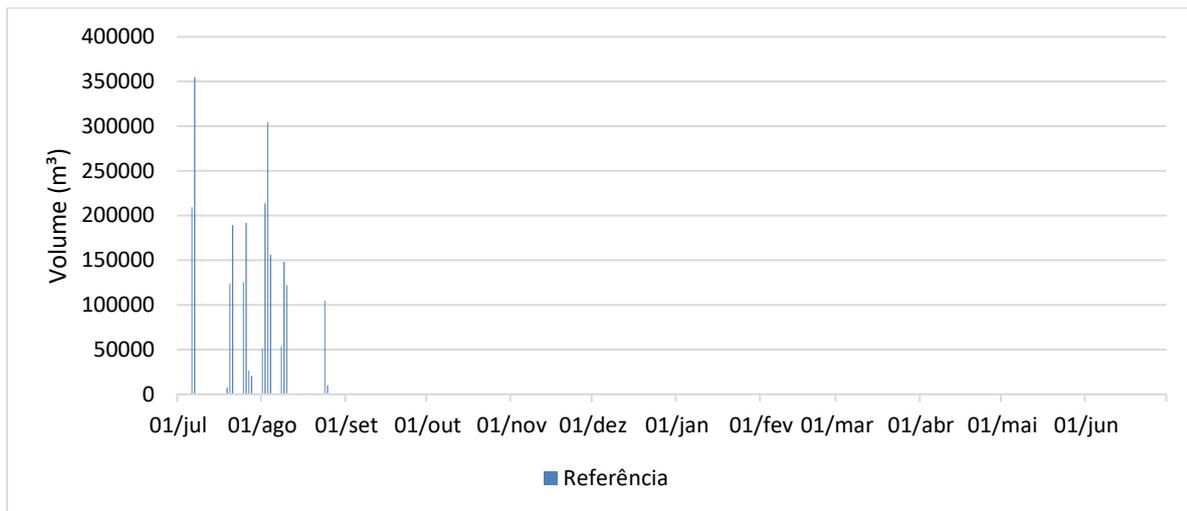


Figura 49 - Volume de água demandado para irrigação e não atendido não atendido para o ano de simulação da pesquisa.

O não atendimento da demanda pode gerar um impacto socioeconômico sobre o irrigante, uma vez que cada vez mais as políticas para concessão de crédito voltadas para os agricultores levam em consideração a disponibilidade hídrica, em especial para aqueles que possuem sistemas de irrigação instalados. Desta forma, o cenário de referência analisado no estudo apesar de ter mostrado que o sistema é vulnerável e que a falta de água pode representar um risco para o agricultor, ressalta-se que as demandas simuladas houveram um acréscimo pelo preenchimento de falhas, o que pode ter contribuído para os valores encontrados serem altos.

Os resultados apresentados no cenário de referência fortalecem a necessidade de uma alteração das práticas de manejo da água atualmente empregadas, especialmente durante a cultura de soja na época de estiagem de chuvas em que há naturalmente menor disponibilidade hídrica. Portanto, mostra-se fundamental a diminuição da captação de água do Rio Urubu para irrigação, de modo a alcançar minimamente uma vazão remanescente que não seja nula, a fim de diminuir o impacto sobre o meio ambiente local e também a fim de diminuir os conflitos pelo uso da água entre os irrigantes localizados na área da bacia.

Outro aspecto relevante é que a simulação foi realizada para um ano de crise hídrica, onde havia naturalmente menor disponibilidade de água, o que significa que para anos que apresentem precipitações mais elevadas e frequentes, os valores de demanda não atendida podem vir a ser menores, porém ainda assim é importante a aplicação de medidas que visam o aumento da eficiência da irrigação na área da bacia hidrográfica do Rio Urubu.

A seguir são apresentados os resultados das simulações para os cenários alternativos que buscaram avaliar três situações diferentes com enfoque no aumento da disponibilidade hídrica no Rio Urubu, em especial durante o período de seca em que ocorre a pior situação. Em todos os cenários alternativos o cenário de referência foi utilizado para comparação dos resultados alcançados.

### 7.5.1 Análise do Cenário 1

O primeiro cenário considerou que todas as bombas hidráulicas instaladas na bacia do Rio Urubu que captam água para irrigação teriam a mesma redução percentual da demanda, tendo esta redução como base em uma ativa participação de todos os irrigantes. Esta redução seria ocasionada a partir de medidas de alteração dos mecanismos e técnicas de irrigação ou melhorias no manejo da água utilizada nas plantações de soja e arroz.

A Figura 50 apresenta a comparação entre a vazão de referência e a vazão com 35% de redução da demanda de captação aplicadas no Rio Urubu, sendo observada no ponto de análise P2, o mais crítico da simulação por estar após as captações D1 e D2.

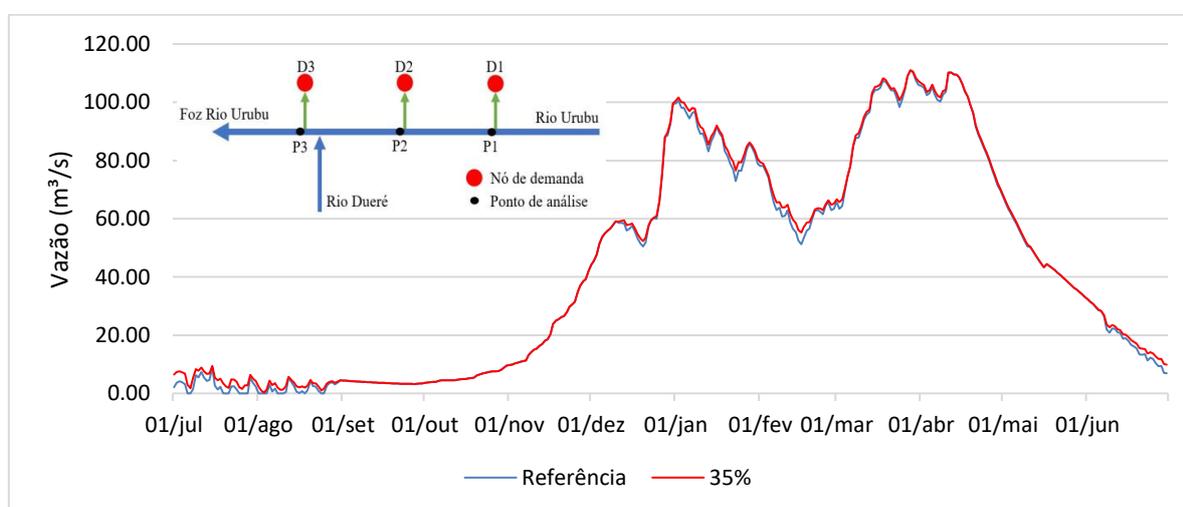


Figura 50 – Comparação entre a vazão remanescente de referência no Rio Urubu e a vazão com redução de 35% da demanda de água para irrigação, observada em P2.

Para manter uma mínima vazão, sem que ocorra a interrupção do fluxo em nenhum momento, como foi observado no cenário de referência, é preciso ao menos uma redução de 35% da demanda total de água aplicada na bacia do Rio Urubu. Esse valor pode ser considerado uma porcentagem considerável uma vez que informa que é preciso reduzir a demanda em mais de 1/3 do total diário captado.

A redução na captação de água deve visar o seu maior aproveitamento, ou seja, diminuir as perdas de água no sistema, tanto nos canais pela infiltração e evaporação como no excesso de água disponível para a planta, que acaba por infiltrar. O valor de redução de 35% deve ser avaliado quanto ao impacto sobre a própria plantação, para que não venha a diminuir a qualidade das safras, uma vez que a agricultura é de forte importância socioeconômica para a região e gera impactos em nível nacional, principalmente em relação a soja para semente.

Ao analisar a Figura 50 a redução de 35% da captação de água é especialmente necessária durante o período de irrigação da soja, que ocorre entre os meses de maio a setembro, ficando mais crítico o balanço entre disponibilidade hídrica e demanda para irrigação durante julho e agosto, como apresentado nos resultados do cenário de referência. Assim, apesar de a redução de demanda ter sido aplicada para toda a demanda de água ao longo do ano de simulação, de acordo com a resposta da simulação do cenário de referência, essa redução de captação seria necessária apenas durante o período de cultivo da soja, mantendo a demanda de água para irrigação do arroz como está no cenário de referência.

Embora os resultados da simulação mostram que não se atingiu em nenhum momento o valor de vazão de referência  $Q_{90}$  adotado neste estudo como um valor de base para análise, vale ressaltar que um melhor manejo da água deve ser buscado e aplicado em todos os tipos de plantações, inclusive para a plantação do arroz. A diminuição da necessidade de água acarreta em benefícios tanto para o meio ambiente quanto para o produtor. Um exemplo é a diminuição dos custos de energia elétrica, uma vez que há uma diminuição no tempo de uso das bombas hidráulicas de captação de água.

A Figura 51 apresenta a vazão remanescente no Rio Urubu quando ocorre uma redução de demanda de 35% e 45%, com enfoque no período de julho e agosto analisado nos pontos P1, P2 e P3, que avaliam a vazão do Rio Urubu após cada nó de demanda. Ao analisar a redução de 35% aplicada sobre a demanda no nó de captação de água D1, verifica-se que o valor de menor vazão no trecho atinge  $2,67 \text{ m}^3/\text{s}$  e ocorre ao final de agosto, ou seja, na fase final de irrigação da soja. Este valor é superior a vazão de referência  $Q_{90}$  para o Rio Urubu. Entretanto, a vazão do rio ainda irá abastecer mais 16 bombas hidráulicas, e desta forma é importante observar que quanto maior a disponibilidade de água após o nó de demanda D1, maior a chance de que no nó de demanda D2 não seja alcançada uma vazão abaixo da  $Q_{90}$  e muito menos se atinja uma vazão nula.

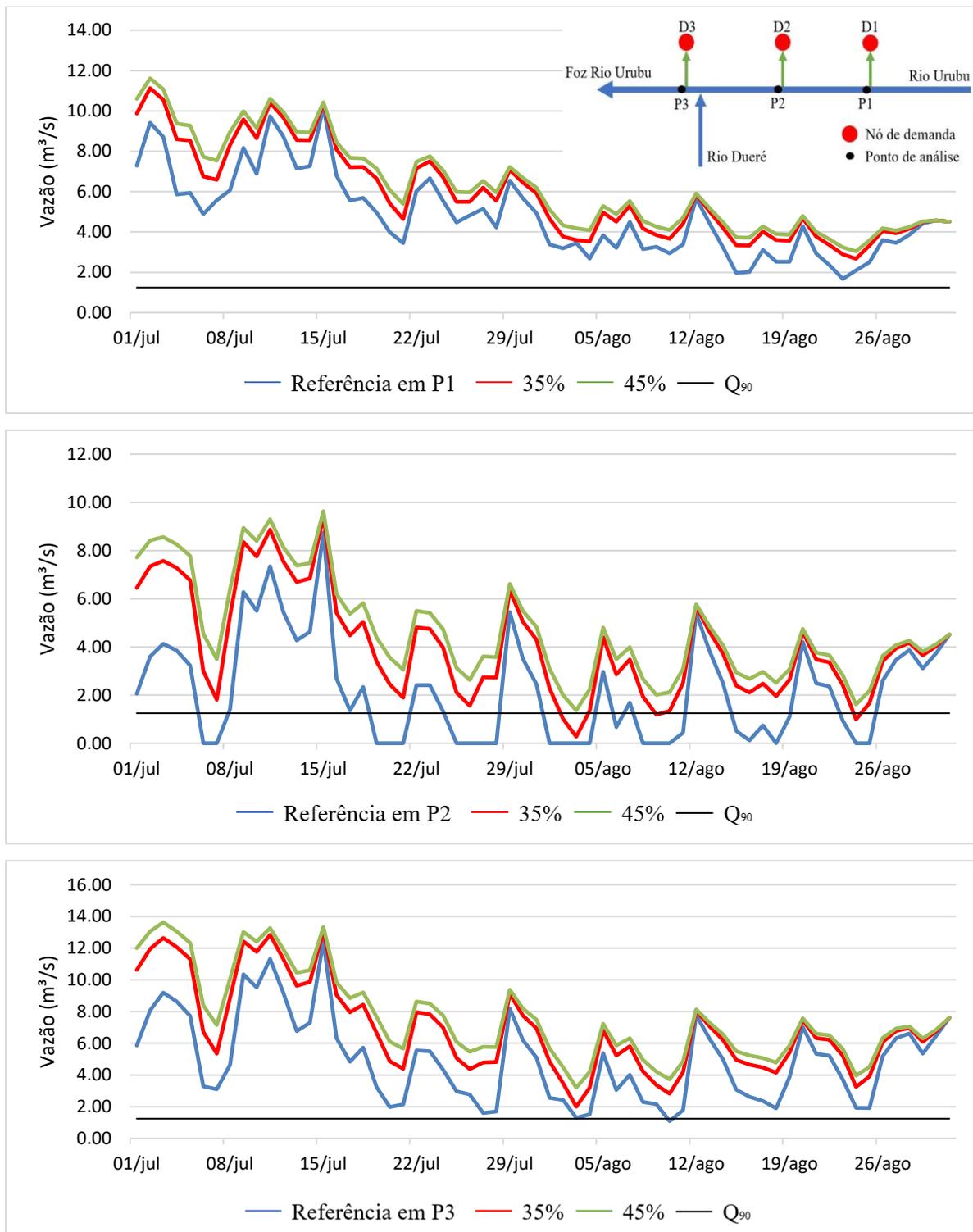


Figura 51 – Vazão remanescente nos meses de julho e agosto nos pontos de análise P1, P2 e P3 para 35% e 45% de redução da demanda.

O ponto de análise P2 após o nó de demanda D2 é o mais crítico em relação à vazão remanescente. Justamente neste ponto é possível ver que com a redução de 35% de toda a demanda a vazão não atinge um valor nulo para o dia 03 de agosto, sendo a vazão remanescente de 0,27  $m^3/s$ . Portanto, apenas quando a redução chega aos 35% é que não haverá nenhuma

demanda superior a capacidade do Rio Urubu e o sistema passa a ser 100% confiável sob as condições simuladas.

Ainda assim, a vazão para uma redução de 35% está abaixo do valor de referência da  $Q_{90}$  que no período de seca é de 1,245 m<sup>3</sup>/s. Para alcançar uma vazão que fosse igual ou superior ao valor de referência da  $Q_{90}$  foi necessária uma redução de 45% da demanda, resultando em 1,36 m<sup>3</sup>/s de vazão remanescente.

A menor vazão remanescente é observada em P3 também foi registrado no dia 03 de agosto, sendo de 1,99 m<sup>3</sup>/s. Neste ponto de análise o Rio Urubu já recebeu as águas do afluente Dueré e é importante avaliar que caso ocorra um aumento de demanda no Rio Dueré, não simulado nesta pesquisa por falta de dados, pode ser que venha a impactar consideravelmente na vazão remanescente deste ponto. Assim, mesmo com uma redução de demanda de 35% pode ser que em situações de menor disponibilidade hídrica a vazão remanescente atinja valores mais baixos ou venha a zerar em alguns momentos.

Um aspecto importante para avaliar na simulação proposta nesse cenário é que apenas para reduções de demanda que atinjam ao menos 35% da demanda utilizada no cenário de referência é que não ocorrerá a situação de demanda hídrica não atendida. Portanto, a demanda não atendida é um reflexo da vazão remanescente, ou seja, apenas quando a redução chega aos 35% é que não haverá nenhuma demanda superior a capacidade do Rio Urubu e, portanto, o sistema passa a ser 100% confiável sob as condições simuladas nesta pesquisa.

No Apêndice são apresentadas as tabelas contendo os resultados da vazão remanescente do Rio Urubu para as propostas de redução percentual da demanda de referência resultantes da aplicação da proposta deste primeiro cenário.

### **7.5.2 Análise do Cenário 2**

O segundo cenário simulado neste estudo buscou avaliar qual seria o impacto sobre a necessidade de redução da demanda de água captada nas bombas hidráulicas localizadas ao longo do Rio Urubu, caso uma parcela dos irrigantes não adotasse medidas capazes de diminuir seu consumo de água. Assim, este cenário avaliou qual a porcentagem de redução de demanda seria necessária a ser aplicada nos demais pontos de captação de água.

Foi levado em consideração que algumas bombas hidráulicas pertencem a uma mesma fazenda, de modo que estas foram agrupadas, fazendo com que ou todas ou nenhuma das

bombas pertencentes à mesma fazenda tivessem alguma redução percentual da demanda. Optou-se ainda, que as bombas hidráulicas que não sofreram nenhuma redução percentual na demanda são as que menos demandam água ao longo do ano e, portanto, em teoria são as que menos impactam na vazão do Rio Urubu.

A Figura 52 apresenta a demandas equivalentes a 90%, 80% e 70% das bombas em relação ao total. Posteriormente uma redução percentual de vazão captada para irrigação foi aplicado a essas demandas.

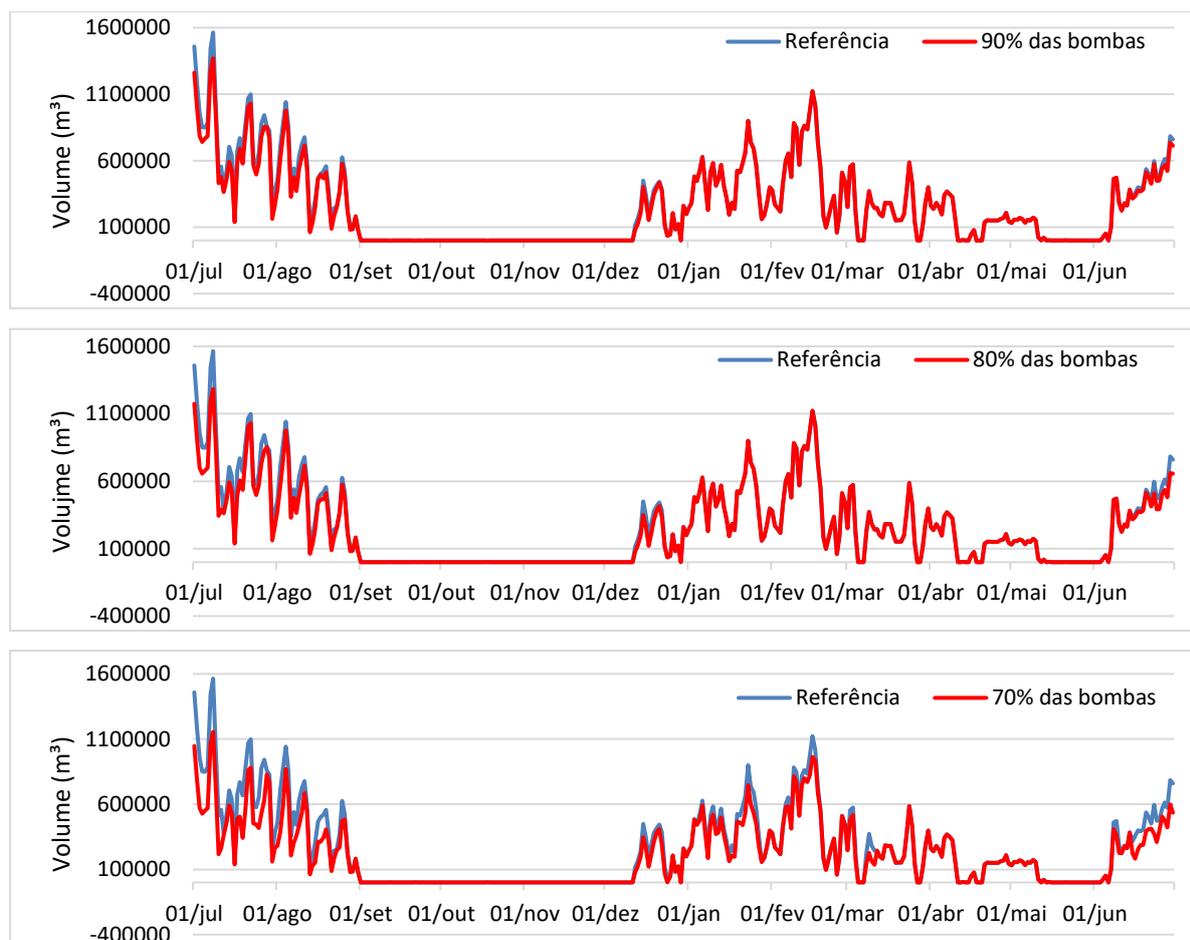


Figura 52 - Volume de água demandado por 90%, 80% e 70% das bombas hidráulicas.

A Figura 53 apresenta as vazões no Rio Urubu para os meses mais críticos de julho e agosto, no ponto de análise P2 quando 90%, 80% e 70% das bombas sofreram redução na demanda de água para irrigação.

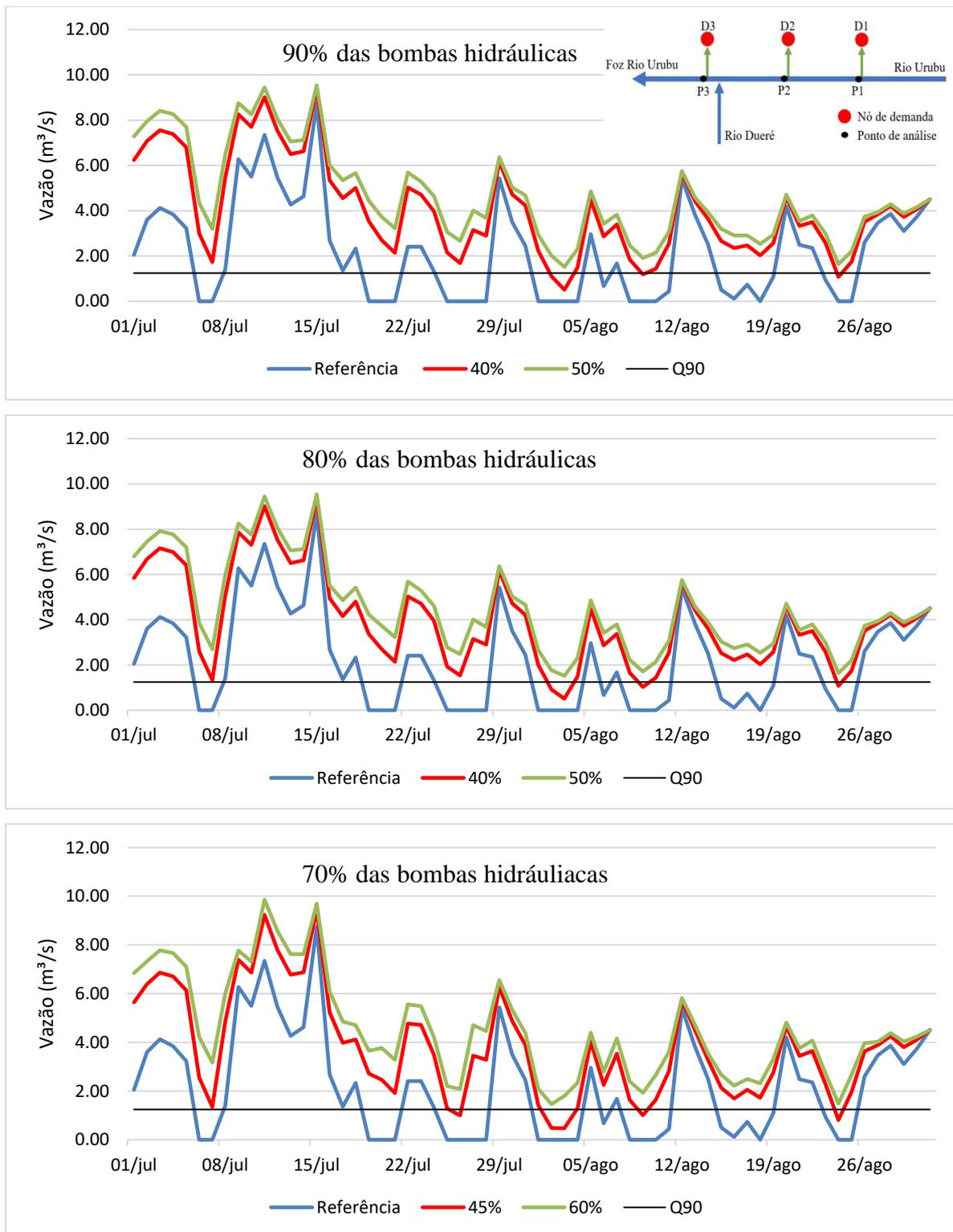


Figura 53 - Vazão no Rio Urubu no ponto P2, nas situações de redução da demanda para 90%, 80% e 70% das bombas hidráulicas.

Os resultados da simulação deste cenário mostraram que tanto para as situações em que 90% e 80% das bombas hidráulicas aplicariam medidas capazes de reduzir a demanda por água, esta redução percentual teria de ser de ao menos 40% do volume de água demandado no cenário

de referência para que não fosse observado em nenhum momento a interrupção da vazão do Rio Urubu. Nesta condição a mínima vazão no Rio Urubu no trecho mais crítico analisado em P2, que se localiza após nó de demanda D2 passa a ser 0,51 m<sup>3</sup>/s tanto para a participação ativa de 90% das bombas hidráulicas quanto para 80%. A coincidência do valor pode ser explicada tendo em vista que redução é principalmente relevante nos picos, e desta forma, para a análise com 90% e 80% das bombas de captação, os picos de demanda são os mesmos, refletindo em uma mesma necessidade de redução. O resultado mostra que é preciso que os irrigantes destes grupos realizem um esforço maior do que quando comparado ao primeiro cenário alternativo, onde todos os usuários aplicam esforços para a redução das captações de água.

Já para a situação mais crítica em relação a participação dos agricultores em aplicar medidas capazes de reduzir a demanda por água simulada neste cenário, em que apenas 70% das bombas de captação de água para irrigação reduzissem a demanda por água, seria necessário que as mesmas alcançassem no mínimo uma redução percentual de 45% para que não ocorra a situação de vazão nula no Rio Urubu. Esta redução é 10% maior do que a necessária quando todas as bombas hidráulicas da bacia do Rio Urubu sofressem uma redução, conforme observado nas simulações do cenário 1. Nessa condição, a mínima vazão no rio passa a ser de 0,47 m<sup>3</sup>/s, considerada baixa.

Entretanto, para que seja respeitada a vazão de referência no Rio Urubu equivalente a vazão Q<sub>90</sub>, é preciso um esforço para alcançar uma redução de no mínimo 50% do volume de água demandada para uma participação de 90% ou 80% das bombas hidráulicas. Assim, a vazão mínima remanescente após o nó de demanda D2 passa a ser em ambas as situações de 1,52 m<sup>3</sup>/s. Para a situação de participação de apenas 70% das bombas hidráulicas, foi preciso que a demanda nas bombas alcançasse, ao menos, uma redução de 60%, obtendo 1,46 m<sup>3</sup>/s de vazão no ponto de análise P2. Este valor é muito expressivo e dificilmente poderá ser alcançado, o que reflete a necessidade da participação do maior número possível de irrigantes dispostos a aplicar efetivamente um manejo mais sustentável da água nas suas culturas.

Em todas as situações simuladas nesse cenário a redução da demanda necessária para que apenas uma parcela das bombas sofra alteração do volume de água captado para irrigação, podem ser consideradas muito elevadas, refletindo na dificuldade para alcançar estes percentuais de redução. Desse modo, a falta de cooperação de algumas fazendas, mesmo as que demandam menor quantidade de água, segundo os dados para o período de análise, mostraram um alto impacto na vazão remanescente do Rio Urubu. Assim, observa-se que ocorre uma

sobrecarga associada a necessidade de redução da demanda que deve ser alcançado pelos demais irrigantes, ou seja, aqueles que devem aplicar medidas de melhorias no manejo da água, gerando uma situação injusta sobre os mesmos e dificultando o alcance da meta de redução.

Assim, ressalta-se ainda que os resultados alcançados pela simulação deste cenário poderiam ser ainda mais desafiadores, exigindo porcentagens de redução da demanda por água ainda maiores a serem alcançados pelos demais irrigantes caso a parcela das bombas hidráulicas que não aplicasse nenhuma redução no consumo de água fosse referente as que mais demandam água.

Este cenário evidenciou que para se alcançar a situação desejada no Rio Urubu, em que não ocorra uma vazão nula, o desafio é ainda maior, para que seja respeitada uma vazão remanescente mínima ao longo de todos os trechos do rio, é essencial que a maior parte das fazendas localizadas na bacia hidrográfica do Rio Urubu apliquem medidas capazes de reduzir a necessidade de demanda de água nas suas plantações, em especial durante a cultura da soja que ocorre no período de estiagem, onde naturalmente há menor disponibilidade hídrica.

No Apêndice são apresentadas as tabelas contendo os resultados da vazão remanescente do Rio Urubu analisadas no ponto P2 após o nó de demanda D2 para as propostas de redução percentual da demanda aplicadas aos diferentes percentuais de participação de bombas hidráulicas que reduziriam a demanda, segundo apresentado neste segundo cenário.

### **7.5.3 Análise do Cenário 3**

Para o terceiro cenário partiu-se da ideia de que com a antecipação da plantação na bacia do Rio Urubu, isso ocasionaria consequentemente a antecipação da necessidade de irrigação das culturas de arroz e especialmente da soja. O cenário avaliou-se quantos dias de antecipação seriam necessários para que não fosse preciso uma redução da demanda de água e houvesse a manutenção mínima de uma vazão no Rio Urubu e também respeitar a vazão de referência  $Q_{90}$  aplicada neste estudo. Como para os cenários anteriores, o período de análise focou na época seca durante a plantação da soja para semente, por ser o período mais crítico da simulação.

O resultado da aplicação do cenário resultou em 25 dias de antecipação da vazão para que não houvesse nenhuma interrupção na vazão durante o ano de análise. O início da captação de água para irrigação da soja passaria a acontecer no dia 09 de maio ao invés do dia 04 de junho que é quando inicia a demanda no cenário de referência. Consequentemente o último dia

de irrigação passa a acontecer no dia 05 de agosto ao invés do dia 31 de agosto, o que faz com que a captação de água ocorra em um momento em que há naturalmente maior disponibilidade hídrica. A Figura 54 apresenta a demanda de água antecipada em 25 dias em relação à demanda do cenário de referência.

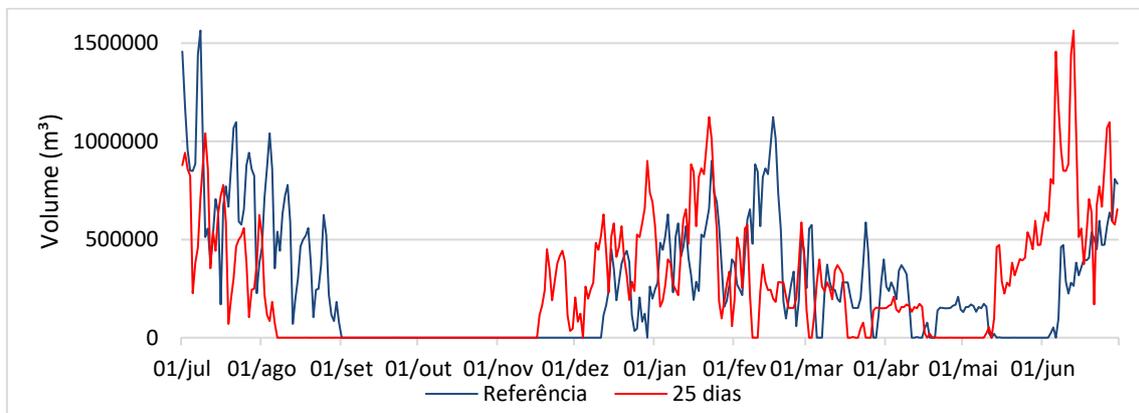


Figura 54 - Antecipação da demanda de água em 25 dias.

Com a antecipação de 25 dias a menor vazão registrada ocorre em 9 de julho após o nó de demanda D2, sendo é igual a 1,22 m<sup>3</sup>/s. Entretanto, para que não ocorra uma vazão inferior a vazão de referência de 1,245 m<sup>3</sup>/s é preciso que essa antecipação seja de 30 dias, obtendo uma vazão mínima para o período de 2,35 m<sup>3</sup>/s em 25 de julho. A Figura 55 apresenta uma comparação entre as vazões remanescentes após todos os nós de demanda do cenário de referência e para uma antecipação de demanda em 25 dias

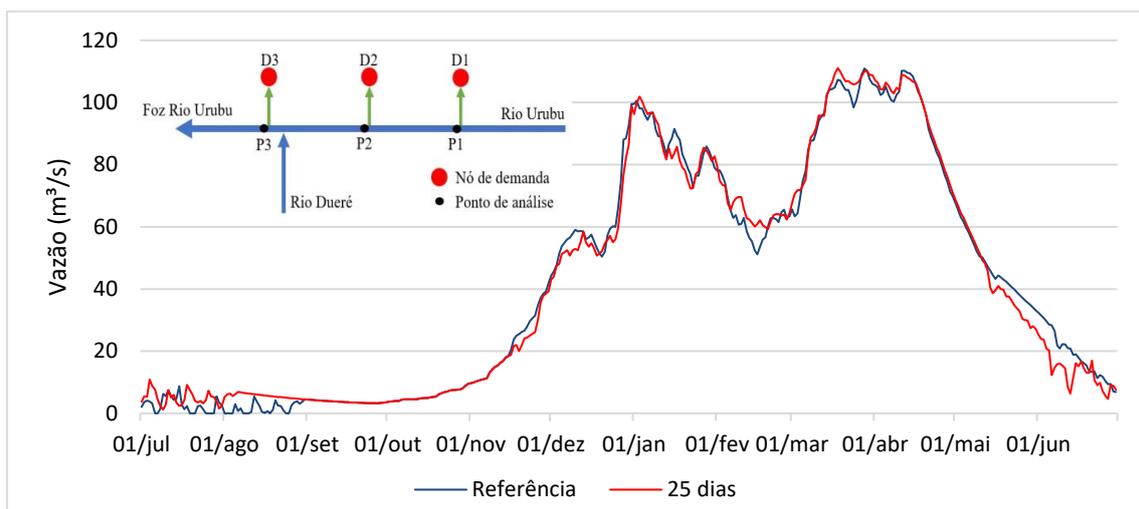


Figura 55 - Vazão remanescente no ponto de análise P2 no Rio Urubu para cenário de referência e 25 dias de antecipação de demanda de água para irrigação.

Destaca-se que o momento mais crítico em relação da disponibilidade hídrica quando ocorre uma antecipação de demanda de 25 dias, passa a ser durante o mês de julho, enquanto

antes da antecipação eram os meses de julho e agosto, diminuindo assim o período crítico observado no Rio Urubu. Ao avaliar os meses de maio e junho, nota-se que a alta demanda de água para irrigação da soja passa a acontecer neste período, gerando uma queda acentuada na vazão do rio em relação ao observado no cenário de referência, porém com a maior disponibilidade hídrica no período, o Rio Urubu consegue absorver a demanda sem chegar ao seu limite.

Ao observar o período da cultura do arroz, que passa a ter demanda de água para irrigação ao final de novembro, é possível ver uma leve queda da vazão do Rio Urubu. Este resultado é importante tendo em vista que uma vez que a vazão utilizada neste estudo foi obtida por meio de simulação hidrológica, a vazão simulada pode ser maior do que a realmente observada no período inicial de chuvas na bacia hidrográfica. Desta forma, é importante que mais estudos sejam realizados para o período de cultivo do arroz, para melhor avaliar a disponibilidade hídrica.

#### 7.5.4 Análise do Cenário 4

O calendário de plantio de sementes de soja nas várzeas do Tocantins é determinado pela Agência de Defesa Agropecuária do Tocantins (Adapec) e se aplica a área de estudos. Este calendário é um limitante em relação a data de antecipação do plantio e conseqüentemente da demanda para irrigação. O dia 20 de abril é estipulado como a data de início do plantio da soja. No cenário de referência o plantio da soja foi definido como sendo o dia 1º de maio, segundo a maioria das respostas dos irrigantes da bacia do Rio Urubu obtidas no “Questionário de Visita à Campo” aplicado para o desenvolvimento do Relatório Fase B. A antecipação da demanda de água para irrigação em 5 ou 10 dias são apresentados nas Figuras 56 e 57.

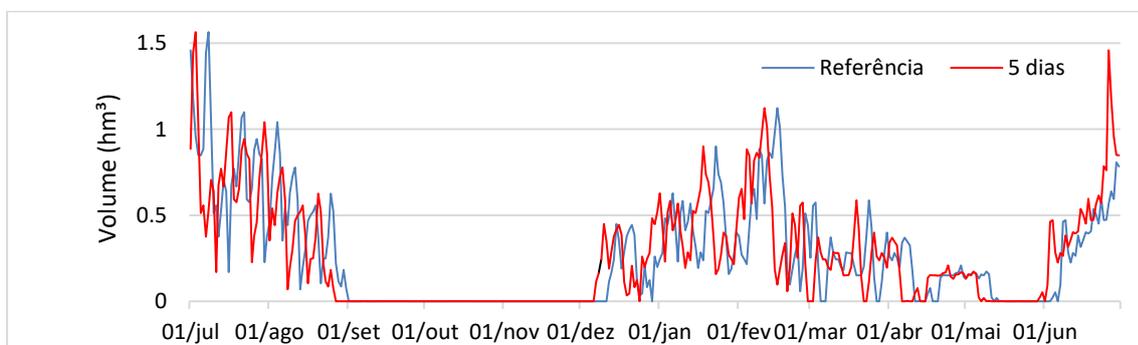


Figura 56 - Antecipação em 5 dias do volume de água demandada para irrigação.

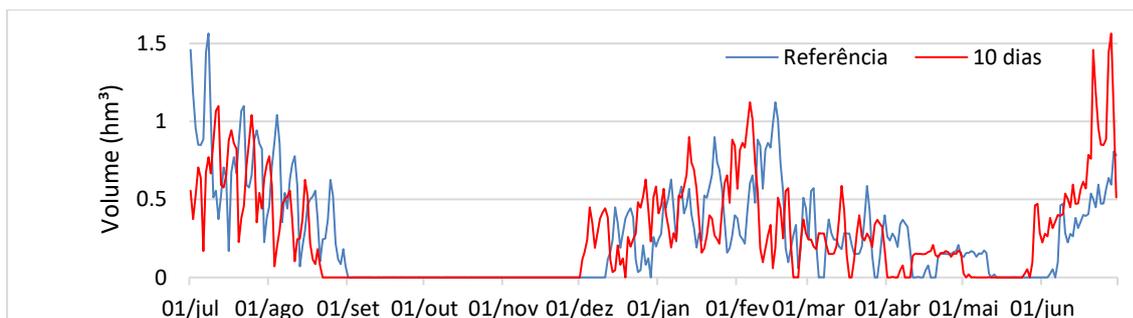


Figura 57 - Antecipação em 10 dias do volume de água demandada para irrigação.

Para uma antecipação de 5 dias da demanda de água para irrigação a vazão remanescente após os nós de demanda continuam a ser muito baixa, sendo observada uma vazão nula em vários momentos da simulação. Desta forma, para se obter um resultado em que fosse possível manter uma vazão remanescente no Rio Urubu foi preciso aplicar uma redução mínima de 30% da demanda de referência, como mostrado na Figura 58.

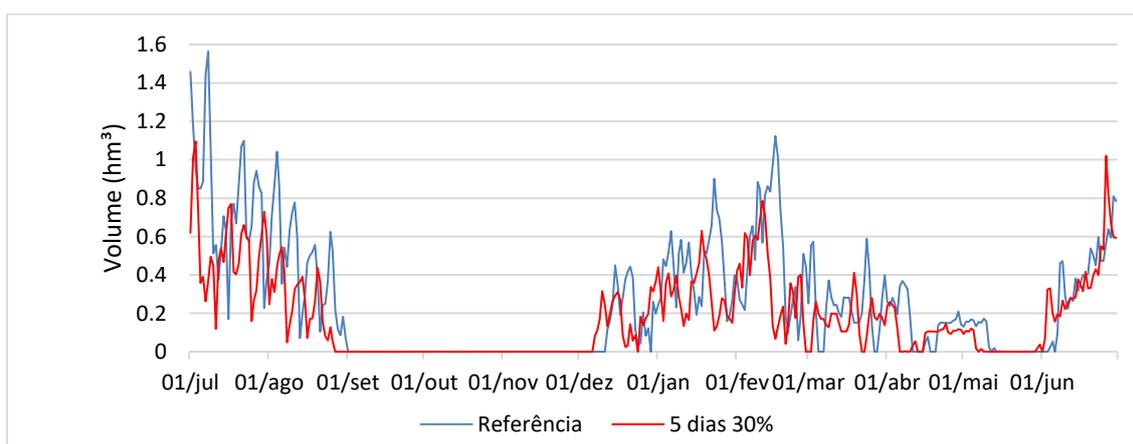


Figura 58 - Antecipação em 5 dias do volume de água demandada para irrigação com redução de 30% em relação à demanda de referência.

Com a redução de 30% da demanda antecipada em 5 dias, a menor vazão do Rio Urubu passou a ser de 0,44 m<sup>3</sup>/s em 29 de julho, registrada após o nó de demanda D2, que é caracterizado como o trecho que apresenta a situação mais crítica da bacia. Entretanto, este valor de vazão está abaixo do valor de vazão de referência Q<sub>90</sub> de modo que para alcançá-lo foi necessária uma redução de 40% do valor da demanda, obtendo-se uma vazão remanescente de 1,53 m<sup>3</sup>/s, também observada no ponto de análise P2. A Figura 59 apresenta a vazão remanescente para uma antecipação de 5 dias na demanda para irrigação e as reduções de 30% e 40%, com enfoque nos meses de julho e agosto.

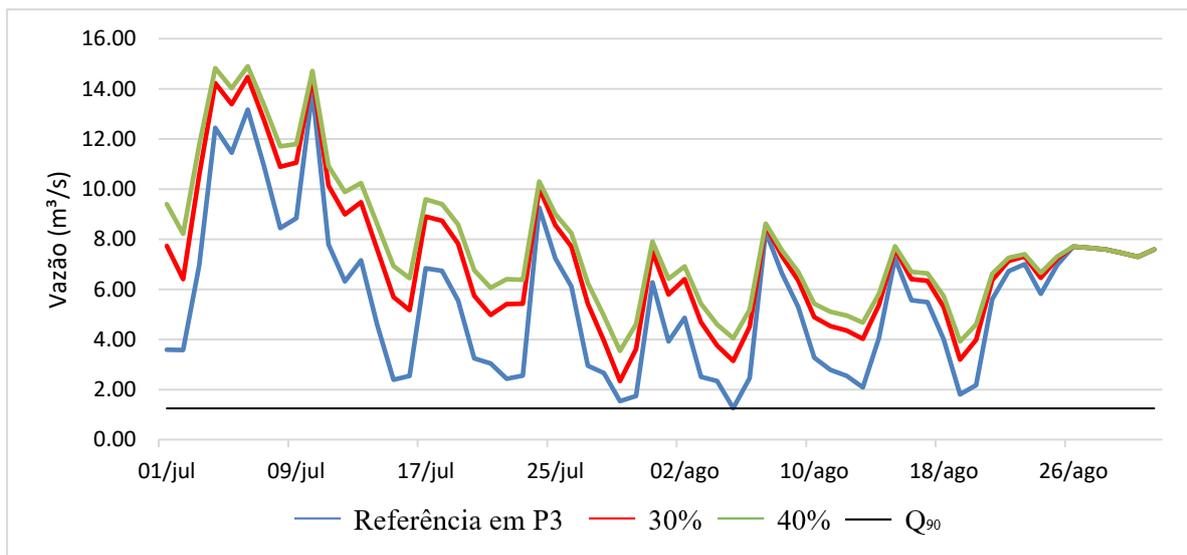
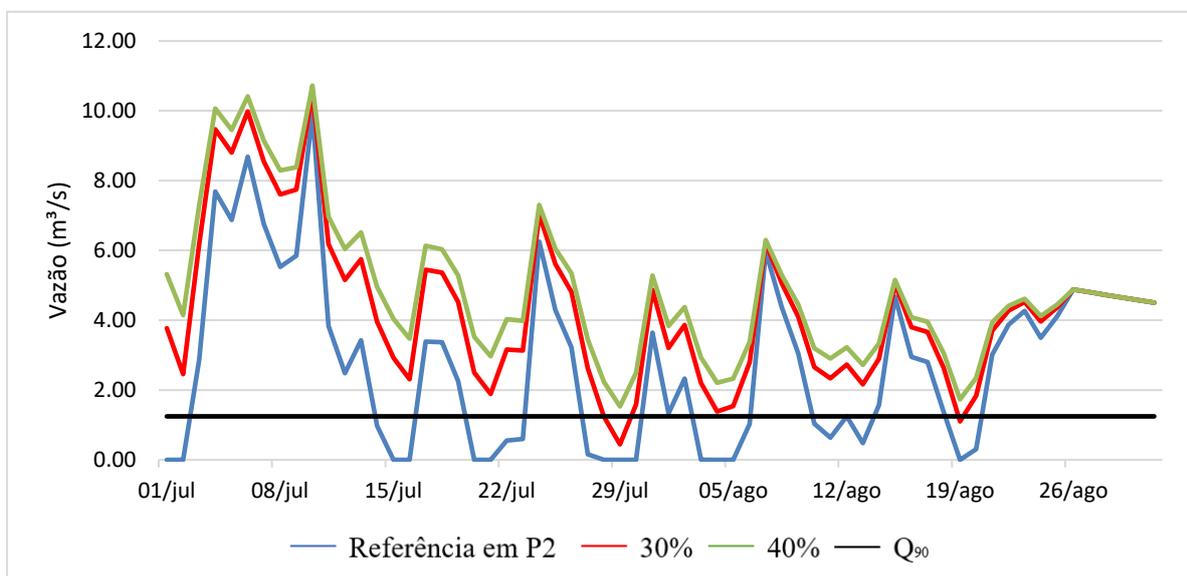
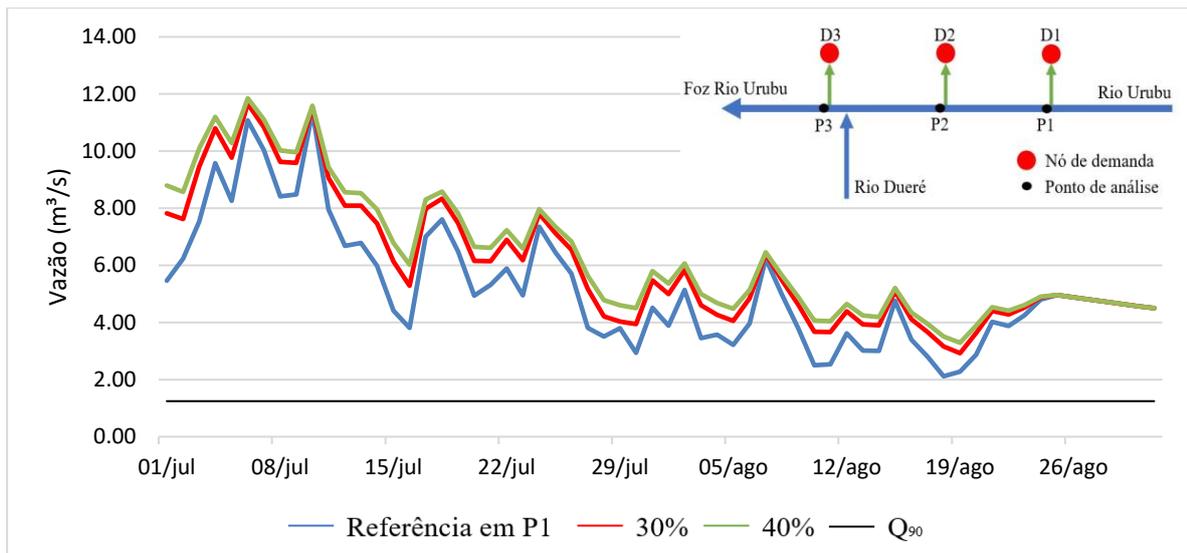


Figura 59 - Vazão remanescente nos pontos de análise P1, P2 e P3, com antecipação da demanda em 5 dias e redução de 30% da demanda.

Deste modo, quando há uma antecipação em 5 dias do começo da irrigação em relação ao cenário 1, observa-se o percentual de redução da demanda necessário para que o Rio Urubu não atinja a vazão nula passa de 35% para 30% e em relação a vazão de referência  $Q_{90}$ , passa de 45% para 40%. Apesar desta redução ser de apenas 5% nas duas situações, a antecipação da demanda em apenas 5 dias mostrou que pode contribuir para alcançar uma melhor condição ambiental no Rio Urubu, em especial tendo em vista a dificuldade que possa ser observada para conseguir aplicar uma redução na captação de água que atinja os valores de 35% e 45% observados na simulação do cenário 1.

Para uma antecipação do plantio em 10 dias, passando a acontecer em 20 de abril, com irrigação iniciada em 2 de dezembro, observa-se uma situação mais crítica no Rio Urubu do que a observada no cenário de referência. Assim, o período crítico que inicialmente ocorre nos meses de julho a agosto, passa também a acontecer no mês de junho, como observado na Figura 60. Deste modo, apenas a antecipação da vazão em 10 dias não aumenta a disponibilidade hídrica na região e além disso faz com que ocorra vazão nula também no mês de junho, ampliando a problemática.

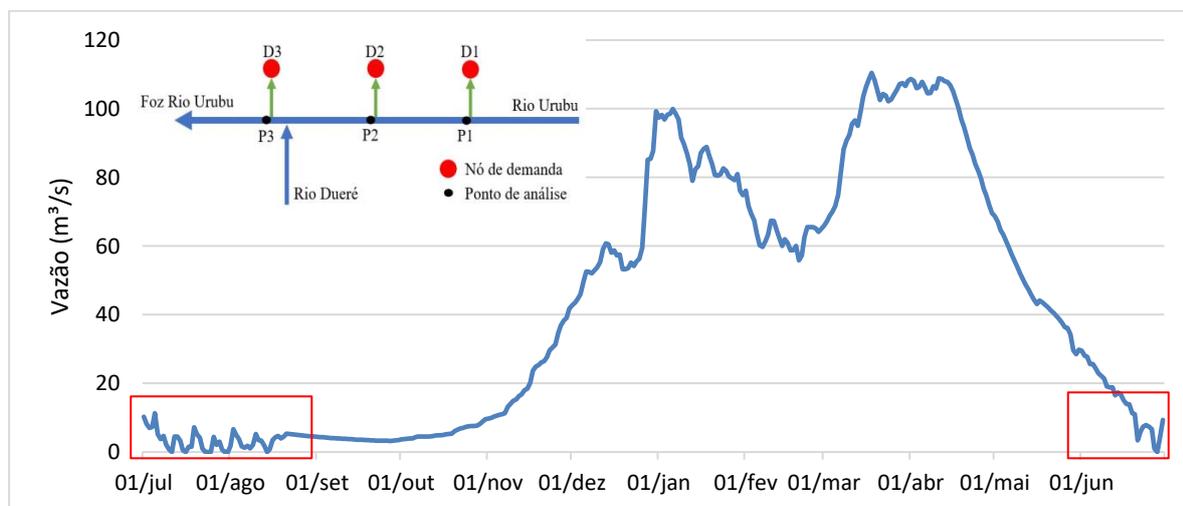


Figura 60 - Vazão no Rio Urubu para antecipação de demanda em 10 dias avaliando o ponto P2.

Assim, foi necessário aplicar uma redução mínima de 20% da demanda de água para que não fosse observado vazão nula na simulação. A Figura 61 mostra a antecipação da demanda de água para irrigação antecipada em 10 dias e com redução de 20%. A Figura 62 apresenta os resultados da simulação nos pontos de análise para o período mais crítico de disponibilidade.

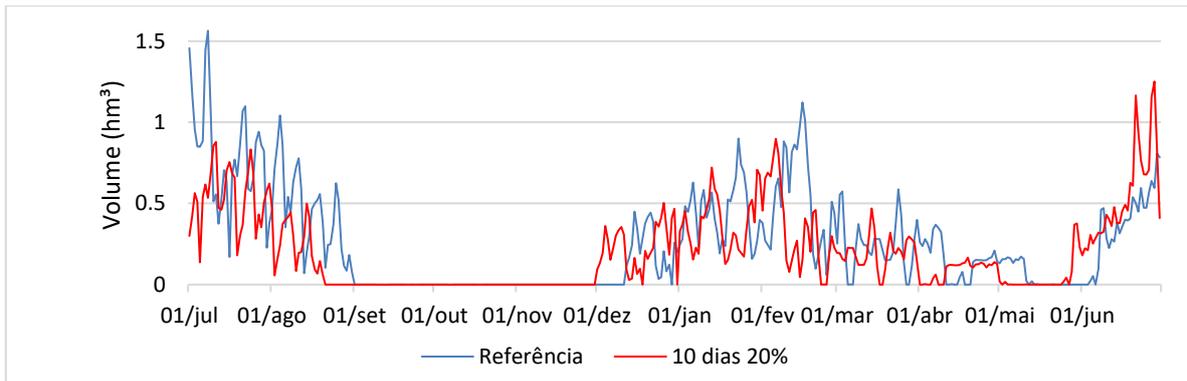


Figura 61 - Demanda de água com antecipação de 10 dias e redução de 20% em relação a referência.

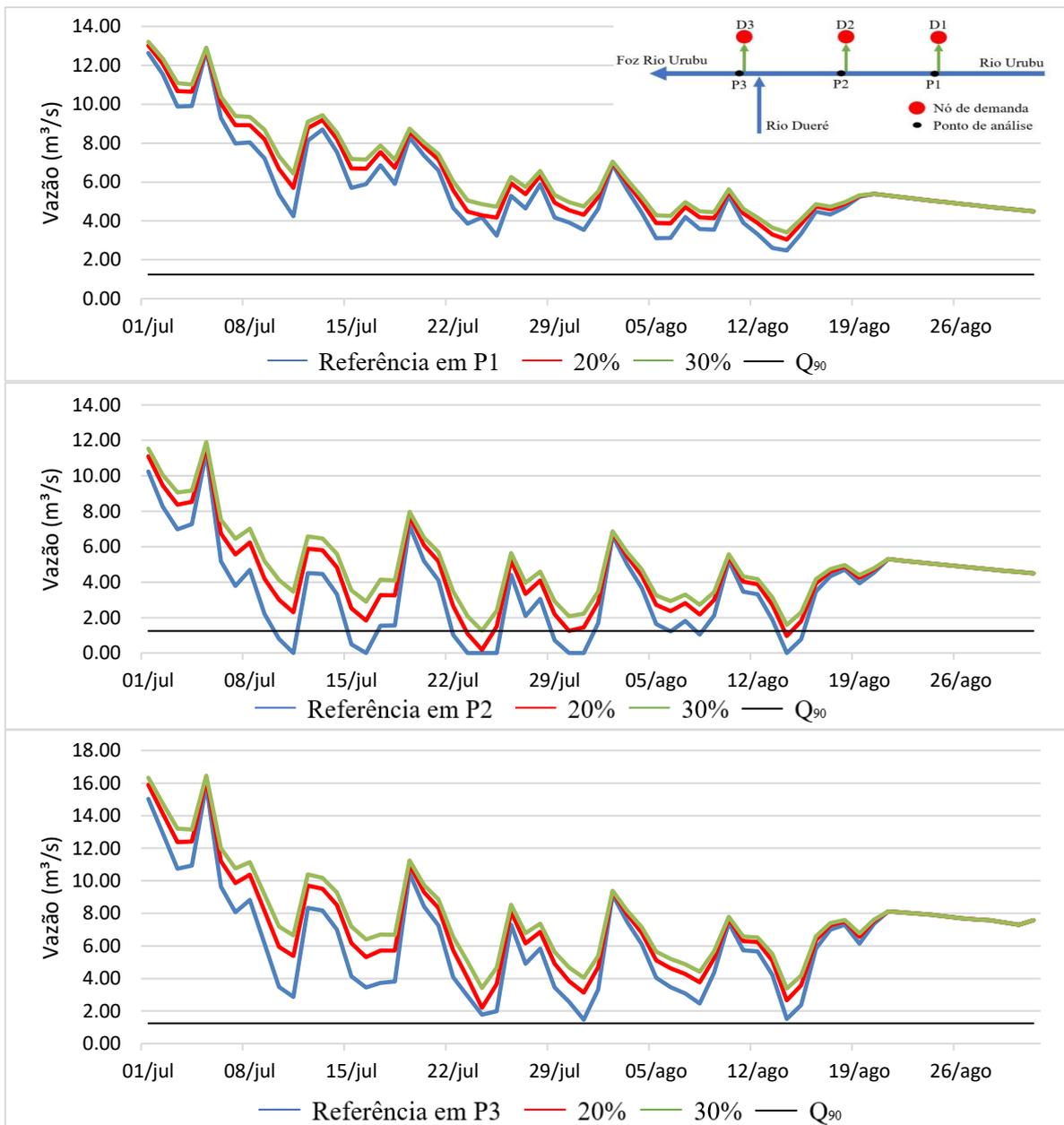


Figura 62 - Vazão remanescente nos pontos de análise P1, P2 e P3, com antecipação da demanda em 10 dias e redução de 20% da demanda.

A menor vazão nestas condições foi de apenas 0,18 m<sup>3</sup>/s, observada no ponto P2 e podendo ser considerada insignificante. Para se manter uma ao menos igual a vazão de referência Q<sub>90</sub> do Rio Urubu aplicada neste estudo, seria preciso uma redução de ao menos 30%, alcançando 1,26m<sup>3</sup>/s que é observada no dia 24 de julho. Comparativamente com o resultado apresentado no cenário 1, a antecipação da demanda em 10 dias exige que a redução da demanda seja de 20%, o que significa 15% a menos de redução em relação ao cenário 1 onde é necessário reduzir 35% para manter alguma vazão no Rio Urubu. Esta diferença de 15% também é aplicada para manter uma vazão remanescente ao menos igual a vazão de referência Q<sub>90</sub>, passando de 45% para 30%.

Assim, o resultado apresentado contribui para reforçar a ideia de que caso seja possível aplicar na prática uma antecipação da demanda de água para irrigação para um momento em que há naturalmente maior disponibilidade hídrica, a redução de demanda ainda é necessária, porém em percentuais menores, aumentando as chances de ser alcançada pela aplicação de um manejo da água mais eficiente.

Por fim, a análise dos cenários alternativos mostrou a necessidade de um manejo da água na agricultura da bacia do Rio Urubu mais eficiente, seja proporcionado pela alteração dos mecanismos e técnicas de irrigação, aprimoramento dos sistemas já utilizadas, aplicação de novas tecnologias de retenção da água no solo, melhoramento da estrutura de condução da água para as áreas de plantação ou mesmo alteração do tipo de cultura dominante, especialmente no período de seca. Aliar diversas estratégias, como a antecipação da demanda e um manejo eficiente da água, podem ser uma alternativa que facilite o alcance da meta de redução.

Entretanto, os resultados mostraram que os percentuais de redução da água captada são elevados em todos os cenários, e por esse motivo, exigirão um esforço em conjunto para ser alcançado, aumentando a disponibilidade hídrica na bacia do Rio Urubu, o que pode vir a se mostrar um desafio. O envolvimento dos órgãos responsáveis pela gestão das águas, os comitês de bacia e associações de agricultores podem ser meios que facilitem a integração dos irrigantes e os instrua a necessidade de colaboração mútua para o enfrentamento de crises hídricas como a observada para o período de estudo desta pesquisa.

Ressalta-se que este estudo foi realizado para o período específico de julho de 2018 a junho de 2019 e que esse ano de análise pode não refletir a realidade dos demais anos. Assim, recomenda-se que mais estudos hidrológicos e de balanço hídrico entre a disponibilidade e demanda de água na região sejam realizados, para aumentar a confiabilidade do estudo e

auxiliar os agricultores da região a aproveitarem de forma eficiente a água disponível. Recomenda-se ainda que quando houverem dados mais confiáveis para as estações fluviométricas localizadas na área da bacia do Rio Urubu, sejam refeitas as análises de cenários aplicados a este estudo, de forma a dar maior segurança aos usuários da bacia.

No Apêndice deste estudo são apresentadas as tabelas contendo os resultados da vazão do Rio Urubu para a antecipação da demanda para irrigação em até 30 dias e a tabela com a vazão remanescente do Rio Urubu para a antecipação de 5 e 10 dias com redução percentual do volume de água demandado.

## 8 CONCLUSÕES

A Bacia Hidrográfica do Rio Urubu recentemente vem recebendo maiores investimentos em monitoramento hidrológico, principalmente após o início da crise hídrica do ano de 2016. Esses esforços tem como fundamento a ampliação da disponibilidade de dados que possam auxiliar na compreensão da dinâmica de balanço hídrico na região e, portanto, aperfeiçoar a gestão de recursos hídricos na Bacia.

Como o monitoramento dos dados de demanda para irrigação e da vazão nos rios Urubu e Dueré são recentes, esses possuem uma série histórica ainda curta e com a presença de falhas, o que dificulta o desenvolvimento de estudos sobre a área. Com o intuito de contornar essa situação, foi proposta uma abordagem metodológica que utilizou a modelagem hidrológica como ferramenta e possibilitou ampliar o conhecimento da dinâmica hídrica da Bacia Hidrográfica do Rio Urubu.

A escolha de um ano de referência caracterizado por uma crise hídrica fez com que a abordagem metodológica aplicada encontrasse resultados específicos para o período de análise, podendo representar uma situação crítica em relação as medidas de alteração da demanda, visto a baixa disponibilidade de água. Assim, é recomendado que quando houver maior disponibilidade de dados outros estudos para sejam realizados para comparação.

A aplicação da ferramenta WEAP para simulação da vazão de referência após a calibração foi considerado satisfatório na comparação com as vazões regionalizadas, conforme apontaram as medidas de desempenho estatísticas utilizadas, com destaque para “Praia Alta” classificado como “muito bom” ( $R^2=0,89$ ) e “Fazenda Fortaleza” classificado como “bom” ( $NSE=0,79$ ). O hidrograma resultante da simulação foi útil para compreensão do comportamento da vazão na área de estudo, contribuindo para identificação dos períodos que caracterizam a estação seca e chuvosa e quantificando a disponibilidade hídrica, que posteriormente foi utilizada para a análise de balanço hídrico levando em consideração as demandas para irrigação.

O resultado da análise de balanço hídrico considerado como o cenário de referência mostrou que durante os meses de julho e agosto a vazão no Rio Urubu chegava a ser interrompida por alguns dias. Este resultado foi diretamente relacionado aos altos volumes de água demandados para irrigação visto que a vazão simulada como referência não apresentava naturalmente nenhuma vazão nula. Em função do estudo contribuir com informações sobre

como resolver o problema da manutenção de uma vazão mínima ao longo de todo o ano no Rio Urubu, foram aplicados cenários alternativos com variação na demanda de água para irrigação.

O resultado do primeiro cenário é baseado na participação de todos os irrigantes que apresentariam um comportamento pré-acordado de comprometimento em melhorar a eficiência do uso da água. O resultado mostrou que é preciso uma redução de 35% da atual demanda para que o Rio Urubu não tenha a vazão interrompida em nenhum momento. O alcance dessa meta de redução levando em consideração apenas mudanças de manejo da água para a irrigação pode dificultar sua aplicação e variar de um irrigante para outro, a depender do montante que cada um capta, da sua atual eficiência de aplicação da água e complexidades associadas a cada propriedade.

O segundo cenário ficou evidente que caso uma parcela dos irrigantes não implemente um manejo mais eficiente da água com consequente diminuição da demanda, os demais irrigantes precisarão diminuir o consumo em até 45%, para uma participação de 70% das bombas de captação. O resultado deste cenário mostra uma relação de desigualdade, que favorece alguns agricultores em relação aos demais, o que pode gerar uma sensação de injustiça sobre os que se comprometeram a melhorar o manejo de água na agricultura. Essa sensação de injustiça pode vir a desestimular os agricultores na mudança das técnicas de irrigação, mantendo e até mesmo acirrando os conflitos na bacia hidrográfica do Rio Urubu.

O resultado do terceiro cenário mostra que a antecipação do plantio, em especial da soja para semente, é uma alternativa para que seja respeitado a manutenção de uma mínima vazão remanescente no Rio Urubu. Esta antecipação precisaria ser de ao menos 25 dias e realizada por todos os irrigantes. O resultado mostra que considerar apenas uma estratégia que leve em consideração a disponibilidade hídrica é inviável, visto a necessidade de respeitar o calendário de plantio nas várzeas do Rio Formoso, definido pela Adapec para assegurar a segurança sanitária das culturas.

O quanto cenário aliou a antecipação do cultivo e a redução de demanda para todos os usuários da Bacia que captam água para irrigação e obteve o resultado de redução de 20% para 10 dias de antecipação. Este cenário mostra que incorporar diferentes estratégias que busquem diminuir a demanda para a irrigação podem favorecer o alcance das metas, e consequentemente a manutenção de uma mínima vazão, proporcionando um balanço hídrico favorável, em especial na estação seca, quando é mais crítica a disponibilidade hídrica na bacia hidrográfica do Rio Urubu.

A manutenção de uma mínima vazão no Rio Urubu contribui para um ambiente ecologicamente estável, com redução dos impactos negativos sobre a fauna e flora na área da bacia hidrográfica do Rio Urubu. A diminuição dos conflitos gerados pela escassez de água e das incertezas sobre a disponibilidade para a irrigação, também podem ser citados como benefícios do aumento de eficiência do uso da água e sua consequente redução de demanda. Em contra partida, como os resultados obtidos neste estudo mostram uma alta necessidade de redução, em primeiro momento a alteração do comportamento dos usuários e das tecnologias utilizadas no sistema de irrigação podem gerar um alto custo econômico para sua implementação.

A gestão dos recursos hídricos na Bacia do Rio Urubu se mostra bastante complexa, em especial para o enfrentamento da crise hídrica. Porém também é uma oportunidade de ampliar e fortalecer seu planejamento e ações para auxiliar na manutenção de um ambiente equilibrado entre demanda e disponibilidade. Assim, a revisão das outorgas de uso da água, o monitoramento das demandas por meio do sistema de Gestão de Alto Nível e o favorecimento a aplicação de mais estudos na área da Bacia, são ferramentas que podem auxiliar os gestores na tomada de decisões que garantam a água em quantidade para seus diversos fins.

## 9 RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que mais estudos hidrológicos e de balanço hídrico entre a disponibilidade e demanda de água na região sejam realizados, para aumentar a confiabilidade do estudo e auxiliar os agricultores da região a aproveitarem de forma eficiente a água disponível. Recomenda-se, ainda, que quando possuírem uma série de dados mais robusta referente às estações fluviométricas localizadas na área da bacia do Rio Urubu, sejam refeitas as análises de cenários aplicados neste estudo, de forma a dar maior segurança aos usuários da Bacia do Rio Urubu.

Sobre o monitoramento das vazões captadas nas bombas hidráulicas utilizadas para a irrigação, é indicado que sejam mantidas de funcionando ao longo de todo o ano, com manutenção periódica para seu correto funcionamento, de modo que o registro de dados seja mais completo, com menos falhas, o que auxiliará outros estudos que avaliem o balanço hídrico na região. Além disso, recomenda-se que sejam verificados periodicamente a transmissão dos dados para o Instituto de Apoio às Cidades (UFT), para a disponibilização do monitoramento seja contínua, sem interrupção que ocasione falha no registro de dados.

Para uma gestão mais eficiente da demanda de água na bacia hidrográfica do Rio Urubu, é indicado que sejam aplicadas outras técnicas de irrigação capazes de diminuir a demanda por água, e também tecnologias capazes de aumentar a retenção da água no solo, melhoramento dos canais de irrigação para diminuir as perdas por evaporação e infiltração no solo, e ainda que seja avaliada uma alteração de cultura para plantações que necessitem de menos água e sejam mais compatíveis com a disponibilidade hídrica do período.

Recomenda-se ainda aliar estas diferentes estratégias, a medidas de mudança dos limites de outorga concedidos, em especial para o período de seca, e ainda estratégias de rodízio na captação, e aplicação de estudos sobre outorgas coletivas para a região, que possibilitem ao menos uma mínima manutenção ambiental.

É aconselhado que para o incentivo a ampla participação de todos os irrigantes da bacia hidrográfica do Rio Urubu na adoção de medidas necessárias de redução das captações de água, que os órgãos responsáveis pela gestão hídrica, os comitês de bacias hidrográficas e as associações de agricultores estejam, de modo a instruí-los sobre a importância da colaboração mútua para o enfrentamento de crises hídricas, como a observada no período de estudo desta pesquisa.

Como continuidade deste estudo, é recomendado a metodologia desenvolvida possa ser aplicada sobre toda a área da bacia hidrográfica do Rio Formoso, buscando uma ampliação do conhecimento sobre seu balanço hídrico. Em bacias hidrográficas que possuam situação similar à do Rio Urubu, com alta demanda de água para irrigação, também é recomendada que seja aplicada a metodologia desenvolvida neste estudo, com a utilização do modelo WEAP para a análise da dinâmica hídrica, adaptando os cenários alternativos para cada situação. Outra recomendação é para rios em que há baixa ou nenhuma disponibilidade de dados de monitoramento de vazão, com a aplicação da metodologia utilizada no estudo é possível simular uma vazão satisfatória para uma primeira análise de disponibilidade hídrica em uma área.

## 10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUILERA-KLINK, F.; PÉREZ-MORIANA, E.; JUAN SÁNCHEZ-GARCÍA, J. (2000). “The social construction of scarcity. The case of water in Tenerife (Canary Islands)”. *Ecological Economics* 34. 233 – 245. January.
- ALVEZ, K. C. C. L. F.; VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; GIONGO, M.; COELHO, G. (2014). “Precipitação provável na bacia hidrográfica do Rio Formoso, Tocantins”. *Water Resources and Irrigation Management*, v.3, n.2, p.65-78.
- ALVEZ, K. C. C. L. F.; VIOLA, M. R.; MELLO, C. R.; GIONGO, M.; COELHO, G.; SANTOS, A. F. (2016). “Distribuição da precipitação mensal, anual e máxima diária anual na bacia hidrográfica do Rio Formoso, Tocantins”. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.12 n.1 p. 49 - 70 Jan./Abr.
- AMATO, C. C.; MCKINNEY, D. C.; INGOL-BLANCO, E.; TEASLEY, R. L. (2006). “WEAP Hydrology Model Applied: The Rio Conchos Basin”. *Center for Research in Water Resources. Bureau of Engineering Research. The University of Texas at Austin.* p. 67.
- ANA. Agência Nacional de Águas. (2007). Nota Técnica nº 364/2007/GEOOUT/SOF-ANA. “Revisão da Resolução ANA nº 707/2004, que dispõe sobre procedimentos de análise técnica e administrativa de pedidos de outorga”. Brasília.
- ANA. Agência Nacional de Águas. (2011). “Outorga de direito de uso de recursos”. *Cadernos de capacitação em recursos hídricos. Vol. 6.* 50 p. Brasília.
- ANA. Agência Nacional de Águas. (2013a). “Plano de recursos hídricos e enquadramento dos corpos de água”. *Caderno de capacitação de recursos hídricos. Vol. 5.* Brasília.
- ANA. Agência Nacional de Águas. (2013b). “Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos”. Brasília.
- ANA. Agência Nacional de Águas. (2017). “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2017”. 169 p. Brasília.
- ANA. Agência Nacional de Águas (2018). “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018: informe anual”. Brasília. pp. 72.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2020). “Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual”. Brasília. pp. 118.

BAPTISTELLI, S. C.; JANUARIO, G. F.; PRADO, F. R. L.; CAMPOS, M. R. F.; PAULI, D. R. (2017). “Avaliação da disponibilidade hídrica de mananciais com a utilização de modelagem hidrológica - Estudo de caso: Crise hídrica 2014/2015 nos sistemas produtores que atendem a RMSPP”. Congresso Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) e Associação dos Engenheiros da Sabesp (AESABESP). FENASAN. Anais Eletrônicos IV 123.

BERNARDI, E. C. S.; PANZIERA, A. G.; BURIOL, G. A.; SWAROWSKY, A. (2013). “Bacia hidrográfica como unidade de gestão ambiental”. *Disciplinarum Scientia. Série: Ciências Naturais e Tecnológicas*, Santa Maria, v. 13, n. 2, p. 159-168, 2012.

BEZERRA, R. R.; RUDKE, A. P.; DA ROCHA, V. N. L.; DE SOUZA, W.; ANDRADE, N. L. R.; EVANGELISTA, D. H. R. (2013). “Determinação da Q<sub>7,10</sub>, Q<sub>90</sub> e Q<sub>95</sub> como ferramenta para gestão dos recursos hídricos: estudo de caso do Rio Jamari”. *Bahia: Análise & Dados*. Vol. 23, nº 2, p.425-435, abr./jun. Salvador.

BINDER, F. V. (1994). “Sistemas de apoio à decisão”. São Paulo, Érica.

BONFANTE, A.; MONACO, E.; MANNA, P.; DE MASCELLIS, R.; BASILE, A.; BUONANNO, M.; CANTILENA, G.; ESPOSITO, A.; TEDESCHI, A.; DE MICHELE, C.; BELFIORE, O.; CATAPANO, I; LUDENO, G.; SALINAS, K.; BROOK, A. (2019). “LCIS DSS – An irrigation supporting system of water use efficiency improvement in precision agriculture: A maize case study”. *Agricultural Systems*. Elsevier. November.

BORDALLO, C. L. A. (1995). “A Bacia Hidrográfica como Unidade de Planejamento dos Recursos Hídricos”. Belém: NUMA/UFPA.

BORSOI, Z. M. F.; TORRES, S. D. A. (1997). “A política de recursos hídricos no Brasil”. *Revista do BNDES*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 8, dez. 1997, p. 143-166.

BRASIL. (1997). Lei Nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art.21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Política Nacional dos Recursos Hídricos.

- BUARQUE, S. C. (2003). “Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais”. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Governo Federal. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Fevereiro.
- BUCHS, A. (2010). “Water Crisis and Water Scarcity as Social Constructions. The Case of Water Use in Almeria (Andalusia, Spain)”. *Options méditerranéennes*, 2010, pp.207-211.
- CAMARGO, D. C. (2016). “Conservação, uso racional e sustentável da água. Manejo da Irrigação: como, quando e quanto irrigar?”. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Instituto de Pesquisa e Inovação na Agricultura Irrigada. INOVAGRI/IFCE. Fortaleza, Ceará. 42p.: il.
- COELHO, E. F; COELHO FILHO, M. A; OLIVEIRA, S. L. (2005). “Agricultura irrigada: eficiência de irrigação e de uso da água”. *Revista Bahia Agrícola*, v. 7, n. 1.
- CHARTZOULAKIS, K.; BERTAKI, M. (2015). “Sustainable water management in agriculture under climate change”. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. Vol 4. 88 – 98.
- CHRISTOFIDIS, D. (2013). “Água, irrigação e agropecuária sustentável”. *Revista Política Agrícola*. Ano XXII – Nº 1 – Jan./Fev./Mar.
- CHRSTOFOLETTI, A. (1970). “Análise morfométrica de bacias hidrográficas no Planalto de Poços de Caldas”. Tese (Livre Docência). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro. 375p.
- CHRSTOFOLETTI, A. (1999). “Modelagem de sistemas ambientais”. 1 ed. org. São Paulo: Edgard Blucher.
- EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. (1979). “Sumula da reunião técnica de levantamento de solos”. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro. p.83.
- ERMOLIEVA, T.; HAVLIK, P.; FRANK, S.; KAHIL, T.; BALKOVIC, J.; SKALSKY, R.; ERMOLIEV, Y.; KNOPOV, P.S.; BORODINA, O.M.; GORBACHUK, V.M. (2022). “A Risk-Informed Decision-Making Framework for Climate Change Adaptation through Robust Land Use and Irrigation Planning”. *Sustainability*, 14, 1430.
- EVERS, M. (2008). "An analysis of the requirements for DSS on integrated river basin management". *Management of Environmental Quality: An International Journal*, Vol. 19 Iss 1 pp. 37 – 53.

FARIA, L. A.; PELÚZIO, J. M.; SANTOS, W. F.; SOUZA, C. M.; COLOMBO, G. A.; AFFÉRI, F. S. (2018). “Características agronômicas de soja cultivadas na região central do Tocantins em diferentes épocas de semeadura”. *Journal of Bioenergy and Food Science*. Vol 5(3), pp.85- 96.

FLEISCHMANN, A. S.; MATTIUZI, C. D. P.; KICH, E. M.; GONDIM, G.; PAIVA, A. R. R. (2017). “Avaliação da seca de 2016 do Rio Javaés (bacia do Rio Araguaia) com uso de dados de múltiplos satélites”. *Anais do XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR*. 28 a 31 de maio de 2017 INPE Santos – SP.

FLAMMINI, A.; PURI, M.; PLUSCHKE, L.; DUBOIS, O. (2014). “Walking the nexos talk: assessing the water–energy–food nexos in the context of the sustainable energy for all initiative”. *Environment and Natural Resources Management Working Paper*. Climate, Energy and Tenure Division (NRC). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). July.

G1. (2016). “MP pede a suspensão da retirada de água dos rios Formoso e Urubu”. Publicado 20/08/2016. Tocantins. DOI: <https://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2016/08/mp-pede-suspensao-da-retirada-de-agua-dos-rios-formoso-e-urubu.html>.

GAN. Gestão de Alto Nível. (2019). “Centro de Monitoramento das Estações”. Acesso em 10 de novembro de 2020. Disponível em: < <https://gan.iacuft.org.br/monitoramento-mapa/demanda-hidrica?lat=-11.544439&lg=-49.433232&zoom=7.500000> >.

GAN. Gestão de Alto Nível. (2022). “Centro de Monitoramento das Estações”. Acesso em 27 de fevereiro de 2022. Disponível em: < <https://gan.iacuft.org.br/noticias/inicial> >.

GAO, J.; CHRISTENSEN, P.; LI, W. (2017). “Application of the WEAP model in strategic environmental assessment: Experiences from a case study in an arid/semi-arid area in China”. *Journal of Environmental Management*, 198(Part 1), 363-371.

GET. Governo do Estado do Tocantins. (2005). Decreto nº 2432, de 6 de junho de 2005. “Regulamenta a outorga do direito de uso de recursos hídricos de que dispõe os artigos 8º, 9º e 10º da Lei 1.307, de 22 de março de 2002”. Acesso em 10 de junho de 2019. Disponível em: < <https://central3.to.gov.br/arquivo/107424/> >

GORGOGNONE, A.; CRISCI, M.; KAYSER, R. H.; CHRETIES, C.; COLLISCHONN, W. (2019). “A New Scenario-Based Framework for Conflict Resolution in Water Allocation in Transboundary Watersheds”. *Water*, 11, 1174.

IAC. Instituto de Atenção às Cidades. (2017). “Relatório Fase B”. Universidade Federal do Tocantins.

IAC. Instituto de Atenção às Cidades. (2018). “Gestão de Alto Nível. Plano do Biênio 2018 - 2019”. Universidade Federal do Tocantins.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). “Características dos empreendimentos agropecuários: estabelecimentos com irrigação”. Tabelas – Resultados Definitivos. Censo Agropecuário 2017. Acesso em 11 de novembro de 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/21814-2017-censo-agropecuario.html?=&t=resultados>>.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). “Censo Agropecuário 2017: Resultados Definitivos”. Ministério da Economia. Rio de Janeiro, v. 8, p.1-105.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2022). “Indicadores IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola”. Acesso em 13 de janeiro de 2022. DOI: [https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2021\\_dez.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2021_dez.pdf).

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. (2020). Banco de Dados Meteorológicos. Acesso em 05 de fevereiro de 2020. DOI: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2012). “O Conselho Nacional de Recursos Hídricos na Visão de seus Conselheiros. Relatório de Pesquisa Projeto Conselhos Nacionais: perfil e atuação dos conselheiros”. Governo Federal. Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. Brasília.

JAMIESON, D.G.; FEDRA, K. (1996). “The ‘WaterWare’ decision-support system for riverbasin planning”. 1. Conceptual design. Journal of Hydrology. 177. P. 1963 – 175

LAUDON, K. C.; LAUDON, J. P. (1999). “Sistemas de Informação com Internet”. Rio de Janeiro: LTC Editora. 4ª ed. Traduzido por: Dalton Conde de Alencar.

LITTLE, J. D. C. (1970). "Models and Managers: The Concept of a Decision Calculus." Management Science, Vol. 16, nº. 8.

LOU, R. F. (2010). “Modelagem hidrológica chuva-vazão e hidrodinâmica aplicada na bacia experimental do Rio Piabanha/RJ”. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Dissertação Mestrado em Engenharia Civil. Rio de Janeiro.

LUCHINI, A. M. (2000). “Os desafios à implementação do sistema de gestão dos recursos hídricos estabelecido pela Lei n 9.433/97”. RAP. Rio de Janeiro 34(1): 123-43, Jan./Fev. Acesso em 13 de novembro de 2019. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/viewFile/6256/4848>>.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. (2007). “GEO Brasil: recursos hídricos”. Resumo executivo. Agência Nacional de Águas e Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. 60 p.: il. Brasília.

MAGALHÃES FILHO, L. N. L.; VERGARA, F. E.; RODRIGUES W. (2015). “Cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do Rio Formoso - TO: Estudo de Viabilidade Financeira”. REGA–Vol. 12, no. 1, p. 53-61, jan./jun.

MAGALHÃES, R. C.; BARP, A. R. B. (2014). “Inovações metodológicas para construção de cenários estratégicos em bacias hidrográficas”. Revista de Administração e Inovação, São Paulo, v. 11, n .3, p. 200-226, jul./set.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2022). “Valor Bruto de Produção Agropecuária.”. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola – LSPA. Janeiro. Acesso em 22 de fevereiro de 2022. DOI: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.gov.br%2Fagricultura%2Fpt-br%2Fassuntos%2Fnoticias%2Fvalor-bruto-da-producao-agropecuaria-de-2022-e-estimado-em-r-1-2-trilhao%2F202201VBPREGIONAL.xlsx&wdOrigin=BROWSELINK>.

MARINHO FILHO, G. M.; MACIEL, G. F.; DIAS, R. R.; MAGALÃES FILHO, L. N. L.; REZENDE, C. S. A.; FIGUEROA, F. E. V.; OLIVEIRA, L. M. (2013). “Avaliação de Características Morfométricas da Bacia Hidrográfica do Rio Formoso - TO”. Revista de Ciências Ambientais, Canoas, v. 7, julho. ISSN 1.

MATTOS, R.; SANTOS, A. H. M.; SANCHES, M. D.; SANTOS, A. A. M. (2003). “A descentralização da gestão dos recursos hídricos através de unidades de gestão”. XV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Curitiba, PR. Novembro.

MHIRIBIDI, D.; NOBERT, J.; GUMINDOGA, W.; RWASOKA, D. T. (2018). "Optimal water resource allocation modelling in the Lowveld of Zimbabwe". Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, Vol. 378, pp. 67-72, May 2018.

- MONTEIRO, J. E. B. A. (2009). “Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola”. Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. p. 530.
- MORIASI, D. N.; GITAU, M. W.; PAI, N.; DAGGUPATI, P. (2015). “*Hydrologic and Water Quality Models: Performance Measures and Evaluation Criteria*”. Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers). Vol. 58(6); pp. 1763-1785.
- NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. (2008). “Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento”. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros – Seção Três Lagoas, Três Lagoas, Vol. 5, n.º.7, p. 102-121.
- NATURATINS. (2016). “Naturatins suspende a outorga de recursos hídricos”. Acesso em 04 de maio de 2019. Disponível em: <[https://naturatins.to.gov.br/noticia/2016/8/23/naturatins-suspende-a-outorga-de-recursos-hidricos-/](https://naturatins.to.gov.br/noticia/2016/8/23/naturatins-suspende-a-outorga-de-recursos-hidricos/)>.
- OLIVOS, L. M. (2017). “Sustentabilidade do uso dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos no município de São Carlos - SP”. Dissertação de mestrado. Escola Politécnica de São Paulo. Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. 83p.
- PAIVA, J. B. D.; PAIVA, E. M. C. D. (2001). “Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas”. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Vol. 1, p. 624.
- PEREIRA, A. G.; QUINTANA, S. C. (2002). “From Technocratic to Participatory Decision Support Systems: Responding to the New Governance Initiatives”. Journal of Geographic Information and Decision Analysis, Vol. 6, n.º. 2, pp. 95-107.
- PEREIRA, M.; KAYSER; R. B.; COLLISHONN, W. (2012). “Integração do Modelo Hidrológico para Grandes Bacias MGB-IPH e Sistemas de Informação Geográfica para suporte à decisão de outorga de direito de uso da água”. Revista de Gestão de Água da América Latina. Vol. 9, n.º. 2, p. 21-33, jul./dez.
- PEREIRA, G. R; CUELLAR, M. D. Z. (2015). “Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará”. Estudos Avançados 29 (84). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Natal/RN, Brasil.

PHILLIPPI JR., A.; MARCON, G.; GRISOTTO, L. E. G. (2009). “Desafios para a gestão de recursos hídricos e o desenvolvimento urbano”. Revista de Gestão de Água da América Latina. Vol. 6, no. 2, p. 65-91, jul./dez.

PORTO, M. F. A.; PORTO, R. L. L. (2008). “Gestão de bacias hidrográficas”. Estudos Avançados. São Paulo. Vol. 22, n°. 63, p. 43-60, janeiro.

POWER, D.J. (1997). “What is a DSS?”. Dstar. The on-line Executive Journal for Data-Intensive Decision Support 3.

RECIO, B.; IBANEZ, J.; RUBIO, F.; CRIADO, J.A. (2005). “A decision support system for analysing the impact of water restriction policies”. Decision Support Systems. Volume 39, n° 3, p. 385-402, maio.

REIS, A. F. de B; ALMEIDA, R. E. M.; LAGO, B. C.; TRIVELIN, P.C.; LINQUIST, B.; FAVARIN, J. L. (2018). “Aerobic rice system improves water productivity, nitrogen recovery and crop performance in Brazilian weathered lowland soil”. Field Crops Research.

RÊGO, J. C.; GALVÃO, C. O.; ALBUQUERQUE, J. P. T.; RIBEIRO, M. M. R.; NUNES, T. H. C. (2017). “A gestão de recursos hídricos e a transposição de águas do Rio São Francisco para o Açude Epitácio Pessoa – Boqueirão”. XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Florianópolis.

RIBEIRO, M. A. (2009). “Ecologizar: Instrumentos para Ação”. Editora Universa. Vol. 3. 4ª edição. 197p. Revista e ampliada. Brasília.

ROCHA, R. M.; LUCAS, A. A. T.; DE ALMEIDA, C. A. P; NETO, E. L. M; NETTO, A. O. A. (2014). “Caracterização morfométrica da sub-bacia do rio Poxim-Açu, Sergipe, Brasil”. Ambiente e Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science 9(2): 17–35.

SANTOS, A. B.; RABELO, R. R. (2008). “Informações técnicas para a cultura do arroz irrigado no Estado do Tocantins”. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão. 136 p. Acesso em 04 de maio de 2019. Disponível em:  
<<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/216530/1/doc218.pdf>>.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C.

de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. (2018). “Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos”. Embrapa Solos. 5ª edição revisada e ampliada.

SEI. Stockholm Environment Institute. (2015). “User Guide”. Water Evaluation and Planning System. 400p.

SEI. Stockholm Environment Institute. (2016). “Tutorial: a collection of stand-alone modules to aid in learning the WEAP software”. 286 p.

SEMAD. Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. (2008). Glossário de termos relacionados à gestão de recursos hídricos. 2008. Acesso em: 10 de novembro de 2019. Disponível em: <<http://www.conhecer.org.br/download/GESTAO%20HIDRICA/leitura%20anexa%202.pdf>>.

SEMARH-TO. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Tocantins. (2020). “Banco de Dados Consistidos de Hidrometeorologia”. Acesso em 15 de fevereiro de 2020. Disponível em; <<https://www.to.gov.br/semarh/banco-de-dados-consistidos-de-hidrometeorologia/5njfo0shv2h7>>.

SENADO FEDERAL. (2001). “Agenda 21”. Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. 3.ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições, 598 p. Cap. 8.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. (2019). “Irrigação: gestão de sistemas por superfície”. Coleção SENAR. 47 p; il. Brasília.

SEPLAN. SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. (2008). “Base de dados geográfico do Tocantins – versão 2008”. Palmas. Dados vetoriais temáticos estruturados em escalas 1:250.000, 1:500.000 e 1:1.000.000). Disponível em: < Base de Dados Geográficos do Tocantins – versão 2008 (www.to.gov.br)>.

SEPLAN. SECRETARIA DO PLANEJAMENTO E ORÇAMENTO. (2016). “Perfil do Agronegócio Tocantinense. Relatório Final”. Fundação de Apoio Científico e Tecnológico – FAPTO. Governo do Estado do Tocantins. Palmas. p.145. Março.

SIEBER, J.; PURKEY, D. (2015). “User Guide for WEAP”. Stockholm Environment Institute. August.

- SILVA, E. M.; AZEVEDO, J. A.; RAUBER, J. C.; REATTO, A. (2003). “Caracterização físico-hídrica e hidráulica de solos do bioma cerrado submetidos a diferentes sistemas de preparo”. Boletim de pesquisa e desenvolvimento. Embrapa Cerrados. 22p.
- SILVA, L. M. C.; MONTEIRO, R. A. (2004). “Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos: uma das possíveis abordagens”. Gestão de Águas Doces. Capítulo V, p. 135-178. Rio de Janeiro: Interciência.
- SILVA, L. M. C.; NOLETO, F. A.; RIBEIRO, M. O. (2006). “Alocação negociada de Água do Açude Cocorobó”. In: VIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE. Gravatá, Pernambuco.
- SILVA, S. M.; SOUZA FILHO, F. A.; AQUINO, S. H. S. (2017). “Avaliação do risco da alocação de água em período de escassez hídrica: o caso do Sistema Jaguaribe–Metropolitano”. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol.22, nº.4. jul/ago.
- SIMONOVIC, S.I. (2009). “Decision Support Systems for Sustainable Management of Water Resources: 1. General Principles”. Water International, 21:4. P. 223 – 232.
- SINGH, M.; SHINDE, V.; PRADHAN, S. K.; CHALODIYA, A. L.; SHUKLA, K. N. (2014). “Hydrologic Modelling of Mahanadi River Basin in India Using Rainfall-Runoff Model”. Nature Environment and Pollution Technology An International Quarterly Scientific Journal. ISSN: 0972-6268. Vol. 13. Nº 2. pp. 385-392.
- SINGREH. Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. (2019). “O que é o SINGREH?”. Acesso em 03 de novembro de 2019. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/aguas-no-brasil/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/o-que-e-o-singreh>>
- SIROLESÍ, M. S.; DASÍ, J. F. (2019). “A New Water Governance Model Aimed at Supply–Demand Management for Irrigation and Land Development in the Mendoza River Basin, Argentina”. Water. March. Acesso em 29 de outubro de 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/463/htm>>.
- SORIANO, E.; LONDE, L. R.; DI GREGORIO, L. T.; COUTINHO, M. P.; SANTOS, L. B. L. (2016). “Water crisis in São Paulo evaluated under the disaster’s point of view”. Ambiente e Sociedade. Vol 19. Nº 1. São Paulo. Jan-Mar.

SRHMA. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente do Tocantins. (2009). “Plano de Bacia Hidrográfica do Rio Formoso”. Relatório Síntese. Palmas, Tocantins. 70p.

STAIR, R. M., REYNOLDS, G. W. (2011). “Princípios de sistemas de informação.” Tradução da 9ª versão norte-americana. São Paulo. Cengage Learning.

TEKLU, S.; SOLIMAN, A. H.; EL-ZAWAHRY, A. (2020). “Testing the WEAP Hydrologic Model for Awash Basin, Ethiopia ‘Soil Moisture Module with Watershed Demand Approach’”. Civil and Environmental Research. ISSN 2224-5790 (Paper). ISSN 2225-0514 (Online). Vol. 12, Nº 3.

TESTEZLAF, R. (2017). “Irrigação: métodos, sistemas e aplicações”. Campinas, São Paulo. Unicamp/FEAGRI. 215p.

TOLEDO, C. (2021). “Produtores, Estado e MPE buscam consenso sobre crise hídrica da Bacia do Rio Formoso em audiência mediada pela Justiça”. Coluna do CT. 29 de julho. Disponível em: < <https://clebertoledo.com.br/tocantins/produtores-estado-e-mpe-buscam-consenso-sobre-crise-hidrica-da-bacia-do-rio-formoso-em-audiencia-mediada-pela-justica/>>.

TURBAN, E., ARONSON, J. E. (2007). “Decision Support Systems and Intelligent Systems”. 5.ed. USA, Prentice Hall.

TUCCI, C. E. M. (1993). “Controle de Enchentes”. Hidrologia: ciência e aplicação. Porto Alegre, RS: ABRH-Edusp. cap. 4.

TUCCI, C. E. M.; CHAGAS, M. F. (2017). “Segurança hídrica: conceitos e estratégia para Minas Gerais”. Rega. Porto Alegre, v. 14, e12.

TUNDISI, J. G. (2006). “Novas perspectivas para a gestão dos recursos hídricos”. Revista USP, São Paulo, n.70, p. 24-35, junho/agosto.

TUNDISI, J. G. *et al.* (2008). “Conservação e uso sustentável de recursos hídricos”. In: BARBOSA, F. A. (Org.). Ângulos da água: desafios da integração. Belo Horizonte: Editora UFMG. p.157-183.

TUNDISI, J. G. (2013). “Governança da água”. Revista UFMG. Belo Horizonte. Vol. 20, nº 2, p. 222-235, jul./dez.

VALENTE, C. R.; LATRUBESSE, E. M.; FERREIRA, L. G. (2013). “Relationships among vegetation, geomorphology and hydrology in the Bananal Island tropical wetlands, Araguaia River basin, Central Brazil”. *Journal of South American Earth Sciences*, v 46, p 150 a 160.

VERGARA, H. F; REIS, F. C; MAGALHÃES FILHO, L. N. L; REZENDE, C. S. A. (2013). “Proposta de vazão de referência Q90 para o Rio Formoso na bacia do Araguaia”. *Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal*, v. 10, n. 1, p. 0 84 - 102, jan/fev.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. (1975). “Hidrologia Aplicada”. São Paulo. McGraw-Hill do Brasil. 245p.

YATES, D.; SIEBER, J.; PURKEY, D.; HUBER-LEE, A. (2005): “WEAP21 - A demand, priority, and preference-driven water planning model”. *Water International*, 30:4, 487-500.

ZOHRABI, N.; NASSAJ, B. N.; SHAHBAZI, A. (2017). “Evaluating the impacts of improving irrigation efficiency on water resources system reliability”. 85° Annual Meeting of International Commission on Large Dams. Prague, Czech Republic. July.

## APÊNDICE A – VAZÃO SIMULADA RIO URUBU E DUERÉ

- Vazão simulada (m<sup>3</sup>/s) para os rios Urubus e Dueré.

Data	Rio Dueré	Rio Urubu	Foz	Data	Rio Dueré	Rio Urubu	Foz	Data	Rio Dueré	Rio Urubu	Foz
01/jul	4,85	14,63	19,48	01/ago	2,60	7,61	10,20	01/set	3,13	4,43	7,56
02/jul	4,84	14,30	19,14	02/ago	2,55	7,46	10,01	02/set	3,05	4,36	7,41
03/jul	5,06	13,97	19,03	03/ago	2,50	7,32	9,83	03/set	3,02	4,29	7,32
04/jul	4,78	13,65	18,44	04/ago	2,46	7,19	9,64	04/set	2,95	4,23	7,18
05/jul	4,60	13,34	17,95	05/ago	2,42	7,05	9,47	05/set	2,83	4,16	6,99
06/jul	4,51	13,04	17,55	06/ago	2,38	6,92	9,30	06/set	2,81	4,10	6,90
07/jul	4,34	12,75	17,10	07/ago	2,33	6,80	9,13	07/set	2,74	4,03	6,77
08/jul	4,19	12,47	16,66	08/ago	2,29	6,67	8,96	08/set	2,69	3,97	6,66
09/jul	4,07	12,20	16,27	09/ago	2,26	6,55	8,81	09/set	2,66	3,91	6,57
10/jul	4,01	11,93	15,94	10/ago	2,24	6,44	8,67	10/set	2,63	3,87	6,50
11/jul	3,97	11,67	15,65	11/ago	2,28	6,32	8,60	11/set	2,60	3,83	6,43
12/jul	3,86	11,42	15,28	12/ago	2,37	6,21	8,58	12/set	2,56	3,77	6,33
13/jul	3,75	11,18	14,92	13/ago	2,45	6,10	8,55	13/set	2,51	3,72	6,23
14/jul	3,73	10,94	14,67	14/ago	2,49	5,99	8,48	14/set	2,47	3,67	6,14
15/jul	3,69	10,71	14,40	15/ago	2,56	5,89	8,45	15/set	2,37	3,63	6,00
16/jul	3,63	10,48	14,11	16/ago	2,62	5,79	8,41	16/set	2,25	3,58	5,84
17/jul	3,47	10,27	13,74	17/ago	2,69	5,69	8,38	17/set	2,14	3,53	5,67
18/jul	3,39	10,05	13,44	18/ago	2,73	5,59	8,32	18/set	1,72	3,49	5,21
19/jul	3,32	9,85	13,16	19/ago	2,78	5,50	8,28	19/set	1,40	3,44	4,84
20/jul	3,26	9,65	12,90	20/ago	2,83	5,41	8,24	20/set	2,69	3,39	6,08
21/jul	3,20	9,45	12,65	21/ago	2,84	5,32	8,16	21/set	1,27	3,36	4,63
22/jul	3,13	9,26	12,39	22/ago	2,85	5,23	8,08	22/set	1,25	3,33	4,58
23/jul	3,07	9,07	12,15	23/ago	2,87	5,14	8,01	23/set	1,21	3,29	4,50
24/jul	3,02	8,89	11,91	24/ago	2,89	5,06	7,94	24/set	1,21	3,26	4,47
25/jul	2,96	8,72	11,68	25/ago	2,86	4,97	7,83	25/set	1,22	3,26	4,48
26/jul	2,90	8,55	11,45	26/ago	2,83	4,89	7,72	26/set	1,20	3,26	4,46
27/jul	2,85	8,38	11,23	27/ago	2,85	4,81	7,66	27/set	1,18	3,22	4,41
28/jul	2,80	8,22	11,01	28/ago	2,87	4,73	7,60	28/set	1,18	3,33	4,51
29/jul	2,75	8,06	10,80	29/ago	2,80	4,65	7,45	29/set	1,17	3,40	4,57
30/jul	2,69	7,90	10,60	30/ago	2,73	4,58	7,31	30/set	1,17	3,46	4,63
31/jul	2,64	7,75	10,40	31/ago	3,10	4,51	7,60				

<b>Data</b>	<b>Rio Dueré</b>	<b>Rio Urubu</b>	<b>Foz</b>
01/out	1,18	3,66	4,84
02/out	1,18	3,75	4,93
03/out	1,18	3,88	5,06
04/out	1,18	3,96	5,14
05/out	1,22	3,94	5,15
06/out	1,27	4,29	5,57
07/out	1,28	4,48	5,76
08/out	1,27	4,49	5,77
09/out	1,27	4,50	5,77
10/out	1,26	4,52	5,78
11/out	1,26	4,53	5,78
12/out	1,25	4,54	5,80
13/out	1,25	4,76	6,02
14/out	1,25	4,86	6,11
15/out	1,26	4,89	6,15
16/out	1,26	4,92	6,18
17/out	1,26	5,16	6,43
18/out	1,26	5,27	6,53
19/out	1,26	5,35	6,62
20/out	1,30	6,11	7,40
21/out	1,30	6,44	7,74
22/out	1,33	6,78	8,12
23/out	1,35	6,99	8,34
24/out	1,39	7,27	8,66
25/out	1,40	7,46	8,86
26/out	1,39	7,53	8,92
27/out	1,40	7,58	8,99
28/out	1,53	7,65	9,19
29/out	1,57	8,14	9,71
30/out	1,62	8,90	10,52
31/out	1,67	9,53	11,20

<b>Data</b>	<b>Rio Dueré</b>	<b>Rio Urubu</b>	<b>Foz</b>
01/nov	1,68	9,75	11,43
02/nov	1,70	9,93	11,63
03/nov	1,72	10,32	12,04
04/nov	1,77	10,55	12,32
05/nov	1,79	10,83	12,63
06/nov	1,96	11,08	13,04
07/nov	1,99	11,31	13,31
08/nov	2,54	13,21	15,76
09/nov	3,24	14,12	17,36
10/nov	3,43	15,02	18,44
11/nov	3,71	15,39	19,10
12/nov	3,83	16,36	20,20
13/nov	4,08	16,85	20,93
14/nov	4,33	18,05	22,38
15/nov	4,46	18,49	22,95
16/nov	4,76	20,31	25,07
17/nov	4,92	23,82	28,74
18/nov	5,11	24,96	30,07
19/nov	5,25	25,46	30,70
20/nov	5,35	26,17	31,52
21/nov	5,32	26,56	31,88
22/nov	5,52	27,81	33,33
23/nov	6,02	29,70	35,71
24/nov	6,15	30,62	36,76
25/nov	6,24	31,43	37,67
26/nov	6,99	34,84	41,84
27/nov	7,52	37,02	44,53
28/nov	8,31	38,43	46,74
29/nov	12,72	39,27	51,99
30/nov	13,64	41,88	55,52

<b>Data</b>	<b>Rio Dueré</b>	<b>Rio Urubu</b>	<b>Foz</b>
01/dez	13,81	44,22	58,03
02/dez	15,52	45,54	61,07
03/dez	17,52	47,65	65,17
04/dez	18,79	51,32	70,10
05/dez	20,11	53,71	73,82
06/dez	22,12	54,91	77,03
07/dez	22,67	55,93	78,60
08/dez	23,92	56,53	80,45
09/dez	25,24	57,86	83,10
10/dez	25,59	59,06	84,65
11/dez	26,72	59,90	86,62
12/dez	26,97	60,50	87,47
13/dez	28,13	61,29	89,42
14/dez	29,13	61,14	90,27
15/dez	30,05	60,59	90,64
16/dez	30,94	59,75	90,70
17/dez	31,81	58,75	90,55
18/dez	33,24	57,58	90,82
19/dez	29,64	56,29	85,93
20/dez	26,89	55,59	82,48
21/dez	24,88	56,38	81,26
22/dez	24,46	58,52	82,99
23/dez	23,44	59,79	83,23
24/dez	22,69	60,76	83,44
25/dez	22,34	62,39	84,73
26/dez	22,73	66,82	89,55
27/dez	24,72	76,17	100,89
28/dez	25,68	88,03	113,71
29/dez	26,25	91,57	117,82
30/dez	28,82	94,70	123,52
31/dez	33,25	99,57	132,82

<b>Data</b>	<b>Rio Dueré</b>	<b>Rio Urubu</b>	<b>Foz</b>
01/jan	34,93	102,43	137,37
02/jan	36,69	103,82	140,51
03/jan	38,28	103,71	141,99
04/jan	39,67	103,29	142,97
05/jan	40,95	102,09	143,05
06/jan	39,47	101,68	141,15
07/jan	37,22	101,36	138,59
08/jan	36,65	99,59	136,24
09/jan	35,81	97,28	133,09
10/jan	34,94	95,95	130,88
11/jan	33,35	94,08	127,43
12/jan	31,56	91,79	123,34
13/jan	29,73	89,77	119,49
14/jan	30,13	91,34	121,47
15/jan	31,50	91,63	123,13
16/jan	31,64	92,93	124,58
17/jan	32,23	91,84	124,06
18/jan	32,48	90,27	122,75
19/jan	32,35	88,55	120,90
20/jan	31,85	87,33	119,17
21/jan	31,27	85,57	116,84
22/jan	33,66	84,55	118,21
23/jan	37,51	83,34	120,86
24/jan	40,76	85,09	125,86
25/jan	41,19	84,43	125,61
26/jan	41,99	85,43	127,42
27/jan	43,70	86,93	130,63
28/jan	46,76	86,95	133,71
29/jan	51,83	86,54	138,37
30/jan	54,47	85,32	139,79
31/jan	55,89	83,63	139,52

<b>Data</b>	<b>Rio Dueré</b>	<b>Rio Urubu</b>	<b>Foz</b>
01/fev	56,19	81,91	138,10
02/fev	54,54	80,40	134,93
03/fev	47,29	78,49	125,77
04/fev	41,91	76,34	118,24
05/fev	39,27	74,22	113,49
06/fev	38,68	72,24	110,92
07/fev	37,93	70,48	108,40
08/fev	37,71	69,25	106,96
09/fev	40,19	69,76	109,95
10/fev	40,66	69,59	110,25
11/fev	44,32	68,47	112,79
12/fev	48,41	67,10	115,50
13/fev	48,64	65,56	114,19
14/fev	44,96	64,06	109,02
15/fev	40,05	62,78	102,83
16/fev	39,92	63,04	102,96
17/fev	43,59	64,10	107,70
18/fev	45,62	63,67	109,29
19/fev	42,55	62,97	105,52
20/fev	40,79	62,27	103,07
21/fev	39,78	63,87	103,64
22/fev	40,36	65,07	105,42
23/fev	46,94	65,55	112,49
24/fev	41,87	65,48	107,35
25/fev	37,72	65,44	103,16
26/fev	34,54	67,69	102,23
27/fev	32,41	68,29	100,70
28/fev	33,16	68,23	101,39

<b>Data</b>	<b>Rio Dueré</b>	<b>Rio Urubu</b>	<b>Foz</b>
01/mar	34,86	68,59	103,45
02/mar	36,43	69,84	106,27
03/mar	42,20	70,99	113,19
04/mar	59,74	71,86	131,60
05/mar	64,35	74,68	139,02
06/mar	57,53	77,96	135,49
07/mar	69,39	84,91	154,29
08/mar	77,62	90,35	167,97
09/mar	73,46	92,16	165,63
10/mar	81,55	93,86	175,41
11/mar	86,79	96,91	183,70
12/mar	95,04	98,52	193,56
13/mar	105,32	98,96	204,28
14/mar	114,68	104,71	219,39
15/mar	104,81	107,45	212,26
16/mar	103,64	107,59	211,23
17/mar	103,97	108,20	212,18
18/mar	101,00	109,88	210,88
19/mar	112,64	108,84	221,48
20/mar	116,96	107,26	224,22
21/mar	97,73	105,86	203,58
22/mar	83,11	106,46	189,56
23/mar	67,40	106,14	173,54
24/mar	66,17	104,93	171,10
25/mar	65,36	105,18	170,54
26/mar	75,39	106,01	181,40
27/mar	111,58	109,09	220,66
28/mar	132,32	111,03	243,35
29/mar	124,20	111,14	235,33
30/mar	116,85	110,00	226,84
31/mar	116,56	109,81	226,38

Data	Rio Dueré	Rio Urubu	Foz
01/abr	113,51	108,31	221,81
02/abr	111,30	107,75	219,05
03/abr	108,78	105,71	214,48
04/abr	107,38	106,01	213,39
05/abr	107,27	107,52	214,79
06/abr	104,23	106,48	210,72
07/abr	100,92	105,11	206,03
08/abr	98,56	104,33	202,89
09/abr	96,90	106,34	203,24
10/abr	95,59	105,64	201,24
11/abr	97,63	110,23	207,86
12/abr	97,33	110,27	207,60
13/abr	96,67	109,63	206,30
14/abr	96,06	109,46	205,52
15/abr	95,29	108,45	203,74
16/abr	94,93	106,79	201,72
17/abr	94,21	104,56	198,77
18/abr	92,72	102,06	194,78
19/abr	91,78	99,17	190,96
20/abr	90,41	96,29	186,69
21/abr	88,44	93,18	181,62
22/abr	86,13	90,37	176,50
23/abr	83,36	88,28	171,64
24/abr	80,70	85,82	166,53
25/abr	77,04	83,84	160,88
26/abr	73,15	81,24	154,39
27/abr	69,41	78,65	148,06
28/abr	65,83	76,36	142,19
29/abr	61,98	73,81	135,79
30/abr	57,88	71,52	129,40

Data	Rio Dueré	Rio Urubu	Foz
01/mai	54,03	69,09	123,12
02/mai	50,70	67,22	117,92
03/mai	47,80	65,00	112,80
04/mai	45,72	63,53	109,25
05/mai	44,19	61,56	105,75
06/mai	42,72	59,65	102,37
07/mai	41,29	57,75	99,04
08/mai	39,34	55,87	95,21
09/mai	36,43	54,03	90,46
10/mai	33,68	52,23	85,92
11/mai	31,34	50,49	81,83
12/mai	25,16	48,88	74,03
13/mai	23,89	47,47	71,36
14/mai	24,61	45,95	70,57
15/mai	24,36	44,49	68,85
16/mai	22,63	43,27	65,90
17/mai	22,52	44,36	66,89
18/mai	20,22	43,75	63,98
19/mai	21,07	43,07	64,14
20/mai	23,42	42,30	65,72
21/mai	25,00	41,48	66,48
22/mai	25,36	40,69	66,05
23/mai	24,69	39,81	64,50
24/mai	23,85	38,91	62,76
25/mai	23,21	38,07	61,27
26/mai	22,76	37,17	59,93
27/mai	22,16	36,34	58,50
28/mai	21,42	35,64	57,05
29/mai	20,79	34,80	55,60
30/mai	20,24	33,96	54,20
31/mai	19,69	33,12	52,81

Data	Rio Dueré	Rio Urubu	Foz
01/jun	19,31	32,29	51,60
02/jun	18,93	31,48	50,41
03/jun	18,09	30,67	48,76
04/jun	17,27	29,88	47,15
05/jun	20,53	29,10	49,63
06/jun	20,70	28,34	49,03
07/jun	18,71	27,59	46,30
08/jun	16,60	26,86	43,47
09/jun	14,60	26,15	40,76
10/jun	14,16	25,47	39,63
11/jun	13,85	24,80	38,66
12/jun	13,67	24,16	37,83
13/jun	12,77	23,53	36,30
14/jun	12,38	22,92	35,29
15/jun	12,10	22,33	34,42
16/jun	11,93	21,75	33,68
17/jun	11,66	21,19	32,85
18/jun	11,50	20,65	32,16
19/jun	11,35	20,13	31,48
20/jun	11,20	19,62	30,82
21/jun	10,95	19,13	30,08
22/jun	10,70	18,65	29,35
23/jun	10,46	18,19	28,65
24/jun	10,33	17,74	28,07
25/jun	10,09	17,31	27,40
26/jun	9,38	16,89	26,26
27/jun	9,07	16,48	25,55
28/jun	8,95	16,09	25,04
29/jun	8,74	15,71	24,45
30/jun	8,03	15,34	23,36

## APÊNDICE B – VAZÃO NO RIO URUBU NO CENÁRIO 1

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após ponto de demanda D1 nos meses críticos de julho e agosto, referente ao cenário 1.

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
01/jul	7,29	7,66	8,03	8,39	8,76	9,13	9,5	9,86	10,23	10,6
02/jul	9,41	9,66	9,9	10,15	10,39	10,64	10,88	11,13	11,37	11,62
03/jul	8,71	8,97	9,24	9,5	9,76	10,03	10,29	10,55	10,82	11,08
04/jul	5,87	6,26	6,65	7,04	7,42	7,81	8,2	8,59	8,98	9,37
05/jul	5,93	6,31	6,68	7,05	7,42	7,79	8,16	8,53	8,9	9,27
06/jul	4,89	4,89	4,89	4,89	5,31	5,79	6,28	6,76	7,24	7,73
07/jul	5,58	5,58	5,58	5,58	5,58	5,64	6,11	6,59	7,06	7,54
08/jul	6,07	6,39	6,71	7,03	7,35	7,67	7,99	8,32	8,64	8,96
09/jul	8,17	8,37	8,57	8,77	8,98	9,18	9,38	9,58	9,78	9,98
10/jul	6,88	7,14	7,39	7,64	7,9	8,15	8,4	8,65	8,91	9,16
11/jul	9,74	9,84	9,93	10,03	10,13	10,23	10,32	10,42	10,52	10,61
12/jul	8,74	8,87	9,01	9,14	9,28	9,41	9,55	9,68	9,81	9,95
13/jul	7,15	7,35	7,55	7,76	7,96	8,16	8,36	8,56	8,76	8,97
14/jul	7,26	7,45	7,63	7,81	8	8,18	8,37	8,55	8,74	8,92
15/jul	10,19	10,21	10,24	10,26	10,29	10,32	10,34	10,37	10,4	10,42
16/jul	6,8	6,98	7,17	7,35	7,54	7,72	7,91	8,09	8,28	8,46
17/jul	5,56	5,79	6,03	6,26	6,5	6,74	6,97	7,21	7,44	7,68
18/jul	5,69	5,91	6,13	6,35	6,56	6,78	7	7,22	7,44	7,66
19/jul	4,96	5,17	5,41	5,66	5,91	6,15	6,4	6,65	6,89	7,14
20/jul	3,99	3,99	3,99	4,13	4,45	4,78	5,1	5,43	5,75	6,08
21/jul	3,45	3,45	3,45	3,45	3,54	3,91	4,28	4,65	5,02	5,39
22/jul	6,03	6,19	6,35	6,51	6,68	6,84	7	7,16	7,32	7,49
23/jul	6,66	6,78	6,9	7,02	7,14	7,26	7,39	7,51	7,63	7,75
24/jul	5,55	5,72	5,88	6,05	6,22	6,39	6,55	6,72	6,89	7,06
25/jul	4,47	4,47	4,47	4,51	4,76	5,01	5,25	5,5	5,75	6
26/jul	4,82	4,82	4,82	4,82	4,82	5,03	5,26	5,5	5,73	5,97
27/jul	5,15	5,2	5,36	5,53	5,7	5,87	6,04	6,2	6,37	6,54
28/jul	4,23	4,32	4,53	4,73	4,94	5,14	5,35	5,55	5,76	5,96
29/jul	6,54	6,62	6,7	6,77	6,85	6,92	7	7,07	7,15	7,23
30/jul	5,67	5,78	5,89	6	6,11	6,23	6,34	6,45	6,56	6,67
31/jul	4,94	5,08	5,22	5,36	5,5	5,64	5,78	5,92	6,06	6,2
01/ago	3,39	3,39	3,51	3,74	3,97	4,2	4,42	4,65	4,88	5,11
02/ago	3,19	3,19	3,19	3,19	3,19	3,2	3,48	3,77	4,05	4,34
03/ago	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,47	3,61	3,9	4,18
04/ago	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68	2,96	3,24	3,53	3,81	4,09
05/ago	3,84	4	4,16	4,32	4,48	4,64	4,8	4,96	5,13	5,29
06/ago	3,22	3,41	3,59	3,78	3,96	4,15	4,33	4,52	4,7	4,89
07/ago	4,5	4,61	4,73	4,84	4,96	5,07	5,19	5,3	5,42	5,53

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
08/ago	3,15	3,15	3,21	3,4	3,59	3,78	3,98	4,17	4,36	4,56
09/ago	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,44	3,65	3,86	4,06	4,27
10/ago	2,95	2,94	2,94	2,94	3,03	3,24	3,45	3,67	3,88	4,09
11/ago	3,38	3,53	3,68	3,82	3,97	4,12	4,26	4,41	4,56	4,71
12/ago	5,67	5,69	5,72	5,75	5,78	5,8	5,83	5,86	5,88	5,91
13/ago	4,42	4,51	4,59	4,67	4,76	4,84	4,93	5,01	5,09	5,18
14/ago	3,25	3,39	3,53	3,67	3,8	3,94	4,08	4,21	4,35	4,49
15/ago	1,97	2,17	2,36	2,56	2,76	2,95	3,15	3,34	3,54	3,74
16/ago	2,02	2,2	2,39	2,58	2,77	2,96	3,15	3,34	3,53	3,71
17/ago	3,12	3,25	3,37	3,5	3,63	3,76	3,89	4,02	4,15	4,28
18/ago	2,53	2,68	2,83	2,98	3,14	3,29	3,45	3,6	3,75	3,91
19/ago	2,52	2,67	2,82	2,97	3,12	3,27	3,42	3,57	3,72	3,86
20/ago	4,29	4,34	4,4	4,45	4,51	4,57	4,62	4,68	4,74	4,79
21/ago	2,93	3,05	3,17	3,29	3,41	3,53	3,65	3,77	3,89	4,01
22/ago	2,35	2,5	2,64	2,78	2,93	3,07	3,22	3,36	3,5	3,65
23/ago	1,68	1,85	2,02	2,2	2,37	2,54	2,72	2,89	3,06	3,24
24/ago	2,1	2,1	2,1	2,1	2,13	2,31	2,49	2,68	2,86	3,04
25/ago	2,51	2,58	2,7	2,83	2,95	3,08	3,21	3,33	3,46	3,59
26/ago	3,6	3,67	3,73	3,8	3,86	3,93	3,99	4,05	4,12	4,18
27/ago	3,47	3,53	3,6	3,67	3,74	3,8	3,87	3,94	4,01	4,07
28/ago	3,86	3,91	3,95	3,99	4,04	4,08	4,12	4,17	4,21	4,25
29/ago	4,42	4,43	4,44	4,45	4,47	4,48	4,49	4,5	4,51	4,53
30/ago	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58	4,58
31/ago	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após ponto de demanda D2 nos meses críticos de julho e agosto, referente ao cenário 1.

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
01/jul	2,05	2,68	3,31	3,94	4,57	5,2	5,83	6,46	7,09	7,72
02/jul	3,6	4,13	4,67	5,2	5,74	6,27	6,81	7,34	7,88	8,42
03/jul	4,13	4,62	5,11	5,6	6,1	6,59	7,08	7,57	8,07	8,56
04/jul	3,84	4,33	4,82	5,31	5,8	6,29	6,79	7,28	7,77	8,26
05/jul	3,23	3,73	4,24	4,75	5,25	5,76	6,26	6,77	7,28	7,78
06/jul	0	0	0	0	0,67	1,45	2,22	2,99	3,77	4,54
07/jul	0	0	0	0	0	0,11	0,95	1,8	2,64	3,48
08/jul	1,4	1,96	2,51	3,07	3,62	4,17	4,73	5,28	5,83	6,39
09/jul	6,27	6,57	6,87	7,16	7,46	7,76	8,05	8,35	8,65	8,94
10/jul	5,5	5,82	6,14	6,47	6,79	7,11	7,43	7,75	8,08	8,4
11/jul	7,35	7,56	7,78	8	8,21	8,43	8,65	8,86	9,08	9,3
12/jul	5,46	5,75	6,05	6,35	6,65	6,95	7,25	7,55	7,84	8,14

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>	<b>30%</b>	<b>35%</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>
13/jul	4,27	4,61	4,96	5,3	5,65	6	6,34	6,69	7,03	7,38
14/jul	4,63	4,94	5,26	5,58	5,89	6,21	6,52	6,84	7,15	7,47
15/jul	8,75	8,85	8,94	9,04	9,14	9,24	9,34	9,44	9,53	9,63
16/jul	2,68	3,07	3,46	3,85	4,24	4,63	5,02	5,41	5,81	6,2
17/jul	1,36	1,8	2,25	2,69	3,14	3,58	4,03	4,48	4,92	5,37
18/jul	2,34	2,72	3,11	3,5	3,88	4,27	4,65	5,04	5,43	5,81
19/jul	0	0,41	0,91	1,4	1,9	2,4	2,89	3,39	3,89	4,39
20/jul	0	0	0	0,23	0,78	1,34	1,89	2,45	3	3,55
21/jul	0	0	0	0	0,14	0,72	1,3	1,88	2,47	3,05
22/jul	2,41	2,75	3,1	3,44	3,78	4,12	4,47	4,81	5,15	5,5
23/jul	2,42	2,75	3,08	3,42	3,75	4,08	4,41	4,75	5,08	5,41
24/jul	1,32	1,7	2,08	2,46	2,84	3,22	3,6	3,97	4,35	4,73
25/jul	0	0	0	0,08	0,58	1,09	1,6	2,11	2,62	3,13
26/jul	0	0	0	0	0	0,47	1,01	1,55	2,09	2,63
27/jul	0	0,13	0,56	1	1,43	1,87	2,3	2,74	3,17	3,6
28/jul	0	0,19	0,61	1,03	1,46	1,88	2,3	2,72	3,15	3,57
29/jul	5,44	5,57	5,7	5,83	5,97	6,1	6,23	6,36	6,49	6,62
30/jul	3,5	3,72	3,94	4,16	4,38	4,6	4,82	5,04	5,26	5,48
31/jul	2,45	2,71	2,98	3,25	3,51	3,78	4,04	4,31	4,57	4,84
01/ago	0	0	0,23	0,64	1,05	1,46	1,87	2,28	2,69	3,1
02/ago	0	0	0	0	0	0,01	0,51	1,01	1,5	2
03/ago	0	0	0	0	0	0	0	0,27	0,82	1,36
04/ago	0	0	0	0	0	0,44	0,89	1,34	1,79	2,24
05/ago	2,96	3,17	3,37	3,58	3,78	3,99	4,19	4,4	4,6	4,81
06/ago	0,67	0,98	1,29	1,61	1,92	2,23	2,55	2,86	3,17	3,48
07/ago	1,68	1,94	2,19	2,45	2,7	2,96	3,22	3,47	3,73	3,98
08/ago	0	0	0,11	0,47	0,84	1,2	1,57	1,93	2,3	2,66
09/ago	0	0	0	0	0	0,35	0,77	1,18	1,59	2,01
10/ago	0	0	0	0	0,16	0,55	0,94	1,33	1,73	2,12
11/ago	0,44	0,73	1,03	1,32	1,61	1,91	2,2	2,5	2,79	3,09
12/ago	5,4	5,44	5,48	5,52	5,56	5,6	5,64	5,68	5,73	5,77
13/ago	3,81	3,93	4,04	4,16	4,27	4,38	4,5	4,61	4,73	4,84
14/ago	2,51	2,68	2,86	3,03	3,21	3,38	3,55	3,73	3,9	4,08
15/ago	0,51	0,78	1,05	1,32	1,58	1,85	2,12	2,39	2,66	2,93
16/ago	0,12	0,4	0,68	0,97	1,25	1,54	1,82	2,1	2,39	2,67
17/ago	0,74	0,99	1,24	1,48	1,73	1,98	2,23	2,47	2,72	2,97
18/ago	0	0,27	0,55	0,83	1,11	1,39	1,67	1,95	2,23	2,51
19/ago	1,09	1,31	1,53	1,75	1,97	2,19	2,41	2,64	2,86	3,08
20/ago	4,21	4,27	4,33	4,39	4,45	4,51	4,57	4,63	4,69	4,75
21/ago	2,49	2,63	2,77	2,91	3,05	3,2	3,34	3,48	3,62	3,76
22/ago	2,35	2,5	2,64	2,78	2,93	3,07	3,22	3,36	3,5	3,65
23/ago	0,94	1,15	1,36	1,57	1,78	1,99	2,2	2,41	2,62	2,83
24/ago	0	0	0	0	0,04	0,36	0,67	0,98	1,3	1,61
25/ago	0	0,14	0,39	0,65	0,9	1,16	1,41	1,66	1,92	2,17

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
26/ago	2,6	2,72	2,83	2,94	3,06	3,17	3,29	3,4	3,52	3,63
27/ago	3,47	3,53	3,6	3,67	3,74	3,8	3,87	3,94	4,01	4,07
28/ago	3,86	3,91	3,95	3,99	4,04	4,08	4,12	4,17	4,21	4,25
29/ago	3,1	3,18	3,26	3,34	3,41	3,49	3,57	3,65	3,72	3,8
30/ago	3,72	3,77	3,81	3,85	3,9	3,94	3,98	4,02	4,07	4,11
31/ago	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após ponto de demanda D3 nos meses críticos de julho e agosto, referente ao cenário 1.

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%
01/jul	5,86	6,55	7,23	7,91	8,59	9,27	9,95	10,63	11,32	12
02/jul	8,07	8,62	9,18	9,73	10,29	10,84	11,39	11,95	12,5	13,06
03/jul	9,19	9,69	10,18	10,67	11,16	11,66	12,15	12,64	13,13	13,63
04/jul	8,63	9,12	9,61	10,1	10,59	11,08	11,58	12,07	12,56	13,05
05/jul	7,72	8,23	8,74	9,25	9,76	10,28	10,79	11,3	11,81	12,33
06/jul	3,29	3,35	3,41	3,47	4,2	5,04	5,87	6,71	7,55	8,38
07/jul	3,11	3,17	3,23	3,29	3,36	3,53	4,43	5,34	6,25	7,15
08/jul	4,64	5,24	5,85	6,45	7,05	7,65	8,25	8,85	9,45	10,06
09/jul	10,35	10,65	10,95	11,24	11,54	11,84	12,13	12,43	12,73	13,02
10/jul	9,52	9,84	10,16	10,48	10,8	11,13	11,45	11,77	12,09	12,41
11/jul	11,33	11,54	11,76	11,98	12,19	12,41	12,63	12,84	13,06	13,28
12/jul	9,18	9,49	9,79	10,1	10,4	10,71	11,02	11,32	11,63	11,93
13/jul	6,77	7,17	7,58	7,99	8,4	8,81	9,22	9,62	10,03	10,44
14/jul	7,29	7,66	8,03	8,4	8,77	9,14	9,5	9,87	10,24	10,61
15/jul	12,44	12,54	12,64	12,74	12,84	12,93	13,03	13,13	13,23	13,33
16/jul	6,31	6,7	7,1	7,49	7,88	8,27	8,66	9,05	9,44	9,83
17/jul	4,83	5,28	5,72	6,17	6,61	7,06	7,51	7,95	8,4	8,84
18/jul	5,73	6,11	6,5	6,89	7,27	7,66	8,04	8,43	8,82	9,2
19/jul	3,23	3,64	4,15	4,65	5,15	5,65	6,15	6,65	7,16	7,66
20/jul	1,97	2,04	2,1	2,4	3,01	3,63	4,25	4,87	5,49	6,11
21/jul	2,14	2,19	2,24	2,3	2,49	3,12	3,76	4,39	5,03	5,66
22/jul	5,55	5,89	6,23	6,58	6,92	7,26	7,6	7,95	8,29	8,63
23/jul	5,49	5,83	6,16	6,49	6,82	7,16	7,49	7,82	8,16	8,49
24/jul	4,34	4,72	5,1	5,48	5,86	6,24	6,62	6,99	7,37	7,75
25/jul	2,96	2,96	2,96	3,04	3,55	4,06	4,56	5,07	5,58	6,09
26/jul	2,77	2,78	2,78	2,79	2,8	3,28	3,82	4,37	4,91	5,46
27/jul	1,61	1,8	2,29	2,79	3,29	3,79	4,28	4,78	5,28	5,77
28/jul	1,7	1,95	2,42	2,9	3,38	3,86	4,33	4,81	5,29	5,77
29/jul	8,19	8,32	8,45	8,58	8,71	8,84	8,98	9,11	9,24	9,37
30/jul	6,19	6,41	6,63	6,85	7,08	7,3	7,52	7,74	7,96	8,18
31/jul	5,1	5,36	5,63	5,89	6,16	6,42	6,69	6,95	7,22	7,48
01/ago	2,55	2,55	2,78	3,2	3,61	4,02	4,43	4,85	5,26	5,67
02/ago	2,43	2,43	2,44	2,45	2,45	2,47	2,97	3,48	3,98	4,48

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>	<b>30%</b>	<b>35%</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>
03/ago	1,3	1,36	1,42	1,48	1,54	1,6	1,66	2	2,6	3,2
04/ago	1,52	1,57	1,62	1,66	1,71	2,2	2,7	3,19	3,69	4,19
05/ago	5,38	5,59	5,79	5,99	6,2	6,4	6,61	6,81	7,02	7,22
06/ago	3,05	3,36	3,67	3,98	4,3	4,61	4,92	5,24	5,55	5,86
07/ago	4,02	4,27	4,53	4,78	5,04	5,3	5,55	5,81	6,06	6,32
08/ago	2,29	2,29	2,4	2,76	3,13	3,49	3,86	4,22	4,59	4,95
09/ago	2,16	2,16	2,17	2,17	2,18	2,53	2,95	3,37	3,79	4,21
10/ago	1,09	1,15	1,21	1,26	1,48	1,93	2,38	2,83	3,28	3,73
11/ago	1,79	2,13	2,47	2,81	3,15	3,49	3,83	4,17	4,51	4,86
12/ago	7,77	7,81	7,85	7,9	7,94	7,98	8,02	8,06	8,1	8,14
13/ago	6,27	6,38	6,5	6,61	6,73	6,84	6,96	7,07	7,18	7,3
14/ago	5	5,17	5,35	5,52	5,7	5,87	6,05	6,22	6,4	6,57
15/ago	3,07	3,34	3,61	3,88	4,15	4,42	4,69	4,96	5,23	5,5
16/ago	2,62	2,91	3,2	3,49	3,78	4,07	4,36	4,65	4,94	5,23
17/ago	2,36	2,67	2,97	3,27	3,57	3,87	4,17	4,47	4,77	5,07
18/ago	1,89	2,2	2,52	2,85	3,17	3,49	3,81	4,14	4,46	4,78
19/ago	3,87	4,09	4,31	4,53	4,75	4,97	5,19	5,42	5,64	5,86
20/ago	7,04	7,1	7,16	7,22	7,28	7,34	7,4	7,46	7,52	7,58
21/ago	5,33	5,47	5,61	5,75	5,9	6,04	6,18	6,32	6,46	6,6
22/ago	5,21	5,35	5,5	5,64	5,78	5,93	6,07	6,21	6,36	6,5
23/ago	3,71	3,93	4,14	4,36	4,57	4,79	5	5,22	5,43	5,65
24/ago	1,92	1,97	2,02	2,07	2,16	2,52	2,88	3,24	3,61	3,97
25/ago	1,9	2,09	2,39	2,69	3	3,3	3,6	3,9	4,21	4,51
26/ago	5,19	5,31	5,44	5,57	5,69	5,82	5,95	6,07	6,2	6,33
27/ago	6,32	6,39	6,45	6,52	6,59	6,66	6,72	6,79	6,86	6,92
28/ago	6,62	6,67	6,72	6,77	6,82	6,87	6,92	6,96	7,01	7,06
29/ago	5,35	5,46	5,56	5,67	5,77	5,88	5,98	6,09	6,19	6,3
30/ago	6,45	6,5	6,54	6,58	6,63	6,67	6,71	6,75	6,8	6,84
31/ago	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61	7,61
31/ago	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51

## APÊNDICE C – VAZÃO NO RIO URUBU NO CENÁRIO 2

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó D2 para redução da demanda em 90% das bombas hidráulicas, nos meses críticos de julho e agosto, referente ao cenário 2.

Data	Referência	35%	40%	45%	50%	Data	Referência	35%	40%	45%	50%
01/jul	2,05	5,71	6,24	6,76	7,29	01/ago	0	1,87	2,23	2,58	2,93
02/jul	3,6	6,64	7,08	7,51	7,95	02/ago	0	0,66	1,11	1,56	2,01
03/jul	4,13	7,13	7,55	7,98	8,41	03/ago	0	0	0,51	1,01	1,52
04/jul	3,84	6,94	7,38	7,82	8,27	04/ago	0	1,08	1,49	1,9	2,31
05/jul	3,23	6,36	6,8	7,25	7,7	05/ago	2,96	4,29	4,48	4,67	4,86
06/jul	0	2,32	3	3,67	4,35	06/ago	0,67	2,59	2,87	3,14	3,42
07/jul	0	1	1,73	2,46	3,19	07/ago	1,68	3,18	3,4	3,61	3,83
08/jul	1,4	4,95	5,46	5,97	6,47	08/ago	0	1,54	1,85	2,16	2,47
09/jul	6,27	8,01	8,26	8,51	8,76	09/ago	0	0,82	1,19	1,55	1,91
10/jul	5,5	7,43	7,7	7,98	8,25	10/ago	0	1,08	1,43	1,79	2,14
11/jul	7,35	8,81	9,02	9,23	9,44	11/ago	0,44	2,29	2,55	2,82	3,08
12/jul	5,46	7,27	7,53	7,79	8,05	12/ago	5,4	5,65	5,68	5,72	5,76
13/jul	4,27	6,22	6,5	6,78	7,06	13/ago	3,81	4,34	4,42	4,49	4,57
14/jul	4,63	6,37	6,62	6,87	7,12	14/ago	2,51	3,5	3,64	3,79	3,93
15/jul	8,75	9,3	9,38	9,46	9,54	15/ago	0,51	2,39	2,66	2,93	3,2
16/jul	2,68	5,01	5,35	5,68	6,02	16/ago	0,12	2,07	2,35	2,63	2,91
17/jul	1,36	4,15	4,55	4,95	5,35	17/ago	0,74	2,25	2,47	2,69	2,9
18/jul	2,34	4,67	5	5,33	5,67	18/ago	0	1,77	2,02	2,28	2,53
19/jul	0	3,08	3,53	3,98	4,44	19/ago	1,09	2,39	2,57	2,76	2,94
20/jul	0	2,18	2,7	3,21	3,73	20/ago	4,21	4,56	4,61	4,66	4,71
21/jul	0	1,6	2,14	2,68	3,23	21/ago	2,49	3,23	3,33	3,44	3,55
22/jul	2,41	4,7	5,03	5,36	5,69	22/ago	2,35	3,36	3,5	3,65	3,79
23/jul	2,42	4,42	4,71	5	5,29	23/ago	0,94	2,37	2,58	2,78	2,99
24/jul	1,32	3,64	3,98	4,31	4,64	24/ago	0	0,79	1,07	1,36	1,64
25/jul	0	1,7	2,16	2,61	3,06	25/ago	0	1,51	1,74	1,97	2,21
26/jul	0	1,2	1,69	2,18	2,67	26/ago	2,6	3,4	3,51	3,63	3,74
27/jul	0	2,71	3,14	3,57	4,01	27/ago	3,47	3,79	3,83	3,88	3,93
28/jul	0	2,5	2,9	3,29	3,68	28/ago	3,86	4,17	4,21	4,25	4,3
29/jul	5,44	6,09	6,18	6,28	6,37	29/ago	3,1	3,65	3,72	3,8	3,88
30/jul	3,5	4,57	4,72	4,87	5,03	30/ago	3,72	4,02	4,07	4,11	4,15
31/jul	2,45	4,01	4,23	4,46	4,68	31/ago	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó D2 para redução da demanda em 80% das bombas hidráulicas, nos meses críticos de julho e agosto, referente ao cenário 2.

Data	Referência	35%	40%	45%	50%
01/jul	2,05	5,37	5,84	6,31	6,79
02/jul	3,6	6,29	6,68	7,07	7,45
03/jul	4,13	6,78	7,16	7,54	7,92
04/jul	3,84	6,59	6,98	7,38	7,77
05/jul	3,23	6,01	6,41	6,81	7,2
06/jul	0	1,97	2,6	3,23	3,86
07/jul	0	0,65	1,34	2,02	2,7
08/jul	1,4	4,6	5,06	5,52	5,98
09/jul	6,27	7,66	7,86	8,06	8,26
10/jul	5,5	7,08	7,3	7,53	7,76
11/jul	7,35	8,81	9,02	9,23	9,44
12/jul	5,46	7,27	7,53	7,79	8,05
13/jul	4,27	6,22	6,5	6,78	7,06
14/jul	4,63	6,37	6,62	6,87	7,12
15/jul	8,75	9,3	9,38	9,46	9,54
16/jul	2,68	4,67	4,95	5,23	5,52
17/jul	1,36	3,8	4,15	4,5	4,85
18/jul	2,34	4,5	4,81	5,11	5,42
19/jul	0	2,93	3,36	3,79	4,22
20/jul	0	2,18	2,7	3,21	3,73
21/jul	0	1,6	2,14	2,68	3,23
22/jul	2,41	4,7	5,03	5,36	5,69
23/jul	2,42	4,42	4,71	5	5,29
24/jul	1,32	3,62	3,95	4,28	4,61
25/jul	0	1,5	1,93	2,35	2,77
26/jul	0	1,07	1,54	2,01	2,48
27/jul	0	2,71	3,14	3,57	4,01
28/jul	0	2,5	2,9	3,29	3,68
29/jul	5,44	6,09	6,18	6,28	6,37
30/jul	3,5	4,57	4,72	4,87	5,03
31/jul	2,45	3,99	4,21	4,43	4,65

Data	Referência	35%	40%	45%	50%
01/ago	0	1,68	2	2,32	2,65
02/ago	0	0,49	0,92	1,34	1,76
03/ago	0	0	0,51	1,01	1,52
04/ago	0	1,08	1,49	1,9	2,31
05/ago	2,96	4,29	4,48	4,67	4,86
06/ago	0,67	2,59	2,87	3,14	3,42
07/ago	1,68	3,16	3,37	3,58	3,79
08/ago	0	1,37	1,66	1,94	2,23
09/ago	0	0,68	1,03	1,37	1,71
10/ago	0	1,08	1,43	1,79	2,14
11/ago	0,44	2,29	2,55	2,82	3,08
12/ago	5,4	5,65	5,68	5,72	5,76
13/ago	3,81	4,34	4,42	4,49	4,57
14/ago	2,51	3,48	3,62	3,76	3,89
15/ago	0,51	2,28	2,53	2,78	3,03
16/ago	0,12	1,96	2,22	2,48	2,75
17/ago	0,74	2,25	2,47	2,69	2,9
18/ago	0	1,77	2,02	2,28	2,53
19/ago	1,09	2,39	2,57	2,76	2,94
20/ago	4,21	4,56	4,61	4,66	4,71
21/ago	2,49	3,23	3,33	3,44	3,55
22/ago	2,35	3,36	3,5	3,65	3,79
23/ago	0,94	2,37	2,58	2,78	2,99
24/ago	0	0,79	1,07	1,36	1,64
25/ago	0	1,51	1,74	1,97	2,21
26/ago	2,6	3,4	3,51	3,63	3,74
27/ago	3,47	3,79	3,83	3,88	3,93
28/ago	3,86	4,17	4,21	4,25	4,3
29/ago	3,1	3,65	3,72	3,8	3,88
30/ago	3,72	4,02	4,07	4,11	4,15
31/ago	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó D2 para redução da demanda em 70% das bombas hidráulicas, nos meses críticos de julho e agosto, referente ao cenário 2.

Data	Referência	40%	45%	50%	55%	60%
01/jul	2,05	5,24	5,64	6,05	6,45	6,85
02/jul	3,6	6,08	6,4	6,71	7,02	7,33
03/jul	4,13	6,56	6,87	7,17	7,48	7,78
04/jul	3,84	6,39	6,71	7,03	7,34	7,66
05/jul	3,23	5,81	6,14	6,46	6,78	7,11
06/jul	0	2	2,56	3,11	3,67	4,22
07/jul	0	0,74	1,35	1,95	2,56	3,17
08/jul	1,4	4,47	4,85	5,23	5,62	6
09/jul	6,27	7,27	7,39	7,52	7,64	7,77
10/jul	5,5	6,71	6,86	7,01	7,16	7,32
11/jul	7,35	9,02	9,23	9,44	9,65	9,86
12/jul	5,46	7,53	7,79	8,05	8,31	8,57
13/jul	4,27	6,5	6,78	7,06	7,34	7,62
14/jul	4,63	6,62	6,87	7,12	7,37	7,62
15/jul	8,75	9,38	9,46	9,54	9,62	9,7
16/jul	2,68	4,95	5,23	5,52	5,8	6,09
17/jul	1,36	3,69	3,98	4,27	4,56	4,86
18/jul	2,34	3,92	4,11	4,31	4,51	4,71
19/jul	0	2,41	2,72	3,03	3,34	3,66
20/jul	0	2,03	2,46	2,9	3,33	3,76
21/jul	0	1,45	1,91	2,37	2,82	3,28
22/jul	2,41	4,51	4,77	5,03	5,3	5,56
23/jul	2,42	4,46	4,72	4,98	5,23	5,49
24/jul	1,32	3,25	3,49	3,73	3,97	4,21
25/jul	0	0,98	1,28	1,59	1,89	2,2
26/jul	0	0,65	1	1,36	1,72	2,08
27/jul	0	3,04	3,45	3,87	4,29	4,71
28/jul	0	2,9	3,29	3,68	4,07	4,47
29/jul	5,44	6,18	6,28	6,37	6,46	6,56
30/jul	3,5	4,72	4,87	5,03	5,18	5,34
31/jul	2,45	3,74	3,9	4,06	4,22	4,38
01/ago	0	1,19	1,42	1,64	1,87	2,09
02/ago	0	0,15	0,48	0,81	1,14	1,46
03/ago	0	0	0,47	0,91	1,36	1,8
04/ago	0	0,95	1,3	1,64	1,99	2,33
05/ago	2,96	3,92	4,04	4,16	4,28	4,4
06/ago	0,67	2,08	2,25	2,43	2,61	2,78
07/ago	1,68	3,33	3,54	3,75	3,95	4,16
08/ago	0	1,38	1,64	1,89	2,14	2,39
09/ago	0	0,71	1,01	1,32	1,62	1,92
10/ago	0	1,3	1,64	1,98	2,32	2,66
11/ago	0,44	2,55	2,82	3,08	3,35	3,61

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>40%</b>	<b>45%</b>	<b>50%</b>	<b>55%</b>	<b>60%</b>
12/ago	5,4	5,68	5,72	5,76	5,79	5,83
13/ago	3,81	4,42	4,49	4,57	4,65	4,72
14/ago	2,51	3,2	3,29	3,37	3,46	3,55
15/ago	0,51	1,95	2,13	2,32	2,5	2,68
16/ago	0,12	1,52	1,69	1,87	2,05	2,22
17/ago	0,74	1,91	2,06	2,2	2,35	2,49
18/ago	0	1,54	1,73	1,92	2,12	2,31
19/ago	1,09	2,57	2,76	2,94	3,13	3,31
20/ago	4,21	4,61	4,66	4,71	4,76	4,81
21/ago	2,49	3,33	3,44	3,55	3,65	3,76
22/ago	2,35	3,5	3,65	3,79	3,93	4,08
23/ago	0,94	2,13	2,28	2,43	2,58	2,73
24/ago	0	0,59	0,81	1,04	1,26	1,49
25/ago	0	1,74	1,97	2,21	2,44	2,67
26/ago	2,6	3,51	3,63	3,74	3,86	3,97
27/ago	3,47	3,83	3,88	3,93	3,97	4,02
28/ago	3,86	4,21	4,25	4,3	4,34	4,38
29/ago	3,1	3,72	3,8	3,88	3,96	4,03
30/ago	3,72	4,07	4,11	4,15	4,19	4,24
31/ago	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51
31/ago	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51	4,51

## APÊNDICE D – VAZÃO NO RIO URUBU NO CENÁRIO 3

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó de demanda D1 para antecipação da demanda nos meses críticos de julho, agosto e junho, referente ao cenário 3.

Data	Referência	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias	25 dias	30 dias
01/jul	7,29	5,47	12,63	10,84	7,11	9,78	11,64
02/jul	9,41	6,24	11,54	9,49	10,94	10,79	9,57
03/jul	8,71	7,53	9,87	9,51	11,43	9,72	8,11
04/jul	5,87	9,58	9,91	8,63	10,18	11,99	7,77
05/jul	5,93	8,26	12,75	6,75	8,27	10,96	7,54
06/jul	4,89	11,08	9,29	5,56	8,23	10,09	9,67
07/jul	5,58	10,04	7,98	9,43	9,29	8,07	8,9
08/jul	6,07	8,41	8,05	9,97	8,26	6,65	10,02
09/jul	8,17	8,49	7,21	8,77	10,58	6,35	8,2
10/jul	6,88	11,37	5,38	6,9	9,59	6,17	7,64
11/jul	9,74	7,95	4,24	6,9	8,75	8,33	7,27
12/jul	8,74	6,68	8,13	7,99	6,78	7,6	8,35
13/jul	7,15	6,78	8,71	7	5,39	8,76	10,5
14/jul	7,26	5,98	7,54	9,35	5,13	6,97	9,14
15/jul	10,19	4,42	5,71	8,4	4,98	6,45	7,85
16/jul	6,8	3,82	5,89	7,6	7,18	6,12	6,45
17/jul	5,56	7,01	6,87	5,65	6,48	7,22	6,38
18/jul	5,69	7,61	5,91	4,3	7,67	9,41	7,37
19/jul	4,96	6,48	8,29	4,63	5,91	8,07	6,67
20/jul	3,99	4,94	7,36	3,95	5,41	6,81	6,56
21/jul	3,45	5,32	6,59	6,17	5,11	5,44	8,23
22/jul	6,03	5,89	4,67	5,5	6,24	5,4	6,77
23/jul	6,66	4,95	3,86	6,71	8,46	6,41	6,1
24/jul	5,55	7,36	4,19	4,98	7,15	5,74	5,33
25/jul	4,47	6,46	3,24	4,51	5,91	5,66	4,96
26/jul	4,82	5,71	5,29	4,23	4,56	7,34	5,93
27/jul	5,15	3,81	4,64	5,39	4,54	5,92	7
28/jul	4,23	3,5	5,88	7,62	5,58	5,27	6,79
29/jul	6,54	3,8	4,17	6,33	4,92	4,52	7,11
30/jul	5,67	2,94	3,92	5,12	4,87	4,17	7,59
31/jul	4,94	4,51	3,53	3,79	6,57	5,16	7,67
01/ago	3,39	3,88	4,63	3,79	5,16	6,25	7,53
02/ago	3,19	5,14	6,89	4,84	4,53	6,05	7,39
03/ago	3,47	3,45	5,62	4,21	3,8	6,39	7,25
04/ago	2,68	3,57	4,42	4,17	3,47	6,89	7,12
05/ago	3,84	3,22	3,11	5,89	4,48	7	6,99
06/ago	3,22	3,97	3,12	4,5	5,59	6,87	6,86
07/ago	4,5	6,24	4,2	3,88	5,41	6,74	6,74
08/ago	3,15	4,98	3,58	3,17	5,76	6,62	6,62
09/ago	3,26	3,8	3,55	2,85	6,27	6,5	6,5

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5 dias</b>	<b>10 dias</b>	<b>15 dias</b>	<b>20 dias</b>	<b>25 dias</b>	<b>30 dias</b>
10/ago	2,95	2,5	5,29	3,88	6,39	6,39	6,38
11/ago	3,38	2,53	3,91	5	6,28	6,27	6,27
12/ago	5,67	3,62	3,31	4,83	6,17	6,16	6,16
13/ago	4,42	3,02	2,61	5,2	6,06	6,06	6,05
14/ago	3,25	3	2,48	5,73	5,96	5,95	5,95
15/ago	1,97	4,76	3,34	5,86	5,85	5,85	5,85
16/ago	2,02	3,39	4,48	5,76	5,75	5,75	5,75
17/ago	3,12	2,8	4,33	5,66	5,66	5,65	5,65
18/ago	2,53	2,12	4,71	5,57	5,56	5,56	5,56
19/ago	2,52	2,28	5,24	5,47	5,47	5,46	5,46
20/ago	4,29	2,87	5,39	5,38	5,38	5,37	5,37
21/ago	2,93	4,02	5,3	5,29	5,29	5,28	5,28
22/ago	2,35	3,87	5,21	5,2	5,2	5,2	5,2
23/ago	1,68	4,26	5,12	5,12	5,11	5,11	5,11
24/ago	2,1	4,81	5,04	5,03	5,03	5,03	5,03
25/ago	2,51	4,96	4,96	4,95	4,95	4,95	4,95
26/ago	3,6	4,88	4,88	4,87	4,87	4,87	4,87
27/ago	3,47	4,8	4,8	4,79	4,79	4,79	4,79
28/ago	3,86	4,72	4,72	4,71	4,71	4,71	4,71
29/ago	4,42	4,65	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64
30/ago	4,58	4,57	4,57	4,56	4,56	4,56	4,56
31/ago	4,51	4,5	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49
01/jun	32,31	32,2	31,43	29,6	29,52	29,55	23,03
02/jun	31,5	31,1	30,16	28,45	28,72	28,47	23,67
03/jun	30,69	27,76	29,52	27,62	26,02	27,52	25,35
04/jun	29,9	26,4	27,18	27	26,31	25,65	24,19
05/jun	29,12	26,69	27,19	26,14	26,41	24,55	20,91
06/jun	28,36	27,57	25,76	25,68	25,72	19,19	20,53
07/jun	27,32	26,38	24,68	24,95	24,7	19,9	17,53
08/jun	24,06	25,81	23,92	22,32	23,83	21,65	17,01
09/jun	22,78	23,55	23,38	22,7	22,04	20,58	19,4
10/jun	23,16	23,65	22,61	22,89	21,03	17,38	21,1
11/jun	24,14	22,32	22,25	22,29	15,77	17,1	19,43
12/jun	23,04	21,33	21,62	21,37	16,57	14,2	21,9
13/jun	22,57	20,67	19,09	20,59	18,42	13,77	20,54
14/jun	20,41	20,23	19,55	18,9	17,44	16,26	18,59
15/jun	20,6	19,54	19,83	17,97	14,33	18,04	18,36
16/jun	19,35	19,27	19,32	12,79	14,14	16,46	20,95
17/jun	18,45	18,72	18,49	13,69	11,32	19,02	17,23
18/jun	17,88	16,28	17,79	15,62	10,97	17,74	15,68
19/jun	17,51	16,83	16,18	14,72	13,54	15,88	15,51
20/jun	16,91	17,19	15,34	11,69	15,41	15,72	14,44
21/jun	16,72	16,76	10,24	11,58	13,91	18,39	12,39
22/jun	16,25	16	11,21	8,84	16,55	14,76	11,02

Data	Referência	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias	25 dias	30 dias
23/jun	13,88	15,39	13,22	8,57	15,34	13,28	14,73
24/jun	14,5	13,85	12,39	11,22	13,56	13,18	15,1
25/jun	14,94	13,08	9,44	13,16	13,47	12,19	13,75
26/jun	14,58	8,05	9,4	11,72	16,21	10,21	11,73
27/jun	13,89	9,09	6,73	14,43	12,65	8,91	11,58
28/jun	13,34	11,16	7	13,29	11,23	12,68	12,54
29/jun	11,86	10,4	9,23	11,57	11,2	13,12	11,41
30/jun	11,15	7,51	11,23	11,55	10,27	11,83	13,63

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó de demanda D2 para antecipação da demanda nos meses críticos de julho, agosto e junho referente ao cenário 3.

Data	Referência	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias	25 dias	30 dias
01/jul	2,05	0	10,24	6,73	2,86	3,71	9,15
02/jul	3,6	0	8,26	5,28	7,32	5,46	5,92
03/jul	4,13	2,86	6,99	6,15	7,18	5,37	3,86
04/jul	3,84	7,69	7,27	3,62	5,96	10,89	2,64
05/jul	3,23	6,87	11,32	2,17	3,05	8,79	4,19
06/jul	0	8,68	5,18	1,31	2,16	7,6	8,79
07/jul	0	6,75	3,78	5,81	3,96	4,42	6,34
08/jul	1,4	5,53	4,69	5,72	3,91	2,41	7,2
09/jul	6,27	5,85	2,2	4,54	9,47	1,22	4,75
10/jul	5,5	9,94	0,79	1,68	7,42	2,81	3,52
11/jul	7,35	3,84	0	0,83	6,27	7,46	3,68
12/jul	5,46	2,48	4,52	2,66	3,12	5,05	5,4
13/jul	4,27	3,43	4,46	2,65	1,15	5,94	10,24
14/jul	4,63	0,97	3,32	8,25	0	3,53	8,52
15/jul	8,75	0	0,49	6,23	1,62	2,33	7,1
16/jul	2,68	0	0	5,11	6,3	2,53	4,98
17/jul	1,36	3,39	1,53	2	3,92	4,28	4,48
18/jul	2,34	3,37	1,55	0,05	4,85	9,15	4,99
19/jul	0	2,25	7,18	0	2,47	7,46	4,13
20/jul	0	0	5,2	0,59	1,3	6,07	5,13
21/jul	0	0	4,1	5,3	1,52	3,98	8,14
22/jul	2,41	0,55	1,02	2,94	3,3	3,5	6,33
23/jul	2,42	0,6	0	3,9	8,19	4,04	6,1
24/jul	1,32	6,25	0	1,54	6,53	3,2	4,59
25/jul	0	4,29	0	0,39	5,16	4,23	2,36
26/jul	0	3,22	4,42	0,64	3,1	7,26	3,37
27/jul	0	0,16	2,09	2,44	2,64	5,47	6
28/jul	0	0	3,06	7,36	3,2	5,27	6,79
29/jul	5,44	0	0,72	5,72	2,39	3,78	7,11
30/jul	3,5	0	0	4,37	3,43	1,57	6,27
31/jul	2,45	3,64	0	2,32	6,49	2,59	6,82

Data	Referência	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias	25 dias	30 dias
01/ago	0	1,33	1,69	1,89	4,72	5,25	7,53
02/ago	0	2,33	6,62	2,47	4,53	6,05	7,39
03/ago	0	0,01	5	1,67	3,06	6,39	7,25
04/ago	0	0	3,67	2,74	0,87	5,57	7,12
05/ago	2,96	0	1,64	5,81	1,91	6,14	6,99
06/ago	0,67	1,02	1,22	4,06	4,58	6,87	6,86
07/ago	1,68	5,97	1,82	3,88	5,41	6,74	6,74
08/ago	0	4,37	1,04	2,43	5,76	6,62	6,62
09/ago	0	3,05	2,12	0,25	4,96	6,5	6,5
10/ago	0	1,04	5,21	1,31	5,54	6,39	6,38
11/ago	0,44	0,64	3,47	4	6,28	6,27	6,27
12/ago	5,4	1,25	3,31	4,83	6,17	6,16	6,16
13/ago	3,81	0,48	1,87	5,2	6,06	6,06	6,05
14/ago	2,51	1,57	0	4,41	5,96	5,95	5,95
15/ago	0,51	4,67	0,78	5	5,85	5,85	5,85
16/ago	0,12	2,95	3,48	5,76	5,75	5,75	5,75
17/ago	0,74	2,8	4,33	5,66	5,66	5,65	5,65
18/ago	0	1,38	4,71	5,57	5,56	5,56	5,56
19/ago	1,09	0	3,93	5,47	5,47	5,46	5,46
20/ago	4,21	0,31	4,53	5,38	5,38	5,37	5,37
21/ago	2,49	3,02	5,3	5,29	5,29	5,28	5,28
22/ago	2,35	3,87	5,21	5,2	5,2	5,2	5,2
23/ago	0,94	4,26	5,12	5,12	5,11	5,11	5,11
24/ago	0	3,5	5,04	5,03	5,03	5,03	5,03
25/ago	0	4,11	4,96	4,95	4,95	4,95	4,95
26/ago	2,6	4,88	4,88	4,87	4,87	4,87	4,87
27/ago	3,47	4,8	4,8	4,79	4,79	4,79	4,79
28/ago	3,86	4,72	4,72	4,71	4,71	4,71	4,71
29/ago	3,1	4,65	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64
30/ago	3,72	4,57	4,57	4,56	4,56	4,56	4,56
31/ago	4,51	4,5	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49
01/jun	32,31	32,2	29,51	28,21	26,11	25,31	16,18
02/jun	31,5	30,27	28,06	26,7	25,92	23,96	18,43
03/jun	30,69	25,61	27,76	25,85	23,45	23,68	19,53
04/jun	29,63	24,49	25,58	24,93	24,09	20,78	19,61
05/jun	28,51	25,85	25,58	22,64	23,31	20,27	18,88
06/jun	28,36	25,65	24,38	22,27	21,48	12,35	17,83
07/jun	26,49	24,27	22,93	22,15	20,2	14,66	11,74
08/jun	21,91	24,05	22,16	19,75	19,99	15,83	9,63
09/jun	20,87	21,95	21,31	20,48	17,17	16	14,73
10/jun	22,32	22,04	19,11	19,78	16,74	15,35	19,2
11/jun	22,22	20,93	18,84	18,05	8,92	14,4	18,04
12/jun	20,94	19,58	18,82	16,86	11,33	8,41	19,51
13/jun	20,81	18,91	16,51	16,75	12,6	6,4	17,25

Data	Referência	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias	25 dias	30 dias
14/jun	18,81	18,16	17,33	14,03	12,86	11,59	15,71
15/jun	18,98	16,05	16,73	13,69	12,3	16,15	15,72
16/jun	17,96	15,87	15,08	5,95	11,43	15,07	19,51
17/jun	16,7	15,93	13,98	8,45	5,53	16,63	13,12
18/jun	16,11	13,71	13,95	9,8	3,6	14,45	11,48
19/jun	15,44	14,61	11,31	10,14	8,87	12,99	12,15
20/jun	13,41	14,08	11,05	9,67	13,52	13,09	9,44
21/jun	13,31	12,52	3,4	8,88	12,52	16,96	7,81
22/jun	13,45	11,5	5,97	3,05	14,16	10,64	6,77
23/jun	11,31	11,54	7,4	1,2	12,06	9,08	11,11
24/jun	12,28	8,98	7,81	6,55	10,67	9,83	10,86
25/jun	11,83	8,79	7,41	11,26	10,84	7,18	9,52
26/jun	10,34	1,21	6,69	10,34	14,78	5,62	6,51
27/jun	9,38	3,85	0,94	12,04	8,53	4,66	5,51
28/jun	9,49	5,34	0	10,01	7,03	9,06	7,2
29/jun	6,99	5,82	4,56	8,68	7,85	8,88	7,06
30/jun	6,87	5,48	9,34	8,91	5,26	7,6	12,53
30/jun	11,15	7,51	11,23	11,55	10,27	11,83	13,63

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó de demanda D3 para antecipação da demanda nos meses críticos de julho, agosto e junho, referente ao cenário 3.

Data	Referência	5 dias	10 dias	15 dias	20 dias	25 dias	30 dias
01/jul	5,86	3,59	15,03	11,49	6,54	8,3	13,85
02/jul	8,07	3,58	12,92	10,05	12,06	8,93	10,58
03/jul	9,19	6,95	10,75	11,14	12,15	9,21	8,66
04/jul	8,63	12,45	10,94	8,24	10,64	15,55	6,08
05/jul	7,72	11,45	15,87	5,41	7,56	13,28	7,72
06/jul	3,29	13,17	9,64	4,68	6,44	12	13,18
07/jul	3,11	10,94	8,07	10,09	6,96	8,61	10,56
08/jul	4,64	8,44	8,83	9,84	6,91	6,36	11,27
09/jul	10,35	8,83	6,14	8,55	13,46	3,99	8,71
10/jul	9,52	13,93	3,47	5,63	11,35	5,79	7,31
11/jul	11,33	7,79	2,87	4,6	10,16	11,34	6,4
12/jul	9,18	6,31	8,33	5,21	6,85	8,81	8,22
13/jul	6,77	7,15	8,17	5,24	4,69	9,6	13,88
14/jul	7,29	4,59	7	11,92	2,45	7,17	12,15
15/jul	12,44	2,38	4,14	9,86	4,3	5,83	10,69
16/jul	6,31	2,55	3,45	8,68	9,86	4,92	8,51
17/jul	4,83	6,84	3,72	5,37	7,32	6,73	7,74
18/jul	5,73	6,73	3,81	3,26	8,17	12,45	7,22
19/jul	3,23	5,55	10,47	2,06	5,72	10,7	6,52
20/jul	1,97	3,24	8,42	2,86	4,38	9,25	8,3
21/jul	2,14	3,04	7,27	8,44	3,5	7,1	11,25

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5 dias</b>	<b>10 dias</b>	<b>15 dias</b>	<b>20 dias</b>	<b>25 dias</b>	<b>30 dias</b>
22/jul	5,55	2,42	4,07	6,03	5,44	6,45	9,38
23/jul	5,49	2,56	2,92	6,92	11,21	5,98	9,09
24/jul	4,34	9,25	1,78	4,51	9,49	5,31	7,44
25/jul	2,96	7,23	1,99	3,2	8,07	7,12	4,28
26/jul	2,77	6,11	7,29	2,35	5,95	10,1	5,24
27/jul	1,61	2,95	4,91	4,32	5,32	8,26	8,53
28/jul	1,7	2,66	5,83	10,11	4,88	8	9,51
29/jul	8,19	1,53	3,44	8,42	4,24	6,37	9,67
30/jul	6,19	1,74	2,56	7,02	6,08	3,24	8,34
31/jul	5,1	6,27	1,47	4,93	9,09	4,22	9,4
01/ago	2,55	3,91	3,33	4,33	7,27	7,54	10,06
02/ago	2,43	4,86	9,15	3,92	7,04	8,55	9,88
03/ago	1,3	2,5	7,48	3,3	5,43	8,73	9,7
04/ago	1,52	2,34	6,11	5,16	2,32	7,43	9,52
05/ago	5,38	1,25	4,04	8,19	3,33	8,5	9,35
06/ago	3,05	2,46	3,46	6,4	6,67	9,19	9,18
07/ago	4,02	8,3	3,07	6,19	7,7	9,03	9,02
08/ago	2,29	6,65	2,47	4,6	7,89	8,87	8,86
09/ago	2,16	5,3	4,36	1,51	6,62	8,72	8,71
10/ago	1,09	3,27	7,43	2,56	7,74	8,58	8,57
11/ago	1,79	2,79	5,73	6	8,52	8,51	8,5
12/ago	7,77	2,54	5,66	7,18	8,5	8,49	8,49
13/ago	6,27	2,08	4,22	7,51	8,48	8,47	8,46
14/ago	5	4,05	1,51	6,32	8,41	8,4	8,4
15/ago	3,07	7,23	2,37	7,54	8,39	8,38	8,37
16/ago	2,62	5,56	5,83	8,36	8,34	8,33	8,33
17/ago	2,36	5,48	7	8,32	8,31	8,3	8,3
18/ago	1,89	4,01	7,3	8,27	8,26	8,25	8,25
19/ago	3,87	1,81	6,14	8,23	8,22	8,21	8,21
20/ago	7,04	2,17	7,35	8,19	8,18	8,17	8,17
21/ago	5,33	5,6	8,12	8,11	8,1	8,1	8,1
22/ago	5,21	6,72	8,05	8,04	8,03	8,02	8,02
23/ago	3,71	7,01	7,98	7,97	7,96	7,95	7,95
24/ago	1,92	5,82	7,91	7,9	7,89	7,89	7,89
25/ago	1,9	6,96	7,8	7,79	7,78	7,78	7,78
26/ago	5,19	7,71	7,7	7,69	7,68	7,68	7,68
27/ago	6,32	7,65	7,64	7,63	7,62	7,62	7,62
28/ago	6,62	7,59	7,58	7,57	7,56	7,56	7,57
29/ago	5,35	7,44	7,43	7,42	7,42	7,42	7,42
30/ago	6,45	7,3	7,29	7,28	7,28	7,28	7,28
31/ago	7,61	7,59	7,58	7,58	7,57	7,58	7,58
01/jun	51,64	51,44	48,69	47	45,17	44,32	33,92
02/jun	50,44	49,13	46,86	45,31	44,62	42,6	36
03/jun	48,79	43,26	45,41	43,76	41,3	41,48	36,92

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5 dias</b>	<b>10 dias</b>	<b>15 dias</b>	<b>20 dias</b>	<b>25 dias</b>	<b>30 dias</b>
04/jun	46,92	41,55	42,44	42,02	41,14	37,42	36,57
05/jun	49,06	46,19	45,69	43	43,62	40,21	39,11
06/jun	49,06	46,29	44,63	42,8	41,96	31,55	38,11
07/jun	45,21	42,92	41,4	40,7	38,7	32,09	28,94
08/jun	38,15	40,28	38,66	36,2	36,39	31,82	24,72
09/jun	35,33	36,21	35,81	34,93	31,22	30,37	28,11
10/jun	36,36	35,84	33,17	33,79	30,39	29,29	33,1
11/jun	36,08	34,4	32,6	31,75	21,36	27,91	31,64
12/jun	34,61	33,07	32,39	30,39	23,79	20,63	32,93
13/jun	33,28	31,64	29,2	29,39	24,83	17,73	29,65
14/jun	30,9	30,48	29,62	25,91	25,07	22,81	26,6
15/jun	30,78	28,1	28,74	25,33	24,24	28,05	26,52
16/jun	29,57	27,75	26,93	16,53	23,09	26,82	31,22
17/jun	28,24	27,54	25,56	18,95	15,81	28,1	24,56
18/jun	27,62	25,17	25,37	20,81	13,72	25,64	22,77
19/jun	26,8	25,92	22,23	21,38	19,13	22,92	23,3
20/jun	24,62	25,25	21,86	20,76	24,58	23,05	20,35
21/jun	24,27	23,43	13,05	19,6	23,34	27,74	17,28
22/jun	24,16	22,16	15,57	12,42	24,73	21,18	16,22
23/jun	21,77	21,97	17,42	10,32	22,26	19,38	21,39
24/jun	22,62	18,91	18,08	15,83	19,62	20,01	21,01
25/jun	21,93	18,53	17,45	21,26	19,74	17,04	19,44
26/jun	19,72	9,32	15,89	19,62	24,03	13,57	15,72
27/jun	18,45	11,85	8,71	21,02	17,48	12,52	14,28
28/jun	18,45	13,89	7,65	18,73	15,87	17,87	14,74
29/jun	15,38	14,53	12,29	16,09	16,48	17,48	14,55
30/jun	14,58	13,48	17,31	15,79	13,09	15,49	20,41
30/jun	6,87	5,48	9,34	8,91	5,26	7,6	12,53
30/jun	11,15	7,51	11,23	11,55	10,27	11,83	13,63

## APÊNDICE E – VAZÃO NO RIO URUBU NO CENÁRIO 4

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó de demanda D1 para antecipação de demanda em 5 dias e redução percentual da demanda, referente ao cenário 4.

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
01/jul	5,47	5,47	5,89	6,37	6,86	7,34	7,83	8,31	8,79
02/jul	6,24	6,24	6,24	6,24	6,67	7,14	7,62	8,09	8,57
03/jul	7,53	7,85	8,17	8,49	8,81	9,13	9,45	9,77	10,09
04/jul	9,58	9,78	9,99	10,19	10,39	10,59	10,79	11	11,2
05/jul	8,26	8,51	8,76	9,02	9,27	9,52	9,77	10,03	10,28
06/jul	11,08	11,17	11,27	11,37	11,46	11,56	11,66	11,75	11,85
07/jul	10,04	10,17	10,3	10,44	10,57	10,71	10,84	10,98	11,11
08/jul	8,41	8,61	8,81	9,02	9,22	9,42	9,62	9,82	10,02
09/jul	8,49	8,67	8,85	9,04	9,22	9,41	9,59	9,77	9,96
10/jul	11,37	11,4	11,43	11,45	11,48	11,51	11,53	11,56	11,59
11/jul	7,95	8,14	8,32	8,51	8,69	8,88	9,06	9,25	9,43
12/jul	6,68	6,92	7,15	7,39	7,62	7,86	8,09	8,33	8,57
13/jul	6,78	7	7,22	7,44	7,66	7,87	8,09	8,31	8,53
14/jul	5,98	6,23	6,48	6,72	6,97	7,22	7,46	7,71	7,96
15/jul	4,42	4,51	4,83	5,16	5,48	5,81	6,13	6,46	6,78
16/jul	3,82	3,82	3,82	4,17	4,54	4,91	5,28	5,65	6,02
17/jul	7,01	7,17	7,33	7,49	7,65	7,82	7,98	8,14	8,3
18/jul	7,61	7,73	7,85	7,97	8,1	8,22	8,34	8,46	8,58
19/jul	6,48	6,64	6,81	6,98	7,15	7,31	7,48	7,65	7,82
20/jul	4,94	4,94	5,16	5,41	5,66	5,91	6,16	6,4	6,65
21/jul	5,32	5,32	5,32	5,44	5,67	5,91	6,14	6,38	6,61
22/jul	5,89	6,05	6,22	6,39	6,56	6,72	6,89	7,06	7,23
23/jul	4,95	5,16	5,36	5,57	5,77	5,98	6,18	6,39	6,59
24/jul	7,36	7,43	7,51	7,58	7,66	7,74	7,81	7,89	7,96
25/jul	6,46	6,57	6,68	6,79	6,91	7,02	7,13	7,24	7,35
26/jul	5,71	5,85	5,99	6,13	6,27	6,41	6,55	6,69	6,84
27/jul	3,81	4,04	4,27	4,49	4,72	4,95	5,18	5,4	5,63
28/jul	3,5	3,5	3,5	3,5	3,65	3,93	4,21	4,5	4,78
29/jul	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	4,04	4,32	4,61
30/jul	2,94	2,94	2,94	3,09	3,38	3,66	3,94	4,22	4,5
31/jul	4,51	4,68	4,84	5	5,16	5,32	5,48	5,64	5,8
01/ago	3,88	4,07	4,25	4,44	4,62	4,81	5	5,18	5,37
02/ago	5,14	5,26	5,37	5,49	5,6	5,72	5,83	5,95	6,06
03/ago	3,45	3,64	3,84	4,03	4,22	4,42	4,61	4,8	4,99
04/ago	3,57	3,57	3,57	3,64	3,85	4,06	4,26	4,47	4,68
05/ago	3,22	3,22	3,22	3,42	3,63	3,84	4,06	4,27	4,48
06/ago	3,97	4,11	4,26	4,41	4,56	4,7	4,85	5	5,14
07/ago	6,24	6,27	6,29	6,32	6,35	6,37	6,4	6,43	6,46
08/ago	4,98	5,07	5,15	5,23	5,32	5,4	5,49	5,57	5,65
09/ago	3,8	3,94	4,07	4,21	4,35	4,48	4,62	4,76	4,9

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
10/ago	2,5	2,7	2,89	3,09	3,29	3,48	3,68	3,87	4,07
11/ago	2,53	2,72	2,91	3,1	3,29	3,48	3,67	3,86	4,04
12/ago	3,62	3,75	3,88	4,01	4,14	4,27	4,39	4,52	4,65
13/ago	3,02	3,17	3,32	3,48	3,63	3,78	3,94	4,09	4,24
14/ago	3	3,15	3,3	3,45	3,6	3,75	3,9	4,05	4,2
15/ago	4,76	4,81	4,87	4,92	4,98	5,04	5,09	5,15	5,2
16/ago	3,39	3,51	3,63	3,75	3,87	3,99	4,11	4,23	4,35
17/ago	2,8	2,95	3,09	3,23	3,38	3,52	3,67	3,81	3,95
18/ago	2,12	2,29	2,46	2,64	2,81	2,98	3,16	3,33	3,5
19/ago	2,28	2,28	2,28	2,38	2,56	2,74	2,92	3,11	3,29
20/ago	2,87	3	3,13	3,25	3,38	3,5	3,63	3,76	3,88
21/ago	4,02	4,08	4,15	4,21	4,28	4,34	4,41	4,47	4,53
22/ago	3,87	3,94	4,01	4,08	4,14	4,21	4,28	4,34	4,41
23/ago	4,26	4,31	4,35	4,39	4,44	4,48	4,52	4,57	4,61
24/ago	4,81	4,82	4,83	4,85	4,86	4,87	4,88	4,89	4,9
25/ago	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96
26/ago	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
27/ago	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
28/ago	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72
29/ago	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
30/ago	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57
31/ago	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó de demanda D2 para antecipação de demanda em 5 dias e redução percentual da demanda, referente ao cenário 4.

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
01/jul	0	0	0,68	1,45	2,22	3	3,77	4,54	5,32
02/jul	0	0	0	0	0,77	1,61	2,46	3,3	4,14
03/jul	2,86	3,42	3,97	4,52	5,08	5,63	6,18	6,74	7,29
04/jul	7,69	7,99	8,28	8,58	8,88	9,17	9,47	9,76	10,06
05/jul	6,87	7,2	7,52	7,84	8,16	8,48	8,81	9,13	9,45
06/jul	8,68	8,9	9,11	9,33	9,55	9,76	9,98	10,2	10,41
07/jul	6,75	7,05	7,35	7,65	7,95	8,24	8,54	8,84	9,14
08/jul	5,53	5,87	6,22	6,56	6,91	7,26	7,6	7,95	8,29
09/jul	5,85	6,17	6,48	6,8	7,11	7,43	7,75	8,06	8,38
10/jul	9,94	10,04	10,13	10,23	10,33	10,43	10,53	10,63	10,72
11/jul	3,84	4,23	4,62	5,01	5,4	5,79	6,18	6,57	6,96
12/jul	2,48	2,92	3,37	3,82	4,26	4,71	5,15	5,6	6,04
13/jul	3,43	3,81	4,2	4,59	4,97	5,36	5,75	6,13	6,52
14/jul	0,97	1,47	1,97	2,47	2,96	3,46	3,96	4,45	4,95
15/jul	0	0,15	0,71	1,26	1,82	2,37	2,92	3,48	4,03
16/jul	0	0	0	0,56	1,14	1,72	2,31	2,89	3,47
17/jul	3,39	3,73	4,07	4,42	4,76	5,1	5,44	5,79	6,13
18/jul	3,37	3,7	4,03	4,37	4,7	5,03	5,37	5,7	6,03
19/jul	2,25	2,63	3,01	3,39	3,76	4,14	4,52	4,9	5,28

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
20/jul	0	0	0,47	0,98	1,49	2	2,5	3,01	3,52
21/jul	0	0	0	0,28	0,81	1,35	1,89	2,43	2,97
22/jul	0,55	0,99	1,42	1,86	2,29	2,72	3,16	3,59	4,03
23/jul	0,6	1,02	1,44	1,87	2,29	2,71	3,14	3,56	3,98
24/jul	6,25	6,39	6,52	6,65	6,78	6,91	7,04	7,17	7,3
25/jul	4,29	4,51	4,73	4,95	5,17	5,39	5,61	5,83	6,05
26/jul	3,22	3,49	3,75	4,02	4,28	4,55	4,81	5,08	5,34
27/jul	0,16	0,57	0,98	1,39	1,8	2,21	2,62	3,03	3,44
28/jul	0	0	0	0	0,25	0,75	1,24	1,74	2,24
29/jul	0	0	0	0	0	0	0,44	0,99	1,53
30/jul	0	0	0	0,24	0,69	1,14	1,59	2,04	2,49
31/jul	3,64	3,85	4,05	4,25	4,46	4,66	4,87	5,07	5,28
01/ago	1,33	1,64	1,96	2,27	2,58	2,89	3,21	3,52	3,83
02/ago	2,33	2,58	2,84	3,09	3,35	3,61	3,86	4,12	4,37
03/ago	0,01	0,37	0,74	1,1	1,47	1,83	2,2	2,56	2,93
04/ago	0	0	0	0,14	0,55	0,97	1,38	1,8	2,21
05/ago	0	0	0	0,36	0,76	1,15	1,54	1,94	2,33
06/ago	1,02	1,32	1,61	1,91	2,2	2,5	2,79	3,08	3,38
07/ago	5,97	6,01	6,05	6,09	6,14	6,18	6,22	6,26	6,3
08/ago	4,37	4,48	4,6	4,71	4,83	4,94	5,06	5,17	5,29
09/ago	3,05	3,23	3,4	3,58	3,75	3,92	4,1	4,27	4,45
10/ago	1,04	1,31	1,58	1,85	2,12	2,38	2,65	2,92	3,19
11/ago	0,64	0,92	1,2	1,49	1,77	2,05	2,34	2,62	2,9
12/ago	1,25	1,49	1,74	1,99	2,24	2,48	2,73	2,98	3,23
13/ago	0,48	0,76	1,04	1,32	1,6	1,88	2,16	2,44	2,72
14/ago	1,57	1,79	2,01	2,23	2,45	2,67	2,89	3,11	3,34
15/ago	4,67	4,74	4,8	4,86	4,92	4,98	5,04	5,1	5,16
16/ago	2,95	3,09	3,23	3,37	3,51	3,66	3,8	3,94	4,08
17/ago	2,8	2,95	3,09	3,23	3,38	3,52	3,67	3,81	3,95
18/ago	1,38	1,59	1,8	2,01	2,22	2,43	2,64	2,85	3,06
19/ago	0	0	0	0,16	0,48	0,79	1,1	1,42	1,73
20/ago	0,31	0,56	0,82	1,07	1,33	1,58	1,83	2,09	2,34
21/ago	3,02	3,13	3,25	3,36	3,47	3,59	3,7	3,82	3,93
22/ago	3,87	3,94	4,01	4,08	4,14	4,21	4,28	4,34	4,41
23/ago	4,26	4,31	4,35	4,39	4,44	4,48	4,52	4,57	4,61
24/ago	3,5	3,57	3,65	3,73	3,81	3,88	3,96	4,04	4,12
25/ago	4,11	4,15	4,19	4,24	4,28	4,32	4,36	4,41	4,45
26/ago	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
27/ago	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
28/ago	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72
29/ago	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65	4,65
30/ago	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57
31/ago	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó de demanda D3 para antecipação de demanda em 5 dias e redução percentual da demanda, referente ao cenário 4.

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
01/jul	3,59	3,65	4,39	5,22	6,06	6,89	7,73	8,56	9,4
02/jul	3,58	3,64	3,7	3,76	4,59	5,5	6,41	7,31	8,22
03/jul	6,95	7,55	8,15	8,75	9,35	9,95	10,55	11,15	11,76
04/jul	12,45	12,74	13,04	13,34	13,63	13,93	14,23	14,52	14,82
05/jul	11,45	11,77	12,1	12,42	12,74	13,06	13,38	13,71	14,03
06/jul	13,17	13,38	13,6	13,82	14,03	14,25	14,47	14,68	14,9
07/jul	10,94	11,24	11,55	11,85	12,16	12,46	12,77	13,07	13,38
08/jul	8,44	8,84	9,25	9,66	10,07	10,48	10,89	11,3	11,7
09/jul	8,83	9,2	9,57	9,94	10,31	10,68	11,05	11,42	11,79
10/jul	13,93	14,02	14,12	14,22	14,32	14,42	14,52	14,61	14,71
11/jul	7,79	8,18	8,57	8,96	9,35	9,74	10,13	10,52	10,91
12/jul	6,31	6,76	7,21	7,65	8,1	8,54	8,99	9,43	9,88
13/jul	7,15	7,54	7,93	8,31	8,7	9,09	9,47	9,86	10,24
14/jul	4,59	5,09	5,59	6,09	6,6	7,1	7,6	8,1	8,6
15/jul	2,38	2,6	3,22	3,84	4,46	5,08	5,69	6,31	6,93
16/jul	2,55	2,6	2,65	3,26	3,9	4,54	5,17	5,81	6,44
17/jul	6,84	7,18	7,53	7,87	8,21	8,55	8,9	9,24	9,58
18/jul	6,73	7,07	7,4	7,73	8,07	8,4	8,73	9,07	9,4
19/jul	5,55	5,93	6,31	6,68	7,06	7,44	7,82	8,2	8,58
20/jul	3,24	3,24	3,71	4,22	4,73	5,23	5,74	6,25	6,76
21/jul	3,04	3,05	3,06	3,34	3,88	4,43	4,97	5,52	6,06
22/jul	2,42	2,92	3,42	3,91	4,41	4,91	5,4	5,9	6,4
23/jul	2,56	3,04	3,51	3,99	4,47	4,95	5,42	5,9	6,38
24/jul	9,25	9,39	9,52	9,65	9,78	9,91	10,04	10,17	10,3
25/jul	7,23	7,45	7,67	7,9	8,12	8,34	8,56	8,78	9
26/jul	6,11	6,38	6,64	6,91	7,17	7,44	7,7	7,97	8,23
27/jul	2,95	3,36	3,77	4,18	4,6	5,01	5,42	5,83	6,25
28/jul	2,66	2,66	2,67	2,68	2,93	3,43	3,94	4,44	4,94
29/jul	1,53	1,59	1,65	1,71	1,77	1,83	2,33	2,94	3,54
30/jul	1,74	1,79	1,84	2,12	2,62	3,11	3,61	4,11	4,6
31/jul	6,27	6,48	6,68	6,89	7,09	7,29	7,5	7,7	7,91
01/ago	3,91	4,23	4,54	4,85	5,16	5,48	5,79	6,1	6,42
02/ago	4,86	5,12	5,37	5,63	5,89	6,14	6,4	6,66	6,91
03/ago	2,5	2,86	3,23	3,59	3,96	4,32	4,69	5,05	5,42
04/ago	2,34	2,35	2,35	2,5	2,92	3,34	3,75	4,17	4,59
05/ago	1,25	1,31	1,37	1,79	2,24	2,69	3,14	3,59	4,04
06/ago	2,46	2,8	3,14	3,48	3,82	4,16	4,5	4,84	5,18
07/ago	8,3	8,34	8,38	8,42	8,46	8,5	8,54	8,58	8,62
08/ago	6,65	6,76	6,88	6,99	7,11	7,22	7,34	7,45	7,57
09/ago	5,3	5,47	5,65	5,82	6	6,17	6,35	6,52	6,7
10/ago	3,27	3,54	3,8	4,07	4,34	4,61	4,88	5,15	5,42
11/ago	2,79	3,08	3,37	3,66	3,95	4,24	4,53	4,82	5,11
12/ago	2,54	2,84	3,14	3,44	3,75	4,05	4,35	4,65	4,95

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%	35%	40%
13/ago	2,08	2,41	2,73	3,05	3,37	3,7	4,02	4,34	4,66
14/ago	4,05	4,27	4,49	4,71	4,93	5,15	5,37	5,6	5,82
15/ago	7,23	7,29	7,35	7,41	7,47	7,53	7,59	7,65	7,71
16/ago	5,56	5,7	5,84	5,98	6,13	6,27	6,41	6,55	6,69
17/ago	5,48	5,62	5,77	5,91	6,06	6,2	6,34	6,49	6,63
18/ago	4,01	4,22	4,44	4,65	4,87	5,08	5,29	5,51	5,72
19/ago	1,81	1,85	1,9	2,11	2,47	2,84	3,2	3,56	3,92
20/ago	2,17	2,47	2,78	3,08	3,38	3,68	3,99	4,29	4,59
21/ago	5,6	5,73	5,85	5,98	6,11	6,24	6,36	6,49	6,62
22/ago	6,72	6,79	6,85	6,92	6,99	7,06	7,12	7,19	7,26
23/ago	7,01	7,06	7,11	7,16	7,2	7,25	7,3	7,35	7,4
24/ago	5,82	5,93	6,03	6,14	6,24	6,35	6,45	6,56	6,66
25/ago	6,96	7	7,04	7,09	7,13	7,17	7,22	7,26	7,3
26/ago	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71	7,71
27/ago	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65	7,65
28/ago	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59
29/ago	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44	7,44
30/ago	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
31/ago	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59	7,59

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó de demanda D1 para antecipação de demanda em 10 dias e redução percentual da demanda, referente ao cenário 4.

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%
01/jul	12,63	12,73	12,82	12,92	13,02	13,12	13,21
02/jul	11,54	11,68	11,81	11,95	12,08	12,22	12,35
03/jul	9,87	10,08	10,28	10,48	10,68	10,88	11,08
04/jul	9,91	10,09	10,27	10,46	10,64	10,83	11,01
05/jul	12,75	12,78	12,81	12,83	12,86	12,88	12,91
06/jul	9,29	9,48	9,66	9,85	10,03	10,22	10,4
07/jul	7,98	8,22	8,45	8,69	8,92	9,16	9,4
08/jul	8,05	8,26	8,48	8,7	8,92	9,14	9,36
09/jul	7,21	7,46	7,7	7,95	8,2	8,44	8,69
10/jul	5,38	5,7	6,03	6,35	6,68	7	7,33
11/jul	4,24	4,59	4,96	5,33	5,7	6,07	6,44
12/jul	8,13	8,3	8,46	8,62	8,78	8,94	9,11
13/jul	8,71	8,83	8,95	9,07	9,19	9,31	9,43
14/jul	7,54	7,71	7,88	8,04	8,21	8,38	8,55
15/jul	5,71	5,95	6,2	6,45	6,7	6,94	7,19
16/jul	5,89	5,98	6,21	6,45	6,68	6,92	7,15
17/jul	6,87	7,04	7,2	7,37	7,54	7,71	7,87
18/jul	5,91	6,11	6,32	6,52	6,73	6,93	7,14
19/jul	8,29	8,36	8,44	8,52	8,59	8,67	8,74
20/jul	7,36	7,48	7,59	7,7	7,81	7,92	8,04
21/jul	6,59	6,73	6,87	7,01	7,15	7,3	7,44
22/jul	4,67	4,9	5,13	5,35	5,58	5,81	6,04
23/jul	3,86	3,86	3,91	4,2	4,48	4,77	5,05

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>	<b>30%</b>
24/jul	4,19	4,19	4,19	4,19	4,28	4,57	4,85
25/jul	3,24	3,32	3,61	3,89	4,17	4,45	4,73
26/jul	5,29	5,45	5,61	5,77	5,93	6,1	6,26
27/jul	4,64	4,82	5,01	5,19	5,38	5,57	5,75
28/jul	5,88	5,99	6,11	6,22	6,34	6,45	6,57
29/jul	4,17	4,36	4,55	4,75	4,94	5,13	5,33
30/jul	3,92	3,92	4,13	4,34	4,55	4,75	4,96
31/jul	3,53	3,67	3,88	4,1	4,31	4,52	4,74
01/ago	4,63	4,78	4,93	5,07	5,22	5,37	5,51
02/ago	6,89	6,91	6,94	6,97	7	7,02	7,05
03/ago	5,62	5,7	5,78	5,87	5,95	6,04	6,12
04/ago	4,42	4,56	4,69	4,83	4,97	5,1	5,24
05/ago	3,11	3,3	3,5	3,69	3,89	4,09	4,28
06/ago	3,12	3,31	3,5	3,69	3,88	4,07	4,26
07/ago	4,2	4,33	4,45	4,58	4,71	4,84	4,97
08/ago	3,58	3,73	3,88	4,04	4,19	4,34	4,5
09/ago	3,55	3,7	3,85	4	4,15	4,3	4,44
10/ago	5,29	5,35	5,4	5,46	5,51	5,57	5,63
11/ago	3,91	4,03	4,15	4,27	4,39	4,51	4,63
12/ago	3,31	3,45	3,6	3,74	3,89	4,03	4,17
13/ago	2,61	2,78	2,96	3,13	3,3	3,48	3,65
14/ago	2,48	2,49	2,67	2,86	3,04	3,22	3,41
15/ago	3,34	3,47	3,6	3,72	3,85	3,98	4,1
16/ago	4,48	4,55	4,61	4,67	4,74	4,8	4,87
17/ago	4,33	4,39	4,46	4,53	4,6	4,66	4,73
18/ago	4,71	4,75	4,79	4,84	4,88	4,92	4,97
19/ago	5,24	5,26	5,27	5,28	5,29	5,3	5,32
20/ago	5,39	5,39	5,39	5,39	5,39	5,39	5,39
21/ago	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
22/ago	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21
23/ago	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12
24/ago	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
25/ago	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96
26/ago	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
27/ago	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
28/ago	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72
29/ago	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64
30/ago	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57
31/ago	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49

- Vazão (m<sup>3</sup>/s) no Rio Urubu após nó de demanda D2 para antecipação de demanda em 10 dias e redução percentual da demanda, referente ao cenário 4.

Data	Referência	5%	10%	15%	20%	25%	30%
01/jul	10,24	10,45	10,67	10,89	11,1	11,32	11,54
02/jul	8,26	8,56	8,86	9,16	9,45	9,75	10,05
03/jul	6,99	7,34	7,68	8,03	8,37	8,72	9,06
04/jul	7,27	7,59	7,9	8,22	8,53	8,85	9,17
05/jul	11,32	11,41	11,51	11,61	11,71	11,81	11,91
06/jul	5,18	5,57	5,96	6,35	6,74	7,13	7,52
07/jul	3,78	4,23	4,67	5,12	5,56	6,01	6,45
08/jul	4,69	5,08	5,47	5,85	6,24	6,62	7,01
09/jul	2,2	2,7	3,2	3,69	4,19	4,69	5,18
10/jul	0,79	1,35	1,9	2,46	3,01	3,56	4,12
11/jul	0	0,55	1,14	1,72	2,3	2,88	3,47
12/jul	4,52	4,86	5,2	5,54	5,89	6,23	6,57
13/jul	4,46	4,8	5,13	5,46	5,8	6,13	6,46
14/jul	3,32	3,69	4,07	4,45	4,83	5,21	5,59
15/jul	0,49	1	1,51	2,01	2,52	3,03	3,54
16/jul	0	0,21	0,75	1,28	1,82	2,36	2,9
17/jul	1,53	1,97	2,4	2,84	3,27	3,71	4,14
18/jul	1,55	1,98	2,4	2,82	3,25	3,67	4,09
19/jul	7,18	7,32	7,45	7,58	7,71	7,84	7,97
20/jul	5,2	5,42	5,64	5,86	6,08	6,3	6,52
21/jul	4,1	4,37	4,63	4,9	5,17	5,43	5,7
22/jul	1,02	1,43	1,84	2,25	2,66	3,07	3,48
23/jul	0	0	0,09	0,59	1,09	1,58	2,08
24/jul	0	0	0	0	0,18	0,72	1,26
25/jul	0	0,13	0,58	1,03	1,48	1,93	2,38
26/jul	4,42	4,62	4,83	5,03	5,23	5,44	5,64
27/jul	2,09	2,4	2,71	3,02	3,34	3,65	3,96
28/jul	3,06	3,32	3,57	3,83	4,09	4,34	4,6
29/jul	0,72	1,09	1,45	1,82	2,18	2,55	2,91
30/jul	0	0,01	0,43	0,84	1,25	1,67	2,08
31/jul	0	0,26	0,65	1,05	1,44	1,83	2,22
01/ago	1,69	1,98	2,28	2,57	2,87	3,16	3,45
02/ago	6,62	6,66	6,7	6,74	6,78	6,82	6,87
03/ago	5	5,12	5,23	5,35	5,46	5,58	5,69
04/ago	3,67	3,85	4,02	4,2	4,37	4,54	4,72
05/ago	1,64	1,91	2,18	2,45	2,72	2,99	3,26
06/ago	1,22	1,51	1,79	2,08	2,36	2,64	2,93
07/ago	1,82	2,07	2,32	2,56	2,81	3,06	3,31
08/ago	1,04	1,32	1,6	1,88	2,16	2,44	2,72
09/ago	2,12	2,34	2,56	2,78	3	3,22	3,44
10/ago	5,21	5,27	5,33	5,39	5,45	5,51	5,57
11/ago	3,47	3,61	3,75	3,89	4,03	4,18	4,32
12/ago	3,31	3,45	3,6	3,74	3,89	4,03	4,17
13/ago	1,87	2,08	2,29	2,5	2,71	2,92	3,13
14/ago	0	0,02	0,33	0,65	0,96	1,27	1,59

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>	<b>30%</b>
15/ago	0,78	1,03	1,29	1,54	1,8	2,05	2,31
16/ago	3,48	3,59	3,71	3,82	3,94	4,05	4,16
17/ago	4,33	4,39	4,46	4,53	4,6	4,66	4,73
18/ago	4,71	4,75	4,79	4,84	4,88	4,92	4,97
19/ago	3,93	4,01	4,08	4,16	4,24	4,32	4,4
20/ago	4,53	4,58	4,62	4,66	4,7	4,75	4,79
21/ago	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3
22/ago	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21	5,21
23/ago	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12	5,12
24/ago	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04	5,04
25/ago	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96	4,96
26/ago	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88	4,88
27/ago	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8	4,8
28/ago	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72	4,72
29/ago	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64	4,64
30/ago	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57	4,57
31/ago	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49	4,49

- Vazão (m³/s) no Rio Urubu após nó de demanda D3 para antecipação de demanda em 10 dias e redução percentual da demanda, referente ao cenário 4.

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>	<b>30%</b>
01/jul	15,03	15,25	15,46	15,68	15,9	16,11	16,33
02/jul	12,92	13,22	13,53	13,83	14,14	14,44	14,75
03/jul	10,75	11,16	11,56	11,97	12,38	12,79	13,2
04/jul	10,94	11,31	11,67	12,04	12,41	12,78	13,15
05/jul	15,87	15,97	16,07	16,16	16,26	16,36	16,46
06/jul	9,64	10,03	10,42	10,81	11,2	11,59	11,98
07/jul	8,07	8,52	8,97	9,41	9,86	10,3	10,75
08/jul	8,83	9,22	9,61	9,99	10,38	10,76	11,15
09/jul	6,14	6,64	7,14	7,65	8,15	8,65	9,15
10/jul	3,47	4,09	4,71	5,33	5,95	6,57	7,19
11/jul	2,87	3,48	4,11	4,75	5,38	6,02	6,65
12/jul	8,33	8,67	9,02	9,36	9,7	10,04	10,39
13/jul	8,17	8,5	8,84	9,17	9,5	9,84	10,17
14/jul	7	7,38	7,76	8,14	8,52	8,9	9,27
15/jul	4,14	4,65	5,16	5,67	6,17	6,68	7,19
16/jul	3,45	3,67	4,21	4,76	5,3	5,85	6,4
17/jul	3,72	4,22	4,72	5,21	5,71	6,21	6,7
18/jul	3,81	4,29	4,76	5,24	5,72	6,2	6,67
19/jul	10,47	10,6	10,73	10,86	10,99	11,12	11,25
20/jul	8,42	8,64	8,86	9,08	9,3	9,52	9,74
21/jul	7,27	7,53	7,8	8,06	8,33	8,59	8,86
22/jul	4,07	4,49	4,9	5,31	5,72	6,14	6,55
23/jul	2,92	2,92	3,02	3,52	4,03	4,53	5,03
24/jul	1,78	1,84	1,9	1,96	2,2	2,8	3,41
25/jul	1,99	2,17	2,67	3,17	3,66	4,16	4,66

<b>Data</b>	<b>Referência</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>	<b>25%</b>	<b>30%</b>
26/jul	7,29	7,5	7,7	7,9	8,11	8,31	8,52
27/jul	4,91	5,22	5,53	5,85	6,16	6,47	6,78
28/jul	5,83	6,09	6,34	6,6	6,86	7,11	7,37
29/jul	3,44	3,81	4,17	4,54	4,9	5,27	5,63
30/jul	2,56	2,58	3	3,42	3,84	4,26	4,67
31/jul	1,47	1,79	2,24	2,69	3,14	3,59	4,04
01/ago	3,33	3,67	4,01	4,35	4,69	5,03	5,37
02/ago	9,15	9,19	9,23	9,27	9,31	9,35	9,39
03/ago	7,48	7,6	7,71	7,83	7,94	8,06	8,17
04/ago	6,11	6,28	6,46	6,63	6,8	6,98	7,15
05/ago	4,04	4,31	4,57	4,84	5,11	5,38	5,65
06/ago	3,46	3,75	4,04	4,33	4,62	4,91	5,2
07/ago	3,07	3,37	3,67	3,97	4,27	4,57	4,87
08/ago	2,47	2,79	3,12	3,44	3,76	4,08	4,4
09/ago	4,36	4,58	4,8	5,02	5,24	5,46	5,68
10/ago	7,43	7,49	7,55	7,61	7,67	7,73	7,79
11/ago	5,73	5,87	6,01	6,15	6,29	6,44	6,58
12/ago	5,66	5,81	5,95	6,09	6,24	6,38	6,52
13/ago	4,22	4,43	4,65	4,86	5,07	5,29	5,5
14/ago	1,51	1,57	1,94	2,3	2,66	3,02	3,38
15/ago	2,37	2,67	2,97	3,28	3,58	3,88	4,18
16/ago	5,83	5,96	6,09	6,21	6,34	6,47	6,59
17/ago	7	7,06	7,13	7,2	7,26	7,33	7,4
18/ago	7,3	7,35	7,4	7,45	7,5	7,55	7,6
19/ago	6,14	6,24	6,35	6,45	6,56	6,67	6,77
20/ago	7,35	7,39	7,43	7,47	7,52	7,56	7,6
21/ago	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12	8,12
22/ago	8,05	8,05	8,05	8,05	8,05	8,05	8,05
23/ago	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98	7,98
24/ago	7,91	7,91	7,91	7,91	7,91	7,91	7,91
25/ago	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8	7,8
26/ago	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
27/ago	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64	7,64
28/ago	7,58	7,58	7,58	7,58	7,58	7,58	7,58
29/ago	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43	7,43
30/ago	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29	7,29
31/ago	7,58	7,58	7,58	7,58	7,58	7,58	7,58

## APÊNDICE F – DEMANDA DE ÁGUA PARA CADA BOMBA COM PREENCHIMENTO DE FALHAS.

Data	D1											D2											D3											
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_1b	D3_20c	
01/Jul	42879	42879	42879	0	89000	46513	42879	42879	4616	42879	77624	0	78770	141842	64651	36128	72088	0	42879	42879	42879	78271	35013	42879	0	0	55673	0	42879	54975	44650	51672	54723	
02/Jul	42879	42879	42879	0	78696	45201	42879	42879	4139	42879	34925	0	58365	96262	60396	34330	10745	0	42879	42879	42879	49350	41102	42879	0	0	16779	0	42879	46086	39860	43467	46266	
03/Jul	42879	42879	42879	0	80482	0	42879	42879	7193	42879	12185	16667	0	0	48678	63830	69631	11356	42879	42879	42879	51083	34483	42879	22110	0	6776	0	42879	15436	13555	15685	16544	
04/Jul	42879	42879	42879	0	48687	0	42879	42879	5497	42879	52708	20668	267	52427	17581	24156	30942	36407	42879	42879	42879	34391	44533	42879	28953	0	24978	0	0	0	0	0	0	
05/Jul	42879	42879	42879	0	40415	0	42879	42879	20656	42879	95405	100288	8561	108816	41836	0	0	0	0	0	0	65508	45566	42879	0	0	21103	0	0	0	0	0	0	
06/Jul	42879	42879	42879	0	41659	0	42879	42879	25710	42879	88101	0	67972	101268	58707	11403	9038	0	0	0	0	65607	44941	42879	0	0	10635	0	42879	2539	3897	5048	5351	
07/Jul	42879	42879	42879	0	93278	82703	42879	42879	46082	42879	115029	0	47015	123153	71808	73914	81489	0	0	0	0	75886	67553	42879	0	0	31582	0	42879	36185	48144	51769	54561	
08/Jul	42879	42879	42879	0	92857	125304	42879	42879	45849	42879	117231	0	77656	45258	58926	50606	0	71460	42879	42879	42879	74780	46710	42879	33593	0	44748	0	42879	51088	49566	52023	54961	
09/Jul	42879	42879	42879	0	36740	70708	42879	42879	39005	42879	26030	0	58097	65610	0	20031	0	0	42879	6348	42879	48964	22259	42879	34991	0	21145	0	42879	37088	41015	38319	44024	
10/Jul	42879	42879	42879	0	82155	0	42879	42879	39117	0	0	0	0	13101	0	0	0	0	42879	24174	0	21369	0	0	46222	0	0	0	0	15039	13885	0	0	0
11/Jul	42879	42879	42879	0	70800	0	42879	42879	32546	0	0	10547	6815	92937	8577	11560	15889	48304	0	0	0	0	12407	0	31377	0	0	0	0	0	0	0	0	
12/Jul	0	0	0	0	0	2108	0	0	0	0	0	102124	51859	0	11389	63657	85055	0	0	0	0	0	58144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13/Jul	0	0	0	0	0	7954	0	0	0	42879	15051	86777	56265	0	23409	51110	69281	0	42879	10641	42879	0	66894	0	0	0	0	0	0	0	0	5277	6258	
14/Jul	0	0	0	0	0	121475	0	0	0	42879	113002	0	0	0	70990	0	0	0	42879	86406	42879	0	77076	0	0	0	0	0	0	0	0	47882	60358	
15/Jul	0	0	0	0	0	108684	0	0	0	42879	96011	0	0	0	70696	0	0	0	42879	74838	42879	0	67031	0	0	0	0	0	0	0	0	42916	49468	
16/Jul	0	0	0	0	11308	0	0	0	0	0	0	0	0	13775	20689	0	0	14457	0	0	0	7704	0	42879	6845	0	0	0	42879	4852	4516	0	0	
17/Jul	0	0	0	0	87742	0	42879	42879	26225	0	65	0	0	109254	9911	0	0	56038	0	0	0	63248	0	42879	61725	0	0	0	42879	45988	42966	0	0	
18/Jul	42879	42879	7027	0	73671	0	42879	42879	33954	0	0	15795	10016	89866	5533	8815	11666	48891	0	0	0	53978	9277	42879	53332	7674	6074	0	42879	37363	40211	0	0	
19/Jul	42879	42879	75911	0	0	0	42055	0	0	0	0	106771	66980	0	0	26867	36611	0	0	0	90837	0	59205	0	0	30418	45822	0	0	0	0	0	0	
20/Jul	42879	42879	74294	0	0	13267	36740	0	4200	42879	13878	89267	57732	0	8101	63165	74916	0	42879	10530	68298	8045	64598	0	0	45744	54555	0	0	0	0	3601	4204	
21/Jul	42879	42879	54020	0	0	126820	0	0	34578	42879	107090	0	0	45706	64762	18616	25178	0	42879	79756	0	66825	75156	42879	30926	3885	10066	0	0	0	0	51864	59238	
22/Jul	42879	42879	62709	0	0	116614	0	0	45393	42879	100133	0	0	116654	69150	0	0	0	42879	81422	0	71638	65159	42879	53964	0	9177	0	0	0	0	42994	48917	
23/Jul	42879	42879	11169	0	10152	66079	0	0	26638	0	0	0	0	0	64637	15177	0	0	8232	42879	55015	0	52735	0	42879	39084	15922	0	0	42879	6334	6680	0	0
24/Jul	0	0	0	0	78807	15162	0	0	38706	0	0	0	0	0	76428	0	0	0	70678	0	0	0	0	42879	59674	53633	0	0	42879	47421	49486	0	0	
25/Jul	42879	42879	7983	0	66582	21668	6168	0	33317	0	0	13595	9157	45122	0	0	10251	40247	0	0	13790	0	8972	42879	50155	57951	14168	0	42879	41518	42397	0	0	
26/Jul	42879	42879	74250	0	0	29752	49239	0	0	0	0	114778	74420	0	0	41275	71845	0	0	0	99151	0	65298	42879	36338	44517	49413	0	0	0	0	0	0	

Data	D1														D2												D3							
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D2_21b	D2_21c	D3_21b
27/Jul	42879	42879	63393	0	0	19710	32249	0	0	42879	13659	89385	58729	0	0	62335	66919	0	42879	10400	85076	7567	64646	42879	58038	44256	39763	0	0	0	0	5529	6241	
28/Jul	0	0	0	0	0	122765	0	0	5675	42879	113337	0	0	0	5116	19502	88961	6815	42879	73103	0	68059	60558	42879	21756	23155	13166	0	0	0	0	50891	56871	
29/Jul	0	0	0	0	0	118656	0	0	45135	42879	94923	0	0	0	53053	0	77277	81463	42879	63464	0	67898	42983	0	0	0	0	0	0	0	0	44749	49931	
30/Jul	0	0	0	0	9119	24427	0	0	38759	0	0	0	0	2579	56208	0	17140	0	0	0	0	15925	0	0	7923	0	0	0	42879	5799	5620	0	0	
31/Jul	0	0	0	0	66159	0	0	0	33399	0	0	0	0	44389	49608	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53051	0	0	0	42879	44921	46512	0	0	
01/Ago	42879	42879	12871	0	58274	0	5627	0	19242	0	0	14820	10017	37009	0	4629	5147	0	0	0	13891	0	9006	0	49625	2884	3911	0	42879	40060	42801	0	0	
02/Ago	42879	42879	62311	0	0	0	49253	0	12777	0	0	109228	73772	0	0	47577	52921	0	0	0	98414	0	51991	0	292	26125	38242	0	0	0	0	2520	1551	
03/Ago	42879	42879	70907	0	0	71422	42395	0	5220	42879	8248	92501	65606	0	6737	61296	69967	0	42879	9424	76867	6819	45184	0	7032	8700	38761	0	0	0	0	5148	5630	
04/Ago	42879	42879	18323	0	0	131273	0	0	37231	42879	112803	0	0	0	65759	71614	73490	12	42879	74898	0	64894	53178	0	62558	0	0	0	0	0	0	49088	54701	
05/Ago	42879	73191	0	0	0	125348	0	0	40669	42879	97543	0	0	0	64657	18782	17202	0	42879	58492	0	62391	36640	0	53778	0	0	0	0	0	0	38326	42659	
06/Ago	42879	78990	0	0	8182	91552	0	0	38488	0	0	0	0	1346	16836	0	0	0	0	0	0	16094	0	0	6105	0	0	0	42879	5247	5225	0	0	
07/Ago	42879	127154	0	0	65532	17542	0	0	37415	0	0	0	0	29662	0	0	0	41653	0	0	0	0	0	53012	0	0	0	42879	41077	42015	0	0		
08/Ago	0	0	8005	0	56961	45120	6238	0	32987	0	0	14655	9352	25849	0	0	7954	46805	0	0	13523	0	8891	0	45973	0	5603	0	42879	34603	37053	0	0	
09/Ago	0	0	58724	0	0	49239	41394	0	0	0	0	111874	71956	0	0	41890	55547	0	0	0	96145	0	60199	0	0	0	43786	0	0	0	0	0	0	
10/Ago	0	0	68123	0	0	47680	35116	0	0	42879	12800	91565	56538	0	4314	61290	45564	0	42879	7770	82493	6696	63534	0	6962	0	38521	0	0	0	0	4177	4853	
11/Ago	0	28002	0	0	0	128326	0	0	0	42879	106040	0	0	5	63020	18865	0	0	42879	63898	0	62317	60759	0	61567	0	0	0	0	0	0	46089	53280	
12/Ago	0	0	0	0	0	95859	0	0	0	42879	64115	0	0	181	51279	0	0	0	42879	56529	0	61594	41657	0	51666	0	0	0	0	0	0	37303	43213	
13/Ago	0	0	0	0	8181	24061	0	0	5323	0	0	0	0	9597	0	0	0	0	0	0	0	16488	0	0	6416	0	0	0	0	0	0	0	0	
14/Ago	0	0	0	0	66520	0	0	0	36761	0	0	0	0	41805	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	52830	0	0	0	0	0	0	0	0	
15/Ago	42879	42879	4396	0	55625	0	5661	0	35586	0	0	13260	8994	27536	0	9775	9767	0	0	0	0	0	0	44945	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16/Ago	42879	42879	38414	0	0	217	28145	0	14684	0	0	102770	68760	0	0	60747	65518	0	0	0	0	0	0	0	235	0	0	0	0	0	0	0	0	
17/Ago	42879	42879	65551	0	0	0	29169	0	0	0	0	83350	55853	0	6487	51661	51364	0	42879	5884	0	6883	0	0	5390	0	0	0	0	0	0	4444	5454	
18/Ago	42879	42879	35759	0	0	47540	0	0	0	0	0	0	0	0	53451	0	0	0	42879	41310	0	60724	0	0	60401	0	0	0	0	0	0	41447	50467	
19/Ago	42879	42879	19299	0	0	115828	0	0	0	0	0	0	0	0	44559	0	0	0	42879	62985	0	59565	0	0	53690	0	0	0	0	0	0	32738	39856	
20/Ago	0	0	0	0	60582	80512	0	0	37592	42879	0	0	0	35730	0	0	0	0	42879	16867	0	14833	0	0	49211	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/Ago	0	0	0	0	16269	15301	0	0	4579	42879	0	0	0	18020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6963	0	0	0	0	0	0	0	0	
22/Ago	0	0	0	0	61429	38509	0	0	37225	42879	0	4009	2723	19477	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38267	0	0	0	0	0	0	0	0	
23/Ago	0	0	0	0	0	36018	0	0	37372	42879	0	74338	57931	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Data	D1														D2														D3				
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_1b	D3_2c
24/a go	42879	42879	10585	0	0	14453	0	0	37326	42879	0	48084	52112	0	8382	0	0	0	42879	7284	0	6835	0	0	6880	0	0	0	0	0	0	3565	4368
25/a go	42879	42879	18678	0	0	77520	0	0	43590	42879	0	0	0	0	48169	0	0	0	42879	61597	0	61464	0	0	58903	0	0	0	0	0	0	37633	45697
26/a go	0	0	0	0	0	92713	0	0	44402	42879	0	0	0	0	38108	0	0	0	42879	62052	0	59305	0	0	57475	0	0	0	0	0	0	37295	45248
27/a go	0	0	0	0	351	44070	0	0	23938	42879	0	0	0	0	0	0	0	0	42879	15922	0	14812	0	0	13073	0	0	0	0	0	0	9792	11611
28/a go	0	0	0	0	36401	0	0	0	36809	42879	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/a go	0	0	0	0	0	0	0	0	32219	42879	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4477	5513
30/a go	0	0	0	0	0	20466	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42879	36906	0	33784	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21651	26118
31/a go	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	42879	15417	0	15675	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/s et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Data	D1														D2														D3							
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_21b	D3_21c			
21/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24/et	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
25/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
26/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
27/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30/et	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Data	D1														D2														D3					
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_21b	D3_21c	
19/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31/0 ut	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Data	D1														D2														D3					
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_21b	D3_21c	
16/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/n ov	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	36245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	40634	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dat a	D1														D2														D3									
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_1b	D3_20c					
14/d ez	0	0	0	0	0	0	7559	0	3938 1	3938 1	1289	0	3938 1	3938 1	36801	0	0	0	0	0	0	0	38327	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
15/d ez	0	0	0	0	0	0	54954	0	3938 1	3938 1	86367	0	3938 1	3938 1	48073	70183	0	0	0	0	0	0	33195	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
16/d ez	0	0	0	0	0	0	36928	0	3938 1	3938 1	15542	0	3938 1	3938 1	47985	77071	0	0	0	0	0	0	14249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
17/d ez	0	0	0	0	0	0	32558	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	37180	39128	0	0	0	0	0	0	2493	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
18/d ez	0	0	0	0	0	0	37329	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	36084	65174	0	0	0	0	0	0	26680	39381	760	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
19/d ez	0	0	0	0	0	0	35822	0	3938 1	3938 1	2931	0	3938 1	3938 1	32025	29906	0	0	0	0	0	0	66030	39381	14179	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
20/d ez	0	0	0	0	0	0	13328	0	3938 1	3938 1	46022	0	3938 1	3938 1	18786	27504	0	0	0	0	0	0	65436	39381	48895	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
21/d ez	0	0	0	0	0	0	18981	0	3938 1	3938 1	55265	0	3938 1	3938 1	6507	64337	0	0	0	0	0	0	67398	39381	26727	7162	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
22/d ez	0	0	0	0	0	0	35065	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	17542	52249	0	0	0	0	0	0	75362	39381	40955	46754	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
23/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5228	39381	21825	48075	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
24/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	132	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34649	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
25/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45501	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
26/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95237	0	0	0	0	0	0	70979	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19175	0	0	0	0	0	0	23413	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	533	0	0	0	0	44562	0	0	0	0	0	0	38349	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
30/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	62878	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
31/d ez	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	1326	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	48454	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	4530	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	9079	0	0	0	0	0	0	0	39381	30723	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	5275	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	62031	0	0	0	0	0	39381	17399	39381	26509	0	0	0	16711	39381	39381	0	0	0	0		
04/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	10100	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	59917	0	0	0	0	0	39381	30572	0	0	5936	0	0	25702	39381	39381	0	0	0	0	0	
05/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	47610	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	73008	0	0	0	0	0	39381	50648	39381	27392	44592	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	67945	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	71525	0	0	0	0	0	39381	65598	39381	24965	37022	0	0	6260	39381	39381	0	0	0	0	0	
07/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	2908	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	0	0	0	0	0	0	39381	20427	0	0	43785	0	0	57548	39381	39381	0	0	0	0	0	0
08/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	8045	0	0	43137	17699	0	43326	39381	39381	0	0	0	0	0	0
09/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	125	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	0	0	0	0	0	0	39381	16034	39381	20055	56187	51492	0	15537	39381	39381	0	0	0	0	0	0
10/ja n	0	0	0	0	0	0	0	0	3938 1	3938 1	1079	3938 1	3938 1	3938 1	39381	0	0	0	0	0	0	0	39381	32976	39381	51614	63105	44441	0	35480	39381	39381	0	0	0	0	0	0

Data	D1														D2														D3					
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_21b	D3_21c	
11/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	3965	39381	39381	39381	0	0	0	0	0	0	0	39381	5391	0	0	40604	25347	0	21237	39381	39381	0	0	
12/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	44576	39381	39381	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	41180	80317	60235	0	0	0	0	0	0		
13/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	54225	39381	39381	39381	0	25047	0	0	0	0	0	39381	8043	39381	73443	70666	60131	0	0	0	0	270	141	
14/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	766	39381	39381	39381	0	29972	0	0	0	0	0	39381	7607	39381	27070	45272	20190	0	0	0	0	0	0	
15/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	29785	39381	39381	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44880	0	0	0	0	0	22690	24389	
16/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31127	0	0	7476	39381	39381	34152	41103	
17/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	637	0	0	79726	0	0	42571	39381	39381	50921	32184
18/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9456	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39570	29573	0	41419	39381	39381	17559	21153	
19/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	17156	39381	39381	39381	0	77583	0	0	0	0	0	0	39381	23851	59558	40263	0	0	0	0	32044	38089		
20/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	49491	39381	39381	39381	0	76752	0	0	0	0	0	39381	17154	39381	39104	53506	0	0	0	0	0	0		
21/jan	39381	39381	9842	0	0	0	0	0	39381	39381	45746	39381	39381	39381	0	65660	0	0	0	0	0	39381	4372	39381	27284	54562	19696	0	0	0	0	0	0	
22/jan	39381	39381	50018	0	0	0	0	0	39381	39381	5939	39381	39381	39381	0	65264	54586	39381	39381	0	0	39381	11040	39381	7751	0	31567	0	0	0	0	0	0	
23/jan	39381	39381	75198	0	0	0	0	0	39381	39381	47309	39381	39381	39381	0	65168	81047	39381	39381	0	0	39381	20414	39381	41388	0	50649	0	7218	39381	39381	0	0	
24/jan	39381	39381	58299	0	0	0	0	0	39381	39381	3336	39381	39381	39381	0	19386	19767	39381	39381	0	0	0	0	39381	65289	0	50337	0	50229	39381	39381	0	0	
25/jan	39381	39381	80950	0	0	0	0	0	39381	39381	51574	39381	39381	39381	0	0	0	0	0	0	0	39381	9143	39381	26904	0	42706	0	42381	39381	39381	4537	64	
26/jan	39381	39381	41495	0	0	0	0	0	39381	39381	1785	39381	39381	39381	0	0	0	0	0	0	0	39381	54354	0	0	0	58666	0	0	0	0	44743	52990	
27/jan	39381	39381	7695	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35653	0	39381	59337	0	0	0	58621	0	0	0	0	44382	42488	
28/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	4908	0	0	0	50172	0	0	0	0	28100	36066	
29/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	17641	0	0	0	39381	10156	0	42170	0	0	0	0	0	0	
30/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9441	0	39381	39381	80274	0	0	0	39381	54462	0	7180	0	0	0	0	0	0	
31/jan	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67176	0	39381	39381	80302	0	39381	11129	0	0	0	43109	0	0	39381	39381	53	60	
01/fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67013	0	39381	39381	61198	0	39381	6314	0	0	0	0	0	0	39381	39381	19145	28287	
02/fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77630	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36946	0	0	39381	39381	21204	55954	
03/fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57841	0	0	0	0	0	0	0	39381	33418	0	58493	0	0	0	0	0	55838	
04/fev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	9778	39381	63424	0	50162	0	0	0	0	0	14302	
05/fev	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	5290	39381	39381	39381	0	0	0	0	0	0	0	39381	30711	39381	65118	0	50263	0	0	0	0	0	0	
06/fev	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	14482	39381	39381	39381	0	17108	0	39381	39381	45963	0	39381	36977	39381	68021	23283	42021	0	0	0	0	0	0	
07/fev	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	16846	39381	39381	39381	0	65870	0	39381	39381	78445	0	39381	4946	39381	62911	69812	451	0	0	0	0	0	0	

Data	D1														D2														D3				
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_21b	D3_21c
08/ev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65343	0	39381	39381	77747	0	0	0	39381	64449	64175	0	0	0	39381	39381	4008	5024
09/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	72101	39381	39381	39381	0	0	76035	0	39381	39381	90598	0	0	0	39381	79800	68770	0	0	0	39381	39381	46542	55492
10/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	38803	39381	39381	39381	0	0	76113	0	39381	39381	89180	0	0	0	39381	72332	74866	0	0	0	39381	39381	45581	55044
11/ev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18376	0	39381	39381	76597	0	39381	29980	39381	64290	58617	0	0	0	39381	39381	37771	46363
12/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	24574	39381	39381	39381	0	0	9555	0	39381	39381	77585	0	39381	40237	39381	52889	70159	26754	0	0	39381	39381	37968	45383
13/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	21271	39381	39381	39381	0	0	28492	0	39381	39381	77210	0	39381	40500	39381	63722	63362	51228	0	0	39381	39381	37718	45876
14/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	15215	39381	39381	39381	0	0	22326	0	39381	39381	77521	0	39381	24685	39381	63101	63892	50945	0	0	39381	39381	36447	46032
15/ev	39381	39381	13876	0	0	0	0	39381	39381	60740	39381	39381	39381	0	0	45315	0	39381	39381	76184	0	39381	12166	39381	64849	60846	51796	0	0	39381	39381	35533	44497
16/ev	39381	39381	20875	0	0	0	0	39381	39381	74205	39381	39381	39381	0	0	75327	0	39381	39381	90187	0	39381	56619	39381	77134	58625	60541	0	0	39381	39381	44031	53517
17/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	73543	39381	39381	39381	0	0	74824	0	39381	39381	88918	0	39381	31873	39381	73417	79938	60327	0	0	39381	39381	42912	52862
18/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	222	39381	39381	39381	0	0	28706	0	39381	39381	75758	0	0	0	39381	63926	50424	51116	0	0	39381	39381	30828	37418
19/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	4477	39381	39381	39381	0	0	29062	0	39381	39381	76908	0	39381	12000	39381	52276	0	20075	0	0	0	0	0	0
20/ev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34127	0	39381	39381	30449	0	39381	3079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/ev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	18518	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	987	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	28050	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	70649	0	0	39381	0	0	15219	0	0	0	0	0	0	39381	27660	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	57367	0	3895	39381	0	0	78057	0	0	0	0	0	0	39381	40754	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/ev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	19374	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/ev	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	9701	0	0	0	0	0	0	39381	14715	0	0	0	0	0	39381	39381	0	8956
27/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	515	0	0	39381	0	0	29110	0	39381	39381	54446	0	0	0	39381	52351	0	8838	0	0	39381	39381	5749	44453
28/ev	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	1203	0	0	39381	0	0	18998	0	39381	39381	78508	0	0	0	0	0	0	42679	0	0	39381	39381	12666	14798
01/mar	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	8869	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	78466	0	0	0	0	0	7217	0	0	0	0	0	0	0
02/mar	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	74965	0	0	39381	0	0	31129	0	39381	39381	91587	0	0	0	39381	45060	75396	0	0	0	0	0	0	0
03/mar	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	67765	0	0	39381	0	0	78016	0	39381	39381	91938	0	0	0	39381	44716	54781	0	0	0	0	0	0	0
04/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	19392	0	39381	39381	33970	0	0	0	0	0	44828	0	0	0	0	0	0	0
05/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	802	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Data	D1														D2														D3							
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_1b	D3_2c			
08/mar	39381	39381	4899	0	0	0	0	0	39381	39381	17956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	0	9100	0	0	0	0	1522	1554			
09/mar	39381	39381	68062	0	0	0	0	0	39381	39381	77407	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	0	29713	0	0	0	0	0	0			
10/mar	39381	39381	41080	0	0	0	0	0	39381	39381	45387	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
11/mar	39381	39381	27711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	11883	0	0	0	39381	0	0	6272	0	0	0	0	0	0	0		
12/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	73149	0	0	0	39381	0	0	52114	0	0	0	0	0	0	0		
13/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	29269	0	0	0	39381	0	0	51381	0	0	0	0	0	0	0		
14/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	12763	0	0	0	39381	0	0	50744	0	0	0	0	0	0	0		
15/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	9759	0	39381	39381	72594	0	0	0	39381	0	0	44037	0	0	0	0	0	0	0		
16/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	78485	0	39381	39381	84215	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	78416	0	39381	39381	84763	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	21097	0	39381	39381	72526	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	72128	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	72761	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	73485	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	73682	0	0	0	39381	0	0	8684	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	71569	0	0	0	0	0	0	39381	39381	73538	0	0	0	39381	0	0	36206	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	75881	0	13256	39381	0	53355	0	39381	39381	72785	0	0	0	39381	0	0	31298	0	0	39381	39381	606	24979	0	0	
25/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	32395	39381	0	22117	0	39381	39381	72789	0	0	0	39381	0	0	14791	0	0	39381	39381	0	50201	0	0	
26/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	61817	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
27/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
28/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
29/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	37062	0	0
30/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	0	14208	39381	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	70023	0	0
31/mar	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	0	27461	39381	0	0	0	39381	39381	25444	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	70198	0	0	
01/abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	72933	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	30224	0	0	
02/abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	72910	0	39381	0	39381	0	0	7292	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03/abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	73242	0	39381	0	39381	0	0	50335	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04/abr	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	73539	0	39381	0	39381	0	0	21532	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dat a	D1														D2														D3							
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_21b	D3_21c			
05/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4455	39381	0	0	0	39381	39381	73140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06/a br	0	0	99	0	0	0	0	0	39381	39381	0	39381	19560	39381	0	0	0	39381	39381	85609	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	39381	47062	39381	0	0	0	39381	39381	85732	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	39381	36375	39381	0	0	0	39381	39381	75464	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	0	39381	17010	39381	0	0	0	39381	39381	71300	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	122	23193	39381	0	0	0	39381	39381	34108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2887	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	0	7477	0	0	0	0	0	0	0		
17/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	0	0	37695	0	0	0	0	0	0	0		
18/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
21/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	59349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	73534	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	71887	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	71307	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	70821	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	72543	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	84120	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	89486	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	53665	0	0	0	0	0	39381	39381	76315	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/a br	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	64136	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01/ mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	52242	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02/ mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	77776	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dat a	D1														D2												D3										
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_21b	D3_21c				
03/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	77279	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
04/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	90079	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
05/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	83134	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
06/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	53890	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
07/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	76835	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	71140	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	75412	0	0	0	0	18715	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39381	39381	53701	0	0	0	0	25502	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23564	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13/mai	0	0	145	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19820	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2085	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	282	674	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Data	D1														D2														D3							
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_1b	D3_20c			
31/mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
01/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
02/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
03/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
04/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
05/jun	0	0	314	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
06/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	757	23907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08/jun	23907	23907	5777	0	0	0	0	0	23907	23907	59411	23907	35050	23907	0	0	0	23907	23907	23907	0	23907	18131	0	0	0	0	0	23907	23907	23907	8885	23692	0	0	
09/jun	23907	23907	62168	0	0	0	0	0	23907	23907	41557	23907	45762	23907	0	0	0	23907	23907	23907	0	23907	42258	23907	3153	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13453	0
10/jun	23907	23907	10810	0	0	0	0	0	23907	23907	14314	23907	32131	23907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23907	48991	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11231	0
11/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34921	23907	0	0	40611	23907	23907	23907	0	23907	29515	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	23907	17521	3478	23907	5086	23907	0	0	51279	23907	23907	23907	0	23907	34939	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	504	0
13/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	23907	0	28	23907	12535	23907	0	0	24690	23907	23907	23907	0	23907	31704	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27444	0
14/jun	0	0	0	0	0	0	0	0	23907	102403	7195	23907	37115	23907	0	0	0	0	0	0	0	0	31493	23907	10903	0	161	0	23907	23907	23907	0	25338	0		
15/jun	23907	23907	48537	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3043	23907	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23907	42119	0	286	1316	23907	23907	23907	0	26615	0		
16/jun	23907	23907	103505	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33360	23907	0	0	0	23907	23907	23907	23907	23907	349	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28717	0	
17/jun	23907	23907	73031	0	0	0	0	0	0	23907	8690	23907	37243	23907	0	0	0	23907	23907	23907	23907	23907	31663	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11048	0
18/jun	23907	23907	34769	0	0	0	0	0	0	23907	49387	23907	37342	23907	0	0	0	23907	23907	23907	23907	23907	33078	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19/jun	23907	23907	47920	0	0	0	0	0	0	23907	25350	23907	34558	23907	0	0	50072	23907	23907	23907	23907	23907	9232	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/jun	23907	23907	72339	0	0	0	0	0	0	23907	26289	23907	17085	23907	0	0	39634	23907	23907	23907	23907	23907	18087	0	0	0	24455	28599	23907	23907	23907	0	0	0	0	
21/jun	23907	23907	21883	0	0	0	0	0	0	23907	31292	23907	36728	23907	0	0	39320	23907	23907	23907	23907	23907	29193	0	0	0	16034	18366	23907	23907	23907	0	0	0	0	
22/jun	0	0	0	0	0	0	0	15245	23907	23907	48689	23907	4909	23907	0	0	7052	23907	23907	23907	23907	23907	14621	0	0	0	992	27816	23907	23907	23907	0	0	0	0	
23/jun	23907	23907	88065	0	0	0	23907	38157	23907	23907	48515	23907	31189	23907	0	0	25607	23907	23907	23907	23907	23907	14624	23907	38711	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
24/jun	23907	23907	32552	0	0	0	23907	34243	23907	23907	14296	23907	32262	23907	0	0	0	23907	23907	23907	23907	23907	22428	23907	25902	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
25/jun	0	0	0	0	0	0	23907	32910	23907	23907	51108	23907	2379	23907	0	0	41638	23907	23907	23907	23907	23907	21196	0	0	0	0	14048	23907	23907	23907	0	0	0	0	
26/jun	0	0	0	0	0	0	23907	13949	23907	23907	50815	23907	16197	23907	0	0	76623	23907	23907	23907	23907	23907	23380	23907	12631	0	8305	30302	23907	23907	23907	0	252	0	0	
27/jun	23907	23907	11615	0	23907	2634	23907	6346	23907	0	4132	23907	32951	23907	0	0	67043	23907	23907	23907	23907	23907	27432	23907	24839	0	26669	28190	23907	23907	23907	0	0	0	0	

Data	D1														D2														D3				
	D1_12	D1_1	D1_2	D1_3a	D1_3b	D1_4	D1_5a	D1_5b	D1_6	D1_7	D1_7b	D1_8	D1_9	D1_10	D1_11	D2_13a	D2_13b	D2_13c	D2_13d	D2_14a	D2_14b	D2_15	D2_16	D2_17a	D2_17b	D2_18	D2_19a	D2_19b	D2_20a	D2_20b	D2_21a	D3_21b	D3_21c
28/jun	23907	23907	10692	0	23907	0	23907	18421	23907	0	7557	23907	34324	23907	0	0	38497	23907	23907	23907	23907	23907	29387	23907	1712	0	18839	28726	23907	23907	23907	0	0
29/jun	23907	23907	14321	0	23907	0	23907	52468	23907	0	60491	23907	38043	23907	0	0	71099	23907	23907	23907	23907	23907	40833	23907	19644	0	0	74053	23907	23907	23907	0	30948
30/jun	23907	23907	73565	0	23907	0	23907	32249	23907	0	63117	23907	25810	23907	0	0	63406	23907	23907	23907	23907	23907	7310	23907	9224	0	0	75015	23907	23907	23907	0	28031

