

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE UnB PLANALTINA**

ELIZA CLERICUZI BEZERRA DA SILVA

**APLICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO WEAP COMO SUBSÍDIO
À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E ACOMPANHAMENTO DE
INDICADORES HIDROAMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIBEIRÃO SANTANA DF/GO**

**Brasília
2023**



Universidade de Brasília
Faculdade UnB Planaltina

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GESTÃO E REGULAÇÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS - PROFÁGUA

ELIZA CLERICUZI BEZERRA DA SILVA

**APLICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO WEAP COMO SUBSÍDIO À GESTÃO
DE RECURSOS HÍDRICOS E ACOMPANHAMENTO DE INDICADORES
HIDROAMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTANA DF/GO**

Dissertação de mestrado apresentada à Universidade de Brasília – UnB como parte dos requisitos para obtenção do título de mestre em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos.

Área de concentração: Instrumentos da Política de Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Segurança Hídrica e Usos Múltiplos Da Água

Orientador: Prof Dr. Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento

Brasília
2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente, com
os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

CS586a Clericuzi Bezerra da Silva, Eliza
APLICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO WEAP COMO SUBSÍDIO À
GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E ACOMPANHAMENTO DE INDICADORES
HIDROAMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTANA
DF/GO/ Eliza Clericuzi Bezerra da Silva; orientador Carlos
Tadeu Carvalho do Nascimento. -- Brasília, 2023.
176 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em
Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) -- Universidade de
Brasília, 2023.

1. Plano de Recursos Hídricos. 2. Rio Paranaíba. 3.
Planejamento Ambiental. 4. Modelo Hidrológico WEAP. 5.
Instrumentos de Gestão dos Recursos Hídricos. I. Carvalho
do Nascimento, Carlos Tadeu, orient. II. Título.

Eliza Clericuzi Bezerra da Silva

**APLICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO WEAP COMO SUBSÍDIO À GESTÃO DE
RECURSOS HÍDRICOS E ACOMPANHAMENTO DE INDICADORES HIDROAMBIENTAIS
NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTANA DF/GO**

Banca Examinadora:

Professor Doutor Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento (Orientador)
Prof^água – Universidade de Brasília (UnB)

Doutor Márcio de Araújo Silva - ANA (Avaliador externo)
Especialista em Recursos Hídricos
Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA)

Professor Doutor Antônio Almeida Nobre Junior - UnB (Avaliador interno)
Prof^água – Universidade de Brasília (UnB)

Professor Doutor Carlos José Sousa Passos - UnB (Avaliador interno suplente)
Prof^água – Universidade de Brasília (UnB)

Brasília, 06 de julho de 2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus, por nunca colocar um sonho em meu coração que não pudesse ser realizado. Aos meus familiares, por me apoiarem e dedicarem todo amor, paciência e acreditarem no meu potencial de crescimento a todo instante. Em especial à Ilka Regina e João Vieira, por sempre exigirem meu melhor. Por todo o suporte que deram na minha educação e por escolherem me amar como filha. A Letícia Bezerra e Lucas Bezerra, por todo apoio e paciência que tiveram comigo ao longo dessa caminhada, principalmente pelos momentos de distração e companheirismo.

Agradeço aos amigos que me apoiaram durante o monitoramento hidrológico implementado, passamos por poucas e boas durante 12 meses.

Agradeço ao CBH Paranaíba DF, especialmente ao Ricardo Minoti. Agradeço ao IBRAM – Instituto Brasília Ambiental por disponibilizar informações sobre estudos ambientais e a ADASA pelo envio dos dados.

Ao meu orientador Carlos Tadeu, que apoiou minha estratégia de pesquisa e sempre esteve de prontidão para me apoiar. Agradeço a confiança e disponibilidade em ensinar.

Aos meus avaliadores, Márcio Araújo, Antônio Nobre e Carlos Passos, pelas orientações e conhecimentos transmitidos, colaborando para a minha formação acadêmica e profissional.

Agradeço à secretaria geral do ProfÁgua, especialmente a Tatiane Seixas do Polo UnB. Por toda a empatia para auxiliar em nossas dificuldades de matrícula, no sistema entre outros. Aos meus amigos, em especial, Andry, Celma, Claudia, Diana, Eduardo Paulino, Estela, Franklin, Gabriela, Igor, Larissa, Lucas, Ludmilson, Tomé, e especialmente a Maria Elisa Costa por estar sempre perto, diversões, aconselhamentos e companhia nos meus piores momentos.

A todos os professores do Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, especialmente os do Polo UnB. Estendo meus agradecimentos ao conjunto de especialistas da ANA com quem tive a oportunidade de ter aula devido ao ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015.

APLICAÇÃO DO MODELO HIDROLÓGICO WEAP COMO SUBSÍDIO À GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS E ACOMPANHAMENTO DE INDICADORES HIDROAMBIENTAIS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SANTANA DF/GO

RESUMO

No planejamento e gestão da água é muito usual a representação da realidade por modelos matemáticos, pois simulam as etapas do ciclo hidrológico em uma bacia hidrográfica, tornando-se uma ferramenta importante para avaliação dos processos hídricos, sendo aplicados nos estudos de avaliação ambiental, desenvolvimento de cenários futuros e simulação dos efeitos de diferentes medidas de gestão. Esta dissertação apresenta a aplicação do modelo hidrológico WEAP (Water Evaluation and Planning System) como ferramenta de suporte para a gestão de recursos hídricos, de maneira a facilitar o desenvolvimento de alternativas de gerenciamento da água em bacia hidrográficas. Para validação da metodologia, as etapas sugeridas foram observadas em um estudo de caso, Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana, que pertence à Unidade de Gestão Paranaíba – DF/GO. A área em estudo, possui baixa disponibilidade de dados hidrológicos e, a região é o novo eixo de expansão urbana do Distrito Federal. Por isso, torna-se necessário ter o acompanhamento e controle qualitativo e quantitativo dos recursos hídricos, com vistas à garantia dos usos atuais e futuros da água. Como resultado, apresenta-se a caracterização dos elementos essenciais que compõem a gestão da bacia UH Santana, sua implantação no modelo WEAP, os principais desafios observados e sugestão de ações que podem proporcionar para melhorias na gestão recursos hídricos da bacia hidrográfica.

PALAVRAS-CHAVE: plano de recursos hídricos, rio Paranaíba, planejamento ambiental, modelo hidrológico WEAP, instrumentos de gestão dos recursos hídricos

APPLICATION OF THE WEAP HYDROLOGICAL MODEL AS A SUBSIDY FOR THE MANAGEMENT OF WATER RESOURCES AND SUGGESTION OF HYDRO-ENVIRONMENTAL INDICATORS IN THE RIBEIRÃO SANTANA HYDROGRAPHIC BASIN – DF/GO

ABSTRACT

In water planning and management, it is very common to represent reality using mathematical models, as they simulate the processes of the hydrological cycle in a hydrographic basin, becoming an important tool for evaluating water processes, being applied in studies of environmental assessment, development of future scenarios and simulation of the effects of different management measures. This dissertation presents the application of the hydrological model WEAP (Water Evaluation and Planning System) as a support tool for the management of water resources, in order to facilitate the development of alternatives for water management in hydrographic basins. To validate the methodology, the suggested steps were observed in a case study, Ribeirão Santana Hydrographic Unit, which belongs to the Paranaíba Management Unit – DF/GO. The area under study has low availability of hydrological data and the region is the new axis of urban expansion in the Federal District. Therefore, it is necessary to have qualitative and quantitative monitoring and control of water resources, with a view to guaranteeing the current and future uses of water. As a result, it presents the characterization of the essential elements that make up the management of the UH Santana basin, its implementation in the WEAP model, the main challenges observed and the suggestion of result indicators for improvements in the management of water resources in the hydrographic basin

KEYWORDS: water resources plan, Paranaíba river, environmental planning, WEAP hydrological model, water resources management tools

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Principais modelos para gestão de recursos hídricos no Brasil	4
Figura 2 - Organograma do Singreh.....	8
Figura 3 - Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos.....	9
Figura 4 –Qualidade da água e seus usos preponderantes com as classes de enquadramento para águas doces	15
Figura 5 - Comparação entre os Hidrogramas de uma bacia urbanizada e uma bacia natural.	16
Figura 6 - Seção Transversal para Medição de vazão.	18
Figura 7 - Bases fundamentais para o Desenvolvimento Sustentável.....	28
Figura 8 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Agenda 2030.....	28
Figura 9 - Esquema das quatro etapas metodológicas desenvolvidas.....	30
Figura 10 - Esquema da Modelagem Hidrológica no WEAP.....	32
Figura 11 – Representação das interações nas camadas do solo pelo Método <i>Rainfall Runoff</i>	35
Figura 12 - Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu.....	36
Figura 13 – Trechos Críticos Federal com destaque da localização da UH Ribeirão Santana.....	37
Figura 14 - Localização da Unidade Hidrográfica Ribeirão Santana	38
Figura 15 - Evolução Multitemporal da Área de Estudo	40
Figura 16 - Modelo Digital de Elevação UH Santana	43
Figura 17 – Caracterização Pedológica da UH Santana	44
Figura 18 - Caracterização Grupos Hidrológicos da UH Santana.....	45
Figura 19 - Caracterização da Hidrográfica da UH Santana	46
Figura 20 – Zoneamento do Distrito Federal	49
Figura 21 - Zoneamento, Parcelamentos e Áreas de Regularização – destaque para os	50
Figura 22 – Processos de Parcelamentos – destaque para os.....	51
Figura 23 - Parcelamentos e Áreas de Regularização – destaque para a atualização dos pedidos de parcelamentos 2019 – 2022.	51
Figura 24 - Detalhamento das vias de atividades projetada e as interseções com corpo hídrico	52
Figura 25 - Pontos de Monitoramento Quali-Quantitativo da Água estabelecido para a UH Santana	62

Figura 26 - Registros Fotográficos das Campanhas de Monitoramento	63
Figura 27 - Evolução dos valores de Oxigênio Dissolvido - Monitoramento Córrego Pau de Caixeta	67
Figura 28 - Evolução dos valores de Oxigênio Dissolvido - Monitoramento Ribeirão Santana.....	67
Figura 29 - Evolução dos valores de Coliformes Termotolerantes - Monitoramento Córrego Pau de Caixeta.....	68
Figura 30 - Evolução dos valores de Coliformes Termotolerantes - Monitoramento Ribeirão Santana.....	68
Figura 31 – Registros Fotográficos Ponto 01, monitoramento em andamento – julho/22	70
Figura 32 - Relação vazão medida x cota - Ponto 01	71
Figura 33 - Registro Fotográfico Ponto 02 - nov/21	72
Figura 34 - Registro fotográfico Ponto 02 - mar/22 e abr/22	72
Figura 35 - Registro fotográfico Ponto 02 - abr/22.....	72
Figura 36 - Registro fotográfico Ponto 02 –jun/22	73
Figura 37 - Perfil da Seção Molhada - Ponto 02 - Pau de Caixeta	73
Figura 38 - Relação vazão medida x cota - Ponto 02 – Montante Interferência	74
Figura 39 - Relação vazão medida x cota - Ponto 02 – Montante Interferência	75
Figura 40 - Relação vazão medida x cota - Ponto 02 – Jusante Interferência	75
Figura 41 – Registro Fotográfico - Ponto 03 – seção antiga	77
Figura 42 – Registro Fotográfico - Ponto 03 – Jusante Captação	78
Figura 43 - Relação vazão medida x cota - Ponto 04 – Ponte DF140.....	80
Figura 44 - Relação vazão medida x cota - Ponto 05 – Trechos Agrícolas	81
Figura 45 - Relação vazão medida x cota - Ponto 06 – Estação 60492000.....	82
Figura 46 - Relação vazão medida x cota - Ponto 07 – Montante Rio São Bartolomeu	83
Figura 47 - Desenho esquemático para modelagem WEAP da UH Santana	85
Figura 48 - Diagrama unifilar dos elementos e nós para simulação no WEAP do Córrego Pau de Caixeta.....	87
Figura 49 - Representação Esquemática dos dados de entrada no modelo Weap ..	88
Figura 50 - Coeficiente de Cultura Aplicado na modelagem da sub bacia do córrego Pau de Caixeta	89

Figura 51 - Fator de Resistencia ao Escoamento na sub bacia do córrego Pau de Caixeta.....	89
Figura 52 - Dados de Entrada de Precipitação no modelo WEAP, média dos anos mais secos.....	90
Figura 53 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta	94
Figura 54 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta, Cenário - ALT 01	96
Figura 55 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta, Cenário – ALT 02	97
Figura 56 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta, Cenário – ALT 03	97
Figura 57 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta, Cenário – ALT 04	98
Figura 58 - Registro Automático do Sensor de Pressão - Pau de Caixeta - Ponto 02 jusante interferência	102
Figura 59 - Relação Chuva x Cota registrada pelo sensor - Pau de Caixeta - Ponto 2 jusante interferência	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplificação de áreas em atual expansão urbana e riscos identificados pela ANA.....	12
Quadro 2 – Classificação de Modelos Hidrológicos	19
Quadro 3 – Indicadores Hidroambiental com enfoque em Resultado relevantes ao estudo	27
Quadro 4 - Compatibilidade do projeto com o ODS 06	29
Quadro 5 - Compatibilidade do projeto com o ODS 11	29
Quadro 6 - Produtos Técnicos da Dissertação de Mestrado.....	31
Quadro 7 – Categorização Hidrográfica avaliada	37
Quadro 8 – Classificação em Grupos Hidrológicos, relacionado com solos	45
Quadro 9 – Detalhamento das outorgas na UH Santana, na parte do Distrito Federal.	47
Quadro 10 - Síntese do Plano de Recursos Hídricos - Paranaíba DF.....	53
Quadro 11 - Quadro Síntese x Metas.....	53

Quadro 12 - Fatores negativos sobre a gestão hídrica na UH Santana	55
Quadro 13 -Informações hidroambientais da UH Santana.....	56
Quadro 14 - Estação do Monitoramento da Unidade Hidrográfica do Santana	57
Quadro 15 - Principais Características do Monitoramento estabelecido na UH Santana	63
Quadro 16 - Descrição dos Pontos de Monitoramento.....	64
Quadro 17 – Sugestão de Ações para a sub bacia do córrego Pau de Caixeta aos Comitês de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (Distrital e Federal)	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Registro da Estação Fluviométrica da ADASA- Rib. Santana – Medição de Vazão e Vistoria por equipe especializada	57
Tabela 2 - Total de meses sem registros da Estação Santana.....	58
Tabela 3 - Vazão de referência em diferentes porcentagens do posto de monitoramento da ADASA.....	59
Tabela 4 - Resultados das Campanhas de Monitoramento Qualitativo da água	66
Tabela 5 - Resultados das Campanhas de Monitoramento de Sólidos	68
Tabela 6 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 01	71
Tabela 7 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 02 – Montante Interferência.....	74
Tabela 8 - Resultados preliminares do Monitoramento Quantitativo - Ponto 02 – Jusante Interferência.....	75
Tabela 9 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 03 – Seção Antiga ..	78
Tabela 10 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 03 – Seção Nova ..	78
Tabela 11 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 04	79
Tabela 12 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 05	80
Tabela 13 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 06	81
Tabela 14 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 06	82
Tabela 15 - Valores de classificação dos medidores de performance estatística R ² e NashSutcliffe na simulação de bacias hidrográficas.....	91
Tabela 16 - Cenários Simulados para a Sub bacia do córrego Pau de Caixeta, área crítica da UH Santana	93
Tabela 17 – Resultado das Vazões Remanescente dos cenários simulados que foram apresentados	95

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Balanço de Massa em cada Nó do WEAP.....	34
Equação 2 - Fluxo hídrico na camada superficial	34
Equação 3 - Fluxo de Base na camada profunda.....	35

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice A - Caracterização ambiental e estudos hidrológicos quantitativos na região de expansão urbana da DF 140, Brasília – DF. XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte/ MG – 2021.	117
Apêndice B - Aspectos quantitativos da água e sua relação com uso e ocupação do solo na microbacia do córrego pau de caixeta - Brasília – DF. XIV ENAU - Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV SRRU - Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos. Brasília/ DF – 2022.....	117
Apêndice C – Resultados das Simulações no WEAP	118

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ABC	Análise de Bacias Complexas
APA	Área de Proteção Ambiental
BH	Bacia hidrográfica
CAESB	Companhia de Saneamento Básico do Distrito Federal
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
Codevasf	Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco
Conama	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CTPA-DF	Câmara Técnica Permanente de Assessoramento do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EPA	Environmental Protection Agency
HEC	Hydrologic Engineering Center
MDR	Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional
OD	Oxigênio Dissolvido
ODS	Objetivo de Desenvolvimento Sustentável
PDOT	Plano Diretor de Ordenamento Territorial
PIRH	Plano Integrado de Recursos Hídricos
Q _{mlp}	Vazão média de longo prazo
Q _{ref}	Vazão de referência
Singrh	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SWMM	Storm Water Management Model
UH	Unidade Hidrográfica
UTA	Unidade Territorial de Análise
WEAP	Water Evaluation and Planning
ZUEQ	Zona Urbana de Expansão e Qualificação
ZUUC II	Zona Urbana de Uso Controlado II

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. OBJETIVO ESPECÍFICOS	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO	4
3.1. Gestão de Recursos Hídricos no Brasil	4
3.2. Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH	6
3.2.1. Instrumentos de gestão de recursos hídricos	9
3.3. Expansão Urbana	11
3.4. Importância das Redes de Monitoramento	13
3.5. Aspectos Qualitativos das Águas	15
3.5.1. Padrões de qualidade das águas	15
3.6. Impactos da Urbanização no Comportamento Hidrológico	16
3.6.1. Quantificação do escoamento superficial	17
3.7. Modelos Matemáticos - Quantidade e Qualidade da Água	18
3.7.1. Modelos quantitativos de avaliação do escoamento superficial	19
3.7.2. Modelos de avaliação da qualidade da água	21
3.8. Planejamento Integrado de Recursos Hídricos – Sistema de Suporte à Decisão	23
3.8.1. Modelo de apoio à decisão em bacias hidrográficas	24
3.9. Indicadores hidroambientais com Enfoque em Resultados para Bacias Hidrográficas	26
3.10. Cooperação Internacional para a Implementação dos Objetivos De Desenvolvimento Sustentável – ODS	27
4. METODOLOGIA	29
4.1. Modelagem WEAP	32
5. DIAGNOSTICO DA ÁREA DE ESTUDO	35
5.1. Importância Estratégica da Gestão dos Recursos Hídricos da UH Santana	36
5.1.1. Dinâmica do uso e ocupação urbana na UH – Ribeirão Santana	38
5.2. Aspectos Físicos da UH – Ribeirão Santana	41
5.2.1. Clima	41
5.2.2. Geologia	41
5.2.3. Geomorfologia	42
5.2.4. Pedologia e Grupo Hidrológico	43
5.2.5. Hidrografia e Hidrologia	45
5.3. Ordenamento Territorial da UH- Ribeirão Santana no Distrito Federal	48
5.4. Diretrizes Urbanísticas - DIUR	49
5.5. Informações do Plano de Recursos Hídricos - Construção do Painel de Controle	53
5.5.1. Quadro síntese do plano de recursos hídricos	53
5.5.2. Quadro síntese x Metas	53
5.5.3. Avaliação da implementação das ações	54
5.6. Levantamento de Informações Hidro Ambientais Disponíveis	56
5.7. Enquadramento de Corpos Hídricos na UH – Santana no DF	59
6. REDE DE MONITORAMENTO ESTABELECIDA NA UH SANTANA	61
7. MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO IMPLEMENTADO NA UH SANTANA	65
7.1. - Resultados de Oxigênio Dissolvido e de Coliformes Termotolerantes	67
7.2. Resultados do Monitoramento da Quantidade da água	70
7.2.1. Ponto 01 – Pau de Caixeta 01 – Montante Cachoeira	70
7.2.2. Ponto 02 – Pau de Caixeta – Jusante Cachoeira	71
7.2.3. Ponto 03 – Ribeirão Santana – Montante Ponte DF140	77
7.2.4. Ponto 04 - Ribeirão Santana – Ponte DF 140	79
7.2.5. Ponto 05 – Ribeirão Santana –Trecho entre usos agrícolas	80
7.2.6. Ponto 06 – Ribeirão Santana – Estação 60492000	81
7.2.7. Ponto 07 – Foz da Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana	82
8. MODELAGEM HIDROLÓGICA	84
8.1. Definição de Áreas Críticas para Modelagem no Weap	86
8.2. Modelagem da Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Pau de Caixeta	87
8.2.1. Dados de solo do córrego pau de caixeta	88
8.2.2. Dados climatológicos	89
8.2.3. Estação fluviométrica	90
8.2.4. Rio, escoamento superficial e conector de demanda	90
8.3. Calibração das Vazões Simuladas no Weap	91
8.4. Cenários Alternativos	92

8.5. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA	93
8.5.1. Cenário Referência – Situação Atual	94
8.5.2. Cenário Alternativo 01	96
8.5.3. Cenário Alternativo 02	96
8.5.4. Cenário Alternativo 03	97
8.5.5. Cenário Alternativo 04	98
9. CONSIDERAÇÕES FINAIS	99
10. RECOMENDAÇÕES	104
11. CONCLUSÕES	106
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICES	117

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização é um fenômeno caracterizado, pelo aumento significativo na densidade populacional, porém, não é o único fator envolvido na expansão do território de uma cidade (CANHOLI, 2005).

Segundo Canholli (2005) *apud* Silva (2016), diversas regiões do Brasil tiveram significativo crescimento da população urbana, durante as últimas décadas. Sobre isso, reforça que o desenvolvimento na maioria das cidades ocorre praticamente sem infraestrutura relacionada ao saneamento básico, ocasionando impactos socioambientais negativos que afetam todo sistema urbano, e, em consequência da urbanização, ocorre significativo aumento da demanda por monitoramento, controle e gerenciamento de recursos hídricos na bacia hidrográfica.

Tundisi (2003) relata que a água por se tratar de um elemento essencial para a manutenção dos processos biológicos e físicos, é imprescindível que seja suficiente e usada com eficiência, ou seja, é necessário verificar se há disponibilidade hídrica nos aspectos quantitativos e qualitativos para a expansão urbana e o aumento da complexidade pela garantia aos usos múltiplos.

Para Von Sperling (2005), a qualidade da água sofre influência das condições naturais e, principalmente, das interferências antrópicas. Por isso, é essencial estudar os efeitos/impactos da poluição das águas, devendo ser considerado os aspectos físicos, químicos e biológicos que se relacionam com o ecossistema aquático.

Neste sentido, o autor reforça a importância de utilizar modelos matemáticos para a verificação da qualidade e quantidade da água, também é de extrema utilidade a modelagem e cenarização para avaliação das atividades poluidoras, potenciais e efetivas.

As ferramentas de modelagem e simulação contribuem para o aumento da eficiência e otimização da tomada de decisão dos gestores de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, além disso, proporcionam a melhoria no planejamento das atividades de controle e monitoramento, indicando situações mais críticas (SPERLING,2005)

Santos (2004), define gestão como o planejamento e o gerenciamento de um conjunto de ações integradas, coordenadas e orientadas, empregadas para diagnosticar a realidade, avaliar as perspectivas e estruturar medidas a serem executadas considerando as alterações de uso e ocupação do espaço ao longo do tempo.

Adota-se a bacia hidrográfica como a unidade territorial fundamental para implementação de Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conforme o Inciso V, Artigo 1º, Lei Nº 9.433/1997.

Nesta perspectiva, esse trabalho objetiva à aplicação da modelagem hidrológica no sistema de suporte à decisão WEAP, com o intuito de desenvolver alternativas de manejo dos recursos hídricos, subsidiar melhorias na gestão integrada de sub-bacias.

A Unidade Hidrográfica (UH) do Ribeirão Santana foi selecionada para essa avaliação porque contempla a região do novo eixo de desenvolvimento urbano do Distrito Federal e entorno.

Na região supracitada, está inserida a área de influência, direta e indireta da rodovia DF 140, principal via de acesso de um núcleo urbano, 100% planejado e autossuficiente, com preservação de áreas verdes e futuras instalações de infraestruturas (hospitais, escolas, universidades, centros empresariais, *shoppings*, serviços e equipamentos urbanos) que asseguram qualidade de vida.

2. OBJETIVOS

Aplicar o modelo hidrológico WEAP como subsídio ao Planejamento Integrado de Recursos Hídricos

Para validação deste objetivo, o modelo foi aplicado em um estudo de caso, Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana, que pertence a Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu, inseridas na Unidade de Gestão dos Afluentes Distritais do Rio Paranaíba.

2.1. OBJETIVO ESPECÍFICOS

Sugerir ações ao Plano de Recursos Hídricos- Paranaíba/DF que possibilitem o futuro acompanhamento de indicadores hidroambientais de resultado

Identificar áreas críticas, onde são importantes para a implementação/aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão de recursos hídricos e, as prioritárias para os programas/projetos indutores.

Verificar o desempenho do modelo WEAP, em termos de processamento de dados e facilidade de uso como um sistema de suporte à decisão, em sub bacia com baixa disponibilidade de informações.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo/seção apresenta-se uma visão geral da gestão dos recursos hídricos no Brasil e, também, sobre as condições que podem levar a crise hídrica, como um desequilíbrio entre a demanda e a disponibilidade de água.

Ademais, apresenta-se o conceito de sistemas de apoio à decisão, como podem ajudar a impulsionar mudanças políticas, facilitar acordos entre usuários de recursos hídricos por meio do uso da ferramenta de modelagem hidrológica.

Por fim, como parte dos requisitos do Profágua, aborda-se a aderência da dissertação com a Agenda 2030 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – especialmente o ODS6 e ODS11.

3.1. Gestão de Recursos Hídricos no Brasil

O histórico da política brasileira voltada para a gestão de recursos tem como marco inicial o Código das Águas, Decreto nº 24.643, de 10 de junho de 1934. Na Figura 1 mostra-se o resumo dos principais modelos de gestão hídrica identificados por Setti et al (2001).

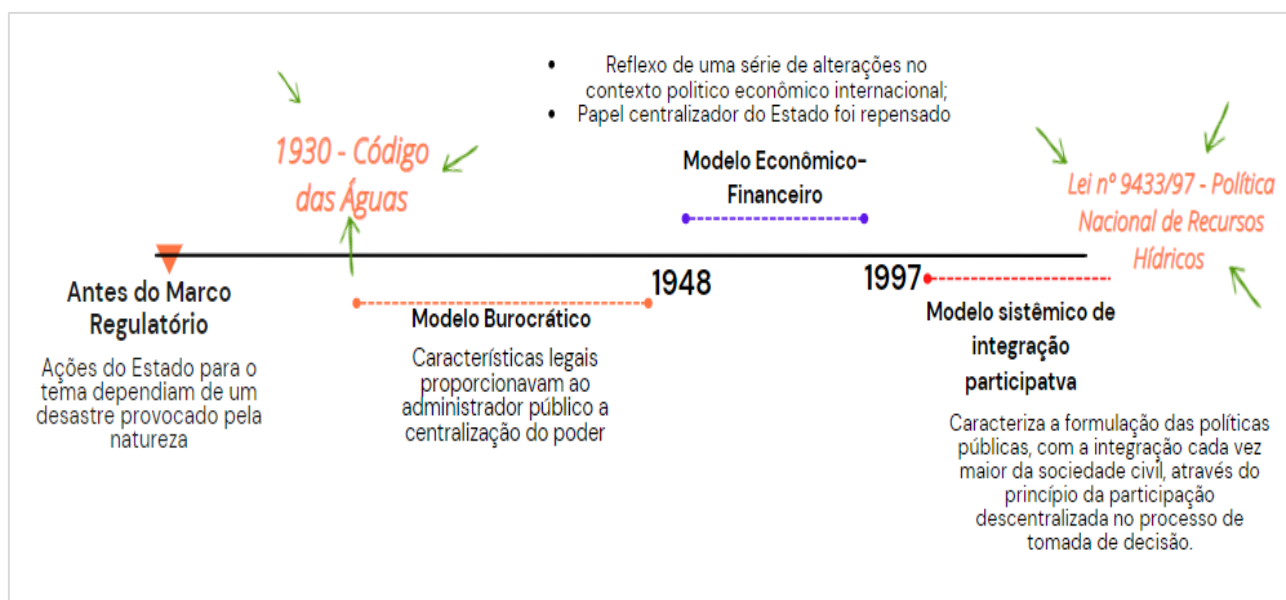


Figura 1 - Principais modelos para gestão de recursos hídricos no Brasil (Fonte: Informações: Setti et al, 2001. Figura: Autora)

Com o avanço da urbanização, a disponibilidade de água não acompanhou o crescimento da população e econômico. Houve aumento da demanda, poluição e escassez, novos conflitos foram gerados exigindo ação do estado na alocação de água, levando à necessidade de modernização do modelo de gestão.

Segundo Oliveira (2013), são os principais problemas do modelo burocrático de gestão promovido pelo Código das Águas de 1934:

- **Visão fragmentada do processo de gerenciamento**
- **Desempenho restrito ao cumprimento de normas e engessamento da atividade administrativa**
- **Excesso de formalismo, frente as demandas da população**
- **Centralização do poder decisório**

Os fatores apresentados anteriormente, associados ao cenário político internacional (grande depressão de 1930) serviram de impulso para a reformulação do sistema burocrático de gestão hídrica, ou seja, o surgimento do modelo econômico-financeiro encontrou as condições necessárias depois da II Guerra Mundial (1945).

Segundo Oliveira (2013), o marco do período econômico-financeiro foi a criação da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Codevasf), em 1948, em busca de uma gestão integrada das águas que se utilizava de uma estrutura de instrumentos econômicos e financeiros interligados ao poder público, demonstrando uma tendência de maior flexibilização da tomada de decisão.

Contudo, ao longo das décadas de 1970 e 1980, devido ao crescente número de conflitos não solucionados pela estrutura econômico-financeira de gestão hídrica, houve a necessidade de descentralização para alcançar maior eficiência neste processo (OLIVEIRA, 2013).

Nesse momento, inicia-se a preocupação de garantir a qualidade dos corpos hídricos para as gerações futura. Grande novidade ocorreu na esfera administrativa: os instrumentos econômicos e financeiros passaram a ser vistos sob um viés sistêmico (SETTI *et al.*, 2001).

Estas inovações administrativas foram essenciais para a construção das atuais normativas que dispõe sobre a gestão dos recursos hídricos, e, vieram como resposta aos efeitos do aumento da demanda para usos múltiplos da água e concentração populacional nas grandes cidades.

O modelo sistêmico de gestão descentralizada, participativo e integração de políticas públicas, tem como marco legal a Política Nacional da Recursos Hídricos, Lei Nº 9.433 de 08 de janeiro de 1997.

3.2. Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH

A Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é um conjunto de fundamentos, diretrizes, instrumentos, objetivos e instancias de gestão descentralizadas e de participação social. Sendo o instrumento legal que orienta a gestão das águas no Brasil. Logo em seu artigo 1º, a lei da água evoca os seguintes fundamentos:

BRASIL, 1997___Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

- I - a água é um bem de domínio público;
- II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

No artigo 2º e 3º, a lei apresenta respectivamente os objetivos e as diretrizes.

BRASIL,1997___Art. 2º São objetivos da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - assegurar à atual e às futuras gerações a necessária disponibilidade de água, em padrões de qualidade adequados aos respectivos usos;
- II - a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, incluindo o transporte aquaviário, com vistas ao desenvolvimento sustentável;
- III - a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos críticos de origem natural ou decorrentes do uso inadequado dos recursos naturais.
- IV - incentivar e promover a captação, a preservação e o aproveitamento de águas pluviais.

BRASIL,1997___Art. 3º Constituem diretrizes gerais de ação para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos:

- I - a gestão sistemática dos recursos hídricos, sem dissociação dos aspectos de quantidade e qualidade;
- II - a adequação da gestão de recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais das diversas regiões do País;
- III - a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;

- IV - a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional;
- V - a articulação da gestão de recursos hídricos com a do uso do solo;
- VI - a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zonas costeiras.

A Política Nacional de Recursos Hídricos tem por objetivos assegurar a disponibilidade da água às futuras gerações, utilizá-la racionalmente, prevenir e defender contra eventos hidrológicos críticos. E, as diretrizes baseiam-se na gestão sistemática da quantidade e qualidade dos recursos hídricos, integrada com a gestão ambiental, adequada às diversas realidades socioambientais do país.

Saliente-se que o atual modelo de gestão hídrica, descentralizada e participativa, procura adequar-se a uma sociedade que muda constantemente suas demandas, reconhecendo a complexidade dos problemas e soluções de conflitos em áreas críticas.

Segundo Oliveira (2013) o atual modelo de gestão possui três princípios que conjuntamente buscam integrar as problemáticas vivenciadas em uma bacia hidrográfica. São eles:

1. *Planejamento estratégico por bacia, que possibilita o estudo aprofundado da área em questão com estabelecimento de metas relativas a cenários futuros, tendo como base o desenvolvimento sustentável;*
2. *Tomada de decisão através de liberações multilaterais e descentralizadas, baseada na constituição de comitê de bacia hidrográfica que serve de espaço para debates entre representantes de entidades públicas, privadas, utilizadores e sociedade civil;*
3. *Estabelecimento de instrumentos legais e financeiros, em que se define através de um planejamento estratégico as formas de captação de recursos que serão utilizados na bacia.*

A PNRH apresenta o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) como a instituição responsável por sua implementação.

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 infraestruturas hídricas construídas com recursos financeiros federais, como o caso de barragens e reservatórios, quanto nos demais corpos d'água que são considerados como de domínio estadual. Na Figura 2 apresenta-se o fluxograma da estrutura organizacional do Singreh.

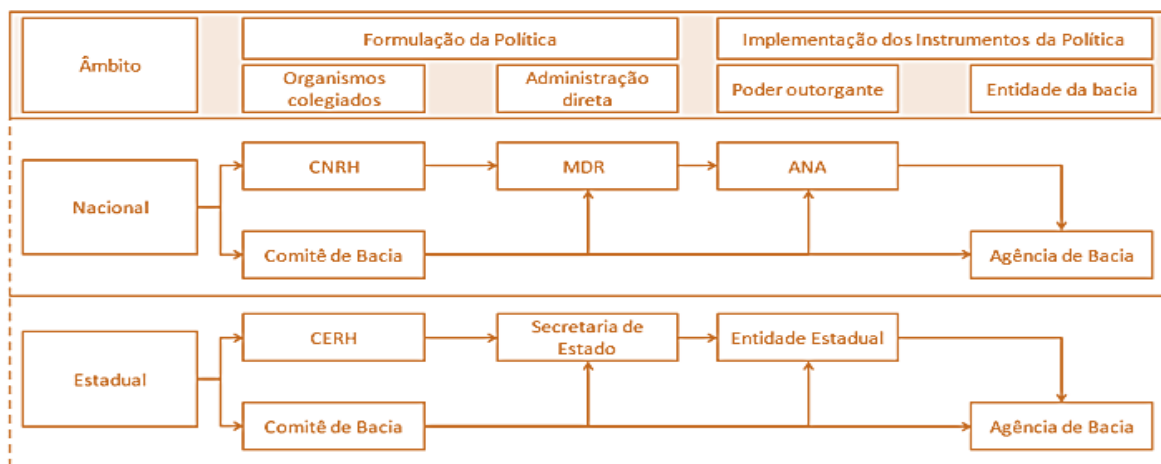


Figura 2 - Organograma do Singreh
Fonte: ANA (2023)

Na Figura 2 supramencionada apresenta-se a estrutura do Singreh, que é composta por instâncias colegiadas que deliberam sobre os recursos hídricos e pelos atores da administração regional, sendo eles os responsáveis pela formulação de políticas públicas voltadas para a gestão das águas.

Segundo o portal do Singreh (ANA,2023), no âmbito nacional as entidades componentes do sistema são: o Conselho Nacional de Recursos Hídricos, o Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional, os Comitês de Bacias Hidrográficas de corpos d'água de responsabilidade da União, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, além das Agências de Bacias Federais, ou seja, as Entidades Delegatárias.

No âmbito estadual, existem 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 Entidades Delegatárias.

Destaque-se que existem desafios para a implementação de uma gestão descentralizada, participativa e integrada dos recursos hídricos, pois, não ocorre uma efetiva integração entre o planejamento estratégico da água com os demais setores, por exemplo, a expansão territorial urbana gera conflitos com a agenda hídrica.

Tundisi (2013) ressalta que em diversas bacias hidrográficas ocorre falta de informações referente à disponibilidade hídrica, demanda e qualidade da água nos corpos hídricos. Tal situação, dificulta as ações de planejamento e prejudica o

estabelecimento de critérios para avaliar a sustentabilidade e resiliência do sistema hidroambiental.

3.2.1. Instrumentos de gestão de recursos hídricos

A PNRH define 05 (cinco) instrumentos de gestão, que são as principais ferramentas utilizadas para organizar e regulamentar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, são elas:

- **Plano de recursos hídricos:** forma de implementação das ações previstas em seus programas e projetos na bacia hidrográfica;
- **Outorga de direito de usos das águas:** instrumento regulatório que autoriza o uso da água (superficial e/ou subterrânea) e assegura o controle da quantidade e qualidade da água;
- **Cobrança pelo uso da água:** instrumento financeiro de incentivo ao uso racional e captação recursos para melhoria da oferta de água
- **Enquadramento dos corpos d'água:** assegurar padrões de qualidade compatíveis aos usos pretendidos
- **Sistemas de informações sobre recursos hídricos:** banco de dados com informações de interesse.

Na Figura 3 apresenta-se os instrumentos de gestão de recursos hídricos e suas interrelações. A implementação dos instrumentos deve ser feita de modo a garantir a sustentabilidade da bacia hidrográfica onde se insere. Devem ser levados em consideração os aspectos ambientais e econômicos, tendo em vista um horizonte de planejamento no curto, médio e a longos prazos.

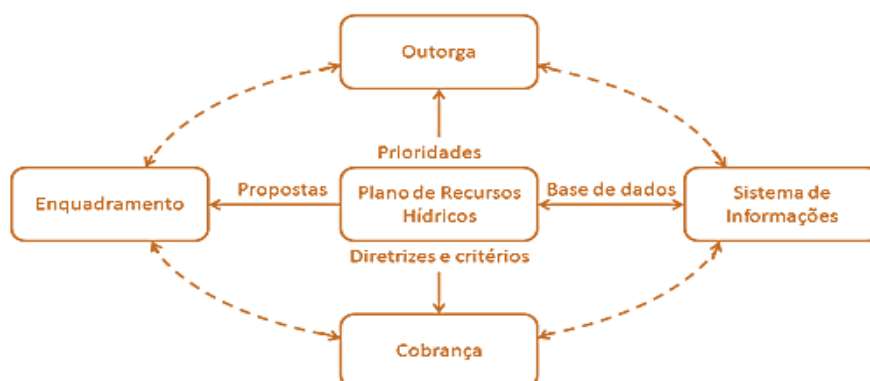


Figura 3 - Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos

Fonte: ANA, 2022¹

¹ Encarte: Planos de Recursos Hídricos / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. -- Brasília: ANA, 2022

Ademais, os instrumentos destacados na PNRH servem como métrica de avaliação sobre a eficiência na aplicação da gestão de recursos hídricos. A Figura 3 mostra que os itens possuem correlações diretas ou indiretas entre si, de modo que para o fortalecimento de cada instrumento é necessária uma efetiva implementação dos outros.

Os Planos de Recursos Hídricos (PRH) são instrumentos centrais que fornecem o apoio técnico e regulam as ações de implementação da PNRH. Por isso, para que o PRH seja um reflexo das necessidades e particularidades locais é necessário uma efetiva participação social e integração da PNRH com as demais políticas, ordenamento territorial e conservação ambiental (SOARES,2021)². Não obstante a igual importância de todos os instrumentos, como os sistemas de informações sobre recursos hídricos, que reúnem informações sobre a disponibilidade e demanda de água, fornecem subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

A ANA tem tornado os planos de bacias hidrográficas cada vez mais implementáveis, promovendo maior discussão do processo de planejamento, mostrando aos atores envolvidos que participação influencia diretamente a gestão eficiente das ações e metas do plano.

Neste sentido tem-se observado certa preocupação em desenvolver planos (PRH) que tenham uma estrutura “*bottom up*”, (que significa de baixo para cima) ou seja, estruturar os PRH aperfeiçoando a gestão da microbacia para macro bacia.

Esses novos planos podem ser chamados de Plano Integrado de Recursos Hídricos (PIRH), que visam a instrumentalizar os comitês de bacia com as melhores práticas de gestão.

Além disso, existe Plano de Ação de Recursos Hídricos das Bacias Afluentes (PARH) onde são observadas as particularidades de cada localidade, as principais prioridades e oportunidades de melhoria da gestão.

² Informação pessoal de palestra sobre Planos de Recursos Hídricos proferida por Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

Os progressos na governança dos recursos hídricos dependem de maior participação, melhor negociação entre os atores envolvidos e descentralização da gestão para os comitês de bacia em todo território nacional.

Além disso, a melhoria da gestão depende da implementação de todos os instrumentos da PNRH considerando a adaptação às mudanças climáticas.

3.3. Expansão Urbana

Silva (2016) destaca que na maioria das vezes, o desenvolvimento da cidade ocorre sem planejamento integrado quanto aos aspectos de transporte, higiene e habitação, resultando no crescimento de um território sem infraestrutura básica e desorganizado, alterando a cobertura vegetal da bacia hidrográfica e modificando negativamente a resposta do comportamento hidrológico natural.

Nas últimas décadas, tem-se observado o surgimento de novas centralidades urbanas, impulsionadas por diversos setores (habitacional, comercial, turístico), que, geralmente, impactam o equilíbrio ambiental da região onde se insere.

Anschau *et al* (2018), indicam que a expansão urbana quando não acompanhada de um planejamento que considere suas características e aptidão física à ocupação, reflete os impactos negativos da relação sociedade e meio ambiente, provocando o aparecimento de sérios problemas socioambientais, tais como:

- Inadequação das infraestruturas;
- Destruição de fragmentos da vegetação nativa;
- Despejo de esgoto;
- Erosão do solo e assoreamento dos rios;
- Enchentes;
- Piora da qualidade da água;
- Ocupação irregular e sem controle/fiscalização.

Os autores igualmente apontam que os problemas ambientais provocados pela intervenção humana no processo de criação dessas centralidades urbanas promovem pesquisas orientadas à avaliação destas vulnerabilidades (ANSCHAU *et al*, 2018), porém, as informações disponíveis para a realização desses estudos muitas vezes são insuficientes.

A ausência de informações permitem o uso de técnicas inadequadas, levando a um ciclo de consequências negativas, resultando em perdas econômicas, sociais e ambientais.

Schewe *et al.* (2014) apontam que, devido ao crescimento populacional e econômico esperado, a demanda por água tende a crescer e a intensificar os problemas relacionados à escassez de recursos hídricos no Brasil nas próximas décadas.

No Quadro 1, mostram-se exemplos de áreas em expansão urbana para as cinco regiões do país, além disso, apresenta-se na última coluna o principal desafio com relação aos recursos hídricos identificado pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) no levantamento de criticidade, em sua versão nacional, disponível no portal Dados Abertos ANA - Classificação dos Trechos de Rios Federais por Criticidade.³

Quadro 1 – Exemplificação de áreas em atual expansão urbana e riscos identificados pela ANA

Região do Brasil	Local	Finalidade	Criticidade verificada pela ANA
NORDESTE	Goiana- PE	Espaço Urbano resultante da implementação de Polo Industrial	Balanço hídrico quali ou quali-quantitativo crítico + alta demanda para irrigação
NORTE	Boa Vista - RO	Expansão da Malha Urbana	Balanço hídrico quantitativo crítico
CENTRO- OESTE	Brasília – DF	Criação de centro urbano de alto padrão - DF 140	Balanço hídrico quantitativo crítico
SUDESTE	Montes Claros – MG	Expansão da Malha Urbana	Balanço hídrico quali ou quali-quantitativo crítico
SUL	Torres - RS	Turismo no litoral norte e 2ª residência	Conflito potencial pelo uso da água + alta demanda para irrigação

Fonte: Elaborado pela Autora,2022

Neste sentido, pode-se dizer que é extremamente necessário que a criação de novas centralidades urbanas iniciem pela construção de uma base de dados hidrológicos confiáveis, visto que irá determinar a gestão mais acertadas sobre o comportamento e a tendencia da bacia hidrográfica em curto, médio e longo prazo.

³ https://dadosabertos.ana.gov.br/datasets/d6967b517a2c468ea680a37a9e76ab00_1/about

3.4. Importância das Redes de Monitoramento

A verificação da disponibilidade e demanda por água em quantidade e qualidade é um processo fundamental na implantação de todas as ferramentas de gestão previstas pela legislação de águas no Brasil.

Conforme a Política Nacional de Meio Ambiente (Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981, Art. 2º) o monitoramento sistemático do estado da qualidade ambiental é responsabilidade legal da União, dos Estados, do Distrito Federal, dos Territórios e dos Municípios (BRASIL, 1981).

Segundo Von Sperling (2005), o acompanhamento da qualidade e quantidade da água consiste em um monitoramento contínuo e sistemático destes aspectos, visando à produção de informações, aos atores que participam da gestão dos recursos hídricos e à população de forma direta e indireta. Além disso, destaca que é um processo de extrema importância para o estabelecimento e consolidação de ferramentas de gestão da água, como a outorga e enquadramento, consideradas essenciais para a eficiência do sistema de gerenciamento hídrico.

O autor supracitado, reforça que o monitoramento dos aspectos qualitativos, também fornecem as informações necessárias para a aplicação das medidas de controle, atualização de dados hidrológicos e tornam-se essenciais para a tomada de decisões de curto, médio e longo prazo no planejamento hídrico de uma região.

A ANA, no documento Plano Nacional de Segurança Hídrica (BRASIL, 2019), destaca que para ter uma efetiva implementação, os planos e regulamentos requerem dados que indiquem o estado do meio aquático, considerando que os rios estão sujeitos a variações ao longo do tempo, tanto naturais quanto antropogênicas. Além disso, os dados podem subsidiar o acompanhamento de indicadores hidroambientais de resultado, ou seja, métricas que auxiliam o monitoramento da evolução nas bacias hidrográficas.

Para isso, um programa de amostragem requer uma formulação baseada nos objetivos do monitoramento e nas características específicas do local, pois um planejamento cuidadoso leva a uma amostragem adequada e, resulta em economia de recursos humanos, financeiros e de tempo.

Neste sentido, o planejamento das redes hidrológicas e a eficiência deste sistema é mais importante do que o número de estações e equipamentos de recolhimento de dados, sendo necessário que os aspectos qualitativos e quantitativos estejam associados ao desenho físico das redes de monitoramento.

O estudo do aspecto qualitativo proporciona a identificação da relação de causa e efeito entre os usos múltiplos dos recursos hídricos para atividades humanas e os impactos causados na qualidade do corpo hídrico. Já o aspecto quantitativo permite avaliar a disponibilidade de recursos hídricos, eficiência dos processos hidrológicos, disponibilidade da água e a manutenção do ecossistema aquático, portanto, as redes de monitoramento são essenciais para uma gestão integrada da água e do meio ambiente (SOARES,2021)⁴.

Segundo Rigueti (2009), os programas de monitoramento qualitativo e quantitativo da água podem ser classificados de acordo com sua finalidade e podem ser divididos: i) programa de monitoramento orientado para o planejamento e, ii) programa de monitoramento orientado para o controle ambiental.

O programa de monitoramento orientado para o planejamento visa adquirir informações sobre os aspectos de qualidade e quantidade dos recursos hídricos disponíveis, para atender às necessidades presentes e futuras, com a realização de diagnóstico e prognóstico sobre os efeitos de novos usos, os efeitos da liberação de efluentes em corpos receptores, bem como a avaliação das variações hidrológicas dos cursos d'água (RIGUETTI, 2009).

O programa de monitoramento voltado ao controle ambiental tem por objetivo identificar as áreas afetadas, e avaliar a urgência de implantação de planos de recuperação e proteção de mananciais, por meio da avaliação das medidas de controle implantadas ou da análise de possíveis mudanças nas condições de qualidade e quantidade da água.

⁴ Informação pessoal de palestra sobre Plano Nacional de Segurança Hídrica proferida por Sérgio Rodrigues Ayrimoraes Soares

3.5. Aspectos Qualitativos das Águas

3.5.1. Padrões de qualidade das águas

Para garantir a disponibilidade de água às atual e futuras gerações, é essencial o estabelecimento de padrões de qualidade para usos múltiplos dos corpos hídricos.

Neste sentido, a Resolução Conama Nº 357 de 17 de março de 2005 estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, que por sua vez foi complementada posteriormente com a Resolução CNRH Nº 91 de 05 de novembro de 2008 e a Resolução Conama Nº 430 de 17 de maio de 2011. Na Figura 4 apresenta-se o esquema que explica o nível de qualidade da água e a relação com os usos preponderantes.



Figura 4 –Qualidade da água e seus usos preponderantes com as classes de enquadramento para águas doces
(Fonte: Adaptado de PNMA II, 2006).

Segundo Mizutori (2009) e Von Sperling (2005), a classificação de um corpo d'água não deve se basear apenas no seu estado atual, mas no estado de qualidade que esse deve ter para atender às necessidades da comunidade.

Ressalte-se que o enquadramento dos corpos d' água em classes, segundo os usos preponderantes da água é uma referência para implementação de outros demais instrumentos de gestão de recursos hídricos (outorga, cobrança) e, também, dos instrumentos de gestão ambiental (licenciamento, monitoramento), portanto, a qualidade da água expressa em termos de enquadramento dos recursos hídricos é importante elo de integração entre o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - Singreh e o Sistema Nacional de Meio Ambiente - Sisnama (ANA, 2019).

3.6. Impactos da Urbanização no Comportamento Hidrológico

Os principais problemas causados pela urbanização no comportamento hidrológico em uma bacia hidrográfica são: o aumento da vazão pico, aumento do volume escoado e a antecipação no tempo da vazão máxima, e as principais consequências desses fatores são as enxurradas, alagamentos e inundações, aumento da carga de poluentes na água pela lavagem das superfícies urbanizadas, impermeabilização do solo e prejuízos com a diminuição da recarga do lençol freático e da vazão de base, além da erosão do leito e das margens devido ao aumento da vazão e velocidade de escoamento nos pontos de lançamento das águas pluviais.

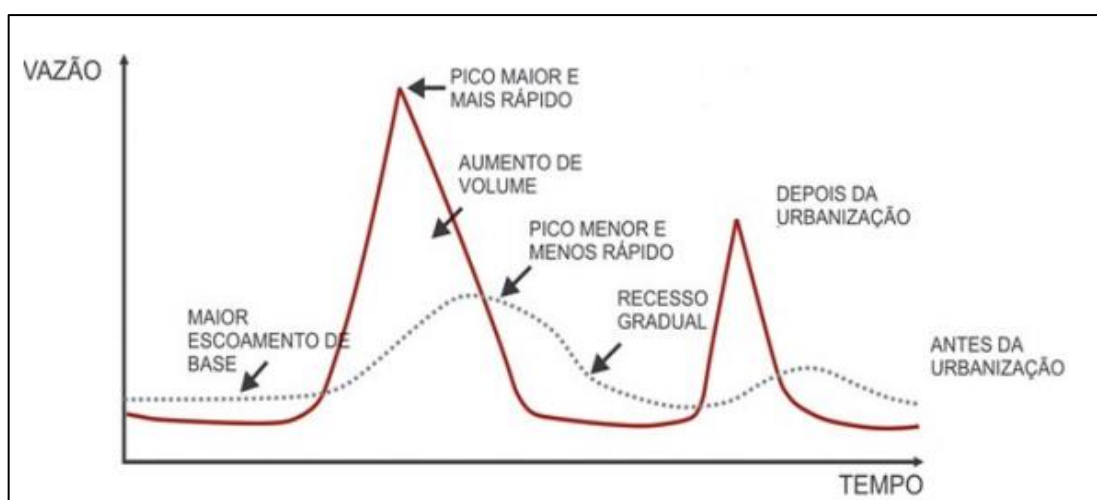


Figura 5 - Comparação entre os Hidrogramas de uma bacia urbanizada e uma bacia natural. (Fonte: TUCCI,2005)

Segundo Tucci (2005) *apud* Silva et al (2016, dissertação de graduação, página 18), à medida que a cidade expande seu território, geralmente, ocorre:

- Incremento das vazões máximas, devido à impermeabilização da superfície;
- Impermeabilização do solo, por isso, ocorre à redução da infiltração e como consequência, diminui a recarga do lençol freático os aquíferos deixam de ser abastecidos, reduzindo-se, portanto, a vazão dos pequenos rios urbanos;
- Aumento significativo na erosão do solo e produção de sedimentos devido à desproteção das encostas e à geração de resíduos sólidos;"

E, à medida que aumenta o escoamento superficial, as estradas são lavadas e os materiais sólidos são transportados, comprometendo a qualidade das águas superficiais com o aumento da carga de poluentes e sedimentos transportados.

Von Sperling (2005) relata que as cargas poluentes podem ser definidas como a razão entre a concentração do poluente na água e a vazão, em um determinado intervalo de tempo. Assim, essas cargas poluentes podem ser despejadas em corpos d'água de duas formas: pontual ou difusa.

Araújo (2005), destaca que as cargas pontuais são originadas principalmente dos efluentes industriais, e estações de tratamento de esgotos e drenagem das águas pluviais urbanas, o que de certa forma torna o controle mais eficiente e rápido, comparadas às cargas difusas, decorrentes do escoamento superficial distribuído ao longo de bacias hidrográficas.

Novotny (1991) *apud* Costa (2013, dissertação de mestrado, página 35) estabelece cinco condições que caracterizam as fontes difusas de poluição:

- O lançamento da carga poluidora é intermitente e está relacionado à precipitação;
- Os poluentes são transportados a partir de extensas áreas;
- As cargas poluidoras não podem ser monitoradas a partir de seu ponto de origem, mesmo porque sua origem exata é difícil de ser identificada;
- O controle da poluição de origem difusa obrigatoriamente deve incluir ações sobre a área geradora da poluição, ao invés de incluir apenas o controle no lançamento de efluente;
- É difícil o estabelecimento de padrões de qualidade para o lançamento do efluente, uma vez que a carga poluidora lançada varia com a intensidade e a duração do evento meteorológico, a extensão da área de produção naquele específico evento, e outros fatores que tornam a correlação vazão x carga poluidora praticamente impossível de ser estabelecida.

3.6.1. Quantificação do escoamento superficial

A vazão de um rio, é o volume de água que passa através de uma seção transversal na unidade de tempo. Segundo Collischonn e Dornelles (2013), os principais métodos de medição de vazão são:

- **Medição e integração da distribuição de velocidade;**
- Métodos acústicos;
- Métodos volumétricos;
- Método químicos;
- Uso de dispositivos de geometria regular (vertedores e calhas Parshall)
- Medição com flutuadores.

Destaque-se que será realizadas considerações apenas sobre o método de medição por integração da distribuição de velocidade.

O procedimento mais comum para a medição da vazão é determinar o número de verticais, que devem ser igualmente espaçadas a começar pela margem esquerda da seção transversal, conforme mostra a Figura 6.

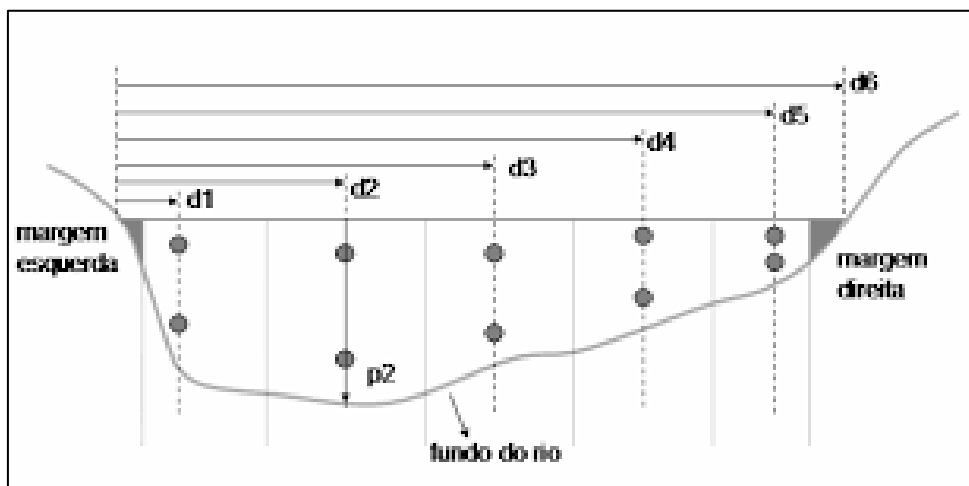


Figura 6 - Seção Transversal para Medição de vazão.
(Fonte: COLLISCHONN e DORNELLES, 2013)

O número de pontos de amostragem em que deve ser posicionado o molinete em uma vertical depende da profundidade do curso d'água em estudo. Em geral é feito a 20% e 80% da profundidade, e, em casos que o nível estiver variando rapidamente, ou seja, quando há passagem de onda de cheia, deve-se adotar 60% da profundidade e aumentar o espaçamento das verticais (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013).

3.7. Modelos Matemáticos - Quantidade e Qualidade da Água

Silva (2016) aponta que os modelos matemáticos simulam total ou parcialmente o ciclo hidrológico na bacia. Segundo Tucci (1998), esses modelos podem ser classificados conforme o

Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação de Modelos Hidrológicos

MODELO A	MODELO B
Discretos: simulam algumas partes do ciclo hidrológico, ou seja, simula um único evento de chuva	Contínuos: simulam o ciclo hidrológico completo, ou seja, os fenômenos são contínuos ao longo do tempo
Concentrados: consideram a bacia hidrográfica como um único elemento, portanto, não leva em conta a variabilidade espacial	Distribuídos: a bacia hidrográfica é subdividida em elementos menores e possui variabilidade espacial e temporal de suas variáveis
Empírico: são aqueles que ajustam os valores calculados aos dados observadores através de funções de transformação de estados que não tem relação com os processos físicos	Conceitual: são aqueles cujas funções utilizadas em sua elaboração consideram formulação física parametrizável e empírica e, portanto, pelo menos um parâmetro exige calibração.
Determinístico: é quando a série simulada é uma sequência de dados observados e não está associado ao conceito de probabilidade na ocorrência das variáveis	Estocástico: é quando se leva em conta o conceito de probabilidade de ocorrência das variáveis.

Dentre os modelos computacionais utilizados para avaliar os aspectos quantitativos e qualitativos da água, pode-se citar três modelos quantitativos (HEC, SWMM e ABC) e três modelos qualitativos (Streeter-Phelps, QUAL-2E e QUAL-UFMG).

3.7.1. Modelos quantitativos de avaliação do escoamento superficial

Dentre os modelos quantitativos do escoamento superficial destacam-se: i) *Hydrologic Engineering Center* (HEC); ii) *Storm Water Management Model* (SWMM); e, iii) *Análise de Bacias Complexas* (ABC).

Plataforma Hydrologic Engineering Center (HEC) desenvolvida pelo corpo de engenheiros do exército dos Estados Unidos, dispõe do módulo HEC-RAS – hidráulico e o módulo HEC-HMS – hidrológico. O módulo HMS (Hydrologic Modeling System) simula vários processos hidrológicos, entre eles, destaca-se o processo de transformação chuva-vazão em sistemas de bacias hidrográficas urbanas e rurais.

Costa *et al.* (2015), utilizaram o modelo HEC-HMS para avaliar o panorama do dimensionamento de reservatórios para o controle das cheias urbanas em seis sistemas de drenagem urbana do Distrito Federal. Os resultados permitiram concluir

que os critérios de dimensionamento são insatisfatórios e que há a necessidade de realizar um estudo de modelagem adequada para identificar imperfeições de dimensionamento nos projetos, reduzir custos de implantação, melhorar a segurança do sistema de drenagem, os quais são impossíveis de serem mensurados com metodologias mais simplificadas.

Macedo (2010) utilizou o modelo HEC –HMS para determinar a relação chuva-vazão na bacia do Rio Negrinho, em Santa Catarina. Os resultados mostram hidrogramas sintéticos bem ajustados aos dados observados e vazões de pico adequadamente calculadas, indicando que o modelo é útil em projetos de obras hidráulicas de bacias que não possuem séries observadas de vazão.

O modelo *Storm Water Management Model* (SWMM) foi desenvolvido pela Environmental Protection Agency (EPA), que permite simular vários processos do ciclo hidrológico: precipitação, interceptação, infiltração, escoamento superficial. É um modelo hidrológico dinâmico que, simula hidrogramas.

Costa (2013) aplicou o modelo SWMM às sub-bacias do Centro Olímpico da Universidade de Brasília (UnB), localizada na Bacia Hidrográfica do Lago Paranoá, no Distrito Federal (DF). A calibração realizada apresenta resultados satisfatórios, com valores maiores que 90% nos eventos chuvosos avaliados. Além disso, em sua análise de sensibilidade verificou que o parâmetro mais sensível às alterações é a porcentagem de área impermeável.

O modelo ABC6 é um sistema de simulação da transformação chuva-vazão, que permite o estudo de várias bacias e a criação de diferentes cenários que auxiliam na tomada de decisão. É um modelo que não requer muitos dados de entrada, pois existem fórmulas empíricas que facilitam a quantificação das descargas de pico e o hidrograma de projeto, sendo adequado para locais com disponibilidade limitada de dados hidrológicos (OLIVEIRA et al. 1999).

Freitas (2011) utilizou o ABC6 para a determinação das vazões e volumes escoados superficialmente na Bacia Hidrográfica do Rio Tejipió em PERNAMBUCO (PE), que frequentemente sofre inundações devido às chuvas torrenciais, e o objetivo do

trabalho foi analisar o comportamento hidrológico para adotar a melhor política de planejamento e gerenciamento da bacia. Segundo Freitas, os parâmetros que mais tiveram influência na vazão de pico e no volume escoado são a área impermeável diretamente conectada e a taxa de infiltração.

Silva (2016) avaliou o impacto da urbanização nos hidrogramas de cheia para o Setor Habitacional Vicente Pires (SHVP), no Distrito Federal. Para isso, foram realizadas simulações utilizando os programas ABC6 e SWMM para diferentes condições de urbanização e de drenagem urbana. As simulações realizadas confirmaram a tendência esperada para os hidrogramas da região de estudo. Concluindo que o ABC6 apresenta resultados satisfatórios para situações em que é necessário ter uma resposta rápida e emergencial.

3.7.2. Modelos de avaliação da qualidade da água

Dentre os modelos de avaliação da qualidade da água destacam-se: i) Streeter-Phelps; Stream Water Quality Model (QUAL 2E); e, QUAL-UFMG.

O modelo de Streeter – Phelps é baseado em uma descarga constante de poluentes, não prevendo a entrada de tributários ou lançamentos. (DELLOSSO, 2009).

Esse modelo foi aplicado, no Rio Ohio, em 1925, com o objetivo de contribuir para que as ações de controle da poluição fossem mais eficientes. Foi o pioneiro de outros modelos atuais de qualidade da água, tais como QUAL I e II QUAL-2E.

O modelo Stream Water Quality Model – QUAL 2E, 1987, distribuído pelos US Environmental Protection Agency – USEPA, é um modelo de qualidade das águas superficiais que permite simular 15 variáveis indicativas de qualidade das águas.

O modelo QUAL 2E é uma ferramenta de planejamento da qualidade da água útil por operar os dois tipos de regime, permanente e dinâmico. Quando for adotado regime permanente, o modelo pode simular o impacto dos despejos de esgoto na qualidade da água do rio, podendo também identificar a magnitude e as características de qualidade da fonte não pontual de despejos. Quando for adotado o regime dinâmico, o usuário pode analisar variações de oxigênio dissolvido ocorridas durante o dia devido à fotossíntese realizada pelas algas (OPPA, 2007).

Além disso, permite a incorporação de descargas pontuais, tributários, captações, incrementos de vazão e poluentes relacionados às fontes difusas. (KNAPI et. al., 2008)

Baldochi (2002) utilizou o modelo de qualidade de águas superficiais QUAL2E, como apoio ao gerenciamento das águas da bacia do Córrego dos Bagres, localizada no estado de São Paulo. A modelagem foi aplicada em toda a extensão do curso da água, cerca de 44 km, simulando o Oxigênio Dissolvido e a Demanda Bioquímica de Oxigênio. O desenvolvimento do estudo propiciou uma caracterização mais detalhada da bacia.

O modelo matemático QUAL-UFMG é baseado no modelo QUAL-2E, foi desenvolvido pela Universidade Federal de Minas Gerais. O modelo utiliza o programa Excel para a modelagem dos seguintes constituintes ao longo do rio; Demanda bioquímica de oxigênio; Oxigênio dissolvido; Nitrogênio total e suas frações (orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato); Fósforo total e suas frações (orgânico e inorgânico); coliformes termotolerantes (fecais) (SPERLING,2005).

O modelo QUAL- UFMG, foi utilizado para simulações de diversos cenários para cursos d'água do Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos do Distrito Federal (PGIRH,2012).

Mourão (2010) em seu estudo teve por objetivo a aplicação e calibração do modelo de qualidade de água QUAL-UFMG na bacia do Rio Piracicaba, MG, modelando os parâmetros OD, DBO, serie nitrogenada, fósforo (orgânico e inorgânico) e coliformes termotolerantes.

Para tal, foi efetuado o ajustamento dos coeficientes das equações que compõem o modelo, propiciando a avaliação do atendimento aos padrões ambientais e a disponibilização de uma ferramenta para avaliação de alocação de cargas futuras para o Comitê de Bacia do Rio Piracicaba do estado de Minas Gerais (MG).

Neste sentido, pode-se concluir que existem diversos modelos quantitativos e qualitativos indicados para a avaliação dos impactos sobre a água, e que a escolha deve ser baseada nas particularidades do local de estudo e da experiência do modulador.

3.8. Planejamento Integrado de Recursos Hídricos – Sistema de Suporte à Decisão

Johnston e Smakhtin (2014), apontam que as ferramentas de modelagem hidrológica proporcionam à compreensão do que acontece no presente, com base em informações do passado das bacias hidrográficas, permitindo avaliar as diversas implicações de decisões voltadas ao manejo. Por isso, normalmente, em estudos que tem como objetivo a avaliação de estratégias de planejamento integrado sobre recursos hídricos são utilizadas ferramentas de suporte à decisão.

Segundo Loucks e Beek (2017), a gestão hídrica a longo prazo, associada a incertezas, envolve conceitos de objetividade e flexibilidade, fundamentos essenciais da gestão adaptativa. Os autores destacam que estes conceitos concorrem nas diferentes escalas de aplicação, tendo em conta que a gestão adaptativa não se trata de resolver apenas o problema atual, mas também promover estratégias para o futuro.

Segundo Stair e Reynolds (2011) o processo de decisão passa por três fases:

1. Etapa das informações: engloba a obtenção de todos os dados disponíveis e fatores que podem ter influência sobre o problema, incluindo os recursos disponíveis e suas limitações.
2. Cenários: diferentes situações para a solução do problema e assim verifica-se a viabilidade de sua aplicação.
3. Tomada de decisão: 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.

Existem vários modelos que possuem esse tipo de abordagem, o item a seguir apresenta as ferramentas mais utilizadas.

3.8.1. Modelo de apoio à decisão em bacias hidrográficas

Segundo, Assaf *et al* (2008), existem vários modelos de apoio a decisão que têm sido desenvolvidos nos últimos anos, sendo os de maior destaque apresentados a seguir: i) Mike Hydro Basin; ii) Ribasim; e, iii) Water Evaluation and Planning (WEAP)

O Mike Hydro Basin é um programa pago, que pode ser aplicado para análise da disponibilidade hídrica (água superficial e água subterrânea), planejamento de infraestruturas (desempenho do reservatório, abastecimento de água), análise de múltiplos usos da água (industrial, irrigação, navegação, recreação e aspectos ecológicos), estudos de ecossistemas (qualidade da água, descarga mínima, mudanças globais) e aplicação de leis e regulamentos. Possui interface amigável, porém, requer muitos dados de entrada para a realização das análises, além experiência moderada em modelagem (DOULGERIS *et al.*, 2012).

Pioltine (2016), utilizou o modelo Mike para avaliar o desempenho do reservatório da Usina Bariri – SP, em atender às demandas hídricas superficiais para o ano de 2008 e para cenários futuros com anos horizontes de 2010, 2025 e 2050. A partir deste estudo concluiu que há volume de água suficiente para atender às demandas hídricas superficiais na região, e para atender a produção energética na Usina Bariri.

O Ribasim é um modelo de baixo custo para aquisição, possui linguagem simples, permite ao usuário avaliar diversas medidas de infraestrutura e operação, bem como a gestão da demanda, possibilitando a análise dos resultados em relação à quantidade de água. Entretanto, requer uma grande quantidade de dados para uma análise detalhada, além do usuário necessitar de moderada experiência em modelagem

Segundo Mugatsia (2010), com o modelo Ribasim é possível o estudo detalhado da qualidade da água e sedimentação em rios e reservatórios. Possibilita a alocação de águas superficiais e subterrâneas, além da definição das vazões mínimas. Seu uso é apropriado para a avaliação das potencialidades e alternativas do gerenciamento dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica, para solução de problemas de alocação de água e avaliação de infraestruturas e medidas operacionais.

Omar (2014), informa que o RIBASIM foi aplicado em mais de 20 países para apoiar o processo de planejamento e gerenciamento de recursos hídricos. Indica que na Índia, o modelo foi utilizado para prever a escassez de água na bacia do rio Godavari entre os anos de 2015 e 2020, com o intuito de minimizar os efeitos dos possíveis déficits.

O modelo Water Evaluation and Planning é um programa (software) que foi criado em 1988, com o objetivo de ser uma ferramenta flexível, integrada e transparente de planejamento para avaliar a sustentabilidade de padrões presentes de oferta e demanda de água e explorar cenários alternativos de longo termo (SEI,2015).

O WEAP tem como objetivos dar suporte aos tomadores de decisão, atuando de diversas formas, tais como: banco de dados de balanço hídrico; ferramenta de análise de políticas e ferramenta de geração de cenários, permitindo ao tomador de decisão o acesso a uma visão mais completa dos fatores a serem considerados na gestão da água local.

O projeto GP APTA – Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios no período de 2016 – 2018 aplicou a ferramenta WEAP para análise do ambiente construído (urbano e rural) em relação aos recursos hídricos das sub-bacias do ribeirão do Curtume e Água Preta no município de Pindamonhangaba, no estado de São Paulo – Brasil.

Os resultados são relacionados ao panorama ambiental das sub-bacias considerando as condições climáticas, índices de qualidade de água e indicadores de ocupação, sendo possível observar que a ferramenta WEAP permite, através do balanço hídrico da bacia, calcular a quantidade de água disponível para atividades rurais e urbanas.

E, o modelo contribui para tomada de decisões durante a escassez hídrica sazonal e definir o melhor planejamento para distribuição, simular os impactos de novos empreendimentos, além da formação de um banco de dados técnicos gerando informações institucionais para uso regional e estadual.

3.9. Indicadores Hidroambientais com Enfoque em Resultados para Bacias Hidrográficas

Segundo Lanna (2022), o processo de decisão sobre a gestão de recursos hídricos é complexo, pois decorre das diferentes possibilidades de suprimento às demandas, e da variabilidade destas. O maior desafio é, compatibilizar o crescimento econômico e com a preservação ambiental.

Ainda sobre isso, o autor reforça que o uso de indicadores hidroambientais é extremamente pertinente. Visto que nestes sistemas de indicadores estão contidas as informações que ajudam a orientar as decisões de planejamento e gestão, permitindo que as autoridades e as partes interessadas desenvolvam estratégias mais eficazes para a proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica específica.

Ademais, indicadores hidroambientais em bacias hidrográficas são medidas ou métricas utilizadas para avaliar o desempenho e a saúde ambiental dessas áreas. Eles fornecem informações valiosas sobre o estado da bacia hidrográfica, a eficácia das práticas de gestão e as mudanças ao longo do tempo.

Neste sentido, no decorrer deste texto serão apresentados pontos importantes que podem apoiar o processo de construção de indicadores hidroambientais com enfoque em resultado. Essas métricas permitem compreender os principais fatores que afetam uma bacia hidrográfica, podem ser divididos em três categorias: i) Indicador de Pressão; ii) Indicador de Estado; e iii) Indicador de Resposta.

Segundo Sales (2019), os indicadores de pressão medem os fatores e atividades humanas que exercem impacto sobre o ambiente. Os indicadores de estado medem a condição atual do meio ambiente e seu status em relação aos padrões ambientais ou metas estabelecidas. Já os indicadores de resposta, avaliam as ações e medidas tomadas em resposta às pressões e ao estado ambiental identificados.

No Quadro 3 apresenta-se as temáticas escolhidas para sugestão de ações que podem subsidiar a construção desses indicadores na sub bacia do estudo, na seção de considerações finais constará uma lista com a sugestão dessas ações.

Quadro 3 – Indicadores Hidroambiental com enfoque em Resultado relevantes ao estudo

TEMÁTICA	APLICAÇÃO DO INDICADOR	TIPO DE INDICADOR
QUALIDADE DA ÁGUA	Avaliação da presença de poluentes, como nutrientes, metais pesados, pesticidas, coliformes fecais, entre outros, para verificar a adequação da água para os usos múltiplos.	Indicador de Estado
QUANTIDADE DE ÁGUA	Medição do volume e o fluxo de água em rios e corpos d'água para monitorar variações sazonais e tendências de longo prazo, permitindo uma gestão mais eficaz dos recursos hídricos.	Indicador de Estado
BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO	Razão entre a demanda e a disponibilidade hídrica, e representa a escassez hídrica técnica na bacia hidrográfica;	Indicador de Pressão
BALANÇO DA POLUIÇÃO ORGÂNICA	Razão entre a demanda e a disponibilidade hídrica e representa a escassez hídrica técnica na bacia;	Indicador de Pressão
NÍVEL DE ASSOREAMENTO	Verificação do acúmulo de sedimentos e materiais orgânicos nos corpos d'água, o que pode afetar negativamente a qualidade da água e a vida aquática.	Indicador de Estado
COBERTURA VEGETAL	Analisa a quantidade e a qualidade das áreas verdes e florestas na bacia hidrográfica, que desempenham um papel importante na retenção de água, prevenção de erosão e manutenção da biodiversidade	Indicador de Estado
EFICIÊNCIA DE SISTEMAS DE TRATAMENTO	Avalia a eficácia das estações de tratamento de água e esgoto na redução da poluição antes de serem descarregadas nos corpos d'água	Indicador de Estado
VULNERABILIDADE A EVENTOS EXTREMOS	Analisa a capacidade da bacia hidrográfica de lidar com eventos extremos, como enchentes e secas, identificando áreas de maior risco e necessidade de ações preventivas	Indicador de Pressão
USO DA TERRA	Monitora as mudanças no uso da terra, como urbanização, expansão agrícola ou reflorestamento, que podem afetar a disponibilidade e qualidade da água	Indicador de Pressão
SATISFAÇÃO DAS COMUNIDADES LOCAIS	Realiza pesquisas e estudos para entender o grau de satisfação das comunidades locais com os recursos hídricos e as medidas de gestão implementadas.	Indicador de Resposta
IMPLEMENTAÇÃO DOS INSTRUMENTOS DE PLANEJAMENTO E GESTÃO HÍDRICA	Verificação se os Instrumentos de Gestão Hídrica foram implantados, ou se já tiveram seus processos iniciados na bacia hidrográfica.	Indicador de Resposta
PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO	Avalia as ações tomadas para preservar e recuperar ecossistemas naturais, áreas de proteção, reflorestamento	Indicador de Resposta

Fonte: Elaborado pela Autora, 2023

3.10. Cooperação Internacional para a Implementação dos Objetivos De Desenvolvimento Sustentável – ODS

Segundo à Organização das Nações Unidas (ONU, 2015) os objetivos de desenvolvimento sustentável são um apelo global para acabar com a pobreza, proteger o meio ambiente e o clima, garantir que as pessoas, possam desfrutar de paz e de prosperidade, em todos os lugares. A Figura 7 mostra as bases fundamentais dos ODS



Figura 7 - Bases fundamentais para o Desenvolvimento Sustentável
(Fonte: ONU, 2015. Adaptado pela Autora)

Na Figura 8 mostram-se os 17 objetivos para o desenvolvimento sustentável, elaborado pelas Nações Unidas, para o alcance das metas da Agenda 2030 no Brasil.



Figura 8 - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - Agenda 2030
(Fonte: ONU, 2015. Adaptado pela Autora)

Ressalte-se que este trabalho irá abordar apenas o **ODS 6 e 11**, pois possui compatibilidade com a proposta desenvolvida. Sendo apresentados a seguir.

O ODS 6 – Água Potável e Saneamento – refere-se à necessidade de garantir a disponibilidade da água potável e do saneamento para todas as pessoas. Este ODS 6 está intimamente associado à redução da pobreza, crescimento econômico, segurança alimentar, inclusão social e melhorias no bem-estar. A gestão da água é considerada central para a implementação de um desenvolvimento sustentável. No Quadro 4 mostram-se as metas específicas que possuem relação com este trabalho.

Quadro 4 - Compatibilidade do projeto com o ODS 06

META	RESUMO DA DESCRIÇÃO	INDICADOR	APLICAÇÃO PROJETO
META 6.3	Melhorar a Qualidade da água nos corpos hídricos até 2030	6.3.2 – Proporção de corpos Hídricos com boa qualidade ambiental	Monitoramento quali-quantitativo de um trecho crítico Federal (NTC ANA nº 02/2012)
META 6.5	Gestão integrada dos recursos hídricos	6.5.1 – Grau de Implementação da gestão integrada de recursos hídricos (0-100)	Sugestão de Ações para o Acompanhamento de Indicadores com foco em Resultado
META 6.6	Redução de impactos da ação humana nos ecossistemas	6.6.1 – Alteração na extensão dos ecossistemas relacionados a água ao longo do tempo	Área de estudo é objeto de expansão urbana, que está em fase de instalação

O ODS 11 – Cidades e Comunidade Sustentáveis – refere-se à necessidade de tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis.

Quadro 5 - Compatibilidade do projeto com o ODS 11

META	RESUMO DA DESCRIÇÃO	INDICADOR	APLICAÇÃO PROJETO
META 11.3	Aumentar a urbanização inclusiva e sustentável	11.3.2 – Proporção de cidades com uma estrutura de participação direta da sociedade civil no planejamento e gestão urbana que opera de forma regular e democrática.	Levantamento de informações sobre “reivindicações da sociedade” relacionadas ao tema gestão hídrica via questionários online

4. METODOLOGIA

Neste tópico traz-se as etapas desenvolvidas e uma descrição dos procedimentos metodológicos realizados. O trabalho é estruturado em quatro etapas básicas, na Figura 9 apresenta-se a metodologia desenvolvida

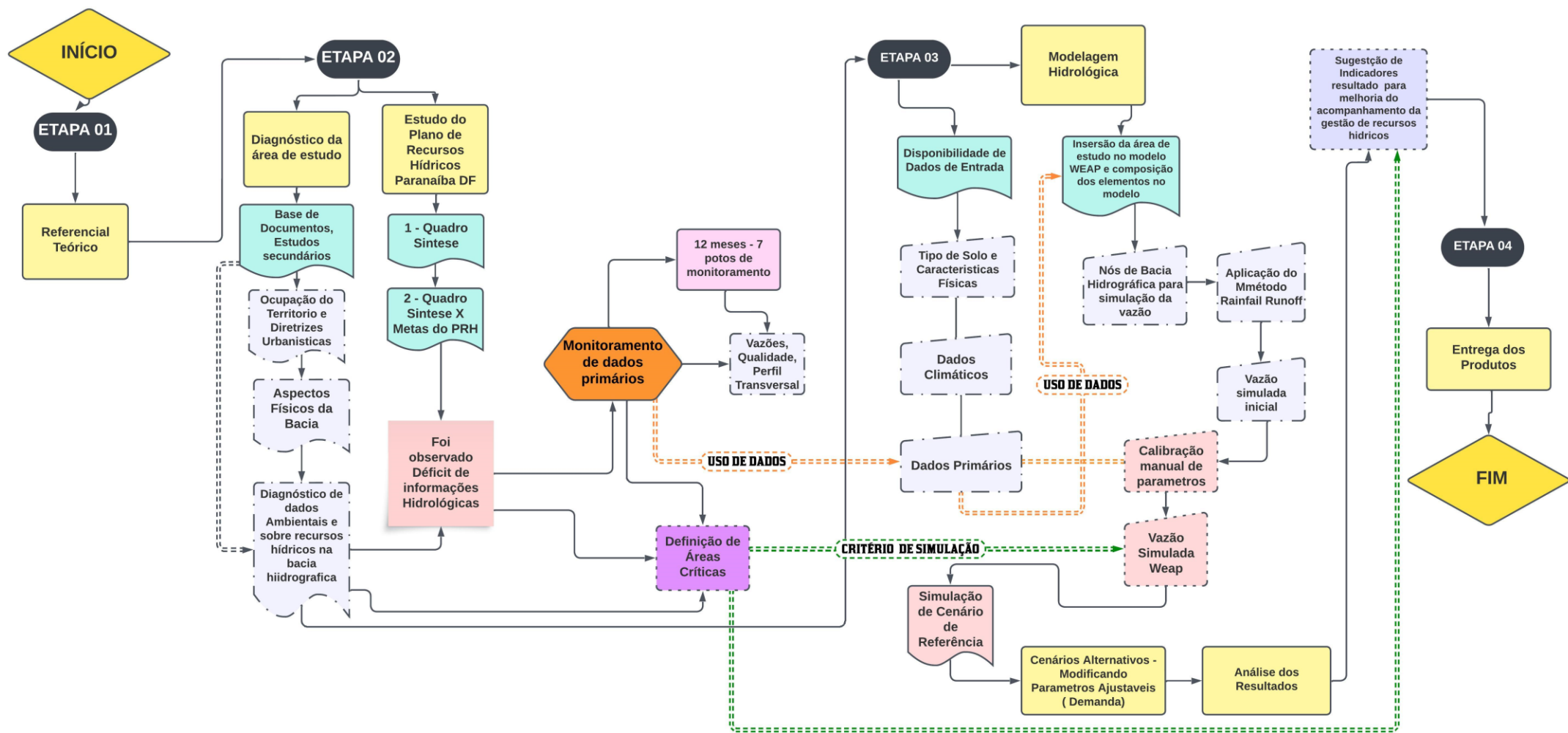


Figura 9 - Esquema das quatro etapas metodológicas desenvolvidas.

A primeira etapa consistiu no referencial teórico apresentado na seção 3. Foram realizadas pesquisas na literatura específica para obter informações, exemplos de aplicação e procedimentos referentes à gestão de recursos hídricos.

A segunda etapa é referente ao diagnóstico, obtenção de dados da área de estudo. A área de estudo foi a Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana. Inicialmente o diagnóstico da UH Santana foi realizado com dados secundários, e em segundo momento foram realizadas campanhas para aquisição de dados hidrometeorológicos quantitativo e qualitativos durante o período de janeiro a dezembro de 2022. E, optou-se pela determinação de áreas prioritárias na UH Santana. O Córrego Pau de Caixeta foi estabelecido como área de especial interesse, ou seja, área crítica.

A terceira etapa é referente à modelagem hidrológica, para isso foi utilizada ferramenta planejamento hídrico integrado que representa os fatores relacionados ao meio biofísico além das demandas da água do sistema. No subitem 4.1 apresenta-se os passos gerais da ferramenta WEAP - *Water Evaluation And Planning*, para a elaboração de cenários baseados nas futuras projeções de ocupação da região. O objetivo da simulação no sistema de apoio à decisão, WEAP, foi avaliar o comportamento quantitativo da água (vazão remanescente), de modo que seja possível estimar a influência do avanço da urbanização e identificar áreas críticas da bacia em estudo.

A quarta etapa refere-se a entrega do produto técnico, que é uma composição de três subprodutos, conforme apresentado a seguir (Quadro 6).

Quadro 6 - Produtos Técnicos da Dissertação de Mestrado

PRODUTO	DESCRIÇÃO
BASE DE DADOS (IN LOCO OU PRIMÁRIO)	Monitoramento quali-quantitativo de uma bacia crítica federal. (Medição de descarga líquida e sólida em suspensão, levantamento de seção transversal, laudos de qualidade da água com parâmetros físico-químico-biológico, registro de equipamento automático)
CENARIZAÇÃO DA SUB BACIA CRÍTICA DA UH SANTANA	10 simulações na sub bacia do Córrego Pau de Caixeta (Considerando diferentes cenários para demandas e ocupação urbana)
RECOMENDAÇÃO DE AÇÕES AO SISTEMA DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS	Indicação de ações que possibilitem o futuro acompanhamento de indicadores com enfoque em resultado

Destaca-se que os resultados referentes a 4ª etapa da dissertação serão entregues oportunamente aos interessados.

4.1. Modelagem WEAP

Na Figura 10 apresentam-se, esquematicamente, os passos gerais para a modelagem com a ferramenta WEAP. Na seção 8 apresenta-se a aplicação dos passos na área escolhida para a simulação.

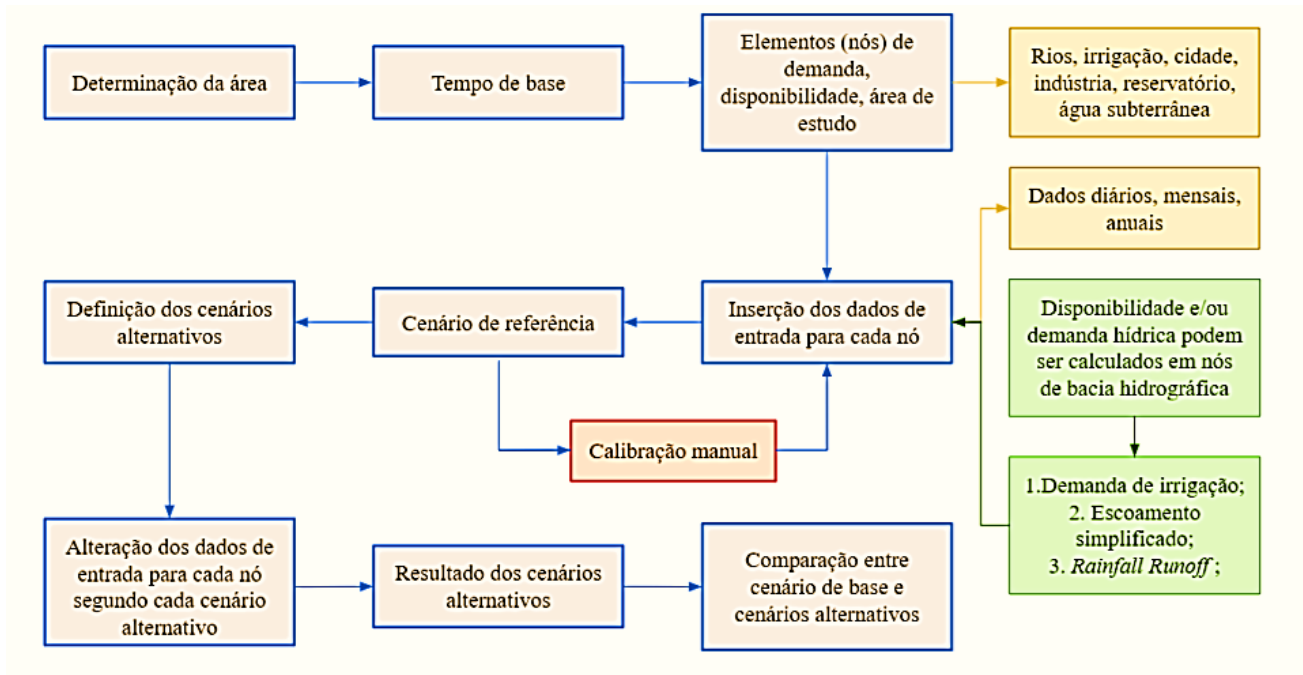


Figura 10 - Esquema da Modelagem Hidrológica no WEAP.
(Fonte: SEI,2015 Adaptado)

De acordo com os passos do guia de utilização da ferramenta (SEI,2015), primeiramente é necessário determinar qual a área a ser analisada, podendo ser uma bacia hidrográfica, um rio, ou um trecho de interesse. Conforme já mencionado a simulação foi analisada na área crítica da UH Santana, sub bacia do córrego pau de caixeta.

O segundo passo 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.

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 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, umidade, ventos.

Observação importante é que como muitas vezes os parâmetros de entrada são de difícil definição, em especial quando há falta de dados disponíveis sobre a área de estudo. Deve-se ressaltar que a ferramenta WEAP força a utilização de um mesmo valor para toda a área da bacia hidrográfica quando existe poucos dados. Contudo, quanto maior o número de dados disponíveis, melhor se torna a modelagem e consequentemente mais assertiva podem ser as soluções encontradas e apresentadas pelo sistema.

Segundo o manual da ferramenta WEAP (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. Os três 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. Assim o modelo apresenta qual a demanda hídrica para a irrigação, não levando em consideração processos como o escoamento superficial.
- **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 (Smax1) e outra profunda (Smax2), considerando-as unidimensionais para efeitos de cálculo (SEI,2016).

A Equação 1 apresenta a formulação empírica do balanço de massa aplicada a cada nó de bacia hidrográfica e suas subáreas inseridas no modelo.

Equação 1 - Balanço de Massa em cada Nó do WEAP

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

Onde,

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

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 fluxo completamente vertical;

Na camada superior do solo (Smax 1) são simulados os processos de evapotranspiração, escoamento superficial, mudanças na umidade do solo e um interfluxo de água para a camada de solo abaixo. A representação do fluxo hídrico na camada superficial segundo o método é, portanto, representada pela Equação 2 abaixo.

Equação 2 - Fluxo hídrico na camada superficial

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

Onde,

RT: a soma do escoamento superficial com interfluxo na camada superficial;

A: área de contribuição.

Na camada mais profunda (Smax 2) 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 (SEI,2015). O fluxo de base é calculado pela Equação 3.

Equação 3 - Fluxo de Base na camada profunda

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

Onde,

S_{max}: 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 11 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.

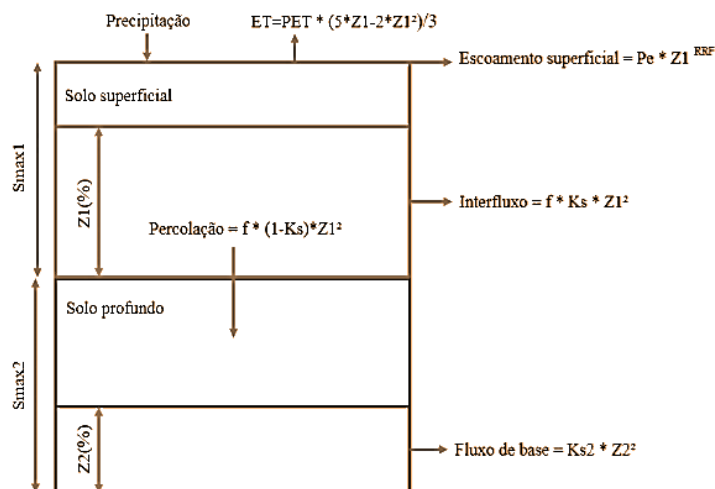


Figura 11 – Representação das interações nas camadas do solo pelo Método *Rainfall Runoff*

5. DIAGNOSTICO DA ÁREA DE ESTUDO

Primeiramente, na seção 5, apresenta-se uma caracterização geral da UH 29 – Ribeirão Santana, sua importância estratégica para a gestão dos recursos hídricos (item 5.1), principalmente decorrente da dinâmica de uso da água pela agricultura irrigada e impactos da ocupação urbana, nos últimos anos (item 5.1.1).

Na seção 5. 2, apresenta-se breve descrição do meio físico da UH – Ribeirão Santana. Ainda nesta apresentam-se temas descritivos sobre o meio físico, abordam-

se os seguintes temas: clima (item 5.2.1), geologia (item 5.2.2), geomorfologia e modelo digital de elevação (item 5.2.3), pedologia e grupos hidrológicos (item 5.2.4) e hidrografia (item 5.2.5). Na seção 5. 3, apresenta-se aspectos socioeconômicos.

5.1. Importância Estratégica da Gestão dos Recursos Hídricos da UH Santana

Na Figura 12 destaca-se a UH 29 – Ribeirão Santana pertencente à bacia do rio São Bartolomeu. A BH do rio São Bartolomeu é a mais extensa dentro dos limites do Distrito Federal; nasce ao norte do DF e corre no sentido norte-sul para o estado de Goiás (PGIRH,2012). É afluente do rio Corumbá, que por sua vez deságua no rio Paranaíba (bacia do rio Paraná).

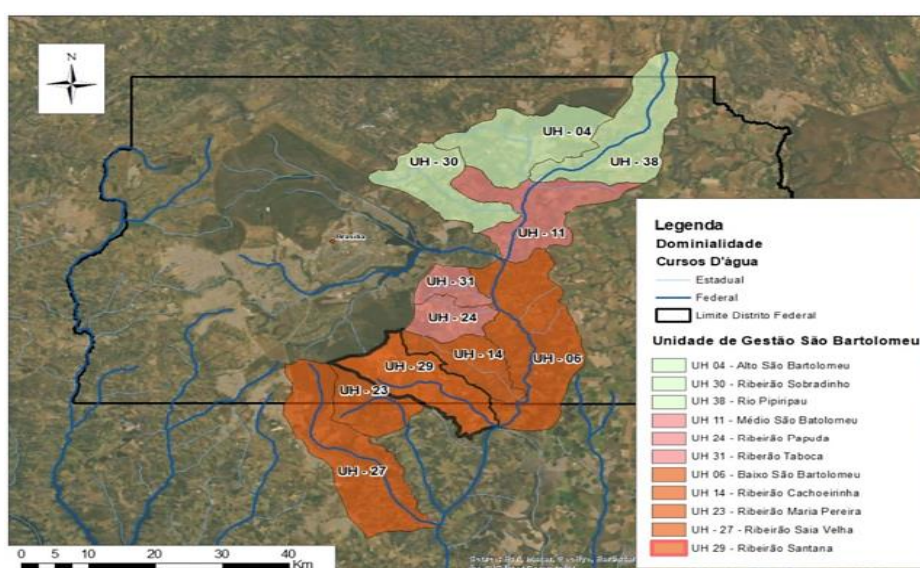


Figura 12 - Bacia Hidrográfica do Rio São Bartolomeu
Autoria da imagem pela Autora

Na Figura 12, é possível verificar que a Unidade de Gestão do Rio São Bartolomeu está dividida em 11 (onze) unidades hidrográficas⁵, estando distribuídas nas seguintes proporções: Alto São Bartolomeu (30,8% - verde), Médio São Bartolomeu (16,8% - rosa) e Baixo São Bartolomeu (52,4% - laranja).

Vale destacar que o Ribeirão Santana tem a continuidade no território do Estado de Goiás, sendo classificado como um corpo hídrico federal (Figura 12); e, também compõe a relação de trechos de rios federais críticos identificados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico.

A ANA com o objetivo de priorizar as ações de gestão nas bacias hidrográficas, trechos com áreas de comprometimento quantitativo e/ou qualitativo, classifica os rios

⁵ <https://www.sema.df.gov.br/mapa-hidrografico-do-df/>

federais em classes de criticidade. Os trechos críticos identificados foram classificados em diferentes tipologias (classe de 1 a 6), conforme metodologia descrita na Nota Técnica Conjunta ANA nº 02/2012/SPR/SRE (ANA, 2012)⁶.

Destaca-se que a UH 29 – Ribeirão Santana está tipificada de balanço hídrico quantitativo crítico, criticidade Classe 4, quando as demandas dos usuários tendem a ser maiores do que a oferta de água (Figura 13).



Figura 13 – Trechos Críticos Federal com destaque da localização da UH Ribeirão Santana
Fonte: Dados Abertos ANA

No Quadro 7 apresenta-se a categorização hidrográfica e escalas de estudo, e por consequência, sua magnitude (grande ou pequena).

Quadro 7 – Categorização Hidrográfica avaliada

Categorias	Área de Estudo	Área (km²)	Área (%)
Comitê de bacia hidrográfica (CBH Afluente)	Afluentes Distritais do Rio Paranaíba	3.708 km ²	100%
Unidade de gestão (UG)	UG Rio São Bartolomeu	1909,78km ²	52%
Unidade hidrográfica (UH)	UH Ribeirão Santana	180 km ²	5%
Sub-bacia hidrográfica (Sbh)**	Sbh Córrego Pau de Caixeta	33 km ²	0,8%

Fonte:(Autoria própria)

** Área Crítica

⁶ https://www.ana.gov.br/editaislicitacoes/docs/NTC_002_2012-SPR-SRE.pdf

A área de estudo – UH 29 – Ribeirão Santana tem área de 180 km², representando aproximadamente 5% da área sob responsabilidade do CBH Afluentes Distritais do rio Paranaíba.

A importância estratégica da gestão dos recursos hídricos da UH Ribeirão Santana deriva da criticidade do balanço quantitativo, intensificação dos usos da água e ocupação do solo, sendo necessário garantir os usos múltiplos da água para as presentes e futuras geração, prevenir conflitos entre os usos agrícolas (irrigação) e saneamento básico urbano.

5.1.1. Dinâmica do uso e ocupação urbana na UH – Ribeirão Santana

A rodovia DF 140 é o novo eixo de desenvolvimento urbano de Brasília, a estrada está inserida na UH do Ribeirão Santana, que possui 146,96 km² de área de drenagem no território do Distrito Federal e aproximadamente 60 km² no entorno do DF (Goiás –GO) (PGIRH,2012).A Figura 14 mostra o destaque da área de estudo e sua respectiva localização.

Destaque-se dois empreendimentos que já estão construídos: condomínio Reserva Santa Mônica (DF 140) e condomínio Alphaville Brasília (entorno do DF – Jardim ABC).

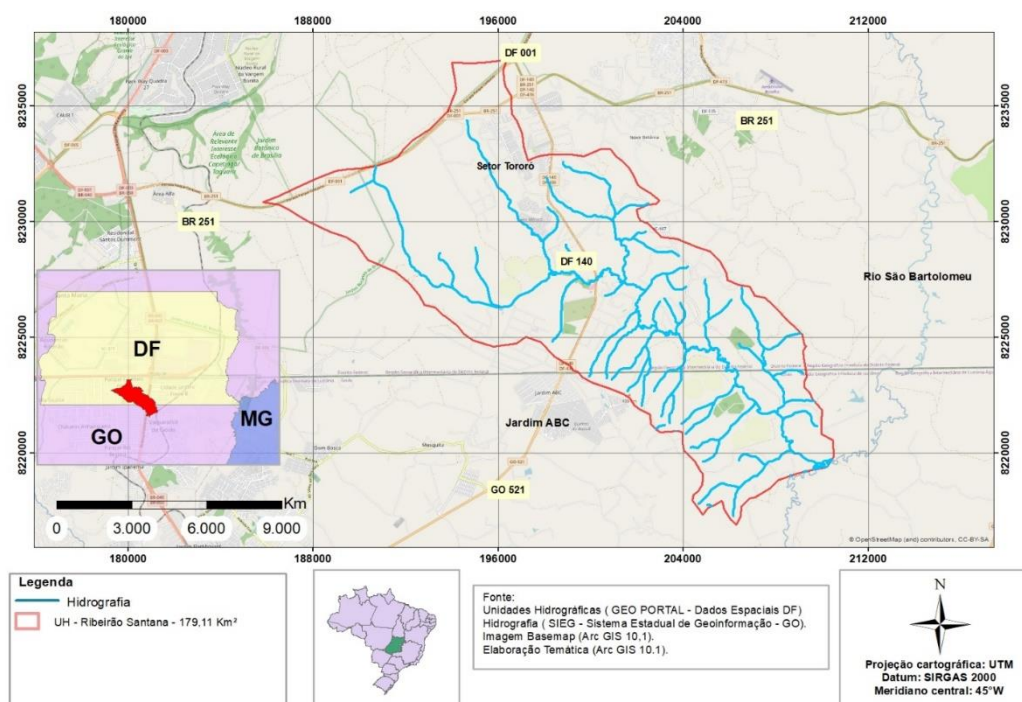


Figura 14 - Localização da Unidade Hidrográfica Ribeirão Santana

A UH – Ribeirão Santana que possui área de drenagem de 180 km², sendo que 146,96 km² são áreas de drenagem no território do Distrito Federal e aproximadamente 60 km² no entorno do DF (Goiás –GO) (PGIRH,2012).

Na Figura 15, apresenta-se imagens do uso e ocupação da UH do Ribeirão Santana no Distrito Federal, referentes aos anos 1986,2009, 2014 e 2021.

Neste período de 1986 a 2021, inicialmente se observa que o uso e ocupação rural no ano de 1986. A partir de 2009, os usos e ocupação intensificaram-se com a agricultura irrigada, pivot central (manchas circulares na parte inferior das imagens) e, também, com a ocupação urbana com o adensamento populacional (na parte nordeste da poligonal).

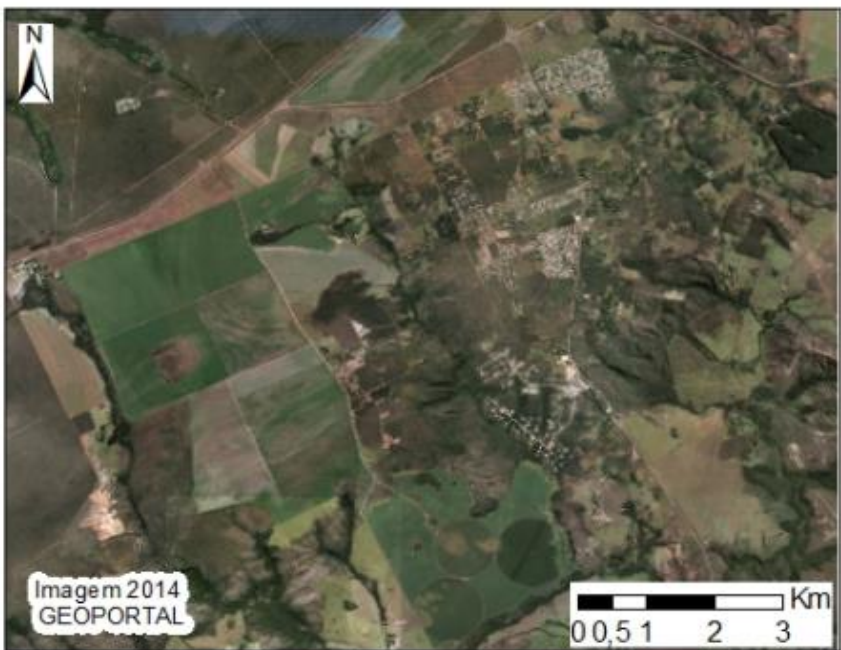
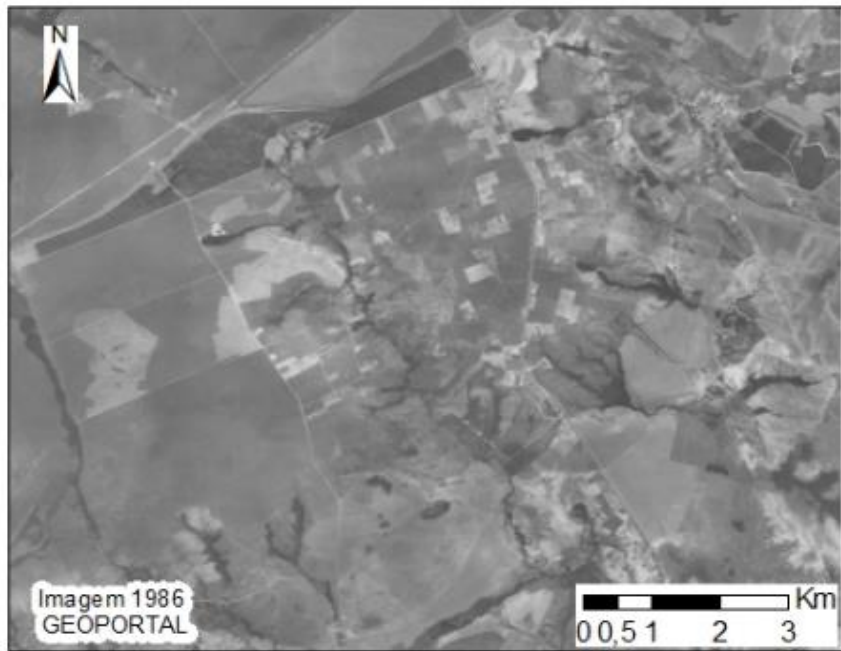


Figura 15 - Evolução Multitemporal da Área de Estudo

5.2. Aspectos Físicos da UH – Ribeirão Santana

Nesta seção 5.2 apresentam-se temas descritivos sobre o meio físico, abordam-se os seguintes temas: clima (item 5.2.1), geologia (item 5.2.2), geomorfologia e modelo digital de elevação (item 5.2.3), pedologia e grupos hidrológicos (item 5.2.4) e hidrografia (item 5.2.5).

5.2.1. Clima

No distrito Federal, o clima é tropical. As temperaturas médias anuais variam entre 19 °C e 23 °C (CODEPLAN, 2020).

A temperatura média mensal varia entre 18°C e 22°C, sendo setembro e outubro os meses mais quentes, com temperaturas médias superiores a 22°C. Junho e julho são os meses mais frios, com temperaturas médias variando entre 16°C e 18°C. Ao longo do ano, as temperaturas médias variam 3,4°C (CODEPLAN, 2020).

A pluviosidade é caracterizada pela marcante sazonalidade, com duas estações anuais bem distintas, período seco e chuvoso. Cerca de 90% da precipitação ocorre na estação das chuvas (setembro/outubro a março/abril), enquanto na estação seca (abril/maio a setembro) raramente chove mais que 9,0 mm/mês. A precipitação média anual do DF é da ordem de 1.100 mm a 1.600 mm (CODEPLAN, 2020). A pluviometria é um fator condicionante para a recarga de aquíferos e ocorrência de processos erosivos.

A umidade relativa do ar apresenta grande variação ao longo do ano, é um dos aspectos mais característicos do clima no DF. A umidade relativa do ar sofre uma grande queda entre maio e setembro. A umidade relativa pode, durante alguns dias de agosto, atingir o valor mínimo de 11%, enquanto nos meses mais úmidos varia em torno de 75% (CODEPLAN, 2020).

5.2.2. Geologia

No Distrito Federal, são encontrados quatro conjuntos distintos de rochas, denominados grupos Paranoá, Canastra, Araxá e Bambuí. Na unidade Hidrográfica Ribeirão Santana (UH – 29), ocorrem rochas atribuídas aos grupos Paranoá e Bambuí. São rochas de natureza sedimentar, depositadas entre os períodos Meso e Neoproterozóico, portanto com idade aproximada de um bilhão de anos (Freitas-Silva e Campos, 1998).

O grupo Paranoá, mais antigo, é formado por rochas argilosas, arenosas e calcárias, as quais foram submetidas à processos metamórficos de baixo grau.

O grupo Bambuí, mais recente, é formado por uma sequência de metargilitos e metassiltitos argilosos.

No trecho de montante do Ribeirão Santana, e ao longo da extensão do Córrego Pau de Caixeta, principal afluente do Ribeirão Santana, ocorrem as unidades Metarritmito Arenoso, Quartzito Médio e Metarritmito Argiloso, todas pertencentes ao grupo Paranoá.

O Metarritmito Arenoso consiste em camadas de quartzitos com espessura centimétrica à métrica, intercaladas com níveis mais delgados de metassiltitos e metargilitos.

O Quartzito Médio apresenta-se como uma rocha maciça, silicificada, muito fraturada e que mostra estruturas sedimentares do tipo estratificação cruzada.

O Metarritmito Argiloso corresponde a uma intercalação de camadas centimétricas de metargilitos, metassiltitos e quartzitos.

Partindo da confluência com o Córrego Pau de Caixeta, e até a divisa com o estado de Goiás, o Ribeirão Santana percorre terrenos com rochas do grupo Bambuí. As rochas do grupo Bambuí afloram em drenagens, mas na sua maior parte apresentam-se cobertas por uma espessa camada de solo.

5.2.3. Geomorfologia

No DF, o relevo corresponde ao resultado da interação entre fatores ambientais e geológicos, em um intervalo de tempo compreendido entre o Neoproterozóico e o Cenozóico.

Classificam-se como Região de Chapada as porções do Distrito Federal com cota superior a 1100 metros e topografia plana a suave ondulada. Área de Dissecação Intermediária é a denominação atribuída aos terrenos com cota entre 1100 e 1000 metros, cuja topografia reflete o efeito da drenagem superficial. As áreas com altitude inferior a 1000 metros são classificadas como Região Dissecada de Vale e correspondem às depressões ocupadas por rios como o São Bartolomeu (Pinto, 1993).

Os trechos de montante do Ribeirão Santana e do Córrego Pau de Caixeta posicionam-se em uma Região de Chapada, com altitude em torno de 1100 metros. Esses cursos d'água seguem paralelos, numa direção aproximada Noroeste – Sudeste, por cerca de cinco quilômetros, onde o Ribeirão Santana assume uma direção aproximada Oeste – Leste. A mudança de direção ocorre na transição entre a Região de Chapada e a Região Dissecada de Vale do Rio São Bartolomeu. A partir da confluência com o Córrego Santa Bárbara, o Ribeirão Santana volta a ter uma direção Noroeste – Sudeste, direção essa que se mantém até sua confluência com o Rio São Bartolomeu.

Na Figura 16 mostra-se o Modelo Digital de Elevação para a área de estudo. Note-se que a UH Santana, apresenta uma diferença de 488 m do seu ponto mais elevado até o mais baixo. A sub-bacia do córrego Pau de Caixeta (destacado com seta preta na Figura 16) apresenta uma inclinação acentuada, sendo uma área mais suscetível a processos erosivos, deslizamentos de terra e alagamentos.

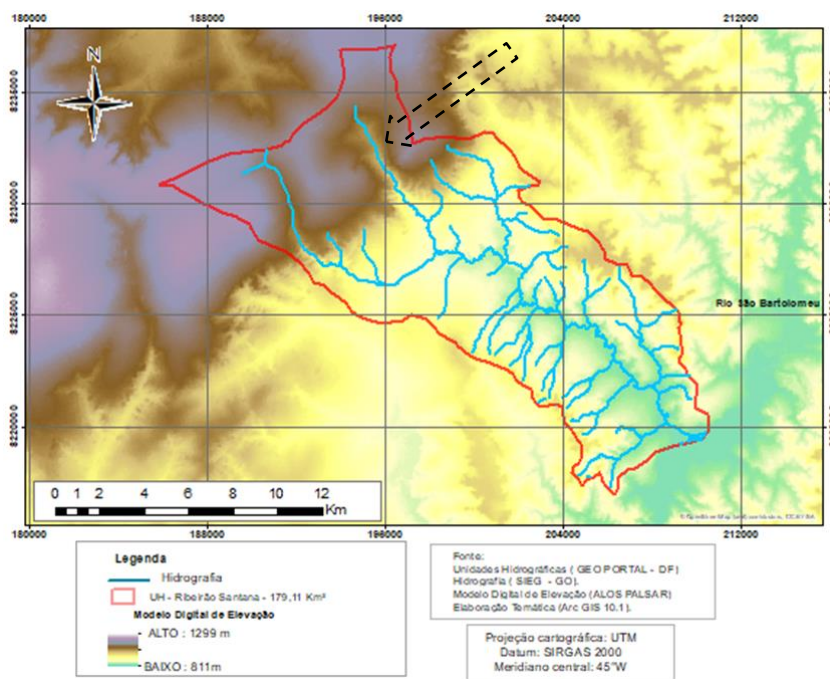


Figura 16 - Modelo Digital de Elevação UH Santana

5.2.4. Pedologia e Grupo Hidrológico

Os solos do DF formaram-se pela ação climática e biológica sobre materiais pré-existentes, no decorrer do tempo e nas condições de relevo próprias dessa região.

No Distrito Federal, os Latossolos cobrem 54% desse território, enquanto o percentual de cobertura por Cambissolos é de 30%. Solos hidromórficos ocorrem de

forma restrita aos cursos d'água e seu percentual de cobertura no DF chega a 4% (EMBRAPA, 1978 apud REATTO ET AL. 2004).

Na Figura 17, apresenta-se a caracterização pedológica da UH – Ribeirão Santana.

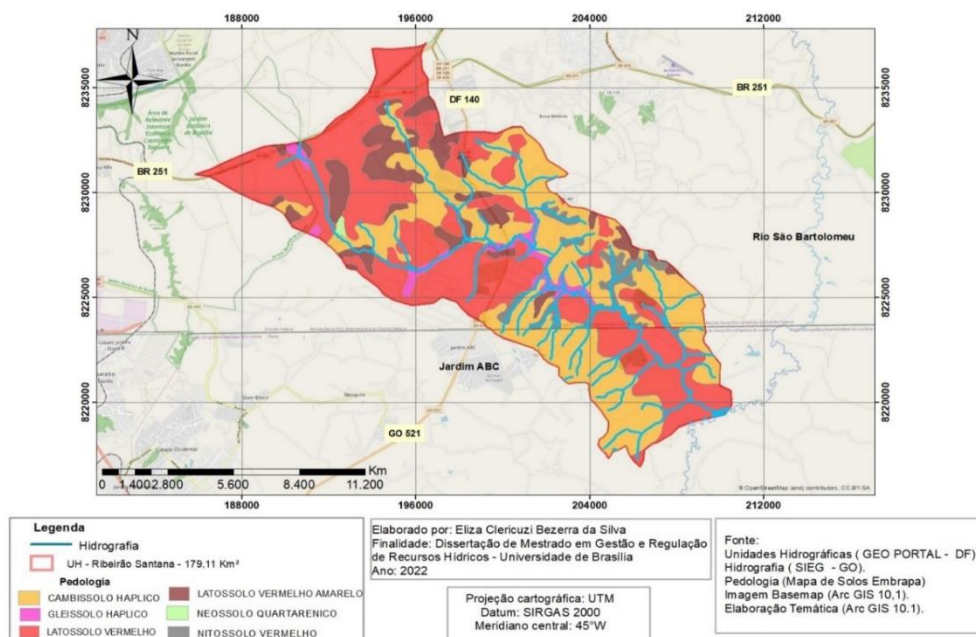


Figura 17 – Caracterização Pedológica da UH Santana

Os Latossolos são ricos em minerais como caulinita, hematita, goethita, gibbsita e quartzo, que permanece como mineral primário em função da sua resistência ao intemperismo. Sua espessura costuma ser superior a dois metros até 20 metros; geralmente mostram uma sequência de horizontes pouco diferenciada, com cores variando de vermelha a amarela.

Os Cambissolos mostram pouca alteração física e química, e geralmente apresentam minerais primários. Sua ocorrência se associa a relevos mais movimentados e sua espessura costuma variar entre vinte centímetros e um metro.

Solos hidromórficos são encontrados tipicamente nas depressões do terreno sujeitas a inundações, e sua formação pressupõe disponibilidade de água.

Na porção nordeste da UH – 29, região dos Córregos Pau de Caixeta e Santa Bárbara, observa-se a predominância de Cambissolos. Na porção sudoeste, predominam os Latossolos. Ao longo do trecho do Ribeirão Santana, situado entre a confluência com o Pau de Caixeta e até a divisa com Goiás, observa-se, de forma restrita, a ocorrência de solos hidromórficos. Nesse mesmo trecho, na margem esquerda do Ribeirão Santana, predominam os Cambissolos e na margem direita, predominam os Latossolos.

Com relação ao Grupo Hidrológico Tucci et al (1983), classifica em quatro grupos, conforme Quadro 8. Na Figura 18 apresenta-se o resultado do agrupamento realizado para os grupos hidrológicos na área de estudo. Ressalte-se que estas classificações do solo tem como base as características hidráulicas do solo.

Quadro 8 – Classificação em Grupos Hidrológicos, relacionado com solos

Grupo hidrológico	Descrição do solo
A	Solos que produzem baixo escoamento superficial e alta infiltração
B	Solos menos permeáveis do que o anterior
C	Solos que geram escoamento superficial acima da média e com capacidade de infiltração abaixo da média.
D	Solos contendo argilas expansivas e pouco profundas, baixa capacidade de infiltração, gerando maior percolação do escoamento superficial.

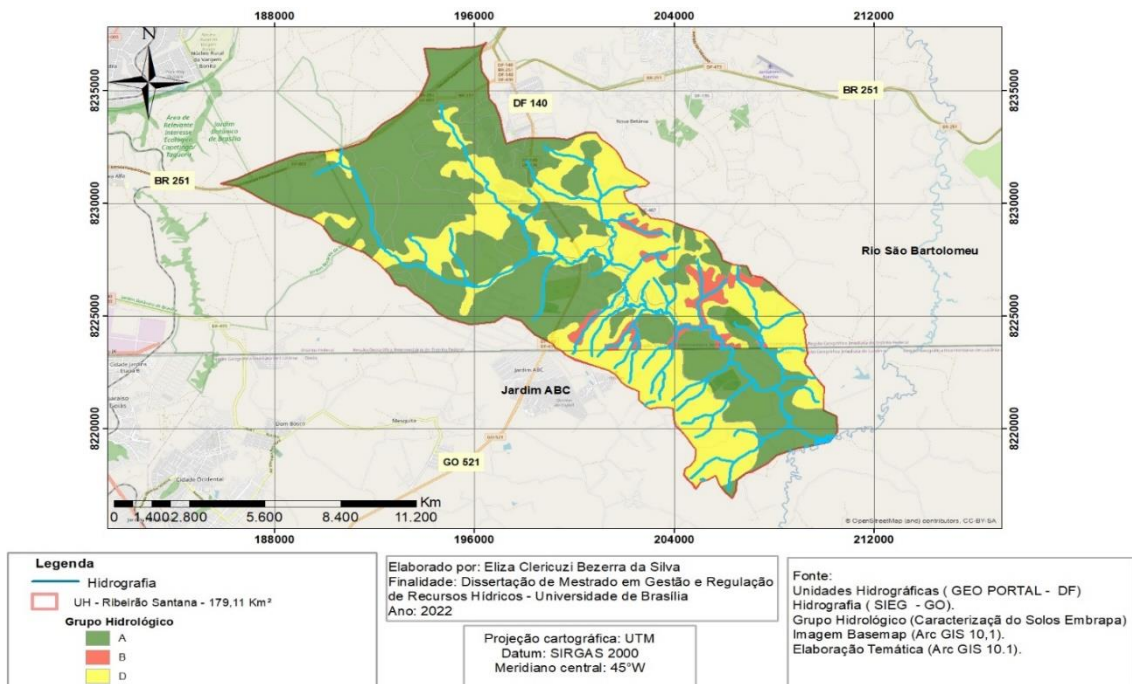


Figura 18 - Caracterização Grupos Hidrológicos da UH Santana

5.2.5. Hidrografia e Hidrologia

Na Figura 19 , apresenta-se a caracterização pedológica da UH – Ribeirão Santana.

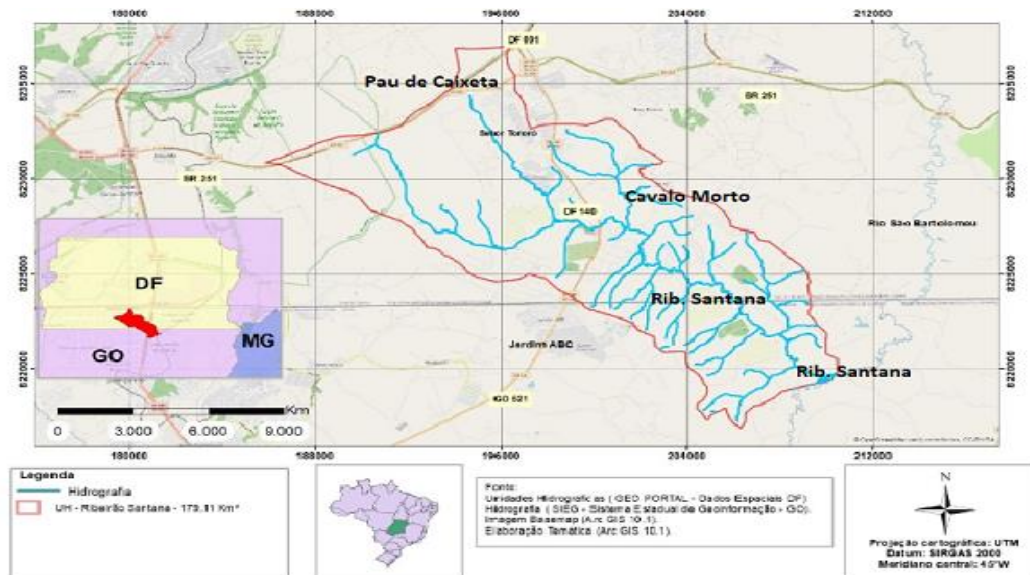


Figura 19 - Caracterização da Hidrografia da UH Santana

A UH Santana possui área de drenagem de 179,96 km², vazão média de longo período de 1,46 m³/s, seus principais afluentes são o córrego Pau de Caixeta e Cavalão Morto (PGIRH,2011). O córrego Pau de Caixeta possui 9,93 Km de comprimento de talvegue e área de drenagem de aproximadamente 33,4 km², representando cerca de 23% da UH Santana. O córrego permite a formação do corredor ecológico ao ter as nascentes dentro da poligonal do Parque Ecológico Tororó (PETo), e formar a cachoeira do Tororó inserida no Parque Distrital Salto do Tororó (PDST).




Salienta-se que a única estação de monitoramento oficial observada na região se refere ao controle hídrico superficial, Estação 60492000-Santana, que reúne registros mensais de desde 2009. Vale destacar que existem falhas significativas no histórico desses registros.

Quanto a água subterrânea, não foi observado posto de monitoramento na UH do Ribeirão Santana. Ou seja, qualquer autorização para uso do potencial subterrâneo está baseada em dados secundários de reservas exploráveis de outras regiões, e em testes de bombeamento dos poços perfurados.

Ressalta-se que com relação as infraestruturas de saneamento, abastecimento de água e esgoto, a região do Setor Habitacional Tororó (Córrego Pau de Caixeta) ainda não apresenta atendimento pela Companhia de Saneamento Básico do DF (Caesb), logo, a população que reside na região utiliza poço artesiano como fonte de abastecimento de água e o descarte dos efluentes é realizado em fossas sépticas sob responsabilidade de cada condomínio. Com relação à outorga de recursos hídricos,

no Quadro 9 apresenta-se o detalhamento sobre as interferências para diferentes tipos de outorga.

Quadro 9 – Detalhamento das outorgas na UH Santana, na parte do Distrito Federal.

Tipo	Quantidade de interferência	Detalhamento	Locais ⁷
Subterrânea	108	Maior parte das outorgas estão concentradas na sub bacia do córrego pau de caixeta	
Superficial	17	07 Outorgas no Ribeirão Santana; 10 outorgas no Córrego de Caixeta	
Lançamento de Efluentes	01	Tributário do Ribeirão Santana	

⁷ [ADASA Digital - Portal de Dados em BI](#)

Tipo	Quantidade de interferência	Detalhamento	Locais ⁷
Lançamento de Águas Pluviais	09	07 outorgas no Córrego Pau de Caixeta. 01 no Tributário do Rib. Santana 01 no Ribeirão Santana	

Fonte: Elaborado pela Autora, 2023

Ainda sobre isso, Quadro 9, no Ribeirão Santana ocorre maiores quantitativos de processos para o requerimento de outorga com finalidade de uso para irrigação. Já no córrego Pau de Caixeta, a finalidade de uso mais solicitada é abastecimento humano, sendo seguido por irrigação de culturas.

5.3. Ordenamento Territorial da UH- Ribeirão Santana no Distrito Federal

Nesta seção 5.3, a UH do Ribeirão Santana no DF foi caracterizada de acordo com o Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT-DF), Lei Complementar 803/2009⁸; além de informações sobre as unidades de conservação, Áreas de Proteção Ambiental (APA)

Na Figura 20 mostra-se o zoneamento da UH do Ribeirão Santana no DF, ou seja, de acordo com o PDOT – DF, na UH 29 estão inseridas duas zonas: i) Zona Urbana de Expansão e Qualificação; e, ii) Zona Urbana de Uso Controlado II; por definição (Distrito Federal, 2009).

- **Zona Urbana de Expansão e Qualificação (ZUEQ)**
 – Relacionada a assentamentos informais, esse zoneamento, deve ser estruturado visando a regularização e conexão com as outras áreas.

⁸ Lei Complementar nº 803 de 25 de abril de 2009, com alterações decorrentes da Lei Complementar nº 854 de 15 de outubro de 2012, da Lei Complementar nº 951 de 25 de março de 2019, e da Lei Complementar nº 986 de 30 de junho de 2021.

- **Zona Urbana de Uso Controlado II (ZUUC II)** – Adensamento populacional variando entre baixa e média densidade, com regiões menores de alta densidade

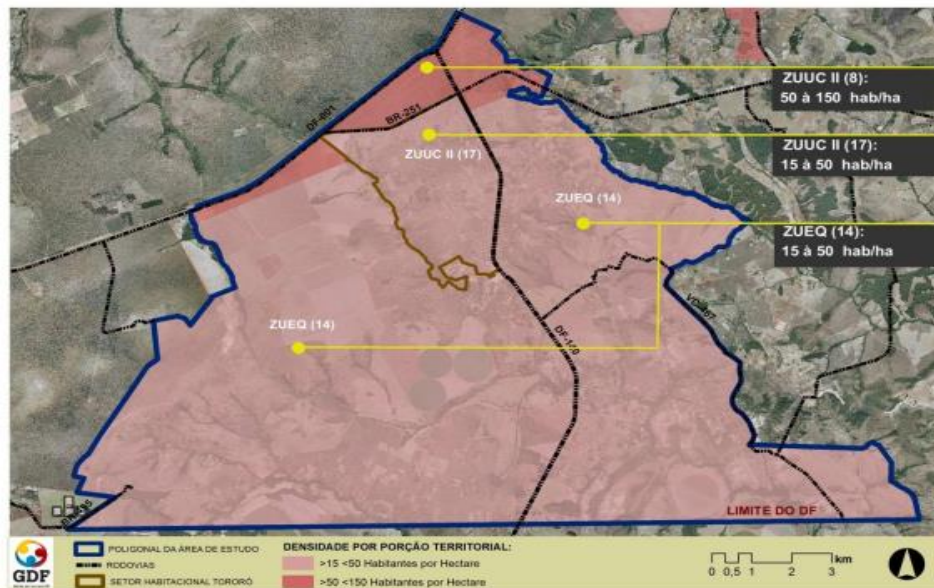


Figura 20 – Zoneamento do Distrito Federal
(Fonte: GDF-DIUR 07/2018)

Com relação as Área de Proteção Ambiental (APA), a UH Santana no DF está inserida na APA do Planalto Central, que contempla diversos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos do DF (ICMBio,2015).

Existem duas Unidades de Conservação (UCs) do DF que são sobrepostas à APA do Planalto Central, são elas: Parque Ecológico do Tororó (PET) e Parque Distrital Salto do Tororó (PDST).

5.4. Diretrizes Urbanísticas - DIUR

As Diretrizes Urbanísticas (DIUR) trazem informações sobre as projeções de ocupações urbanas para a região. E, complementarmente, novos rojetos urbanísticos têm suas Diretrizes Urbanísticas Especificas (Diurpes).

Para a área de estudo tem-se expedidas as seguintes: DIUR 06/2014, DIUR 07/2013 e a DIUR 07/2018.

Ressalte-se que uma gleba ao ser parcelada para formação de novos condomínios, obterá da Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Habitacional do Distrito Federal (Seduh-DF), as Diretrizes Urbanísticas Especificas (DIUPES), que determinam o contingente humano para fins urbanos na área requisitada. Importante,

frisar que essas DIUPEs ficam atreladas à DIUR, neste estudo de caso a DIUR 07/2018, que ordena o Plano de Expansão da Região Sul/ Sudeste do Distrito Federal – DF 140.

São claras as diretrizes sobre a necessidade de se controlar a expansão urbana e proteger os recursos hídricos, conforme segue:

*“A Zona Urbana de Uso Controlado II, no ordenamento territorial, visa compatibilizar o uso urbano com a conservação dos recursos naturais, promover a **recuperação ambiental e a proteção dos recursos hídricos**. Tal objetivo se traduz em **diretrizes específicas de planejamento territorial**, tais como: reforçar o uso habitacional de baixa e média densidades populacional; proteger os atributos naturais; estabelecer medidas de controle ambiental para proteção das unidades de conservação, e, especialmente, do entorno das unidades de proteção integral; **regularizar os assentamentos informais com recuperação de danos ambientais causados pelo processo de urbanização**; e **planejar a infraestrutura de saneamento ambiental previamente à ocupação urbana, respeitando a capacidade de suporte dos corpos hídricos receptores dos efluentes**. (Grifo da Discente)*

As Figura 21 e Figura 22 mostram alguns processos de parcelamento do solo para a região até o ano de 2018. Já a

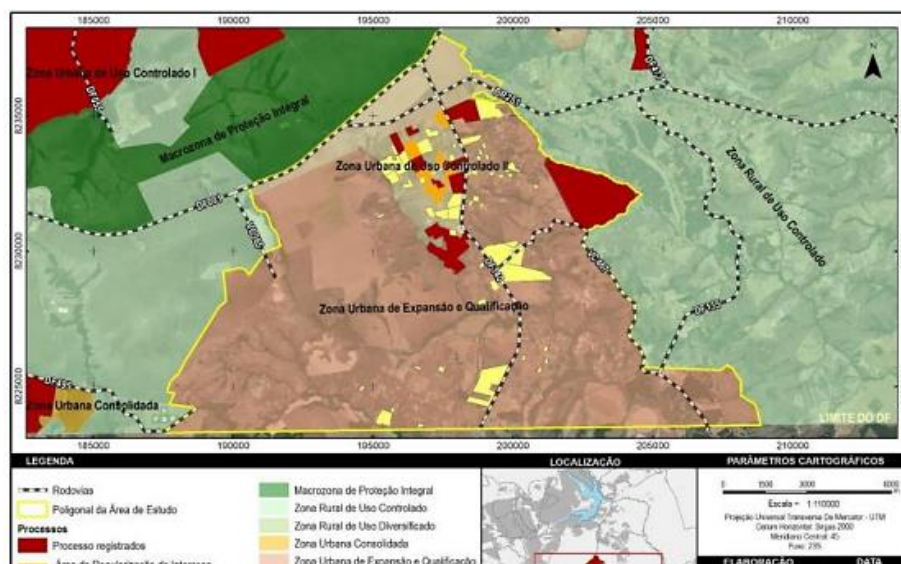


Figura 21 - Zoneamento, Parcelamentos e Áreas de Regularização – destaque para os Parcelamentos urbanos registrados até junho de 2018

Fonte: GDF - DIUR 07/18

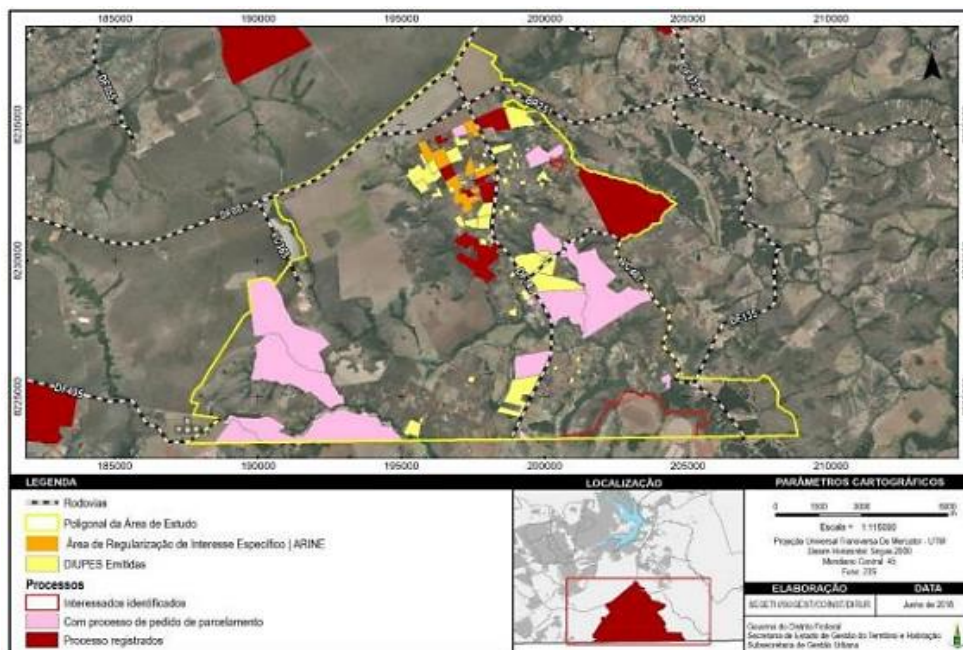


Figura 22 – Processos de Parcelamentos – destaque para os Parcelamentos urbanos registrados até junho de 2018
(Fonte: GDF - DIUR 07/18)

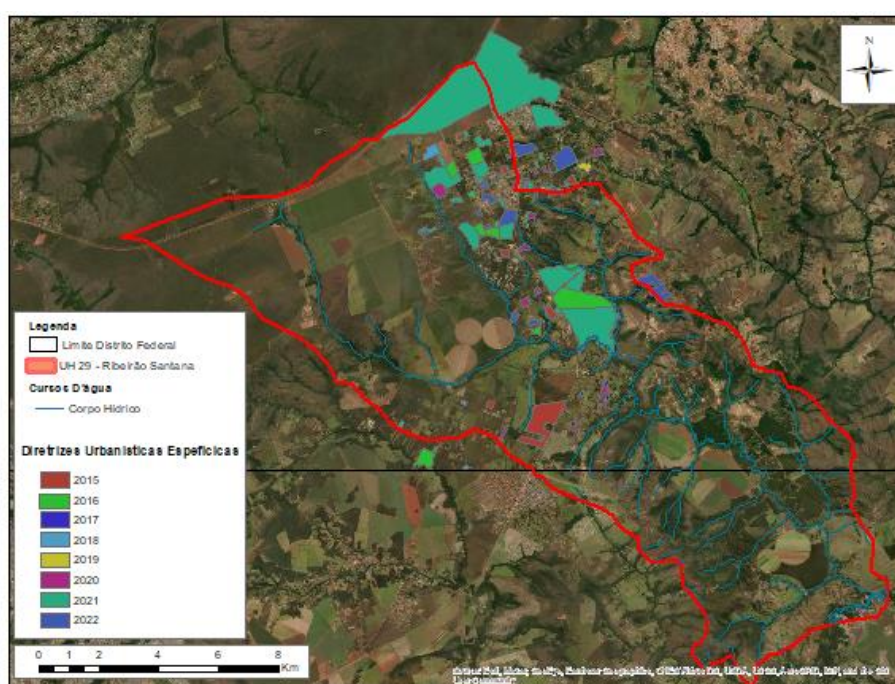


Figura 23 - Parcelamentos e Áreas de Regularização – destaque para a atualização dos pedidos de parcelamentos 2019 – 2022.
(Fonte: GeoPortal, 2022)

Ao quantificar os processos disponibilizados pelo GeoPortal, nota-se que foram analisadas e aprovadas 32 DIUPes, concedidas pela Seduh-DF. A população estimada por cada uma destas 32 DIUPes prevê de 7.824 a 44.624 habitantes, ou seja, considerarmos o cenário mínimo de adensamento populacional para os anos considerados (2015 a 2021) têm-se aproximadamente 250 mil habitantes, e, se for o cenário máximo seria mais de 1 milhão de habitantes.

Na Figura 24 mostra-se o detalhamento de vias projetadas no plano de expansão urbana apresentado na DIUR 07/2018, bem como as polygonais de unidades de conservação (Parque Ecológico Tororó e Parque Distrital Salto do Tororó) e indicação de corpo hídrico (Córrego Pau de Caixeta e Ribeirão Santana).

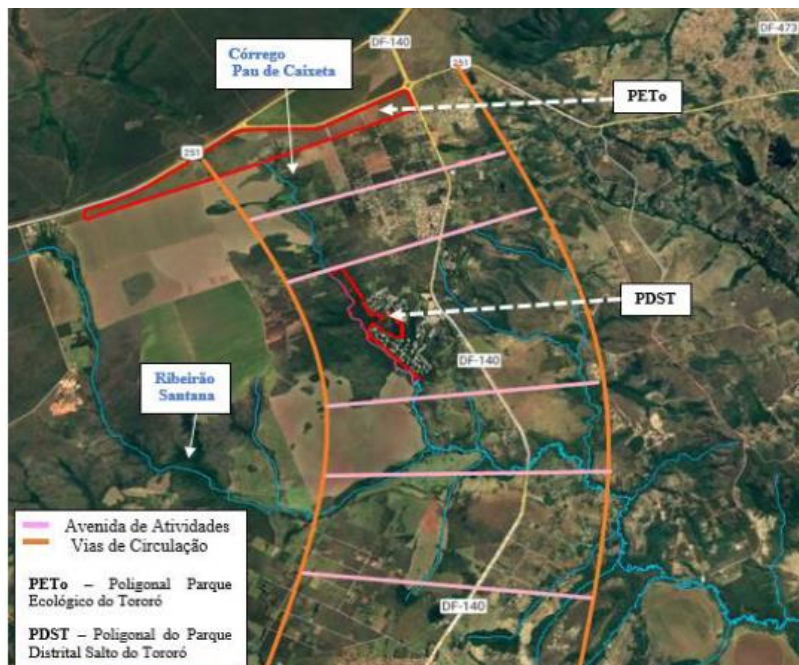


Figura 24 - Detalhamento das vias de atividades projetada e as interseções com corpo hídrico (Fonte: Silva e Carvalho, 2022)

É possível observar que o sistema viário projetado para a região em tela, prevê sobreposições de vias no córrego Pau de Caixeta e no Ribeirão Santana (Figura 24).

Neste sentido, torna-se necessário avaliar/monitorar os possíveis impactos negativos dessas interferências, principalmente, considerando que o córrego Pau de Caixeta atua como um corredor ecológico entre duas Unidades de Conservação (PETo e PDST) e forma a Cachoeira do Tororó.

Nos últimos anos, destaque-se que extensas áreas de vegetação nativa do Cerrado estão sendo perdidas para a instalação de condomínios horizontais e, agora, em processo de verticalização; além da expansão da agricultura irrigada (pivô central), inclusive com impactos negativos em áreas de proteção permanente (APP).

Tal crescimento da população indica que, as intervenções urbanísticas concedidas pela Sedurh-DF, a partir das Diurpes, demonstra inadequada forma de ocupação do território, insustentabilidade. Pois a ocupação desordenada pode levar à destruição de ecossistemas naturais, resultando em perda de biodiversidade, fragmentação de habitat e serviços ecossistêmicos essenciais.

5.5. Informações do Plano de Recursos Hídricos - Construção do Painel de Controle

Nesta seção 6, serão apresentadas as informações que se referem ao Plano de Recursos Hídricos dos Afluentes Distritais do Rio Paranaíba.

5.5.1. Quadro síntese do plano de recursos hídricos

Por se tratar de uma área de estudo inserida na Unidade de Gestão dos Afluentes Distritais do Rio Paranaíba (CBH PARANAÍBA DF, 2020), existe o Plano de Recursos Hídricos aprovado, e observa-se metas genéricas formuladas.

Neste sentido, foram identificados 04 (quatro) componentes principais do PRH Afluentes Distritais do Rio Paranaíba, conforme Quadro 10.

Quadro 10 - Síntese do Plano de Recursos Hídricos - Paranaíba DF

COMPONENTES DO PLANOS DE RECURSOS HIDRICOS PARANAÍBA DF
Componente 1 – Gestão dos Recursos Hídricos
Componente 2 – Segurança Hídrica
Componente 3 – Saneamento Ambiental
Componente 4 – Conservação e Proteção dos Recursos Hídricos

Fonte: PRH Afluentes Distritais do Rio Paranaíba, 2018 – 2020.

5.5.2. Quadro síntese x Metas

Ao proceder com a leitura do PRH Afluentes Distritais do Rio Paranaíba, identificou-se 14 metas, que foram agrupadas em oito sub-componentes no Quadro 11.

Quadro 11 - Quadro Síntese x Metas

Programa	Metas
Componente 1 – Gestão dos Recursos Hídricos	
1.1 Instrumentos de Gestão de Recursos Hídricos	1.1.1 Aperfeiçoamento do Instrumento de Outorga e da Fiscalização de Recursos Hídricos Superficiais e Subterrâneos 1.1.2 Implementação do Enquadramento dos Corpos D'água Superficiais

Programa	Metas
	1.1.3 Implementação da Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos
	1.1.4 Aperfeiçoamento do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos
	1.1.5 Atualização do Plano de Recursos Hídricos
1.2 Articulação e Fortalecimento Institucional	1.2.1 Fortalecimento CBH-Paranaíba-DF
1.3 Comunicação e Mobilização Social	1.3.2 Comunicação Social
Componente 2 – Segurança Hídrica	
2.1 Plano de Contingência	2.1.1 Elaboração do Plano de Contingência e Gerenciamento de Crises Hídricas
2.2 Incremento da Disponibilidade Hídrica	2.2.1. Avaliação de Alternativas para Incremento da Disponibilidade Hídrica Superficial
Componente 3 – Saneamento Ambiental	
3.1 Saneamento Urbano	3.1.1 Melhorias no Abastecimento de Água
Componente 4 – Conservação e Proteção dos Recursos Hídricos	
4.1 Áreas Prioritárias para Conservação	4.1.1 Recomendações para Unidades de Conservação, Preservação de Nascente e demais APPs relacionadas aos Recursos Hídricos
	4.1.2 Fortalecimento das Áreas de Proteção de Mananciais
	4.1.3 Proteção dos Recursos Hídricos Subterrâneos
4.2 Pagamento por Serviços Ambientais	4.2.1 Ampliação do Programa Produtor de Água

Fonte: Adaptado de PRH Afluentes Distritais do Rio Paranaíba – CBH,2020

5.5.3. Avaliação da implementação das ações

Foi verificado que apesar de existir definição genérica de metas no PRH Paranaíba - DF, as informações do Sistema de Recursos Hídricos - DF estão concentradas majoritariamente em locais específicos, ou seja, os esforços estão voltados para as algumas sub-bacias que compõe toda a gestão do Paranaíba DF, tais como: afluentes do Lago Descoberto e Paranoá, Ribeirão Pípiripau, Ribeirão Sobradinho e Ribeirão Melchior.

Observa-se que as UH's que se mostraram menos vulneráveis ou sem prioridade para investimento no período de elaboração do PRH Paranaíba DF mal tem informações disponibilizada, como é o caso da área de estudo.

No Quadro 12 apresentam-se informações sobre fatores negativos sobre a gestão que foram identificados:

Quadro 12 - Fatores negativos sobre a gestão hídrica na UH Santana

Nº	Fator	Situação	Observação
1	Estudos hidro ambientais com dados primários	Negativa	Existem poucos estudos que apontem um diagnóstico eficiente, a maioria é baseado em dados secundários que não correspondem mais a realidade da região.
2	Informação Hidrológica da UH	Negativa	<p>Superficial: 102 meses com falhas em medições de descarga líquida/visitas ao ponto da única estação oficial cadastrada na UH, sob código 60492000 – Santana (período de análise mai/2009 – ago/2022) - (147 meses avaliados)</p> <p>Subterrâneo: Não existe ponto de monitoramento de água subterrânea, apenas registros de outorga da Adasa, sem informações quantitativas/qualitativas de acompanhamento dos outorgados disponíveis no sistema de informações.</p>
3	Articulação (CBH – órgão gestor RH – órgão ambiental)	Negativa	Não tem articulação entre os entes para a correta gestão hídrica. Nota-se que existem muitas informações sobre monitoramento de águas, principalmente em processos de licenciamento, mas é muito burocrático ter acesso a essas informações e não foram repassadas ao sistema de informações de recursos hídricos do DF.
4	Expansão Urbana/habitacional	Negativa	Não está havendo consulta ao comitê de bacia sobre possíveis fragilidades da área, os processos de licenciamento estão ocorrendo sem estudos e planejamento hídrico eficiente, indo contra a capacidade de suporte quantitativa da Unidade Hidrográfica. E, não está sendo verificado a questão da criticidade do balanço hídrico.

Fonte: Elaborado pela Autora,2022

Destaque-se que foi observado que os mesmos fatores negativos para as UH vizinhas à área de estudo, situadas no Baixo São Bartolomeu. Ressalte-se que as bacias situadas na porção mais baixa do São Bartolomeu, conforme já mencionado representam mais da metade do território dessa bacia (52%), porém, apresentam pouco investimento em prol da gestão hídrica.

A área de estudo é citada de uma forma bem genérica no PGIRH/DF, ZEEDF e em estudos ambientais (que utilizam essas fontes). Além disso, não há um efetivo investimento na qualidade das informações, contribuindo para possíveis erros na gestão hídrica deste local.

Vale reiterar que no PRH Paranaíba DF, a UH 29 – Ribeirão Santana foi identificada como área prioritária, inclusive nos cenários tendenciais futuros, além de compor a relação de trechos críticos federais da ANA.

5.6. Levantamento de Informações Hidro Ambientais Disponíveis

Nesta seção 5.6, apresentam-se as principais características hidroambientais da UH Santana, a partir de dados secundários, cujas informações foram descritas e sistematizadas no Quadro 13, além de análises das medições das vazões registradas na estação hidrometeorológica do Ribeirão Santana (Tabelas 2 e 3). Foram calculadas vazões de referências em diferentes percentagens de permanência (Tabela 4).

A seguir são descritas informações hidroambientais disponíveis sobre a situação atual da UH Santana, obtidas em diversas fontes

Quadro 13 -Informações hidroambientais da UH Santana

Categoria	Descrição	Situação da UH Santana	Fonte da Informação
Ambiental	Perda de Recarga de Aquífero	Na região norte da UH, margem esquerda e direita do córrego Pau de Caixeta e nascente do Ribeirão Santana o risco é alto. Na parte sudeste o risco é médio e, demais são classificados como risco baixo.	ZEEDF (2018)
	Perda de Solo por Erosão	Nas regiões limítrofes aos córregos da região tem-se a classificação como muito alto, entretanto, nas demais localidades a UH classificada como risco baixo.	ZEEDF (2018)
	Risco de Contaminação do Aquífero	A maior parte da UH está classificada com risco médio e alto.	ZEEDF (2018)
Hídrico	Comprometimento da Vazão Outorgável para Diluição da Carga Orgânica	Sem Informações	ZEEDF (2018)
	Comprometimento da Vazão mínima remanescente T3 (JUL – SET) 2009 – 2014**	Médio (45% Qref < Qobs < 70% Qref) Qref: Média das mínimas vazões mensais de longa duração; Qobs: Média das mínimas vazões mensais observadas nos pontos de controle de cada UH.	ZEEDF (2018)
	Nascentes Monitoradas	02 pontos	SISDIA (2022)
	Outorga Captação Superficial	09 pontos (não foi encontrado registro se o outorgado está captando a demanda autorizada)	SIRH/DF (ADASA)
	Captação para Pivô de Irrigação	05 pontos (total de 348,32 hectares não consta informação do outorgado para captação)	SIRH/DF (ADASA)
	Outorga e Direito de Uso Captação Subterrânea (Tubular)	Principais Finalidades Abastecimento Humano: 30.000 L/s Criação de Animais: >5.000 L/s Irrigação: >10.000 L/s	SIRH/DF (ADASA)

Categoria	Descrição	Situação da UH Santana	Fonte da Informação
	Dados sobre Recursos Hídricos ⁹	Não especifica a disponibilidade das informações (anos avaliados) por UH, tão pouco as falhas associadas.	Diagnóstico do PRH Paranaíba/DF

Destaque-se que o PGIRH (2012) em seu Anexo III – Volume 1, dispõe sobre à análise comparativa entre as vazões regionalizadas e as vazões utilizadas pela Adasa como referência para outorga, a UH Santana apresentou um erro acumulado médio de 20% para o período avaliado, jun/2009 a mar/2011. Em resumo, tem-se apenas informações de uma estação hidrometeorológica, Santana (Quadro 14)

Quadro 14 - Estação do Monitoramento da Unidade Hidrográfica do Santana

Nome da Estação	Tipo	Rio	UF	Latitude	Longitude	Responsável	Período
60492000-Santana	FFrD	Santana	DF	16°03'03" S	47°44'39"O	ADASA	2009- atual

Fonte: Hidroweb, ANA

A estação de monitoramento Santana, supracitada no Quadro 14 apresenta falhas diárias, mensais e anuais nos registros de vazões em diversos períodos da série.

Na Tabela 1 apresenta-se a disponibilidade de dados de vazão medida para o posto de monitoramento e, conseqüentemente, a quantidade de vistorias por equipe especializada. Essas informações são de responsabilidade da Adasa, e foram transmitidos via e-mail, como resposta da 3ª tentativa de solicitação dos dados para esta Agência, em agosto/22.

Tabela 1 - Registro da Estação Fluviométrica da ADASA- Rib. Santana – Medição de Vazão e Vistoria por equipe especializada

Ano/Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2009					1,74	1,32	1,22	0,747	0,88	2,65	1,5	1,08
2010	2	1,55		2,51	1,13	0,726	0,761	0,747		0,797	1,12	1,53
2011	1,17	1,13	1,87	1,75	0,977	0,73	0,717	0,459	0,499	0,374	0,63	6,71
2012												
2013												
2014												
2015										1,118		

⁹ PGIRH (2012):

Vazões de Disponibilidade Hídrica – UH 29 - (m³/s) - Q_{mlt}: 2,90; Q_{7,10}: 0,90; Q₉₀: 1,21
PRH Paranaíba DF (2019):

Vazões de Disponibilidade Hídrica – UH 29 - (m³/s) – Q_{med}: 2,04; Q₉₀: 0,54; Q₉₅: 0,42

Ano/Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
2016	1,96		1,53	1,07			0,498		0,335			
2017	1,94		1,04						0,400		0,512	
2018	1,25		1,21									
2019	0,813	1,17		1,58		1,05	0,74	0,6	0,45	0,36	1,01	1,33
2020		1,501										
2021								0,507			0,849	
2022			1,173		0,784							
Média	1,522	1,338	1,384	1,728	1,176	0,957	0,787	0,612	0,513	1,060	0,937	2,663

Fonte: Adasa,2022

As células destacadas em verde, representam os meses com registros de vazões disponíveis (Tabela 2). Ressalte-se que, segundo a Adasa para o ano de 2020 o monitoramento foi suspenso em razão da crise sanitária provocada pelo Coronavírus- 19.

Na Tabela 2 apresenta-se o total de meses sem registro de vazão mensal que foi observado.

Tabela 2 - Total de meses sem registros da Estação Santana

Ano/Mês	Total de Meses sem registros
2009	0
2010	2
2011	0
2012	12
2013	12
2014	12
2015	11
2016	7
2017	8
2018	10
2019	2
2020	11
2021	10
2022	5
Total	102
Total sem 2020	90
% Falhas	69,39 %
% Falhas sem 2020	61,22 %

Fonte: Elaborado pela Autora,2022. Baseado nos Dados da ADASA

A seguir, na Tabela 3, são apresentados os resumos das vazões de referência para a estação Santana, considerando as informações passadas pela Adasa; que foram baseadas apenas em dados mensais de vazão, as células destacadas em verde na tabela 2.

Tabela 3 - Vazão de referência em diferentes porcentagens do posto de monitoramento da ADASA

Referência	Vazão (m³/s)
$Q_{mip} =$	1,220
$Q_{95} =$	0,395
$Q_{90} =$	0,482
Q_{ref}	0,645
$Q_{60} =$	0,861
$80\%Q_{mip} =$	0,976

Fonte: ADASA,2022

Em virtude desta análise, onde foi detectado que as informações hidrológicas, não tem dados contínuos e, possuem muitas falhas na série. Então, optou-se pela implementação de uma rede experimental no local (Figura 25), pois novas informações hidrológicas, dados primários, são essenciais para a verificação/ajuste/calibração do modelo a ser utilizado na Etapa de Prognóstico desta dissertação.

Pois caso fossem utilizadas apenas as informações da Adasa, haveria grande possibilidade em subestimar ou superestimar o módulo hidrológico do WEAP e, tal ocorrência prejudicaria a confiabilidade das simulações.

5.7. Enquadramento de Corpos Hídricos na UH – Santana no DF

De acordo com a Resolução nº 02, de 17 de dezembro de 2014, do Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal (CRH/DF), na UH Santana, os corpos de água avaliados foram sugeridos ser enquadrados como Classe II¹⁰, com exceção do córrego Pau de Caixeta como Classe I, seguem os esclarecimentos.

O córrego Pau de Caixeta tem nascentes no Parque Ecológico do Tororó (PET) e durante seu curso forma a Cachoeira do Tororó, que faz parte do Parque Distrital Salto do Tororó (PDST). Esses dois parques são Unidades de Conservação, fazem parte da APA do Planalto Central (item 5.4).

A APA do Planalto Central é de responsabilidade do Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio), contudo, os Parques são administrados pelo Instituto Brasília Ambiental (Ibram).

¹⁰ O Ribeirão Santana é um rio federal, portanto, a aprovação do enquadramento de rios federais fica a cargo do CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos.
<https://www.sema.df.gov.br/wp-conteudo/uploads/2017/09/Resolu%C3%A7%C3%A3o-CRH-n%C2%BA-02-de-2014.pdf>

O ICMBio e o Ibram propuseram recomendações ao Conselho de Recursos Hídricos sobre especificidades do enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água, conforme Nota Técnica Nº 4/2014:

4.2.2 - Especificidades para enquadramento de corpos hídricos situados em áreas em unidades de conservação de proteção integral (CTPA/CRH-DF, 2014):

O Ibram, consultado pela CTPA do CRH-DF, recomendou o que segue:

- Trechos de corpos hídricos e nascentes localizados em Unidades de Conservação – UCs de Proteção Integral fossem enquadradas na **Classe Especial**;

- Os corpos hídricos existentes nas demais áreas protegidas fossem, como regra geral, enquadradas na **Classe 1**;

- Quando as condições atuais dos corpos hídricos localizados nestas áreas justificarem a impossibilidade de adoção de Classe Especial ou Classe 1, fosse adotada a Classe 2.

Tais recomendações foram acatadas, exceto nos casos que, em razão de usos consolidados na bacia, não foi possível atendê-las. Cabe registrar que uma contribuição apresentada pela ABES-DF sugeriu Classe 2 como padrão para o enquadramento de corpos d'água localizados no interior de parque sob gestão do Ibram. O ICMBio, consultado pela CTPA do CRH-DF, recomendou que os cursos d'água localizados nas Unidades de Conservação sob gestão federal seguissem a proposta de enquadramento Classe Especial.

O Instituto Brasília Ambiental (Ibram), representado pela Diretoria Regional de Unidades de Conservação I (DIRUC I), emitiu a Informação Técnica SEI-GDF No 3/2019 na qual fez questionamentos à Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação (Seduh), quanto às interferências propostas, principalmente drenagem de águas pluviais urbanas, nas áreas de influência direta e indireta dos parques distritais (PET, PDST) no setor Tororó.

Além disso, a DIRUC I esclarece que está prevista a junção das duas Unidades de Conservação (Parque Ecológico do Tororó e Parque Distrital do Tororó); e, assim, promover a gestão compartilhada entre essas áreas com a criação de um parque linear, reforçando a Classificação como Classe 1.

Diante destas informações, neste trabalho, o Córrego Pau de Caixeta foi avaliado como Classe 1; e, o Ribeirão Santana como Classe 2, de acordo com a Resolução Conama Nº 357/2005, conforme abaixo:

	CLASSE 1	CLASSE 2
Parâmetros	Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 - Ar 15	Resolução CONAMA Nº 357, de 17 de março de 2005 - Ar 15
OXIGÊNIO DISSOLVIDO	Mín. 6 mg/L	Mín. 5 mg/L
PH	6,0 a 9,0	6,0 a 9,0
NITRATO	Máx. 10,0 mg/L	Máx. 10,0 mg/L
NITRITO	Máx. 1,0 mg/L	Máx. 1,0 mg/L
NITROGÊNIO AMONIACAL	Nota 3 = 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5. 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,5. 0,5 mg/L N, para pH > 8,5	Nota 3 = 3,7mg/L N, para pH ≤ 7,5. 2,0 mg/L N, para 7,5 < pH ≤ 8,5. 0,5 mg/L N, para pH > 8,5
FÓSFORO TOTAL	Nota 1= Amb. Lênticos: até 0,030 mg/L Amb. Intermediário: até 0,050 mg/L Amb. Lóticos: até 0,1 mg/L	Nota 1= Amb. Lênticos: até 0,030 mg/L Amb. Intermediário: até 0,050 mg/L Amb. Lóticos: até 0,1 mg/L
FOSFATO TOTAL	NA	NA
DBO 5	Máx. 3 mg/L	Máx. 5 mg/L
COLIFORMES TERMOTOLERANTES	Máx. 200 NMP/100mL	Máx. 1.000 NMP/100mL
COLIFORMES TOTAIS	NA	NA
CONDUTIVIDADE	NA	NA

6. REDE DE MONITORAMENTO ESTABELECIDA NA UH SANTANA

Diante das circunstâncias supramencionadas, sobre dados descontinuados e muitas falhas na série hidrológica, também devido a necessidade de calibração preliminar do modelo WEAP, optou-se por estabelecer pontos de monitoramento quantitativo e qualitativo da água na UH Santana.

Foram estabelecidos 7 pontos de monitoramento quali-quantitativo dos recursos hídricos na UH 29 – Ribeirão Santana, sendo os pontos 1 e 2 no Córrego Pau Caixeta afluente e os demais (3, 4, 5, 6 e 7) no Ribeirão Santana, conforme Figura 25

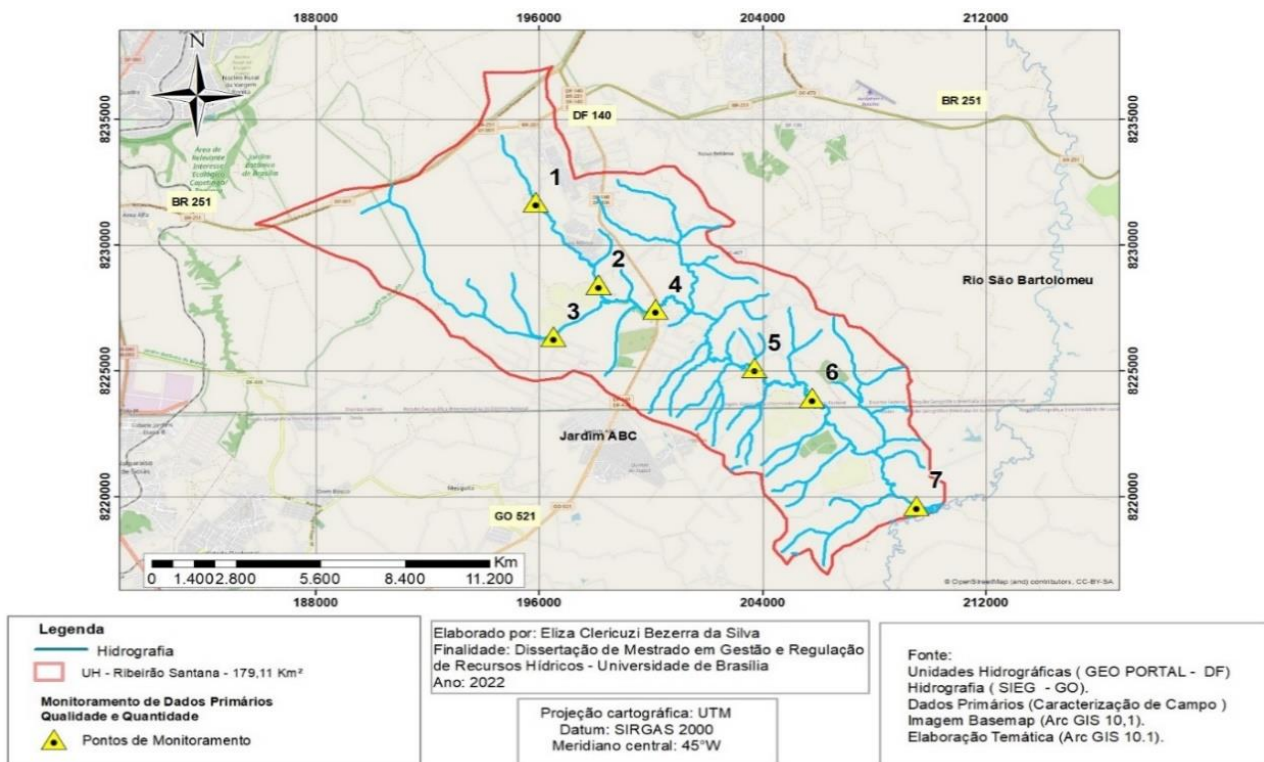


Figura 25 - Pontos de Monitoramento Quali-Quantitativo da Água estabelecido para a UH Santana

A seguir será apresentada as principais características do monitoramento estabelecido, Quadro 15. Em seguida, o Quadro 16, apresenta a descrição dos pontos de monitoramento verificados na Figura 25. Na Figura 26, apresentam-se registros fotográficos dos equipamentos instalados no sistema de monitoramento implantado na UH – Ribeirão Santana no DF, durante o período de janeiro a dezembro de 2022.

Quadro 15 - Principais Características do Monitoramento estabelecido na UH Santana

Frequência de Amostragem	Quantitativo: Mensal - Descarga Líquida; 06 campanhas no período chuvoso – Descarga Sólida Qualitativo: 6 campanhas (distribuídas no período de estiagem e chuvoso)
Tipo de Monitoramento	<u>Orientado ao Planejamento Hídrico</u> Quantitativo: Descarga Líquida (vazão) Descarga Sólida em Suspensão (sedimentos suspensos), Perfil Transversal (batimetria convencional); Leitura de nível da água pelo RN instalado (sem réguas instaladas); Qualitativo: Oxigênio dissolvido; Ph; Nitrato; Nitrito; Nitrogênio amoniacal; Fosforo total; Fosfato total; Dbo 5; coliformes termotolerantes; coliformes totais; Condutividade

Fonte: Elaborado pela Autora, 2022



Figura 26 - Registros Fotográficos das Campanhas de Monitoramento

Quadro 16 - Descrição dos Pontos de Monitoramento

Ponto	Corpo Hídrico	Latitude	Longitude	Descrição
01	Pau de Caixeta	15°58'30.90"S	47°50'28.28"O	Montante da Cachoeira do Tororó, situada no Parque Distrital Salto do Tororó. Local estratégico para a verificação da contribuição quali-quantitativa dos condomínios em instalação do Setor Tororó
02	Pau de Caixeta	16° 0'18.13"S	47°49'13.54"O	Jusante da Cachoeira e a Jusante da interferência detectada **
03	Santana	16° 1'25.20"S	47°50'9.41"O	Montante da Ponte sob a rodovia DF140
04	Santana	16° 0'51.29"S	47°48'6.00"O	Sob a ponte da Rodovia DF 140 e a jusante da confluência com o córrego Pau de Caixeta
05	Santana	16° 2'8.81"S	47°46'7.99"O	Trecho entre usos agrícolas
06	Santana	16° 2'47.86"S	47°44'58.64"O	Mesmo local da Estação 60492000. Objetivo de aumentar a coleta de informações da estação ADASA.
07	Santana	16° 5'8.99"S	47°42'55.34"O	Montante à confluência com o Rio São Bartolomeu

7. MONITORAMENTO QUALI-QUANTITATIVO IMPLEMENTADO NA UH SANTANA

Nesta seção 7, apresentam-se os resultados do monitoramento realizado no Córrego Pau de Caixeta, principal afluente do Ribeirão Santana, e no Ribeirão Santana propriamente dito, durante o período de março a setembro de 2022.

A importância de monitorar e avaliar esses parâmetros quali-quantitativos da água está relacionada à necessidade de proteger os ecossistemas aquáticos, garantir o abastecimento de água potável para as comunidades e preservar a saúde pública. Visto que a qualidade da água afeta diretamente a vida aquática, a agricultura, a indústria, o turismo e outros setores econômicos, além disso é importante para o gerenciamento dos recursos hídricos,

Na seção 7.1 apresentam-se os resultados qualitativos de oxigênio dissolvido e coliforme termotolerante nas sub bacias: córrego Pau de Caixeta e Ribeirão Santana.

Na seção 7.2 apresentam os resultados quantitativos de vazões, velocidade, área molhada, profundidade, largura de cada ponto de monitoramento.

Tabela 4 - Resultados das Campanhas de Monitoramento Qualitativo da água

MÊS	PONTOS	OXIGÊNIO DISSOLVIDO	PH	NITRATO	NITRITO	NITROGENIO AMONIACAL	FOSFORO TOTAL	FOSFATO TOTAL	DBO 5	COLIFORMES TERMOTOLERANTES	COLIFORMES TOTAIS	CONDUTIVIDADE
mar/22	PONTO 01	6,6	7,9	6,72	0,01	0,2	0,05	0,02	3	1,8	1,8	8,373
	PONTO 02	5,43	7,5	0,2	0,002	0,1	0,07	0,2	3	230	490	11,016
	PONTO 03	6,15	7,2	0,2	0,002	0,1	0,09	0,29	3	78	230	6,361
	PONTO 04	6,01	9,7	0,2	0,002	0,2	0,09	0,29	3	490	490	13,26
	PONTO 06	6,4	7,5	0,2	0,002	0,2	0,05	0,06	3	790	1300	34,14
	PONTO 07	6,02	6,8	0,2	0,002	0,2	0,13	0,4	3	1400	700	33,35
	abr/22	PONTO 01	5,73	7,1	0,5	<0,002	<0,015	<0,06	0,11	<3,0	1700	1700
PONTO 02		5,68	6,7	0,2	<0,002	<0,015	0,06	0,17	<3,0	940	1400	10,82
PONTO 04		5,41	7,5	1,1	<0,002	0,3	<0,05	0,1	<3,0	700	700	11,92
PONTO 06		6,36	6,4	0,21	<0,002	2,5	0,1	0,18	3,4	490	5400	33,2
PONTO 07		5,62	6,6	<0,20	<0,002	2,5	0,06	0,18	<3,0	490	5400	34,53
mai/22	PONTO 01	6,67	7,6	<0,20	0,012	0,4	0,1	0,3	<3,0	460	460	7,35
	PONTO 02	7,38	7,5	<0,20	0,014	0,1	0,06	0,2	<3,0	7000	54000	11,96
	PONTO 03	7,06	7,0	<0,20	0,014	0,3	<0,05	0,1	<3,0	330	330	8,28
	PONTO 04	6,8	7,0	<0,20	0,012	0,2	0,06	0,17	<3,0	790	790	11,03
	PONTO 06	6,61	7,6	<0,20	0,012	0,3	0,05	0,15	0,71	1100	1100	31,94
	PONTO 07	6,57	7,4	<0,20	0,013	0,4	<0,05	0,12	0,81	330	330	34,05
ago/22	PONTO 01	7,61	8,3	<0,20	0,011	0,4	<0,05	0,1	0,53	790	790	7,547
	PONTO 02	6,31	8,3	<0,20	0,012	0,3	0,05	0,18	0,45	330	2200	9,673
	PONTO 03	7,33	8,5	<0,20	0,009	<0,015	<0,05	0,1	0,56	1300	1300	6,316
	PONTO 04	7,7	8,6	<0,20	0,012	<0,015	0,06	0,19	0,58	1300	1700	10,363
	PONTO 06	7,5	7,9	<0,20	0,01	<0,015	<0,06	0,14	0,65	2200	2200	36,63
	PONTO 07	7,67	7,7	<0,20	0,01	<0,015	0,06	0,17	0,61	230	330	40,45
set/22	PONTO 01	6,22	8,2	<0,20	0,002	0,015	0,05	0,11	<3,0	790	1400	8,72
	PONTO 02	5,76	7,7	<0,20	0,002	0,015	0,05	0,1	<3,0	7000	7000	10,004
	PONTO 03	5,46	7,4	<0,20	0,002	0,5	<0,05	0,13	<3,0	700	700	6,004
	PONTO 04	5,51	7,7	<0,20	0,002	<0,015	<0,05	0,05	<3,0	490	790	11,17
	PONTO 06	6,02	7,7	<0,20	0,011	<0,015	<0,05	0,1	28,23	3500	3500	41,52
	PONTO 07	5,59	7,7	<0,20	0,012	<0,015	0,06	0,11	8,05	1100	1100	47

7.1. - Resultados de Oxigênio Dissolvido e de Coliformes Termotolerantes

A seguir, nas figuras 27, 28, 29 e 30 mostram-se representações gráficas dos parâmetros de qualidade da água do córrego Pau de Caixeta e Ribeirão Santana, sendo possível verificar a evolução dos valores de oxigênio dissolvido (OD) e Coliformes Termotolerantes ao longo do período de monitoramento de março a setembro de 2022.

Os dados que estão em conformidade com a Resolução Conama Nº 357/2005 foram destacados com a cor azul; ou seja, os dados que estão em não conformidade foram destacados com a cor vermelha.

Na figura 27, representa-se os dados de oxigênio dissolvido (OD), pontos 1 e 2, no Córrego Pau de Caixeta. E, na figura 28, representa-se os dados de oxigênio dissolvido (OD), pontos 3, 4, 6 e 7, no Ribeirão Santana.

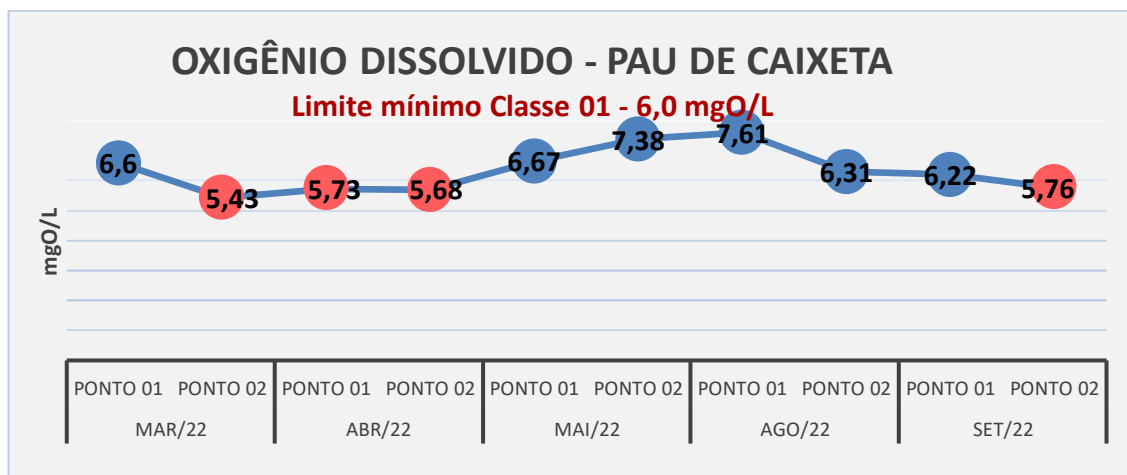


Figura 27 - Evolução dos valores de Oxigênio Dissolvido - Monitoramento Córrego Pau de Caixeta

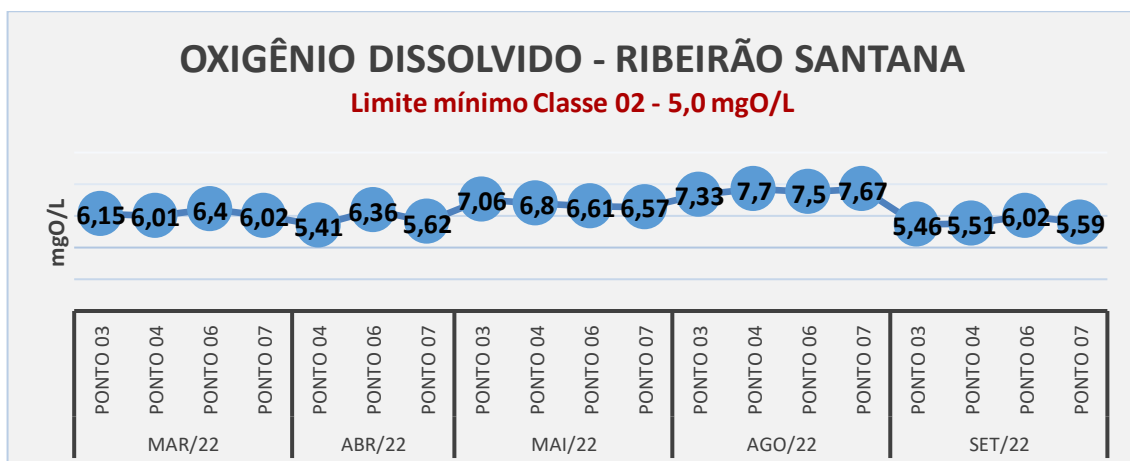


Figura 28 - Evolução dos valores de Oxigênio Dissolvido - Monitoramento Ribeirão Santana

Na figura 29, representa-se os dados de coliformes termotolerantes (CT), pontos 1 e 2, no Córrego Pau de Caixeta. E, na figura 30, representa-se os dados de coliformes termotolerantes (CT), pontos 3, 4, 6 e 7, no Ribeirão Santana.

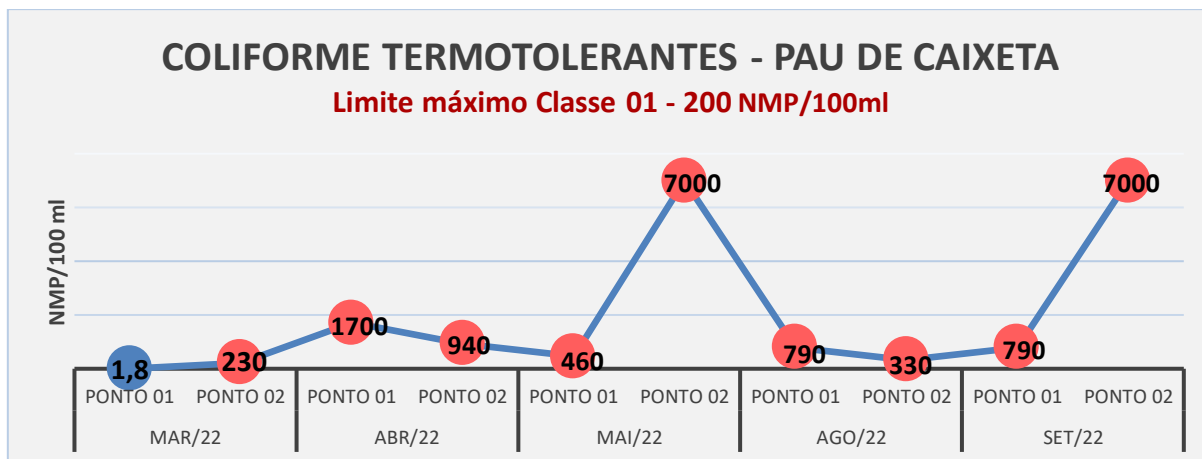


Figura 29 - Evolução dos valores de Coliformes Termotolerantes - Monitoramento Córrego Pau de Caixeta

Na Tabela 5, apresenta-se os resultados analíticos obtidos para o monitoramento da série e Sólidos.

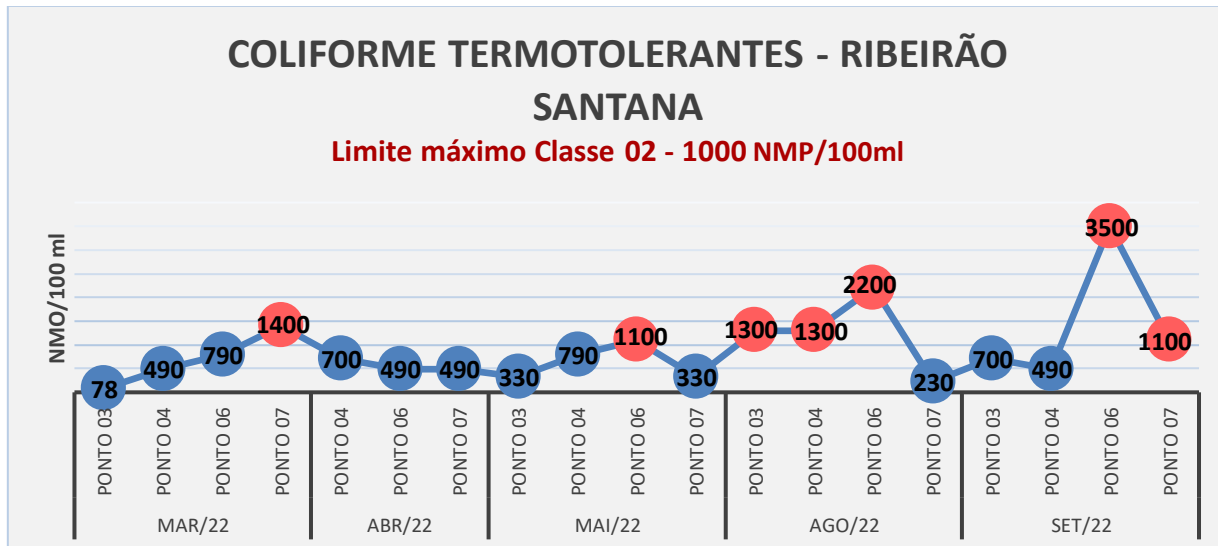


Figura 30 - Evolução dos valores de Coliformes Termotolerantes - Monitoramento Ribeirão Santana

Tabela 5 - Resultados das Campanhas de Monitoramento de Sólidos

PARAMETROS	PONTO 02			PONTO 04			PONTO 06			PONTO 07		
	fev/22	mar/22	abr/22	fev/22	mar/22	abr/22	fev/22	mar/22	abr/22	fev/22	mar/22	abr/22
Sólidos Dissolvidos Fixos (mg/L)	12	10	<10	16	10	12	<10	10	22	60	10	20
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	22	10	<10	28	10	20	10	10	28	70	10	34

PARAMETROS	PONTO 02			PONTO 04			PONTO 06			PONTO 07		
	fev/ 22	mar/ 22	abr/ 22	fev/ 22	mar/ 22	abr/ 22	fev/ 22	mar/ 22	abr/ 22	fev/ 22	mar/ 22	abr/ 22
Sólidos Dissolvidos Voláteis (mg/L)	10	<10	<10	12	<10	<10	<10	<10	<10	10	<10	14
Sólidos Fixos Totais (mg/L)	12	10	<10	44	10	22	<10	10	22	76	10	22
Sólidos Sedimentáveis (mg/L)	<0,1	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1	<0,1
Sólidos Suspensos Fixos (mg/L)	<10	<10	<10	26	<10	10	<10	<10	<10	16	<10	<10
Sólidos Suspensos Totais (mg/L)	10	10	10	34	10	14	12	10	14	26	10	10
Sólidos Suspensos Voláteis (mg/L)	<10	10	<10	<20	10	<10	10	10	14	10	10	<10
Sólidos Totais (mg/L)	28	20	10	54	20	34	22	20	44	96	20	36
Sólidos Voláteis Totais (mg/L)	15	10	<10	20	10	12	18	10	22	20	10	14
Largura da Seção Transversal (m)	3,4	4,2	4,00	5,2	5,6	5,5	5,2	5,3	5,3	6,2	5,90	5,70
Área da Seção Transversal (m²)	0,97	2,06	1,91	2,41	2,36	2,15	5,07	3,95	3,00	6,52	5,49	4,18
Profundidade (m)	0,28	0,49	0,47	0,46	0,42	0,39	0,97	0,74	0,56	1,05	0,88	0,73
Vazão (m³/s)	0,545	0,503	0,47	1,18	1,03	0,89	1,64	1,14	0,77	1,98	1,33	0,9
Carga sólida instantânea – Método de Colby (t/dia)	0,47	0,43	0,41	3,47	0,89	1,08	1,70	0,98	0,93	4,45	1,15	0,78

O método simplificado de Colby usa basicamente dados de descarga líquida, velocidade média, largura da seção e concentração medida de sedimentos em suspensão. O método de Colby (1957), foi descrito por Carvalho (2008), como segue:

A carga instantânea é calculada pela soma da descarga sólida medida, Q_{sm} , com a descarga sólida não medida Q_{nm} .

$$Q_i = Q_{sm} + Q_{nm}$$

$$Q_{sm} = 0,0864 \cdot Q \cdot C's$$

Em que:

Q_{sm} – descarga sólida medida (t/dia);

Q – descarga líquida em m^3/s ;

$C's$ – concentração de sedimentos em suspensão

Destaque-se que para o Ribeirão Santana, foi possível observar o seguinte comportamento dos sólidos totais:

- Em fevereiro/22: do Ponto 04 para o Ponto 06 observa-se uma redução nos valores analíticos em aproximadamente 59%, entretanto, do Ponto 06 para Ponto

07 ocorreu um aumento de aproximadamente 77%, indicando que está havendo um grande aporte de sólidos oriundos do escoamento superficial neste trecho;

- Em abril/22: do Ponto 04 para o Ponto 06 houve um aumento nos valores analíticos, tal fato deve-se a obra de duplicação da DF 140. Pois no mês supracitado não houve ocorrência de chuvas nesta região.

E, no córrego Pau de Caixeta foi possível observar uma gradual redução deste parâmetro.

7.2. Resultados do Monitoramento da Quantidade da água

Os resultados das campanhas de amostragem realizadas são apresentados para cada um dos pontos amostrais (1 a 7), durante o período de novembro de 2021 a dezembro de 2022.

7.2.1. Ponto 01 – Pau de Caixeta 01 – Montante Cachoeira

Este ponto de monitoramento fica dentro da Poligonal do Parque Distrital Salto do Tororó (PDST), Unidade de Conservação gerida pelo Instituto Brasília Ambiental – IBRAM.

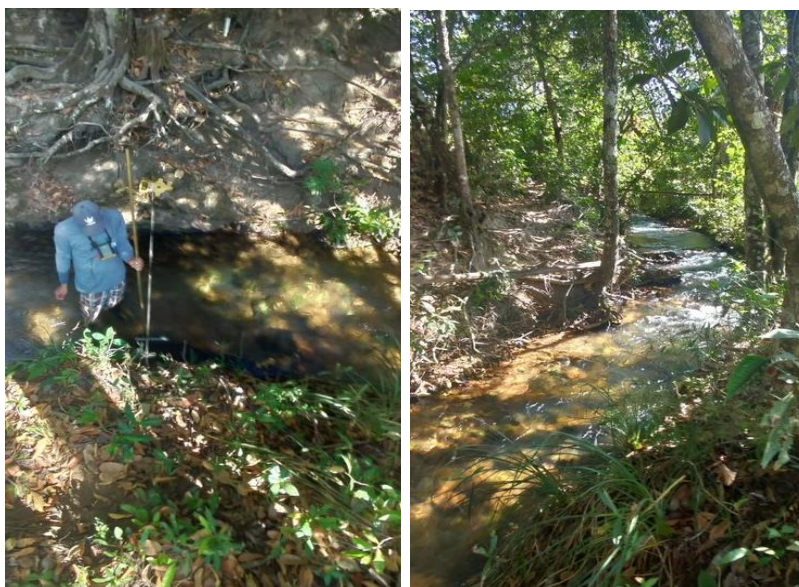


Figura 31 – Registros Fotográficos Ponto 01, monitoramento em andamento – julho/22

A seguir tem-se os resultados das campanhas de monitoramento para o posto de controle em tela.

Tabela 6 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 01

DATA	COTA(m)	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)
nov/21	2,09	0,284	0,597	0,476	0,25	1,9
fev/22	2,28	0,386	0,535	0,721	0,38	1,9
mar/22	2,25	0,380	0,509	0,747	0,37	2,0
abr/22	2,26	0,320	0,493	0,650	0,32	2,0
mai/22	2,07	0,269	0,425	0,634	0,31	1,9
jun/22	2,02	0,243	0,391	0,551	0,32	1,9
jul/22	1,93	0,208	0,378	0,551	0,29	1,9
ago/22	1,88	0,191	0,344	0,550	0,29	1,9
set/22	1,95	0,222	0,505	0,439	0,31	1,4

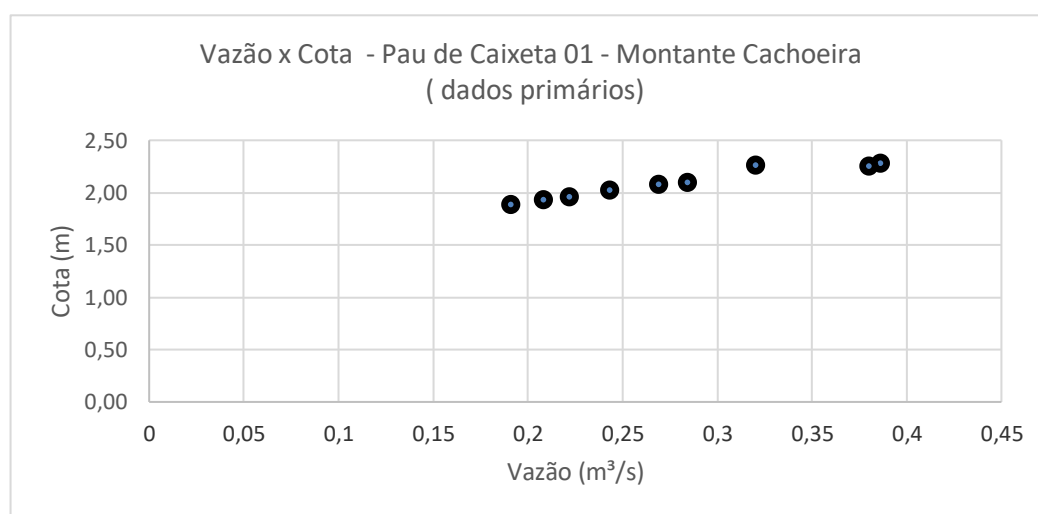


Figura 32 - Relação vazão medida x cota - Ponto 01

7.2.2. Ponto 02 – Pau de Caixeta – Jusante Cachoeira

Este ponto de monitoramento fica a jusante do Residencial Santa Mônica e da Cachoeira do Tororó. Saliente-se que foi observado impacto negativo durante as campanhas. E, reforça-se que foi pauta das discussões constantes no Apêndice B.

No mês de março/2022, foram verificadas alterações significativas no ponto de monitoramento, instalado para o projeto de mestrado. Ao realizar a vistoria mensal do local de amostragem foi detectada grande movimentação de solo e desmate da vegetação limítrofe ao corpo hídrico, conforme mostram o conjunto de imagens a seguir.



Figura 33 - Registro Fotográfico Ponto 02 - nov/21



Figura 34 - Registro fotográfico Ponto 02 - mar/22 e abr/22



Figura 35 - Registro fotográfico Ponto 02 - abr/22

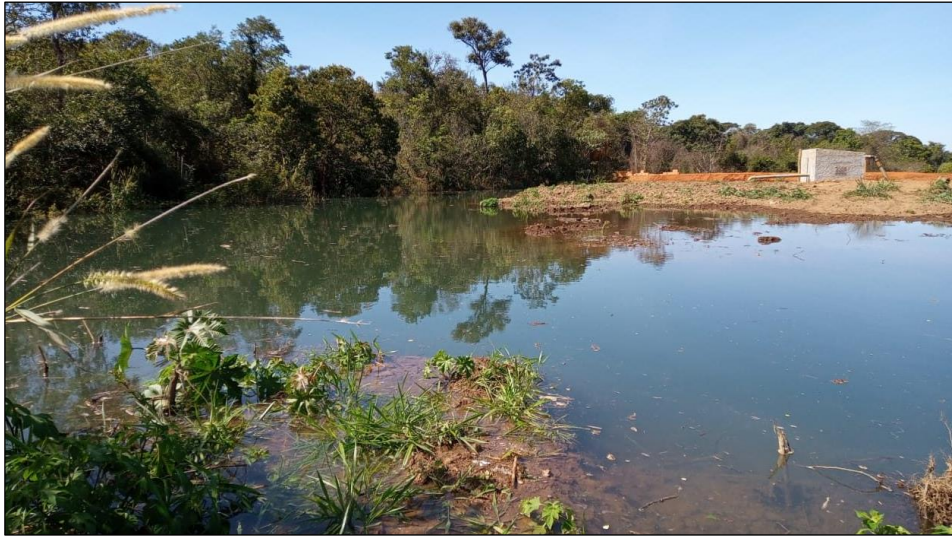


Figura 36 - Registro fotográfico Ponto 02 –jun/22

A Figura 37 apresenta a mudança no perfil da seção avaliada a partir do mês de março/2022.

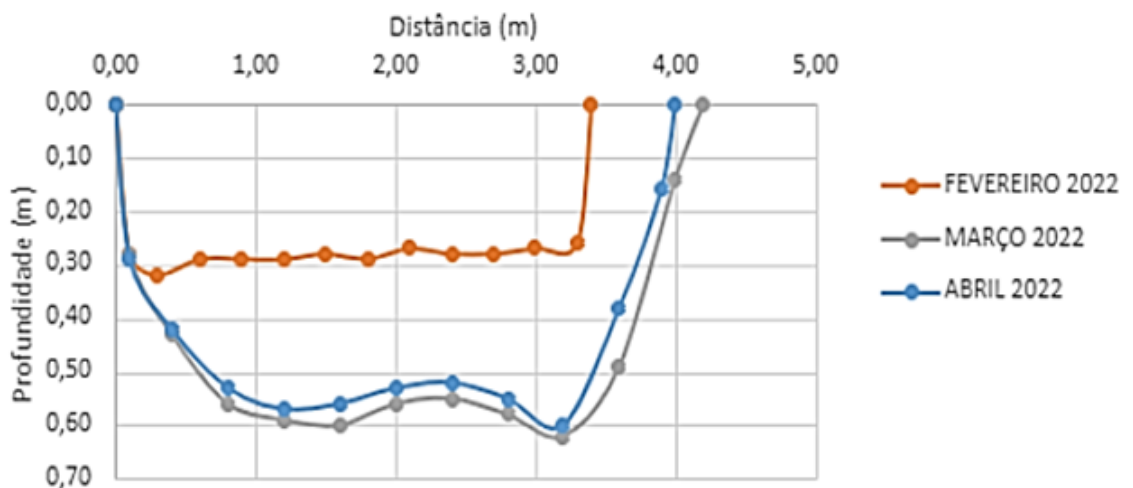


Figura 37 - Perfil da Seção Molhada - Ponto 02 - Pau de Caixeta

Ressalte-se que após o mês de abril/22, não foi possível ter mais acesso ao ponto de monitoramento, pois as características da seção se modificaram, devido a área alagada observada (barragem para captação¹¹), portanto, foi necessário modificar o local de amostragem.

Para realizar a substituição deste local optou-se por acrescentar dois pontos de monitoramento, sendo um a montante e, outro a jusante da interferência verificada.

¹¹ Outorga encontra-se vencida, conforme processo de outorga 0197-000501/2013

A seguir, são apresentados os resultados associados a situação detectada. A Tabela 7 e Figura 38 mostram as informações para o ponto de monitoramento à montante da interferência. E, na Tabela 8 e Figura 40 expõe-se os dados coletados no ponto à jusante da interferência.

Tabela 7 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 02 – Montante Interferência

DATA	COTA(m)	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)	INTERFERÊNCIA
nov/21	***	0,5044	0,493	1,02	0,393	2,6	Ponto Antigo, sem interferência
fev/22		0,545	0,582	0,936	0,275	3,4	
mar/22		0,503	0,243	2,06	0,492	4,2	Descolamento à montante em 50 metros devido interferência
abr/22		0,474	0,247	1,914	0,478	4,0	
mai/22	0,41	0,318	0,352	0,905	0,301	3,0	Novo Ponto, montante à interferência (600 metros)
jun/22	0,41	0,274	0,299	0,914	0,304	3,0	
jul/22	0,38	0,258	0,306	0,843	0,28	3,0	
ago/22	0,36	0,236	0,285	0,823	0,276	3,0	
set/22	0,32	0,188	0,241	0,782	0,270	2,9	

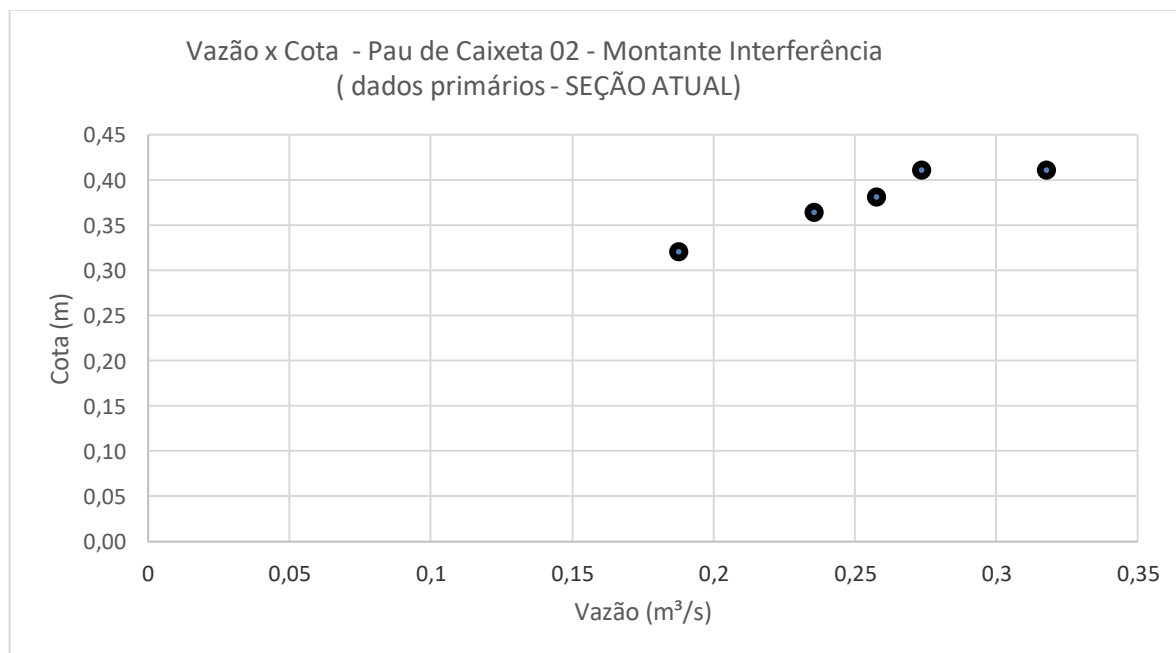


Figura 38 - Relação vazão medida x cota - Ponto 02 – Montante Interferência



Figura 39 - Relação vazão medida x cota - Ponto 02 – Montante Interferência

Tabela 8 - Resultados preliminares do Monitoramento Quantitativo - Ponto 02 – Jusante Interferência

DATA	COTA(m)	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)
mai/22	2,25	0,358	0,559	0,64	0,2	3,2
jun/22	2,21	0,247	0,442	0,559	0,17	3,3
jul/22	2,24	0,314	0,475	0,66	0,18	3,5
ago/22	2,23	0,279	0,391	0,713	0,21	3,4
set/22	2,22	0,235	0,386	0,607	0,19	3,2

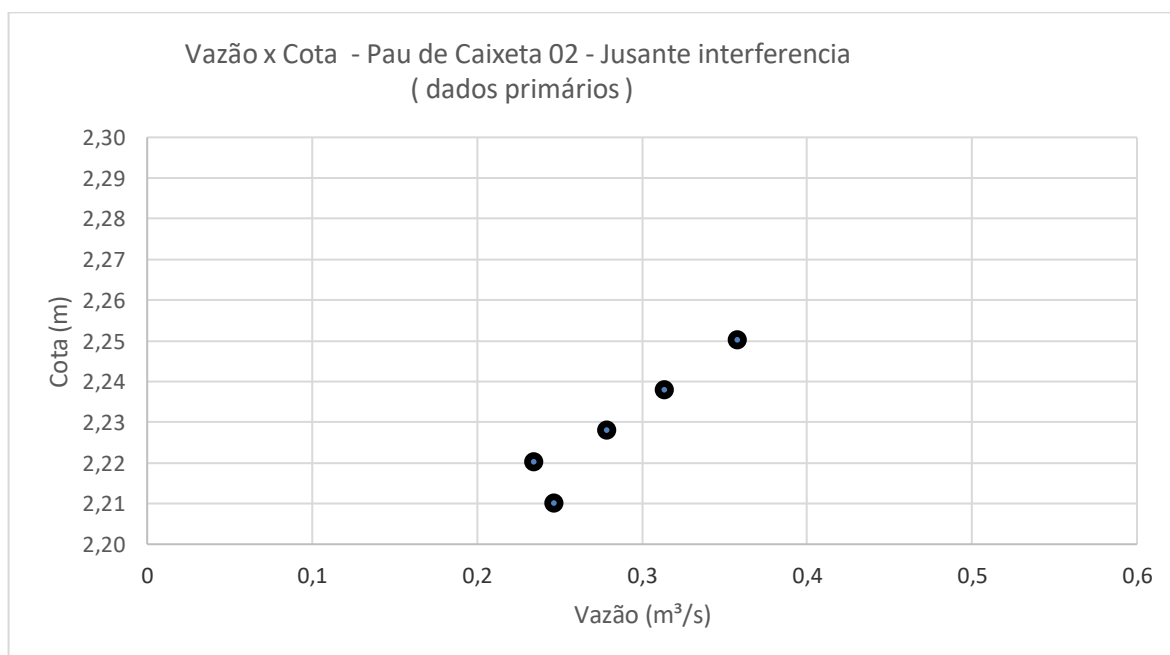


Figura 40 - Relação vazão medida x cota - Ponto 02 – Jusante Interferência

Ressalte-se que o intuito de monitorar à jusante dessa interferência (captação para irrigação) foi avaliar a resposta dessa modificação no período de estiagem, principalmente, a vazão remanescente para manutenção do rio e dos demais usuários nos trechos de jusante.

Neste sentido, para aperfeiçoar esse registro de informações foi instalado um sensor de pressão neste novo local (Ponto 02 – jusante interferência), e um medidor de chuva automático. As imagens a seguir mostram os equipamentos.

Instalação do Sensor de Pressão – setembro 2022



Instalação do Pluviômetro Automático – setembro 2022



7.2.3. Ponto 03 – Ribeirão Santana – Montante Ponte DF140

Este ponto de monitoramento fica nas proximidades de uma propriedade privada, a montante de uma barragem de acumulação com finalidade de captação para irrigação, o ponto está à montante da Ponte da DF 140.



Figura 41 – Registro Fotográfico - Ponto 03 – seção antiga

Ressalte-se que neste ponto ocorreu intercorrências (retiradas dos marcos de seção transversal por 2 vezes, e por isso, não foi possível estabelecer um controle

contínuo do nível da água, porque as seções de levantamento batimétrico ficaram diferentes em todas as vezes.

Ademais, por motivos técnicos (remanso em ambas as margens, velocidade da água e vandalismo) optou-se por modificar este local de controle no mês de setembro/22. Na tabela 8, apresentam-se os dados referente ao ponto 03 (seção antiga) durante o período de novembro de 2021 a agosto de 2022. E, na tabela 09, apresentam-se os dados do novo ponto 03 (seção nova, Figura 42).

Tabela 9 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 03 – Seção Antiga

DATA	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)
nov/21	0,391	0,209	1,86	0,71	2,60
mar/22	0,358	0,186	1,92	0,73	2,60
mai/22	0,236	0,126	1,86	0,71	2,60
jun/22	0,203	0,104	1,94	0,72	2,70
jul/22	0,165	0,081	1,91	0,70	2,70
ago/22	0,110	0,052	1,88	0,69	2,70
Novo Ponto					

Tabela 10 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 03 – Seção Nova

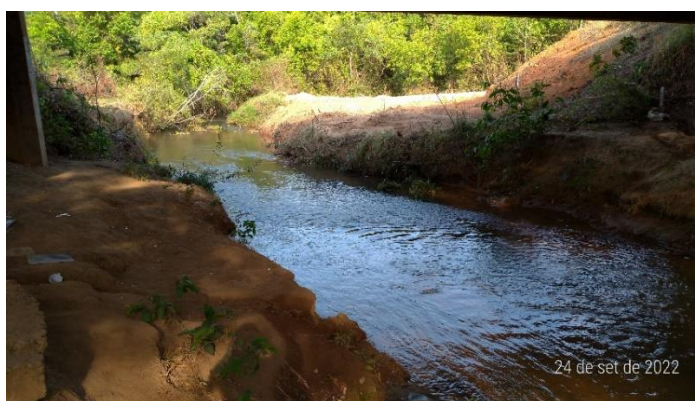
DATA	COTA(m)	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)
set/22	1,31	0,118	0,50	0,23	0,124	1,90



Figura 42 – Registro Fotográfico - Ponto 03 – Jusante Captação

7.2.4. Ponto 04 - Ribeirão Santana – Ponte DF 140

Este ponto de monitoramento está localizado abaixo da Ponte DF 140, no Ribeirão Santana após a confluência com seu principal afluente o córrego Pau de Caixeta.



Importante frisar que está ocorrendo obras para a duplicação da rodovia DF140, sendo possível notar na imagem registrada em setembro/22, que não foi finalizada a fase de terraplanagem. Na Tabela 10 e Figura 43 são apresentados os resultados

Tabela 11 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 04

DATA	COTA(m)	VAZÃO (m ³ /s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m ²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)
nov/21	1,77	1,14	0,549	2,07	0,38	5,5
fev/22	1,72	1,18	0,491	2,41	0,465	5,2
mar/22	1,51	1,030	0,435	2,36	0,423	5,6
abr/22	1,60	0,890	0,414	2,150	0,392	5,5
mai/22	1,53	0,695	0,369	1,88	0,36	5,2
jun/22	1,43	0,469	0,285	1,64	0,32	5,1
jul/22	1,47	0,544	0,31	1,72	0,33	5,2
ago/22	1,42	0,452	0,282	1,600	0,308	5,2
set/22	1,40	0,4	0,279	1,44	0,29	5

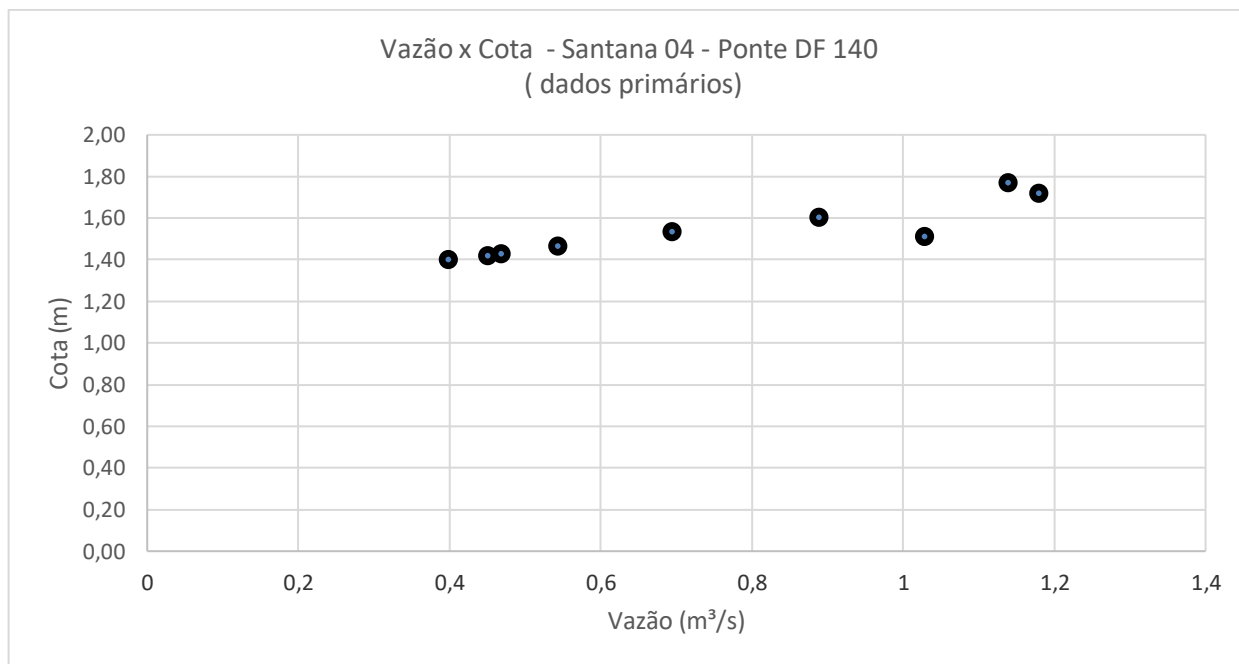


Figura 43 - Relação vazão medida x cota - Ponto 04 – Ponte DF140

7.2.5. Ponto 05 – Ribeirão Santana –Trecho entre usos agrícolas

Este ponto de monitoramento está localizado à jusante de áreas que possuem finalidade para agricultura. Na tabela 11 e figura 44, são apresentados os resultados do monitoramento quantitativo no ponto 5, durante o período de novembro de 2021 a setembro de 2022.

Tabela 12 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 05

DATA	COTA(m)	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)
nov/21	1,51	1,13	0,343	3,29	0,64	5,10
mar/22	1,56	1,29	0,369	3,51	0,66	5,30
abr/22	1,32	0,85	0,288	2,97	0,57	5,20
mai/22	1,20	0,67	0,248	2,69	0,53	5,00
jun/22	1,00	0,45	0,196	2,32	0,50	4,60
jul/22	1,12	0,52	0,21	2,40	0,51	4,70
ago/22	1,11	0,52	0,21	2,41	0,51	4,70
set/22	0,99	0,40	0,16	2,36	0,47	4,50

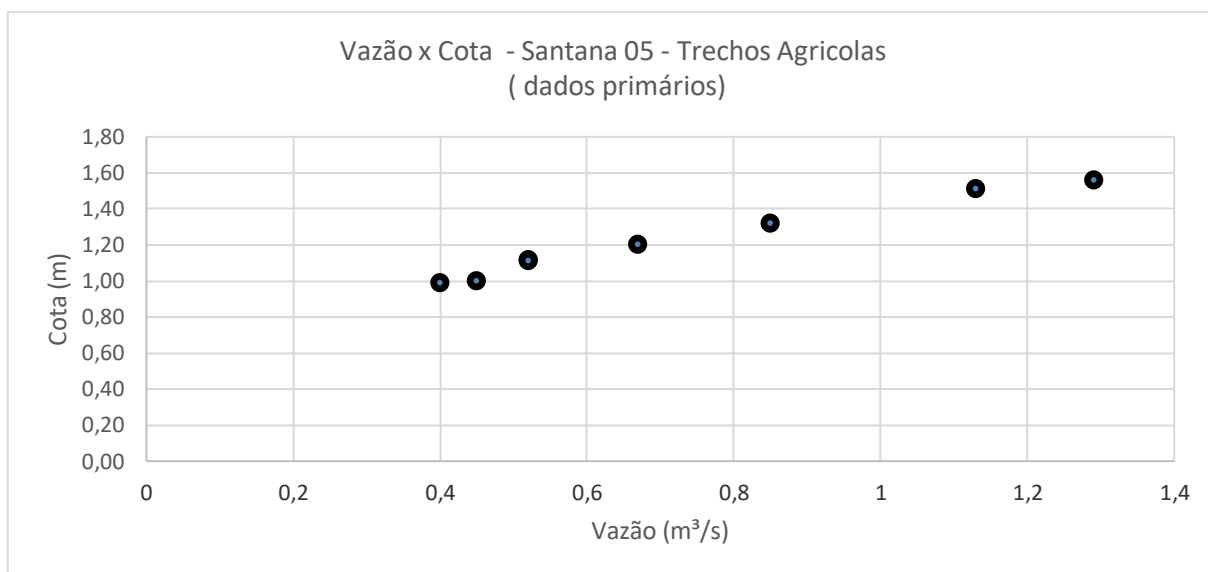


Figura 44 - Relação vazão medida x cota - Ponto 05 – Trechos Agrícolas

7.2.6. Ponto 06 – Ribeirão Santana – Estação 60492000

Este ponto de monitoramento está localizado na estação Adasa, 60492000 – Santana.

Foi alocado para que fosse possível ter maior frequência de medições, e proporcionar verificações dos dados medidos. Sendo, portanto, um local para avaliação de diferença entre as medições e detecções de possíveis falhas no monitoramento implementado.

Na tabela 13 e figura 44, são apresentados os dados do monitoramento quantitativo do ponto 6, durante o período de novembro de 2021 a setembro de 2022.

Tabela 13 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 06

DATA	COTA(m)	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)
nov/21	0,82	1,26	0,29	4,24	0,81	5,20
fev/22	0,93	1,64	0,32	5,07	0,97	5,20
mar/22	0,77	1,14	0,29	3,95	0,74	5,30
abr/22	0,65	0,77	0,25	3,00	0,56	5,30
mai/22	0,58	0,69	0,23	2,95	0,59	5,30
jun/22	0,51	0,55	0,20	2,66	0,49	5,40
jul/22	0,50	0,53	0,22	2,42	0,46	5,20
ago/22	0,52	0,52	0,20	2,61	0,49	5,30
set/22	0,47	0,47	0,23	1,60	0,30	5,30

Na figura 45, verificam-se os dados primários coletados no Ponto 06 e, também, os dados informados pela Adasa para o mesmo ponto de amostragem.

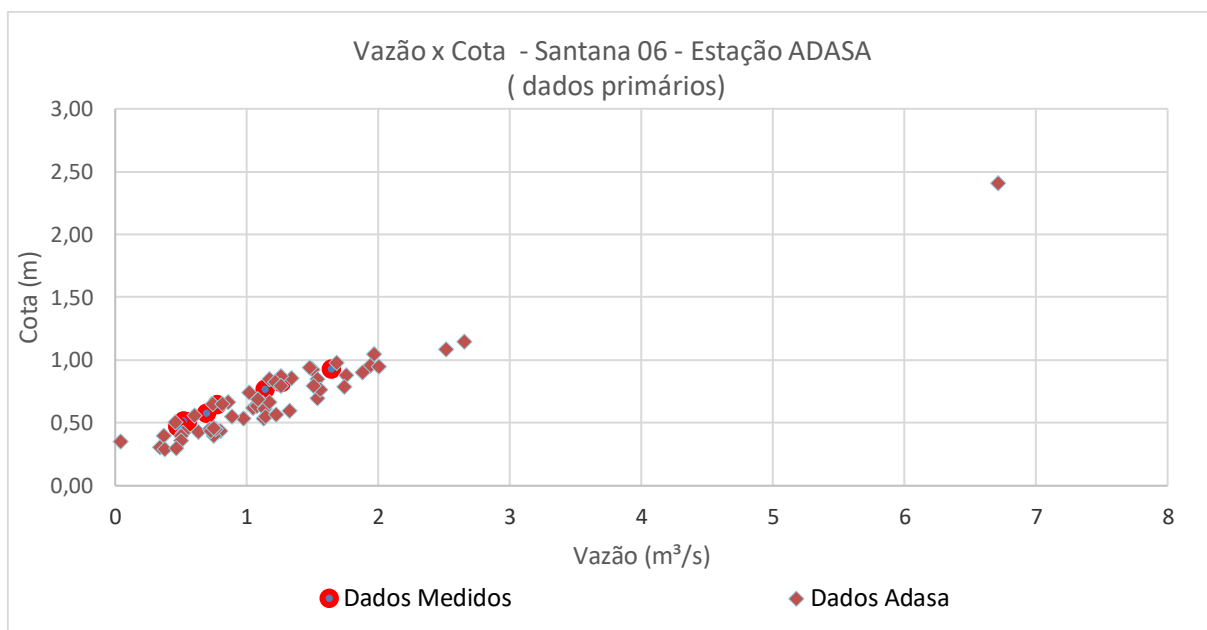


Figura 45 - Relação vazão medida x cota - Ponto 06 – Estação 60492000

Vale reiterar que os pontos medidos pela Adasa totalizam 53 medições, conforme foram mostrados anteriormente (Tabela 2). Ainda, é importante frisar que a informação mais atualizada da Adasa sobre a curva chave é referente ao período de jan/2019 a jan/20.

7.2.7. Ponto 07 – Foz da Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana

Este ponto de monitoramento está localizado estado de Goiás antes da confluência do Ribeirão Santana com o Rio São Bartolomeu

Na tabela 13 e figura 46, são mostrados os resultados do monitoramento quantitativo no ponto 7, durante o período de novembro de 2021 a setembro de 2022

Tabela 14 - Resultados do Monitoramento Quantitativo - Ponto 06

DATA	COTA(m)	VAZÃO (m³/s)	VELOCIDADE (m/s)	ÁREA DA SEÇÃO (m²)	PROFUNDIDADE MÉDIA (m)	LARGURA (m)
nov/21	1,36	1,05	0,22	4,78	0,82	5,8
fev/22	1,70	1,98	0,3	6,52	1,05	6,2
mar/22	1,46	1,330	0,25	5,49	0,88	5,9
abr/22	1,13	0,770	0,25	3,000	0,56	5,3
mai/22	1,07	0,69	0,23	2,95	0,59	5,3
jun/22	0,97	0,55	0,2	2,66	0,49	5,4
jul/22	0,95	0,53	0,22	2,42	0,46	5,2
ago/22	0,94	0,52	0,2	2,610	0,49	5,3
set/22	0,88	0,47	0,23	1,6	0,3	5,3

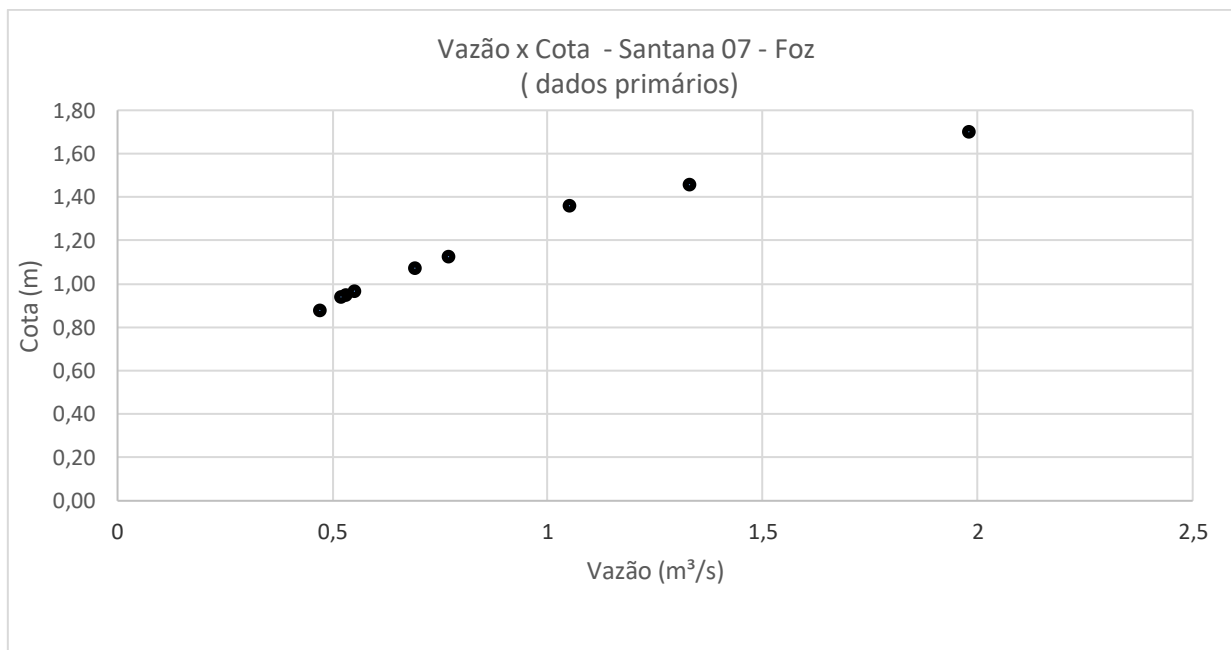


Figura 46 - Relação vazão medida x cota - Ponto 07 – Montante Rio São Bartolomeu

Os resultados quantitativos mostram que foi necessário um grande esforço para ter o levantamento das informações. Indica também, que os registros oficiais da Adasa para a Estação 60492000 – Santana devem ser avaliados com cautela. Em resumo, observa-se alguns pontos que são importantes levar em consideração ao realizar estudos hidrológicos com estas informações:

1. Falhas nas observações mensais por equipe especializada em recursos hídricos, conforme Tabela 2;
2. Os anos de 2012, 2013, 2014 e 2015 (exceto outubro/15) apresentam registros de cotas diárias e vazão diárias calculadas por curva-chave, contudo, não há como verificar se estão consistentes, pois não tem registro de pares de cota – vazão por equipe em hidrometria;
3. Existe curva-chave para períodos sem monitoramento de vazões por equipes especializada, 2012, 2013, 2014 e 2015 (exceto outubro/15).

Além disso, destaca-se que o equipamento telemétrico da estação Adasa não apresenta dados válidos, consta no sistema Hidro Telemetria registro negativos, - 99.00, desde maio/22, portanto, o dado foi desconsiderado.

Cabe ressaltar que, segundo Tucci (2009) e Collischonn e Dornelles (2013), para determinar as curva-chave de um curso d'água é necessário ter uma amostragem contínua e representativa (anos hidrológicos) de pares cota e vazão medidas.

Ao plotar as Cotas x Vazão do Ponto 06, Figura 45, verificou-se que os dados primários aferidos no projeto estão entre os limites medidos pela Adasa. Porém, reforça-se que a curva passada pela agência reguladora está desatualizada. E, por isso, não tem como verificar a porcentagem de variação da curva com a cota registrada em campo no âmbito deste projeto. A única relação a ser feita é entre vazão medida pela Adasa em março/22 e maio/22, com os resultados obtidos para esses meses do Ponto 06.

Os referidos meses apresentaram uma variação de aproximadamente 1,2 % de diferença. Diante desse resultado, é possível observar que o monitoramento implementado neste projeto está obtendo resultados satisfatórios

8. MODELAGEM HIDROLÓGICA

O primeiro passo para a modelagem do sistema hidrológico na ferramenta WEAP (Water Evaluation and Planning) é a definição do período escolhido como referência. Para esta pesquisa foi definido como sendo de janeiro a dezembro de 2022.

Este período (jan-dez/2022) foi escolhido devido ao monitoramento implementado na UH Santana, assim poderiam ser utilizadas informações de vazões medidas para comparar com a vazão simulada para facilitar as calibrações preliminares desta bacia.

A segunda etapa foi a escolha do intervalo de tempo base, que dada a disponibilidade dos dados optou-se por escala mensal, pois os dados adquiridos foram coletados mensalmente no monitoramento quali-quantitativo, realizado nos sete pontos, durante os meses de janeiro a dezembro de 2022.

Ressalte-se que 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. Na Figura 47 mostra-se o modelo esquemático da área.

Os sete pontos de monitoramento quali-quantitativo foram representados como estações fluviométricas,

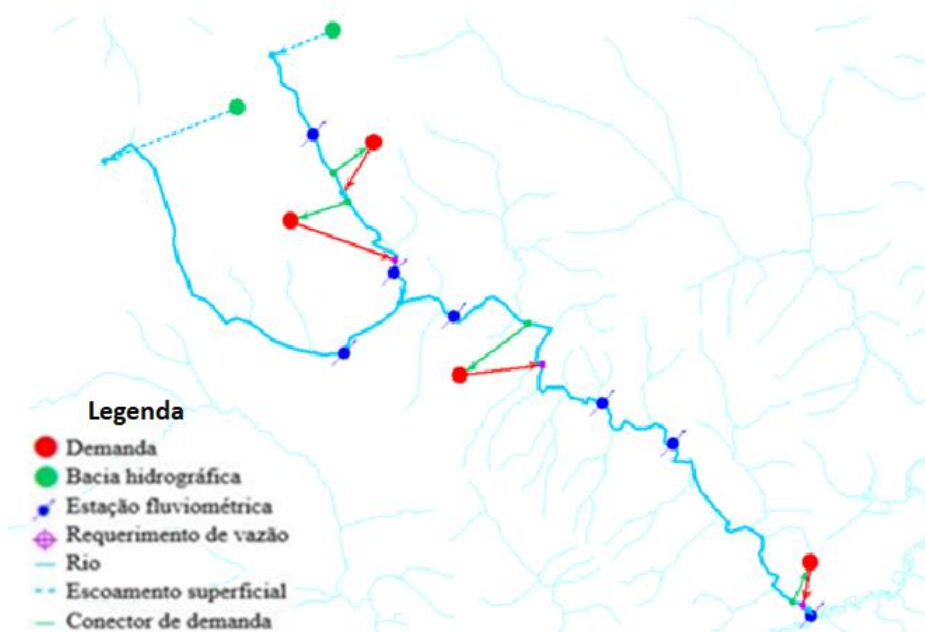


Figura 47 - Desenho esquemático para modelagem WEAP da UH Santana

No desenvolvimento da pesquisa, foram inseridos no modelo WEAP quatro tipos de nós de representação de elementos, sendo eles: i) bacia hidrográfica, ii) demanda, iii) estação fluviométrica e iv) requerimento de oferta.

Além disso, é preciso realizar as conexões entre os nós e os rios da área de estudo. As conexões foram feitas por dois tipos de elementos: i) escoamento superficial e ii) conector de demanda.

O guia metodológico, SEI (2016) informa que para cada nó inserido é calculado um balanço de massa e assim se realiza a análise de disponibilidade hídrica do sistema (explicados no item 4.1).

Neste trabalho optou-se por direcionar as simulações para áreas visualmente mais críticas, na seção 8.1 a seguir trata-se desse tema.

8.1. Definição de Áreas Críticas para Modelagem no Weap

A partir dos resultados obtidos ao longo do desenvolvimento deste trabalho, foi possível identificar as principais localidades com criticidade quando ao atendimento às demandas dos diversos setores usuários.

Para melhor analisar os resultados, buscou-se delimitar essas regiões com maiores problemas hidroambientais na UH do Ribeirão Santana, e para isso, adotou-se a utilização das Unidades Territoriais de Análise (UTAs) estabelecidas no Plano Nacional de Segurança Hídrica (PNSH, 2019), uma vez que este se valeu de metodologia detalhada e aprovada.

Pois as unidades territoriais de análise em nível local, como municípios ou bacias hidrográficas específicas, permitem uma análise mais detalhada das questões hídricas em áreas específicas e o desenvolvimento de medidas adaptadas às necessidades locais.

Ao realizar a delimitação do critério estabelecido, observou-se que a área de estudo está inserida na UTA N^o 1- DF, que abrange todo o território do Distrito Federal.

Neste sentido, como a maior parte da UH Santana encontra-se no território do Distrito Federal, optou-se por identificar uma região nesta parte da área.

Ao proceder com os estudos, verificou-se que é esperado que a sub bacia do córrego pau de caixeta seja a mais impactada pela expansão urbana ao longo do tempo, visto que já existem Diretrizes Urbanísticas aprovadas para a localidade.

E, essa área da sub-bacia do Pau de Caixeta não dispõe de dados hidrológicos históricos representativo, principalmente, por isso, essa sub bacia foi definida como a mais crítica ou de especial interesse neste trabalho.

8.2. Modelagem da Sub-Bacia Hidrográfica do Córrego Pau de Caixeta

A modelagem WEAP (*Water Evaluation and Planning*) calcula a quantidade de água disponível para as atividades urbanas e rurais, utilizando o método Rainfall Runoff (*Soil Moisture Method*) para representação dos processos hidrológicos; sendo que o cálculo do escoamento superficial, ao ser ligado ao elemento rio, representa a vazão da bacia hidrográfica (ou parte dela, a depender dos objetivos da análise).

Na Figura 48 apresenta-se um diagrama unifilar da representação dos nós e sequência de conexões para a simulação da sub bacia do córrego Pau de Caixeta.

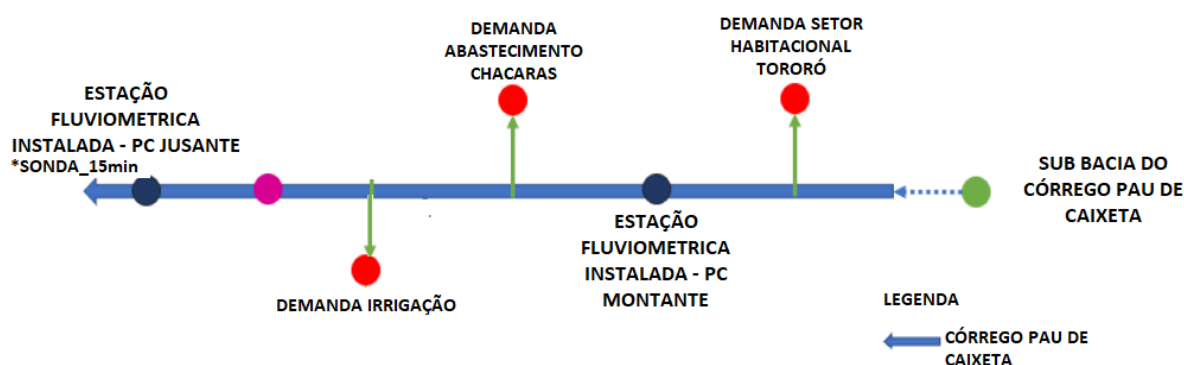


Figura 48 - Diagrama unifilar dos elementos e nós para simulação no WEAP do Córrego Pau de Caixeta

A área da sub-bacia do Córrego Pau de Caixeta foi subdividida entre quatro unidades territoriais que representam o uso e cobertura do solo: i) área urbana; ii) cerrado; iii) agricultura; e, iv) pastagem.

Ademais, toda a área de estudo da sub-bacia do Córrego Pau de Caixeta foi classificada como latossolo, por representar mais de 70% da área total 30,71 km²

Na Figura 49 mostra-se a representação das interações no modelo WEAP, onde é possível verificar as principais abas para inserir as informações necessárias.

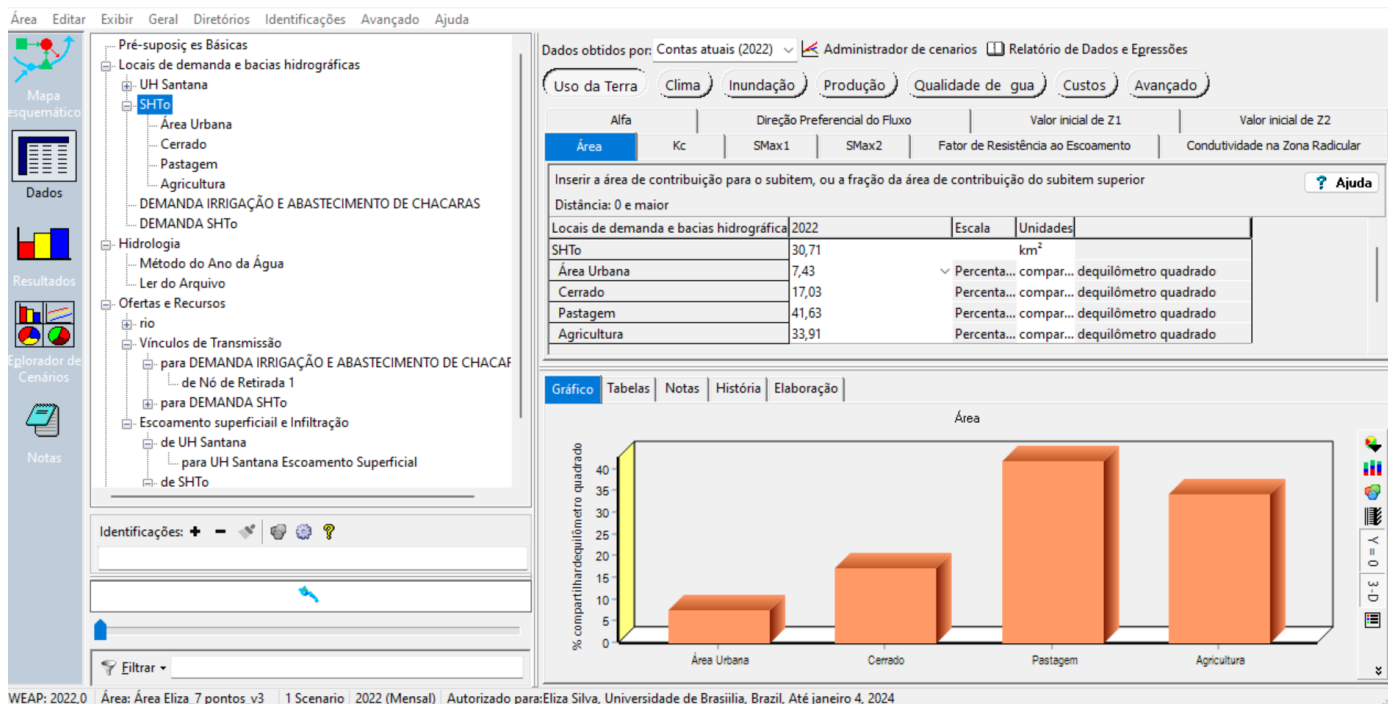


Figura 49 - Representação Esquemática dos dados de entrada no modelo Weap

Nos itens a seguir, são apresentados a sequência dos principais dados inseridos na ferramenta. WEAP, para simulação do balanço hidrológico do Córrego Pau de Caixeta.

8.2.1. Dados de solo do córrego pau de caixeta

A seguir será apresentado as principais sequências de informações que representam os dados inseridos na ferramenta.

Na Figura 49, apresenta-se a entrada de dados sobre o coeficiente de cultivo (Kc)¹², sendo que o Kc do cultivo da com ciclo de 120 dias, foi considerado para toda a área agricultável da bacia, dados do Kc fornecidos na plataforma do Siagro.

¹² Coeficiente de cultura (Kc) é definido como a relação entre a evapotranspiração da cultura (ETc) e a evapotranspiração de referência (ETo).

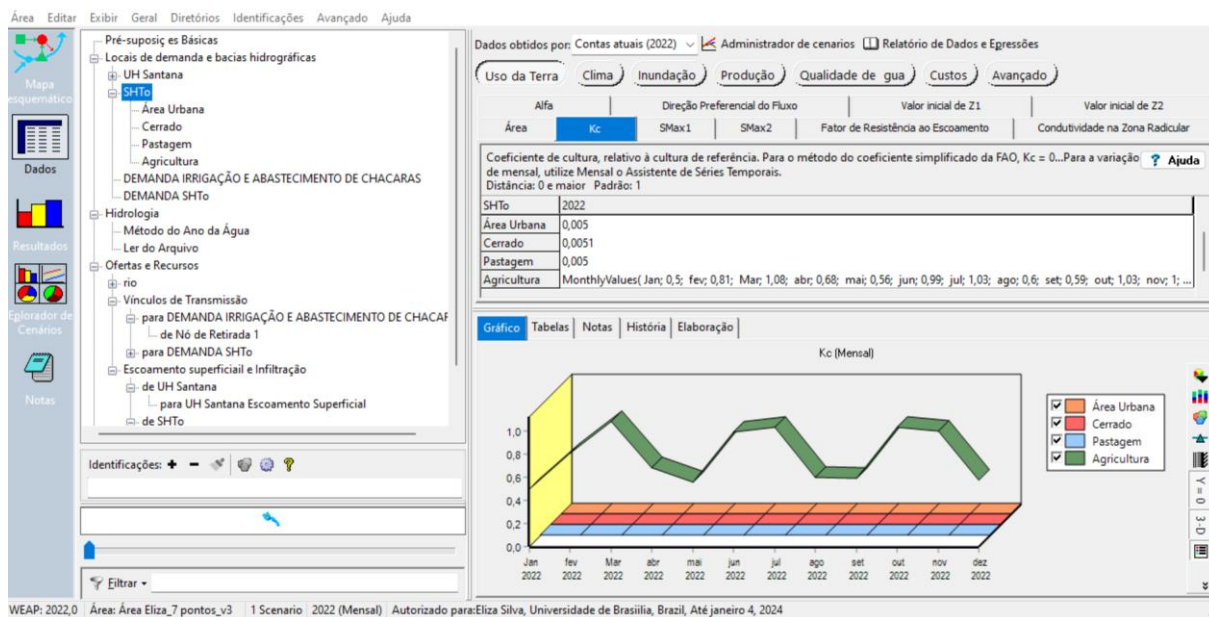


Figura 50 - Coeficiente de Cultura Aplicado na modelagem da sub bacia do córrego Pau de Caixeta

Na Figura 51, apresenta-se o fator de resistência ao escoamento utilizado para controlar a resposta do escoamento superficial, podendo-se observar que o fator de resistência da área urbana considerado é menor, e, o fator de resistência ao escoamento da pastagem foi considerado maior.

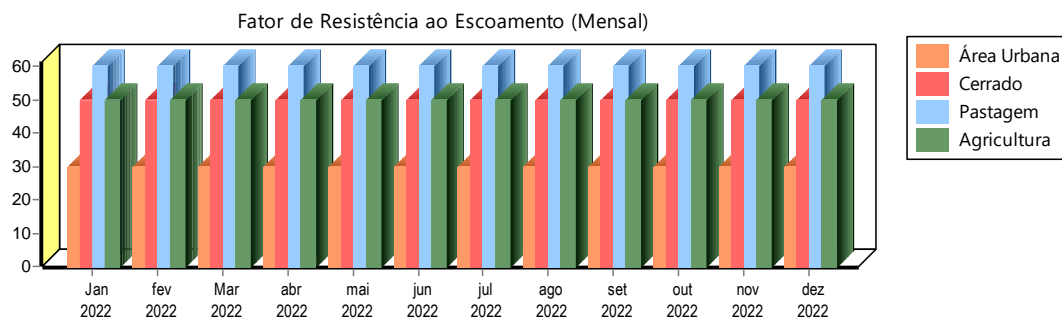


Figura 51 - Fator de Resistencia ao Escoamento na sub bacia do córrego Pau de Caixeta

8.2.2. Dados climatológicos

Os dados climatológicos exigidos pelo método *Rainfall Runoff* para a simulação de uma vazão que seja advinda de um nó de bacia hidrográfica são: i) precipitação;, ii) temperatura; , iii) umidade relativa do ar; iv) , velocidade média do vento; e, v) 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.

Os dados inseridos foram obtidos no portal do INEMET e foi utilizada a Estação Brasília. Na Figura 51, apresentam-se os valores de precipitação, utilizadas as médias mensais dos anos mais secos e a chuva registrada no ano de 2022.

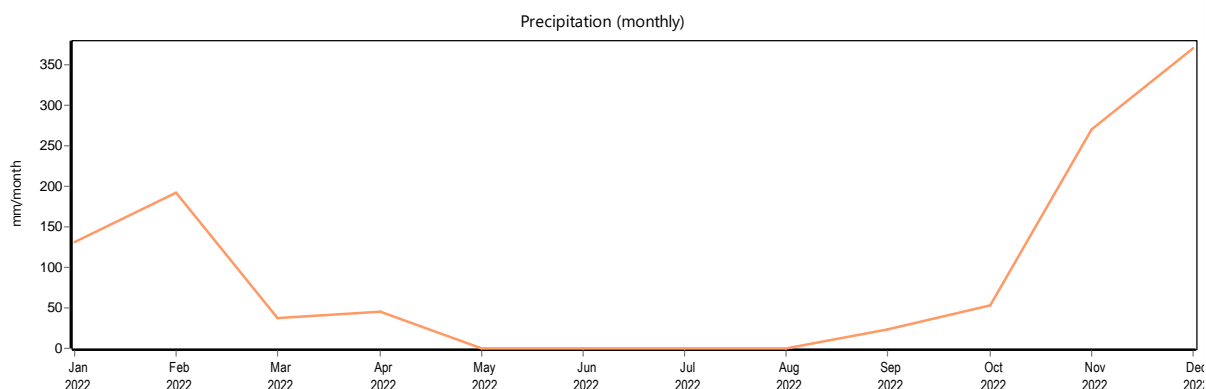


Figura 52 - Dados de Entrada de Precipitação no modelo WEAP, média dos anos mais secos.

8.2.3. Estação fluviométrica

O nó de estação fluviométrica foi inserido em um trecho de rio e serve como um ponto de comparação entre dados reais e os simulados para verificar a qualidade da simulação.

Na modelagem desenvolvida foram adicionados dois nós de estação fluviométrica, Pau de Caixeta Montante e Pau de Caixeta Jusante.

Neste estudo, as vazões utilizadas foram medidas mensalmente, sendo adquiridas pelo monitoramento hidráulico dos corpos hídricos, pois atualmente ainda não existem curvas chave disponível para estas estações e não há como gerar vazões diárias.

8.2.4. 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, ou seja, o córrego Pau de Caixeta.

O elemento de escoamento superficial representa a conexão entre o nó de bacia hidrográfica e o elemento rio. Uma vez que a simulação considerou toda a área da bacia hidrográfica, o escoamento superficial representa de forma agregada toda a água que é direcionada ao corpo d'água.

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 e abastecimento.

8.3. Calibração das Vazões Simuladas no Weap

Diante da necessidade de verificar a qualidade do resultado obtido para a vazão simulada do córrego Pau de Caixeta, pelo WEAP utilizando o método *Rainfall Runoff* e tendo em vista que a estação fluviométrica PC-Jusante pode ser considerada para o período de análise do estudo, 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, área urbana e pastagem (K_c), condutividade na zona radicular (K_s), fator de resistência ao escoamento (RRF) e capacidade de armazenamento de água na camada inferior (S_{Max2}).

Novamente, o resultado da calibração foi comparado com as vazões medidas. Para a análise dos resultados estatísticos, seguiu-se a recomendação de Moriasi et al. (2015), conforme Tabela 15.

Tabela 15 - Valores de classificação dos medidores de performance estatística R^2 e NashSutcliffe na simulação de bacias hidrográficas

Medidor	Uso	Muito Bom	Bom	Satisfatório	Não Satisfatório
R^2	Calibrado	$R^2 > 0,85$	$0,75 < R^2 < 0,85$	$0,60 < R^2 < 0,75$	$R^2 < 0,60$
NSE		$NSE > 0,80$	$0,70 < R^2 < 0,80$	$0,50 < R^2 < 0,70$	$R^2 < 0,50$

Fonte: Moriasi et al. (2015).

Reforça-se que a simulação hidrológica foi realizada com o passo mensal e tem apenas 12 meses de informações, para realizar calibrações mais robustas é necessário ter um maior volume de dados hidrológicos disponíveis.

Considerando o período de monitoramento simulado a calibração preliminar obteve resultados que podem ser enquadrados como “satisfatórios”, conforme Moriasi et al. (2015). O que indica a possibilidade de avaliar de modo preliminar a resposta da vazão remanescente neste corpo hídrico, os resultados serão apresentados no item 8.5.

8.4. Cenários Alternativos

Uma vez gerado o modelo para simulação da vazão na sub-bacia do córrego Pau de Caixeta o estudo propôs alguns cenários para análises preditivas sobre quais medidas preventivas podem ser tomadas pela gestão a fim de solucionar ou minimizar potenciais conflitos, visto que a região tem déficit de informações hidrológicas e ambientais.

Inicialmente, esperava-se realizar o acompanhamento dos critérios de qualidade da água na modelagem, mas, o WEAP não pode simular a poluição difusa, apenas poluição pontual. E, para realizar a modelagem que envolvesse os critérios de poluição considerados importantes da área de estudo, como carreamento de sedimentos oriundos da drenagem urbana, entre outros, seria necessário integrar o modelo SWAT¹³ (Soil and Water Assessment Tool) com a ferramenta WEAP. E, tal integração não foi objeto deste trabalho.

Portanto, optou-se por fazer alterações quantitativas apenas na demanda de crescimento populacional, no adensamento do uso do solo para fins urbanos e no aumento nos volumes requeridos para uso de irrigação.

Os cenários alternativos foram incorporados na ferramenta WEAP por intermédio da função “Administração de Cenários”.

¹³ O modelo SWAT é amplamente utilizado em análise de mudanças no uso do solo. Ele é especialmente útil para avaliar o impacto das práticas agrícolas, alterações climáticas e políticas de gestão sobre os recursos hídricos e a qualidade da água em bacias hidrográficas específicas.

Os cenários alternativos foram comparados com o cenário de referência, para verificar qual o impacto das alterações propostas

As respostas das simulações foram analisadas comparativamente, cenário referência e alternativo, levando em consideração a vazão remanescente do curso d'água na saída da bacia após todas as retiradas de demanda.

Para fins de demonstração, optou-se por apresentar os resultados que utilizam os dados de precipitação dos anos mais secos, pois quando ocorre o maior interesse das comparações para a vazão remanescente crítica.

Portanto, foram simulados e discutidos os resultados dos cenários “Referência 1 e Referência 2”, “ALT 01”, “ALT 02”, “ALT 03” e “ALT 04” da Tabela 16. Os demais cenários estão em Apêndice C. Na Tabela 15 apresenta-se o resumo da representação dos cenários.

Tabela 16 - Cenários Simulados para a Sub bacia do córrego Pau de Caixeta, área crítica da UH Santana

Cenário	Condição	População ¹⁴	Adensamento Urbano na bacia	Volume de irrigação (10 ⁶ L/s para 2,5 horas de bombeamento) ¹⁵
Referência 1	Cenário Atual com precipitação dos anos mais secos	20 mil habitantes	7,43%	18,0
Referência 2	Cenário Atual com precipitação de 2022	20 mil habitantes	7,43%	18,0
ALT 01	Cenário Atual + 10% pop esperada + precipitação de anos mais seco	100 mil habitantes	7,43%	18,0
ALT 02	Cenário Atual + aumento em 30% do adensamento + precipitação de anos mais seco+ aumento da população	500 mil habitantes	12,03%	18,0
ALT 03	Cenário Alt 02 + 40% de aumento no volume requerido para irrigação	500 mil habitantes	12,03%	25,2
ALT 04	Cenário Alt 03 +aumento da população	1 milhão de habitantes	12,03%	25,2

8.5. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO HIDROLÓGICA

Neste tópico serão apresentados os resultados obtidos na modelagem hidrológica aplicada, simulação de cenários da vazão remanescente na sub bacia do córrego Pau de Caixeta, que foi definida como área crítica da UH Ribeirão Santana.

¹⁴ Foi adotado o consumo per capita para estimar a demanda populacional, 200 L/pessoa por dia.

¹⁵ Foi considerado como referência a maior vazão de retirada para irrigação, 2000 L/s.

8.5.1. Cenário Referência – Situação Atual

O cenário de referência é a representação da realizada de disponibilidade hídrica, mensurada para o período de janeiro a dezembro de 2022, essa situação atual foi utilizada para comparação com os cenários alternativos.

Na Figura 53, representa-se os resultados comparativos entre o cenário de referência (vazão mensurada) e alternativos com as vazões simuladas considerando as precipitações mínimas e as ocorridas em 2022.

Como dito em tópicos acima (Tabela 14), a modelagem hidrológica obteve resultados satisfatórios seguindo os critérios estabelecidos por Moriasi et al. (2015), a vazão simulada pelo modelo representou bem a realidade da sub-bacia do Córrego Caixeta; ou seja, com $NSE = 0,58$ e $R^2 = 0,63$ quando simulados com a precipitação do ano de 2022. E, se consideradas as simulações com a precipitação de média das mínimas tem-se: $NSE = 0,54$ e $R^2 = 0,78$.

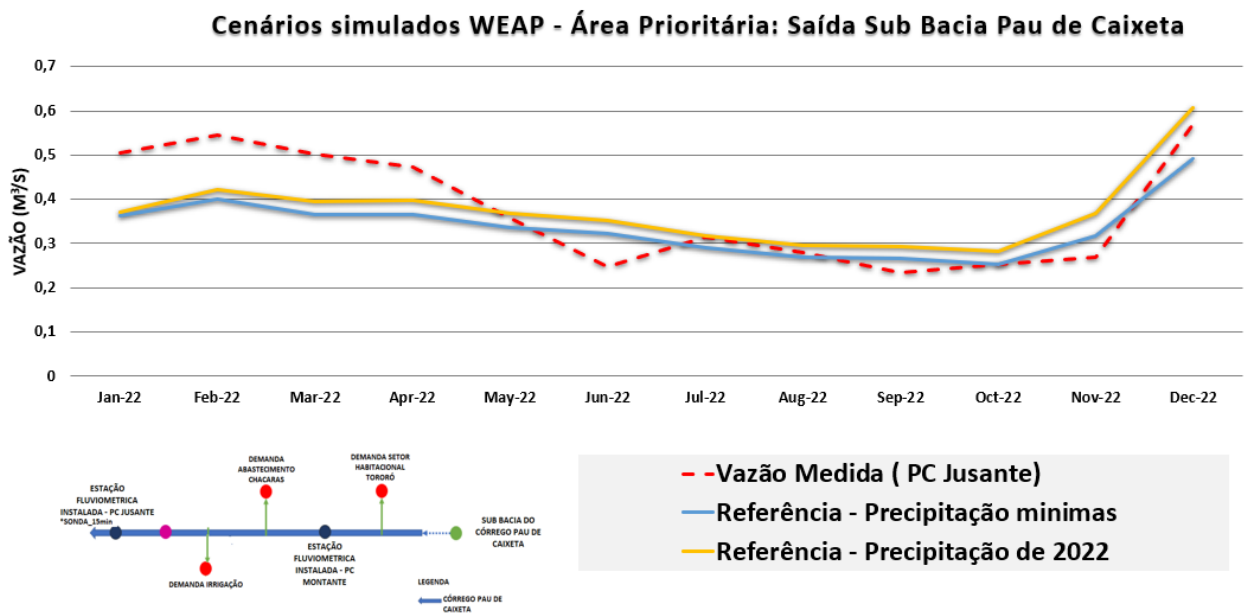


Figura 53 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta

Na Tabela 17 apresenta-se os resultados quantitativos dos cenários simulados, sendo que as respostas foram analisadas levando em consideração apenas a vazão remanescente do curso d'água na saída da bacia estudada, após todas as retiradas de demandas, ou seja, o que fica disponível no corpo hídrico.

Reforça-se que a simulação foi gerada num passo mensal, e picos de vazão não podem ser bem representados no sistema objeto deste trabalho.

A seguir, serão discutidos os resultados das simulações dos cenários alternativos 1,2,3 e 4.

Tabela 17 – Resultado das Vazões Remanescente dos cenários simulados que foram apresentados

Controle dos Cenários	Vazão Disponível (m ³ /s)- Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta											
	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Vazões Medidas	0,50	0,55	0,50	0,47	0,36	0,25	0,31	0,28	0,24	0,25	0,39	0,57
Referência - Precipitação de 2022	0,37	0,42	0,39	0,40	0,37	0,35	0,32	0,30	0,29	0,28	0,37	0,61
Referência - Precipitação mínimas	0,36	0,40	0,37	0,36	0,34	0,32	0,29	0,27	0,27	0,25	0,32	0,49
ALT 01	0,34	0,38	0,35	0,34	0,32	0,30	0,27	0,25	0,25	0,24	0,30	0,46
ALT 02	0,33	0,37	0,34	0,33	0,31	0,29	0,26	0,24	0,23	0,22	0,29	0,46
ALT 03	0,33	0,37	0,34	0,33	0,30	0,29	0,26	0,24	0,23	0,22	0,29	0,46
ALT 04	0,31	0,34	0,31	0,31	0,28	0,27	0,24	0,22	0,21	0,20	0,26	0,44

Os valores destacados em cinza foram os registros de vazão medida no ponto de saída da bacia anterior à interferência detectada (aumento da área de inundação da barragem de captação para irrigação, descrito no item 7.2.2). Reitera-se que as simulações foram geradas considerando o novo ponto de monitoramento para saída da bacia, porém, optou-se por deixar o registro de como era o volume medido.

Considerando os valores medidos de Maio/22 a Dezembro/22 com os dados da simulação de referência para a precipitação do ano de 2022, nota-se um diferença menor de 60 L/s.

O objetivo da comparação entre vazão medida e vazão simulada foi de avaliar o desempenho do modelo hidrológico, como a vazão simulada está próxima da vazão medida, o modelo está representando adequadamente o comportamento hidrológico da bacia.

8.5.2. Cenário Alternativo 01

Para esse cenário foi levado em consideração na situação real apenas um aumento de 10% população (população urbana total 100 mil pessoas) e foram considerados os dados de precipitação de anos mais secos da estação Brasília. Pois é esperado que estas variáveis (população e precipitação) sejam a mais significativas nas dinâmicas de balanço hídrico da sub-bacia do córrego Pau de Caixeta.

Na Figura 54 apresenta o resultado do cenário 01 e as referências. Nota-se que a vazão simulada no cenário ALT01 está condizente com a vazão medida.

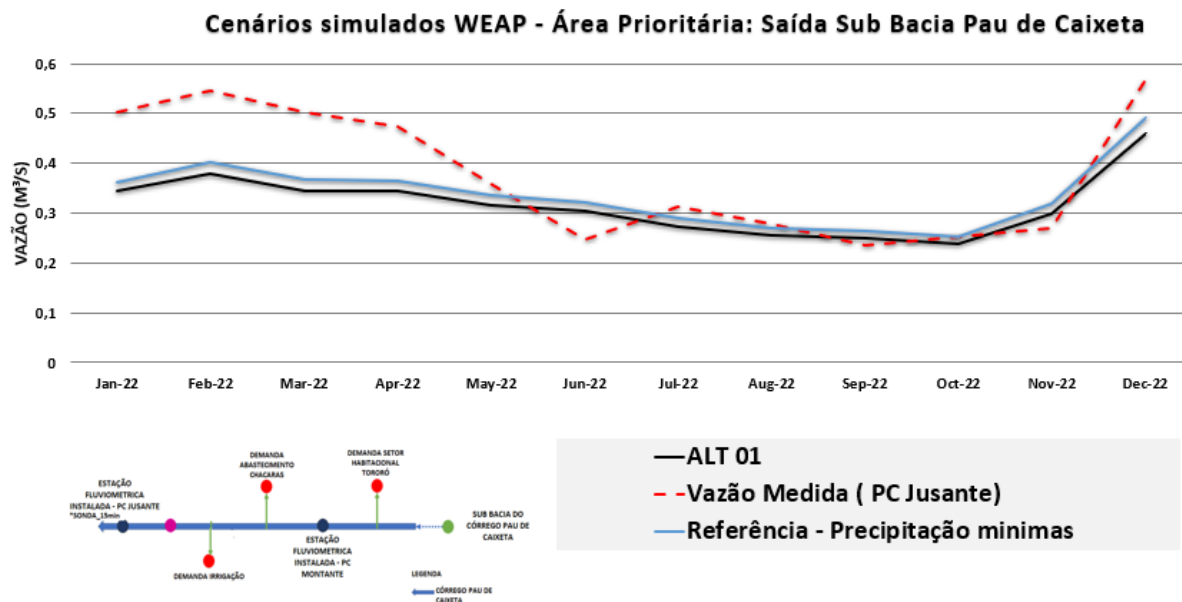


Figura 54 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta, Cenário - ALT 01

Como esperado, ao aumentar as demandas de uso da água na modelagem foi observada a redução na vazão disponível no curso d' água, em menos de 10% de diferença quando comparado com o cenário de referência.

8.5.3. Cenário Alternativo 02

Para esse cenário foi levado em consideração um aumento de 30% no de adensamento urbano (uso do solo – passou de 7,31% para 12,63% da área da bacia), e , em consequência, o aumento da população para cerca de 500 mil pessoas, além disso, foi considerado dados de precipitação de anos mais secos da estação Brasília (INEMET) . Na Figura 55 apresenta-se o resultado deste cenário.

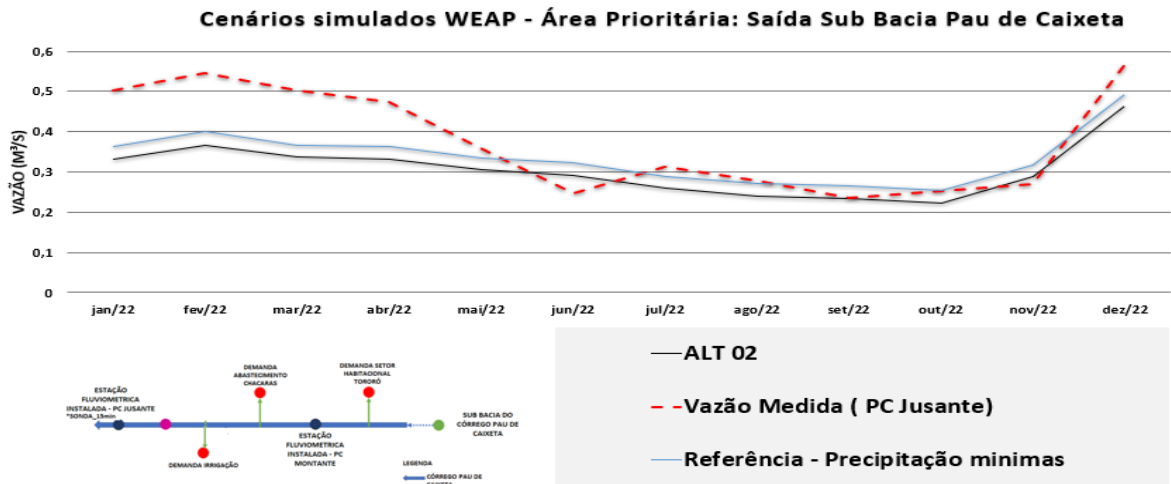


Figura 55 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta, Cenário – ALT 02

Como esperado, houve redução na vazão disponível no curso d' água. Nota-se que as vazões simuladas no cenário ALT 02 estão próximas da vazão medida, porém menores.

8.5.4. Cenário Alternativo 03

Para esse cenário foi levado em consideração as mesmas condições do ALT 02 e foi adicionado um aumento no volume requerido para demandas de irrigação em 40%. Na Figura 56 apresenta-se o resultado deste cenário.

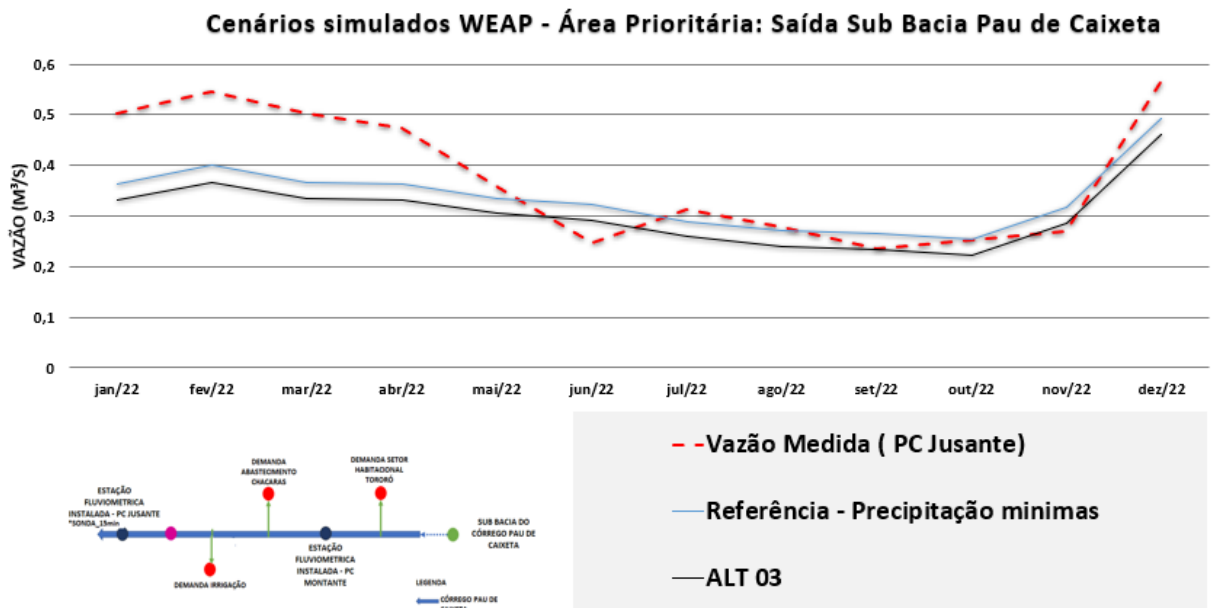


Figura 56 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta, Cenário – ALT 03

Os resultados obtidos nessa simulação indicaram valores de vazão remanescente muito parecido, se comparado o ALT 03 com o ALT 2, a diferença entre os cenários está em cerca de 1%. Isto indica que a modificação no adensamento urbano produz mais efeito na resposta do modelo.

8.5.5. Cenário Alternativo 04

Para esse cenário foi levado em consideração as mesmas condições do ALT 03 e foi adicionado um aumento populacional total previsto para a área (1 milhão de pessoas). Na Figura 57, apresenta-se o resultado deste cenário.

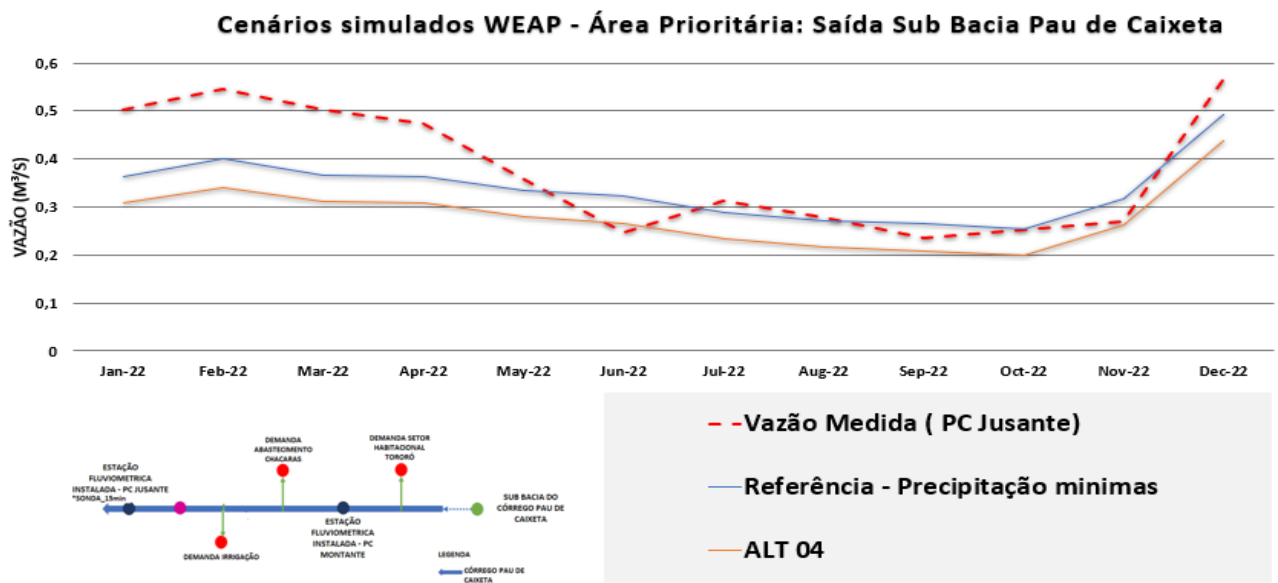


Figura 57 - Vazão remanescente na Saída da Sub Bacia do Córrego Pau de Caixeta, Cenário – ALT 04

Os resultados obtidos nessa simulação indicaram valores de vazão remanescente críticos, menores em cerca de 17% quando comparado com a vazão de referência gerada pelo modelo. E, em cerca de 23% quando comparado com as vazões medidas no monitoramento, sendo os meses de julho, agosto, setembro e outubro os mais críticos com a vazão média em torno de 200 L/s.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No âmbito deste projeto, foi verificado a oportunidade de estudar uma metodologia que permite priorizar o acompanhamento da implementação de Planos de Recursos Hídricos, além disso, possibilitou a preposição de ações a serem negociadas pelo CBH Paranaíba (Distrital e Federal).

Neste sentido, no Quadro 17 apresenta-se uma proposta de ações com a temática hidro-ambiental para a sub-bacia do córrego Pau de Caixeta, para isso, a sugestão pautou-se no uso de indicadores de resultado.

Os indicadores de resultado trazem uma visão conjunta dos vários componentes de um problema, sendo uma grande vantagem no diagnóstico do sistema e a elaboração de ações de controle, acompanhamento e previsão futura, pois vai além da mera constatação da degradação ambiental, revela seu impacto, suas causas, o que está por trás dessas causas e as ações que estão sendo tomadas para melhorar esse quadro.

Quadro 17 – Sugestão de Ações para a sub bacia do córrego Pau de Caixeta aos Comitês de Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (Distrital e Federal)

TEMÁTICA HIDRO-AMBIENTAL

INDICADOR COM ENFASE EM RESULTADO

RECOMENDAÇÃO DE AÇÕES AOS CBH PARANAÍBA (DISTRITAL E FEDERAL) PARA A SUB BACIA DO CÓRREGO PAU DE CAIXETA

QUALIDADE DA ÁGUA

Índice de Qualidade da Água: é uma medida consolidada que sintetiza várias características físicas, químicas e biológicas da água para fornecer uma avaliação geral da sua qualidade.

- Monitoramento Continuo no corpo hídrico e parcerias com universidades;
- Disponibilizar murais/painéis onde as pessoas possam identificar problemas de poluição ou degradação ambiental no local. E o CBH possa dar a resposta para sociedade, criando um ambiente mais resiliente e uma comunidade mais participativa.

QUANTIDADE DE ÁGUA

Medição de Vazão: a quantidade de água que passa por um ponto específico em um rio ou canal a cada segundo.

- Monitoramento Continuo no corpo hídrico e parcerias com universidades;
- Negociar com o órgão ambiental o aperfeiçoamento de condicionantes sobre recursos hídricos nas licenças de instalação de empreendimentos da região;

BALANÇO HÍDRICO QUANTITATIVO

Conjunto de componentes: Precipitação, Evapotranspiração, Escoamento Superficial e Escoamento Subterrâneo

- Monitoramento quantitativo de vazões contínuo;
- Investir em monitoramento subterrâneo;
- Fiscalizar e Rever Outorgas superficiais;
- Simulações hidrológicas frequentes para avaliar a gestão sustentável dos recursos hídricos e, para tomar decisões sobre o uso da água.

NÍVEL DE ASSOREAMENTO

Taxa de Sedimentação: quantidade de sedimentos (solos, areia, rochas etc.) que são transportados e depositados nos cursos de água da bacia ao longo do tempo

- A sub-bacia do córrego Pau de Caixeta está em franca expansão urbana, recomenda-se vistorias mais frequentes.
- Plano de Controle de Sedimentos das obras de infraestrutura;
- Levantamentos batimétricos no corpo hídrico ao menos 1 vez ao ano no período de seca;

COBERTURA VEGETAL

Índice de Vegetação por Diferença Normalizada: é uma medida que utiliza informações de reflectância obtidas por sensores remotos, como imagens de satélite, para avaliar a quantidade da vegetação em uma determinada área.

- Buscar parcerias com Universidades, Embrapa, Ibram e empresas;
- Ao aplicar o NDVI ao longo do tempo na sub-bacia, é possível monitorar mudanças na cobertura vegetal, como o desmatamento, reflorestamento, expansão agrícola, crescimento urbano e outras atividades humanas que afetam a vegetação
- Ajuda no diagnostico para simulações de hidrológicas que envolvam a questão de poluição difusa.

TEMÁTICA HIDRO-AMBIENTAL	INDICADOR COM ENFASE EM RESULTADO	RECOMENDAÇÃO DE AÇÕES AOS CBH PARANAÍBA (DISTRITAL E FEDERAL) PARA A SUB BACIA DO CÓRREGO PAU DE CAIXETA
<u>VULNERABILIDADE A EVENTOS EXTREMOS</u>	Precipitação Extrema: Avalia a frequência e a intensidade de eventos de chuvas intensas na região, que podem causar enchentes e deslizamentos de terra.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetos e oficinas com escolas da região que possam promover a conscientização com relação à riscos de eventos extremos e suas consequências. • Monitoramento Continuo no corpo hídrico e parcerias com universidades; • Controle/fiscalização de sistema de amortecimento de cheias dos condomínios e revisão do projeto de macrodrenagem do local.
SATISFAÇÃO DAS COMUNIDADES LOCAIS	Índice de Satisfação da Comunidade: avaliar o grau de satisfação, opiniões e percepções das comunidades locais em relação ao uso e gestão dos recursos hídricos	<p>Oficinas para coleta de informações sobre a percepção da comunidade, quanto:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uso sustentável dos recursos hídricos: • Participação e Engajamento: • Impacto Ambiental:
EFICIÊNCIA DE SISTEMA DE TRATAMENTO	Taxa de tratamento de Esgoto: avalia a proporção de esgoto doméstico ou residencial tratado por meio de fossas sépticas em relação ao esgoto gerado na bacia hidrográfica	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer o diagnóstico sobre o número de fossas sépticas instaladas e sua capacidade de tratamento. Além disso, é importante estimar o volume total de esgoto gerado na bacia hidrográfica. • Se a taxa de tratamento de esgoto for baixa, implementar programas de conscientização e incentivos para melhorar o uso e a manutenção das fossas sépticas existentes
PROGRAMAS DE CONSERVAÇÃO E RESTAURAÇÃO	Taxa de Recuperação de Áreas Degradadas: porcentagem de áreas que foram restauradas ou recuperadas em relação ao total de áreas degradadas identificadas na bacia hidrográfica	<ul style="list-style-type: none"> • Auxiliar no projeto para a criação de parque linear (integração do Parque Ecológico do Tororó e Parque Distrital Salto do Tororó) no córrego Pau de Caixeta; • Apoiar práticas de recuperação das áreas degradadas no local.

No Quadro 17 a temática vulnerabilidade à eventos extremos está em destaque pois será apresentado um exemplo prático que foi observado no monitoramento implementado deste trabalho.

Na Figura 58, apresenta-se o registro das informações coletadas pelo sensor de pressão instalado no local, na imagem é possível verificar a oscilação de cotas medidas pelo equipamento.

O sensor foi instalado no mês de setembro/22 e nota-se que a cota mais frequente foi entre 2,25 m e 2,30 m, para essas cotas o monitoramento implementado registrou vazões entre 0,24 e 0,25 m³/s, valor que pode ser considerado para uma estimativa preliminar da vazão de remanescente.

Quando considerado os picos do cotograma, nota-se que a cota de 3m é atingida com certa facilidade nesta seção hidráulica. Em a cota máxima registrada pelo sensor foi de 4,3m.

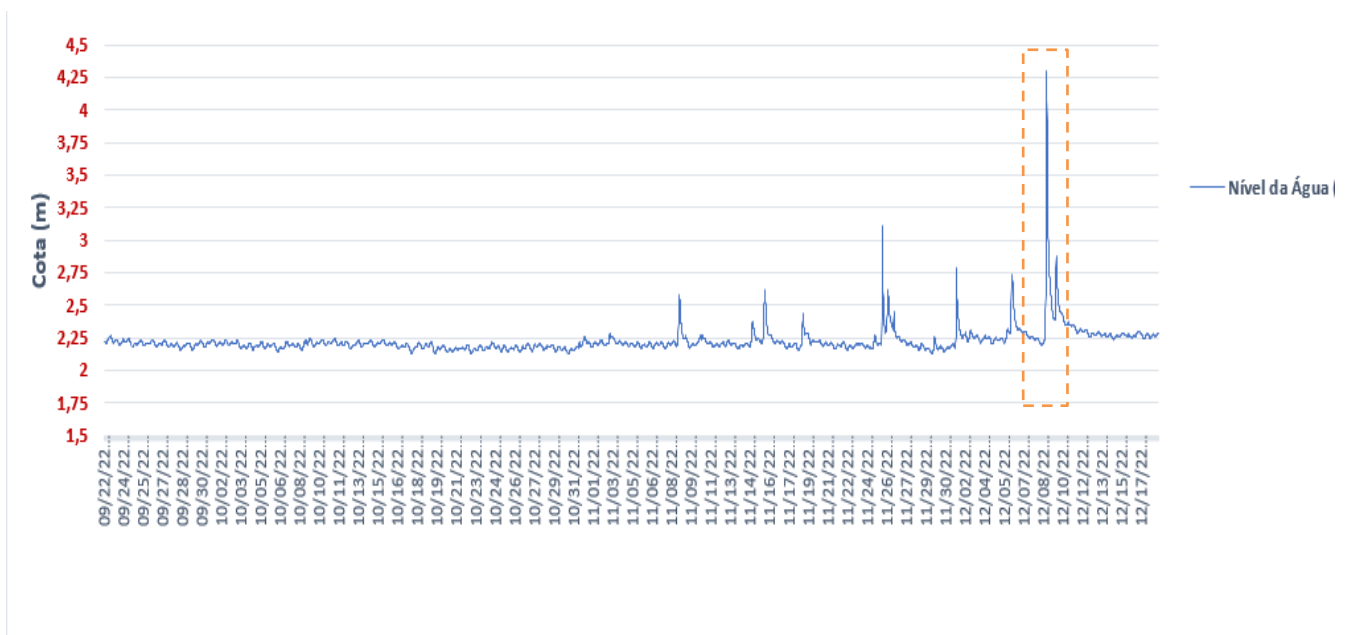


Figura 58 - Registro Automático do Sensor de Pressão - Pau de Caixeta - Ponto 02 jusante interferência

Na Figura 59 apresenta-se o detalhamento do evento em destaque na Figura 58. O evento de precipitação registrado foi de 38 mm de chuva em 3 horas.

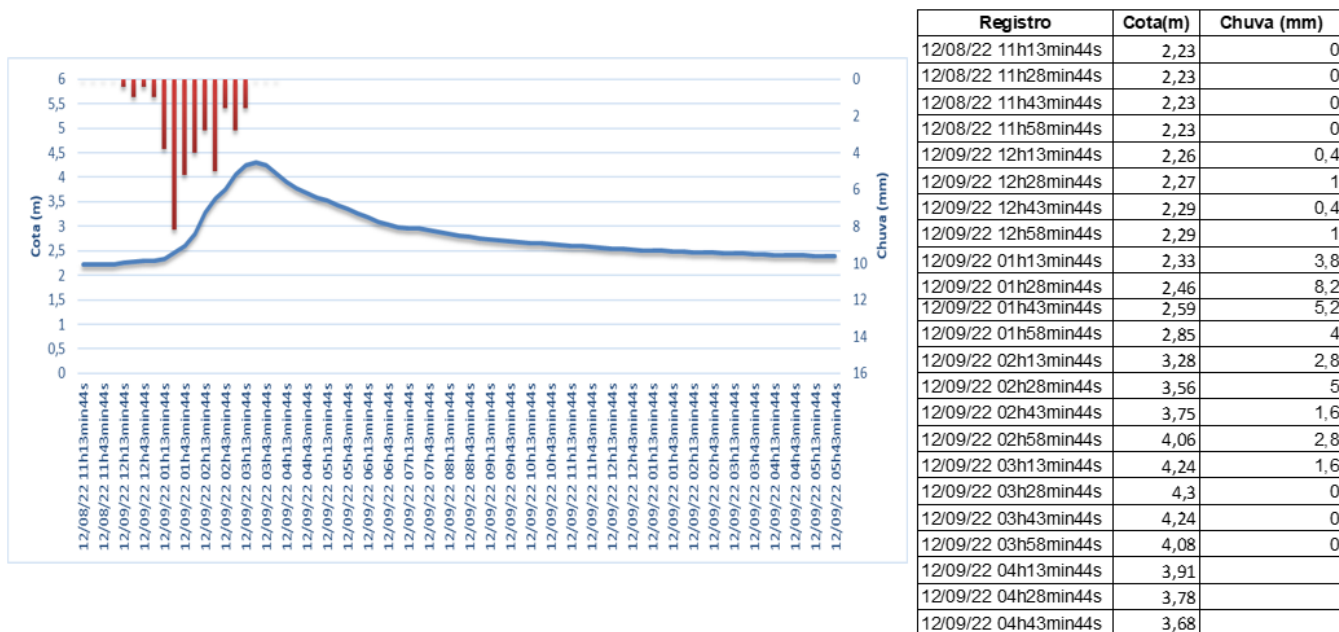


Figura 59 - Relação Chuva x Cota registrada pelo sensor - Pau de Caixeta - Ponto 2 jusante interferência

Nota-se que quando a chuva passou a ser mais significativa, em cerca de 40 minutos as cotas registradas foram elevadas rapidamente.

Demonstrando que a sub bacia do córrego Pau de Caixeta apresenta um tempo de concentração curto, ou seja, o tempo que a água leva para se concentrar em um único ponto após uma precipitação ocorrer em toda a área da bacia é rápido, podendo ocasionar enchentes e problemas associados, tais como: assoreamento, poluição difusa carregada com o escoamento superficial, ocasionando problemas na sub bacia.

A continuidade do monitoramento automático pode pautar ações de gestão mais assertivas na sub-bacia do córrego Pau de Caixeta: i) vazões de restrição e ii) vazões máximas.

Com o sensor têm-se registros a cada 15 min, sendo possível ter um controle mais eficiente na coluna d' água da seção transversal. Poderia ser utilizado como um sistema de verificação preliminar para controle de outorga, e verificação da vazão mínima.

Ademais, o equipamento automático irá auxiliar na verificação da eficiência das estruturas de controle de drenagem de águas pluviais.

10. RECOMENDAÇÕES

Recomenda-se que mais estudos hidrológicos na região sejam realizados.

Sobre o monitoramento implementado na bacia, ressalta-se que foi realizada apenas no âmbito desta dissertação. Foram deixadas algumas das estruturas utilizadas, caso haja interesse podem ser repassadas.

O pluviômetro automático e sensor de pressão, que mede a coluna d'água no rio, ainda permanece na saída da bacia do córrego Pau de Caixeta. Ressalta-se que estes equipamentos poderão auxiliar outros estudos que avaliem o balanço hídrico na sub bacia do córrego Pau de Caixeta. Principalmente em estudos referente à drenagem urbana e revisão de outorgas de uso da água, conforme supramencionado.

Destaque-se que apesar de existir um sensor de pressão ao final da sub bacia mencionada com registro de níveis da água a cada 15 minutos, ainda não é possível utilizar esses dados para gerar vazões. Pois o monitoramento de vazão ainda não é suficiente para obter curva chave, ou seja, é necessário um volume maior de dados.

Por isso, recomenda-se a realização contínua de medições dos pares cota e vazão, para que seja possível a construção da curva-chave de uma forma mais representativa.

Outra opção para uso dos dados o equipamento seria realizar estudos de extrapolação das vazões, utilizando o método de Stevens com a fórmula de Manning.

Para isso, seria necessário fazer uso dos dados obtidos no monitoramento implementado, como perfil transversal e cotas de eventos chuvosos registradas pelo

sensor. Destaca-se que os dados seriam extrapolações e estaria sendo realizada uma estimativa preliminar dessas vazões.

Ademais, os dados do sensor de pressão podem auxiliar na calibração no modelo WEAP no passo diário, para uma estimativa preliminar de curvas de permanência de vazões, levando em consideração a metodologia de Arnold & Allen (1999), que realiza a separação do escoamento de base do hidrograma total da vazão.

As projeções de permanências de vazões poderiam ser comparadas em diversos cenários de ocupação, e seria possível ter uma estimativa inicial para essa área de especial interesse, podendo ser revisada pelos entes gestores de recursos hídricos à medida que fosse necessário.

Recomenda-se estudos que integrem a simulação da poluição difusa do córrego Pau de Caixeta com o modelo WEAP, sendo o software SWAT o mais indicado. Pois simula o impacto de diferentes práticas de uso da terra, mudanças no uso do solo e práticas de manejo na qualidade da água, escoamento superficial e outros processos hidrológicos em bacias hidrográficas.

Além desses estudos, a continuidade do monitoramento hidrológico possibilita o acompanhamento de futuros indicadores com enfoque em resultado, que tem como principal função a apresentação de informações sobre o estado das diversas dimensões sejam elas: ambientais, econômicas, socioeconômicas, que compõem a complexidade das decisões que fazem parte da gestão de recursos hídricos.

Portanto, recomenda-se que quando ocorrer a revisão do Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paranaíba - DF, seja levando em consideração a caracterização dessas novas centralidades em expansão urbana, e que sejam previstas ações para um acompanhamento contínuo e representativo de bacias hidrográficas afluentes.

11. CONCLUSÕES

Na área em estudo observou-se certa deficiência na quantidade e qualidade da informação disponível e, esta falta irá afetar a tomadas de decisões pelos entes do sistema de Gestão de Recursos Hídricos num curto prazo.

Nota-se que a área crítica estabelecida, córrego Pau de Caixeta, vem recebendo visibilidade para futuros investimentos em expansão territorial, comercio, hospitais e lazer da população.

No desenvolvimento do trabalho foi possível verificar que existe uma grande força popular na região, que cobra mais ações de fiscalização/regulação na região. Principalmente, no que diz respeito a drenagem ineficiente desta sub bacia, carreamento de sedimentos para o córrego Pau de Caixeta e Ribeirão Santana.

Além disso, a população tem preocupação com a preservação de dois parques ecológicos e da cachoeira do Tororó. Ademais, foi verificado que recentemente a localidade foi inserida nas discussões do Comitê de Bacia Paranaíba DF.

Essas cobranças têm como premissa a ampliação da coleta de dados, disponibilidade de informação, para que seja possível auxiliar na compreensão da dinâmica de balanço hídrico na região e, aperfeiçoar a gestão de recursos hídricos na Bacia.

Com relação aos resultados desta dissertação, verificaram-se impactos negativos na região de estudo.

O monitoramento hidrológico foi implementado em toda a UH Santana, e teve uma orientação de ser uma amostragem voltada ao planejamento, ou seja, adquirir informações para tornar mais eficiente a tomada de decisões.

Os dados qualitativos apresentaram-se em não conformidade para OD, coliformes termotolerantes e DBO. Com certo destaque para o Córrego Pau de Caixeta, e no trecho com usos agrícolas intensivo do Ribeirão Santana.

Os resultados da série de sólidos mostraram o comportamento esperado, nos meses mais chuvosos da amostragem (fevereiro e março de 2022) o valor de sólidos suspensos, e por consequência, carga instantânea medida foi mais elevada tanto no Ribeirão Santana, como no córrego Pau de Caixeta.

Os resultados quantitativos mostram que foi necessário um grande esforço para ter o levantamento das informações. Indica também, que os registros oficiais da Adasa para a Estação 60492000 – Santana¹⁶ devem ser avaliados com cautela.

Ademais, no âmbito do monitoramento implementado para o projeto, foram realizadas 12 campanhas com levantamentos de descarga líquida e sólida, os resultados obtidos estão seguindo uma boa correlação, contudo, é delicado apresentar curvas de descarga, sendo necessário a continuidade destes registros. Assim, será possível avaliar prováveis mudanças no comportamento das seções monitoradas e aperfeiçoar a extrapolação das cotas mais altas/transbordamentos.

Ressalta-se que os dados obtidos foram de grande valia para ajustes simplificados do modelo, reforça-se que o objetivo deste trabalho não foi ter ajustes excelentes na calibração das simulações, e sim, avaliar a resposta das alterações.

Recomenda-se que seja realizado uma calibração mais robusta do modelo em estudos futuros na bacia, de preferência com o passo diário.

Foi possível verificar, que a ação de fiscalização pelo Sistema de Gerenciamento de RH está mínima, durante o monitoramento observaram-se casos de destruição de APP de curso d' água, captação visualmente não respeitando a vazão remanescente e, bacias de retenção para amortecimento de cheia extravasando. Sendo necessário a que na próxima revisão do PRH Paranaíba (Distrital e Federal) ações relacionadas à programas de recuperação de APP de recursos hídricos sejam observadas, como por exemplo: criação de parque lineares.

¹⁶ Corresponde ao Ponto 06 do monitoramento implementado

Verificou-se que apesar dos esforços dos Comitês da Bacia – Paranaíba (Distrital e Federal) para se inserir nas outras políticas que possuem relação com o RH (Expansão territorial/habitacional e Infraestrutura), ainda existe muita dificuldade de diálogo, pois na região do Baixo São Bartolomeu e especialmente na sub-bacia do córrego Pau de Caixeta os instrumentos de gestão de recursos hídricos ainda não estão implementados em sua versão mais eficiente.

A aplicação da ferramenta WEAP para simulação da vazão de referência após a calibração preliminar foi considerada satisfatória na comparação com as vazões medidas.

O hidrograma resultante das simulações foram úteis 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.

Foi verificado que nas simulações da sub-bacia do córrego Pau de Caixeta o aumento da população foi o parâmetro que mais impactou nos hidrogramas das vazões remanescentes. Reitera-se que UH do Ribeirão Santana já apresenta criticidade referente ao balanço hídrico quantitativo, estabelecida pela NT - ANA 02/17, sendo necessário ter o acompanhamento das questões que possam impactar a disponibilidade hídrica nesta sub bacia do rio Paranaíba.

A escolha de um ano de referência, e a verificação de intercorrências já descritas no item de resultados de monitoramento quantitativo (desvio de fluxo para barramento e captação), fez com que a abordagem metodológica aplicada encontrasse resultados específicos para o período de análise, podendo representar uma situação crítica.

Desta forma, no estudo desenvolvido conclui-se que a gestão dos recursos hídricos na UH Santana se mostra bastante complexa, em especial para o enfrentamento da expansão territorial em andamento nas proximidades da DF 140 e sub-bacia do córrego Pau de Caixeta. Porém, também é uma oportunidade de ampliar e fortalecer o planejamento e ações para auxiliar na manutenção de um ambiente equilibrado entre demanda e disponibilidade.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Plano Nacional de Segurança Hídrica** / Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2019 112 p.: il. ISBN: 978-85-8210-059-2 1. Água – Planejamento – Medidas de Segurança. I. Título

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (BRASIL). **Relatório Conjuntura 2021** / Agência Nacional de Águas. – Brasília: ANA, 2021.

ANSCHU, A.R; REECKZIEGEL, T; SILVEIRA, F; MACHADO, F.M; AMARAL, F. G; **Avaliação da Expansão Urbana e seu Impacto na Dinâmica de Escoamento Superficial da Bacia Hidrográfica do Arroio Itaquarinchim de Santo Ângelo – RS.** Revista: Engevista, V. 20, N.5, P.722-791, Dezembro 2018.

ARAÚJO, S. C. S. (2005). **Modelos de simulação baseados em raciocínio qualitativo para Avaliação da Qualidade da água em Bacias Hidrográficas.** Tese de doutorado, Universidade de Brasília, Departamento de Ecologia, Brasília – DF, 218p.

ARNOLD, J.G., MORIASI, D.N., GASSMAN, P.W., ABBASPOUR, K.C., WHITE, M.J., SRINIVASAN, R., SANTHI, C., HARMEL, R.D., GRIENSVEN, A VAN, VANLIEW, M.W., KANNAN, N., JHA, M.K., 2012. **Swat: model use, calibration, and validation.** ASABE 55, 1491–1508.

BALDOCHI , M. A.; **Utilização do modelo QUAL2E como apoio ao gerenciamento da qualidade das águas da bacia do Córrego dos Bagres I.** São Carlos, 2002 .

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.**

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 março de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA.**

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 dezembro de 2011. **Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**

COLLISCHONN, W., & DORNELLES, F. (2013). **Hidrologia para engenharias e ciências ambientais.** Porto Alegre: ABRH. 2013.

CANHOLI, A. P. 2005. **Drenagem urbana e controle de enchentes.** São Paulo: Oficina dos Textos.

CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Norma Técnica L5.214. Coliformes totais - determinação pela técnica de membrana filtrante: método de ensaio.** São Paulo: CETESB, 2007. 30 p

COSTA, J; MOREIRA, H. A; SANTOS, E. J; FILHO, A. R; ALMEIDA, V. H; BRITO, A.J; SILVA, T.T.S. **Reservatórios para controle de cheias urbanas no distrito federal: cenário atual e avaliação de critérios de dimensionamento.** XXI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Brasília, Nov 2015;

CODEPLAN. Companhia de Planejamento do Distrito Federal. **Atlas do Distrito Federal.** 2020. disponível em < <http://www.codeplan.df.gov.br/atlas-do-df-2020/>>. Acesso em junho de 2022.

COSTA, M.E.L (2013). **Monitoramento e modelagem das águas da drenagem urbana na bacia do lago Paranoá.** Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-148/2013, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 179p

DELLOSSO, E. P. Avaliação da Qualidade da água do rio Monjolinho utilizando o modelo QUAL-2E. São Carlos, 2009

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia, Saneamento do Distrito Federal. Engeplus. **Plano de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos. Volume I – Diagnóstico. 2012**

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia, Saneamento do Distrito Federal. **Zoneamento Ecológico Econômico do Distrito Federal. 2018.** Aprovado pela Lei Distrital nº 6269/2019.

DISTRITO FEDERAL. Agência Reguladora de Águas, Energia, Saneamento do Distrito Federal. **Plano de Recursos Hídricos das Bacias Hidrográficas dos Afluentes distritais do Rio Paranaíba. 2019**

DISTRITO FEDERAL. Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Resolução nº 02, de 17 de dezembro de 2014. Brasília, DF. **Aprova o enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal em classes, segundo os usos preponderantes, e dá encaminhamentos.** Diário Oficial do Distrito Federal, de 31 de dezembro de 2014.

DISTRITO FEDERAL. Conselho de Recursos Hídricos do Distrito Federal. **Nota Técnica nº 04, de 24 de novembro de 2014. Brasília, DF. Enquadramento dos corpos de água superficiais do Distrito Federal.** 24 de novembro de 2014.

DISTRITO FEDERAL. Lei Distrital nº 2.725, de 13 de junho de 2001. **Institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Revoga a Lei nº 512, de 28 de julho de 1993.** Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 19 de junho de 2001.

DOULGERIS C, GEORGIU P, PAPADIMOS D, PAPAMICHAIL D (2012) **Ecosystem approach to water resources management using the MIKE 11**

modeling system in the Strymonas River and Lake Kerkini. J Environ Manag 94:132–143

EMBRAPA. 1978. **Levantamento de Reconhecimento dos Solos do Distrito Federal.** Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.

FIORUCCI, António Rogério; BENEDETTI FILHO, E. **A importância do oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos.** Química nova na escola, v. 22, p. 10-16, 2005.

FRESITAS, F. H.; CAMPOS, J. E. G. 1998. **Inventário Hidrogeológico e dos Recursos Hídricos Superficiais do Distrito Federal, Relatório Técnico, Volume I, Meio Físico do Distrito Federal.** Brasília: Instituto de Ecologia e Meio Ambiente do Distrito Federal e Universidade de Brasília.

GONÇALVES, R.F. **Conservação de água e energia em sistemas prediais e públicos de abastecimento de água.** Rio de Janeiro: ABES, 2009. 352 p.

HESPANHOL, Ivanildo. **Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos.** Estud. av., São Paulo, v. 22, n. 63, p. 131-158, 2008.

JACCON, G.; CUDO, K. J. **Curva-chave: Análise e Traçado.** Brasília: DNAEE, 1989.

JOHNSTON, R.; SMAKHTIN, V. Hydrological Modeling of Large river Basins: How Much is Enough? Water Resources Management, v. 28, n. 10, p. 2695–2730, 2014.

KNAPIK, H. G.; SCAPULATEMPO, C. V.; BASSANESI, K. Qualidade da Água da Bacia do Rio Iguaçu: **Diferenças Conceituais entre os Modelos QUAL2E e QUAL2K RBRH.** Revista Brasileira de Recursos Hídricos. V.16, n.2 - Abr/Jun 2011. 75-88p.

LOUCKS, D. P.; BEEK, E. VAN. **Water resource systems planning and analysis.** Deltares and UNESCO, 2017

MACEDO, R. L. **Estudo Hidrológico da bacia do Rio Negrinho – SC utilizando o HECHMS**. Projeto de Conclusão em Engenharia Sanitária e Ambiental submetida à Universidade Federal de Santa Catarina. 2010

MARQUES, D.M.L.M; FERREIRA, T.F. **Aplicação de Phoslock para Remoção de Fósforo e Controle de Cianobactérias Tóxicas**. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 2, abril/junho 2009, p. 73-82.

MERTEN, G.H.; POLETO, C. (2006). —**Rede de Monitoramento e coleta de Amostra**. In: Poleto, C. e Merten, G.H (organizadores). **Qualidade dos sedimentos**. ABRH. 397 p

MIZUTORI, I. S. **Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais em Meios Peri-urbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto - RJ**. Rio de Janeiro: UERJ, 2009.

MÓL, M. L; SOUSA, J.A. **Qualidade de água superficial dos rios Ribeirão Rodeador e Descoberto, que formam o reservatório do Descoberto**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília – DF, 2010. 30p.

MOURÃO Júnior, P. R. **Aplicação do modelo de autodepuração de qualidade das águas QUAL-UFMG estudo de caso sub-bacia do Rio Piracicaba**. 2010. 144 f. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2012.

MUGATSI, E. A. **Simulation and Scenario Analysis of Water Resources Management in Perkerra Catchment using WEAP Model**. Dissertação, p. 145, 2010.

NAGHETTINI, M; ANDRADE, E.J. **Hidrologia Estatística**. Belo Horizonte: CPRM, 2007. 552p.

OLIVEIRA, C. P. M.; PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K; ROBERTO, A. N. (1999). **“ABC 6, um sistema de suporte a decisões para análise de cheias em bacias 79 complexas”** in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, dez. 1999, 1, pp. 56-65.

OLIVEIRA, M. A. **Governança na gestão dos recursos hídricos da bacia hidrográfica Piranhas-Açu: uma investigação jurídica, institucional e ambiental.** 2013. Tese (Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais) Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.

OMAR, M. M. **Evaluation of actions for better water supply and demand management in Fayoum , Egypt using RIBASIM.** Water Science, v. 27, n. 54, p. 78–90, 2014.

OPPA, L, F. **Utilização De Modelo Matemático De Qualidade Da Água Para Análise De Alternativas De Enquadramento Do Rio Vacacaí Mirim.** Dissertação (Mestrado). Santa Maria, 2007.

PERPETUO, E. A. **Parâmetros de Caracterização da qualidade das águas e efluentes industriais.** Laboratório de Microbiologia. Centro de Capacitação e Pesquisa em Meio Ambiente – CEPEMA – USP. Cubatão –SP,2011.

PIERONE, Juliana Martinez et al. **Qualidade de vida de usuários de parques públicos.** Boletim de psicologia, v. 66, n. 144, p. 99-112, 2016.

REATTO, A.; MARTINS, E. S.; FARIAS, M. F. R.; SILVA, A. V.; CARVALHO JÚNIOR. O. A. 2004. **Mapa Pedológico Digital – SIG Atualizado do Distrito Federal Escala 1:100.000 e uma Síntese do Texto Explicativo.** Planaltina: Embrapa Cerrados.

RIGUETTI, A. L. **Avaliação espaço-temporal do grau de trofia em lagoas costeiras da cidade do Rio de Janeiro: Aplicação de Índices de Estado Trófico.** Rio de Janeiro: Dissertação (Mestrado em Química – Área de Concentração: Química Ambiental, 2009.

RUBILAR, C.S; UEDA, A.C, 2013. **Análise Físico-Química de Águas no município de APUCARANA – RS.** IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador-BA. IBEAS – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais e Saneamento

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

SCHEWE, J.; HEINKE, J.; GERDEN, D.; HADDELAND, I.; ARNELL, N. W.; CLARK, D. B.; DANKERS, R.; EISNER, S.; FEKETE, B. M.; CÓLON-GONAZÁLEZ, F. J.; GOSLING, S. N.; MASAKI, Y.; PORTMANN, F. T.; SATOH, Y.; TANG, Q.; WADA, Y.; WISSER, D.; FRIELER, K.; WARSZAWSKI, L.; KABAT, P.; **Multimodel assessment of water scarcity under climate change. Proceedings of the National Academy of Sciences**, PNAS, v. 111, n. 9, p.3245–3250, 2014. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1222460110>

SEDUH. **Diretrizes Urbanísticas para Região do São Bartolomeu, Jardim Botânico e São Sebastião 06/2014.**

SEDUH. **Diretrizes Urbanísticas para Região do São Bartolomeu, Jardim Botânico e São Sebastião 01/2019.**

SEDUH. **Diretrizes Urbanísticas para Região Sul/Sudeste 07/2018.**

SEGETH. **Plano Diretor de Ordenamento Territorial (PDOT).**

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A G. DE M. E PEREIRA, I. DE C. **Introdução ao Gerenciamento dos Recursos Hídricos.** 2da edição, Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica - ANNEL e Agência Nacional de Águas - ANA, 2001, 328p.

SANTOS, Rozely Ferreira. **Planejamento Ambiental: teoria e prática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SALES, Jomil Costa Abreu 2019. **Análise de Indicadores Ambientais em Sistemas de Informações Geográficas: Estudo aplicado à avaliação ambiental integrada de bacias hidrográficas**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, Universidade Estadual Paulista, São Paulo, SP, 211p

SILVA, E.C.B., 2016. **Avanço da Urbanização em Vicente Pires – DF, Análise da Rede de Drenagem associada a medidas Compensatórias Utilizando o Modelo SWMM e ABC**. Dissertação de Graduação, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 86 p.

SOUSA, W. V., 2016. **Aplicações do Modelo SWAT no Brasil. Revisão e Estudo de caso – Amazônia**. Dissertação de Graduação, Departamento de Engenharia Ambiental e Sanitária, Universidade Federal de Juiz de Fora, 40 p.

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

TUCCI, C. E. M. (org.). **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Porto Alegre 2ª Edição. 2013.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos**. Multiciência: Revista Interdisciplinar dos Centros e Núcleos da Unicamp, São Carlos-SP, v. I, n. 1, 2003.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP/UN-WATER). **The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change** (UNESCO, Ed.)

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. 3 ed. Belo Horizonte:** Editora UFMG, 2005. 452p. 4 reimpressões, 2009

Von Sperling, M. (2005). **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias.** 3a. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFMG

WEINBERG, Á. **Uso de Índices de Qualidade de Águas Para a Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.** Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2013.

APÊNDICES

Apêndice A - Caracterização ambiental e estudos hidrológicos quantitativos na região de expansão urbana da DF 140, Brasília – DF. XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte/ MG – 2021.

Apêndice B - Aspectos quantitativos da água e sua relação com uso e ocupação do solo na microbacia do córrego pau de caixeta - Brasília – DF. XIV ENAU - Encontro Nacional de Águas Urbanas e IV SRRU - Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos. Brasília/ DF – 2022.

XXIV SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL E ESTUDOS HIDROLÓGICOS QUANTITATIVOS NA REGIÃO DE EXPANSÃO URBANA DA DF 140, BRASÍLIA - DF. ESTUDO DE CASO: CÓRREGO PAU DE CAIXETA.

Eliza Clericuzi Bezerra da Silva¹ Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento²;

RESUMO

O presente trabalho trata à caracterização das reservas hídricas da região de desenvolvimento urbano de Brasília Rodovia DF 140. A área está inserida na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana. O tema faz parte do estudo preliminar da proposta de mestrado que tem por objetivo realizar a análise do ambiente com relação aos recursos hídricos e a qualidade ambiental, com o uso da ferramenta WEAP e estabelecer uma metodologia de priorização para o controle e monitoramento qualiquantitativo dos corpos hídricos da Unidade Hidrográfica. Como primeira etapa da proposta de mestrado, foi realizado o levantamento de pressões significativas da região, que possam impactar negativamente os corpos hídricos que compõe a Unidade Hidrográfica. Os dados de vazão históricos da Estação Santana, apresentaram-se hidrológicamente insuficientes e inconsistentes. Desse modo torna-se imprescindível apresentar uma metodologia de priorização do controle e monitoramento dos recursos hídricos, fundamentado na composição de informações resultantes da implementação de modelos matemáticos, observando os impactos na qualidade das águas, de pressões ambientais consideradas significativas, que atuam sobre os meios físico, biológico e socioeconômico da UH do Ribeirão Santana.

Palavras-Chave – caracterização ambiental; regionalização hidrológica; pequenas bacias hidrográficas.

ABSTRACT

The present work deals with the characterization of water reserves in the urban development region of Brasília Highway DF 140. The area is located in the Ribeirão Santana's Hydrographic Unit. This theme is part of the preliminary study of the master's proposal that aims to carry out the analysis of the environment in relation to water resources and environmental quality, with the use of the tool WEAP and establish a prioritization methodology for a quali-quantitative control and monitoring of the water bodies of the Hydrographic Unit. As the first step in the proposal for master's degree, a survey of significant pressures of the regions, that may impact negatively the water bodies that composes the Hydrographic Unit, was made. Historical flow data of Santana Station, were hydrologically insufficient and inconsistent. Thus it is essential to present a methodology for prioritizing the control and monitoring of water resources, based on resultant information from the implementation of mathematics models, the observation of impacts on water quality, of significant environmental pressures, that act in biological and socioeconomic environments of the Ribeirão Santana's HU.

Key Words: environmental characterization, hydrological regionalization, small watersheds

1) Afiliação:

Discente do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos –Prof^água, Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Planaltina, DF, 73345-010.
Email: 200111779@aluno.unb.br ou eclicicuzi@gmail.com

2

Afiliação:

Professor do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos –Prof^água, Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Planaltina, DF, 73345-010.
Email: carlostadeu@unb.br

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tem provocado o desequilíbrio do fluxo natural das águas, alterando os processos hidrológicos e ecológicos associados. Por isso, caracterizar os impactos ambientais em áreas urbanas torna-se fundamental para o planejamento, desenvolvimento e ordenamento das cidades. Dessa forma, as bacias hidrográficas assumem importante papel no planejamento territorial, pois todos os fatores que afetam a produção e o equilíbrio no meio ambiente refletem sobre suas características físicas, bióticas e antrópicas.

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado pelo exutório. Nas bacias, a implantação e operação de postos hidrológicos têm alto custo, principalmente em áreas extensas. Além disso, são necessárias décadas de registros para que os dados históricos tenham boa representatividade estatística (TUCCI, 2013).

Neste sentido, a regionalização hidrológica busca disponibilizar informações baseando-se nas similaridades espaciais de algumas funções, variáveis e parâmetros que permitem a transferência de informações hidrológicas entre regiões. O processo de regionalização consiste num conjunto de ferramentas que exploram ao máximo as informações existentes, com intuito de estimar as variáveis hidrológicas em locais sem dados ou insuficientes.

A transferência de informações hidrológicas exige a consideração de características físicas facilmente mensuráveis, influentes na distribuição espacial da vazão. A etapa de obtenção de tais características é mecânica e trabalhosa, quando realizada manualmente. No entanto, a intensificação do uso dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) tem possibilitado a automatização do processo de obtenção das variáveis explicativas do processo de regionalização, a partir de um modelo digital de elevação, MDE.

Neste contexto, insere-se o presente trabalho, onde aborda a obtenção da caracterização da área, obtidas por meio de MDE – Modelo Digital de Elevação, a fim de auxiliar o processo de regionalização de vazões para a região em estudo.

A área de estudo está inserida na APA do Planalto central. Em sua área de influência Direta, tem o Parque Ecológico do Tororó e Parque distrital Salto do Tororó. Já na área de influência indireta são as Unidades Rebio Contagem, Capetinga – Taquara, Estação Ecológica UNB e a Reserva do IBGE. Vale destacar que a APA contempla diversos mananciais hídricos superficiais e subterrâneos do DF e entrono.

METODOLOGIA

Área De Estudo

A bacia do rio São Bartolomeu é a mais extensa dentro dos limites do Distrito Federal, ocupando aproximadamente 50% de sua área total, equivalente a 2.864 Km². O rio São Bartolomeu nasce ao norte do DF e corre no sentido norte-sul. É afluente do rio Corumbá, que por sua vez deságua no rio Paranaíba (bacia do rio Paraná). Seus principais afluentes são os rios Pípiripau, Sobradinho, Mestre D'Armas e Paranoá. Essa Bacia está dividida em 09 (nove) Unidades Hidrográficas - UH, a saber: Pípiripau, Mestres D'armas, Sobradinho, Paranoá, Taboca, Papuda, Cachoeirinha, **Santana**, Saia Velha/Maria Pereira (Figura 1).

A respeito do processo de gestão de uma bacia hidrográfica, TUNDISI (2006) destacou que além da organização institucional e do arcabouço legal, é necessária a implementação de ferramentas e instrumentos técnicos para promover avanços consolidados e substanciais na gestão de recursos hídricos. Mesmo com a definição de redes sistemáticas de monitoramento quali-quantitativo da água, é fundamental o desenvolvimento de atividades periódicas de controle e fiscalização ambiental.

A rodovia DF 140 é o novo eixo de desenvolvimento urbano de Brasília, a estrada está inserida na UH do Ribeirão Santana, que possui 147 km² de área de drenagem no território do Distrito Federal e aproximadamente 60 km² no estado de Goiás (Figura 2) (PGIRH,2012).

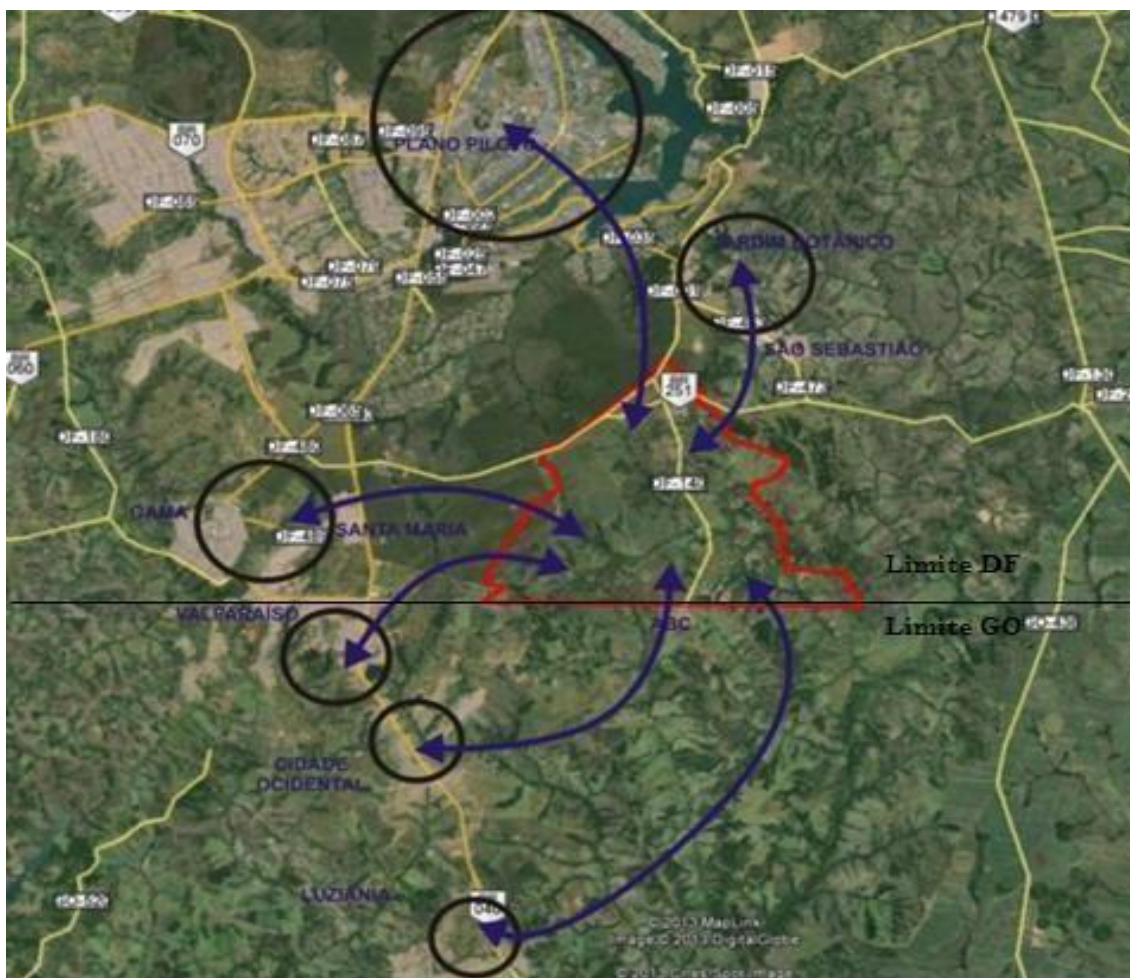


Figura 1 - Relação Geográfica da Região Sul/Sudeste do DF com o Entorno do DF.

Fonte: Secretaria de Estado e Desenvolvimento Urbano e Habitação (modificado).

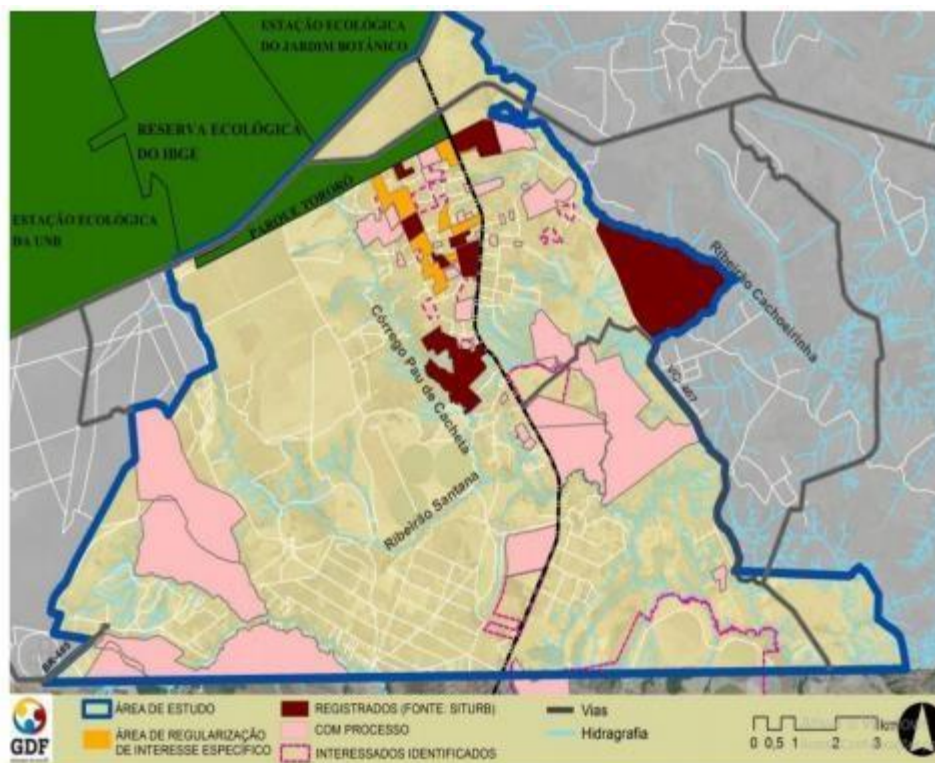


Figura 2- Mapa de Processos com pedido de regularização para o DF.
Fonte: Secretaria de Estado e Desenvolvimento Urbano e Habitação.

Diagnóstico da Área

O córrego Pau de Caixeta, principal afluente do Ribeirão Santana, tem nascentes dentro da poligonal do Parque Ecológico Tororó e no seu percurso forma a cachoeira do Tororó, que faz parte do Parque Distrital Salto do Tororó. Portanto, o referido curso d'água percorre duas Unidades de Conservação que fazem parte da APA - Área de Proteção Ambiental do Planalto Central (Figura 3).

Foi observado que na margem esquerda do córrego, existem parcelamentos de solo (autorizados) que estão sendo desenvolvidos ao longo da via DF 140. Na parte oposta ao córrego é possível observar terrenos onde já estão previstos futuros usos particulares e atuais usos agrícolas (Figura 4).

Neste sentido, torna-se importante a promoção da qualidade ambiental na Unidade Hidrográfica. Sendo essencial a realização do monitoramento de áreas em expansão, a fim de compor série histórica para análises futuras e atualização do Plano Gerencial e Integrado de Recursos Hídricos.

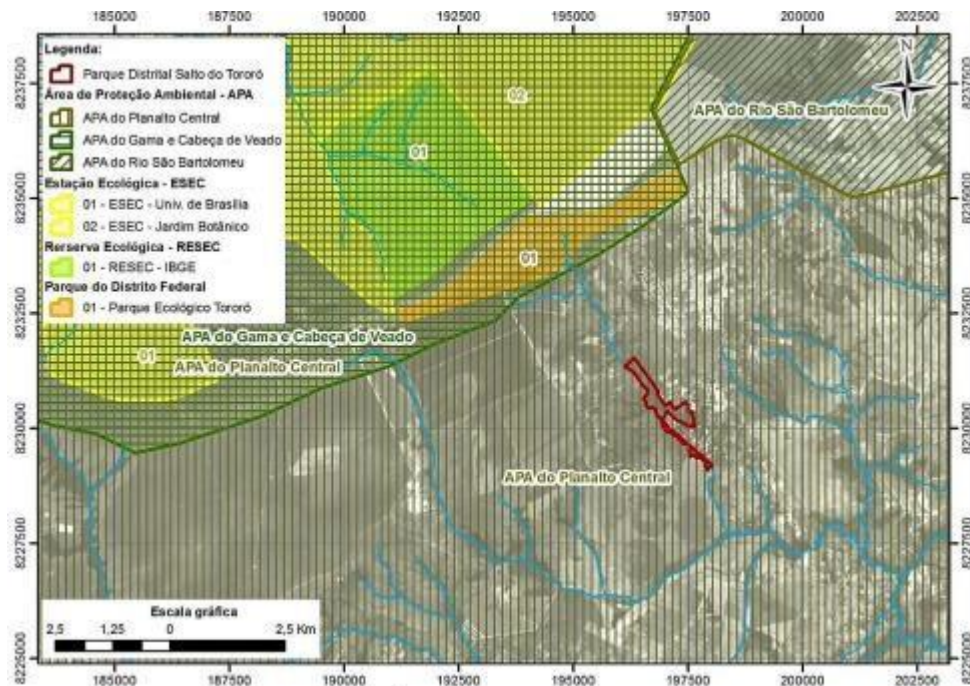


Figura 3 - Zoneamento Hidrográfico da Área de Influência Direta e Indireta do Córrego Pau de Caixeta.

Fonte: IBRAM,2020.



Figura 4 - Evolução Urbana na AID do PDST. Fonte: GeoPortal, SEGETH (2018).

Para isso, identificaram-se os principais corpos hídricos que limitam a área de influência de estudo, e estudos fluviométricos básicos foram realizados com base no acervo de dados proveniente da rede de estações fluviométricas operadas no Distrito Federal. Salienta-se que a Companhia de Saneamento do Distrito Federal - CAESB não tem estações de monitoramento nessa Unidade Hidrográfica e a Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico - ADASA possui posto de acompanhamento, a Estação 60492000-Santana reúne registros mensais a partir do mês de maio de 2009 e atualizados até dezembro de 2019 (Figura 5).

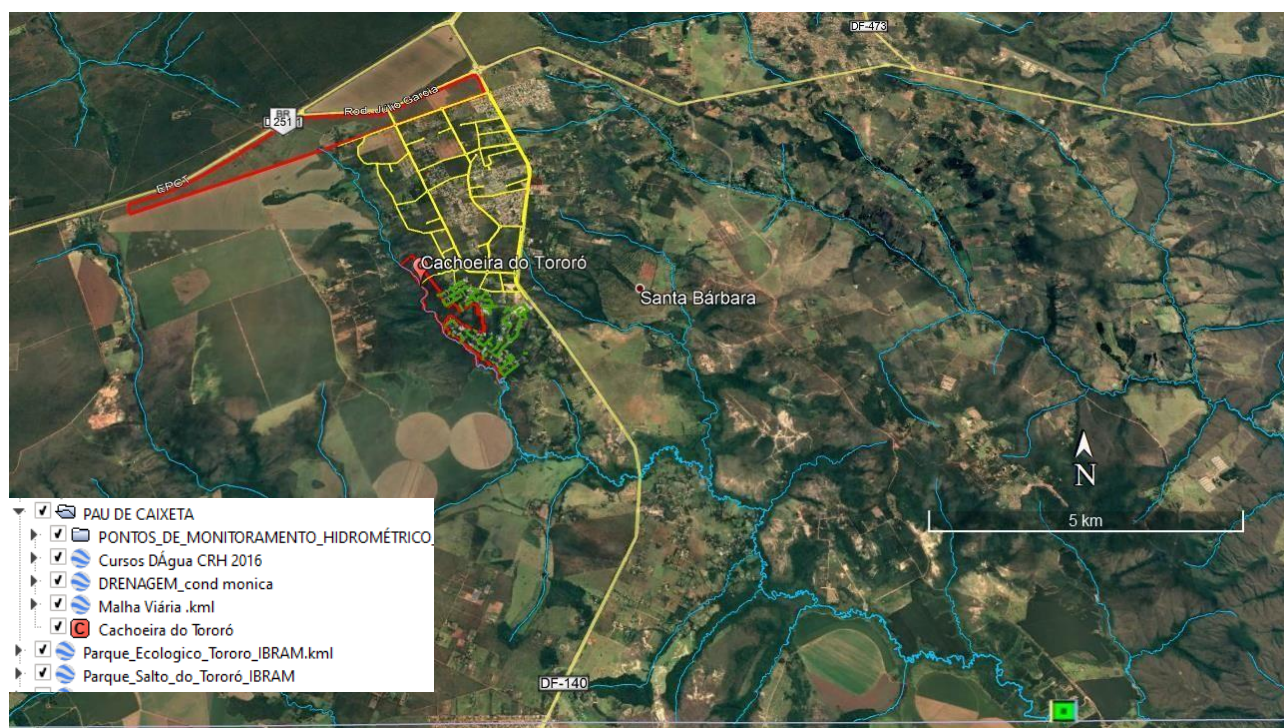


Figura 5 – Localização da Estação 60492000 – Santana e informações sobre malha viária, Unidades de Conservação e Malha de Drenagem que contribui para o córrego Pau de Caixeta. Fonte: Autores.

Entretanto, a estação supracitada apresenta falhas diárias, mensais e anuais nos registros de vazões em diversos períodos da série. Tais ocorrências prejudicam a confiabilidade dos dados

Diante disso, na tentativa de preencher tais falhas da série histórica para o desenvolvimento do estudo hidrológico na bacia do córrego Pau de Caixeta, realizou-se o estudo de regionalização de vazões com os pontos de monitoramento próximos.

Não foi possível realizar uma correlação para o preenchimento das falhas, pois as estações vizinhas não possuem similaridades: área de drenagem, comprimento de talvegue, declividade, recarga de aquífero, hidrogeomorfologia. Além disso, as estações 60478477 – Ribeirão Maria Pereira e 60491000 – Cachoeirinha, pertencentes a Rede de Monitoramento da ADASA, apresentam falhas significativas nos registros históricos.

A Figura 6 apresenta o Modelo Digital de Elevação construído para a área de estudo. Os dados utilizados foram obtidos no Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil (TOPODATA) (VALERIANO, 2008).

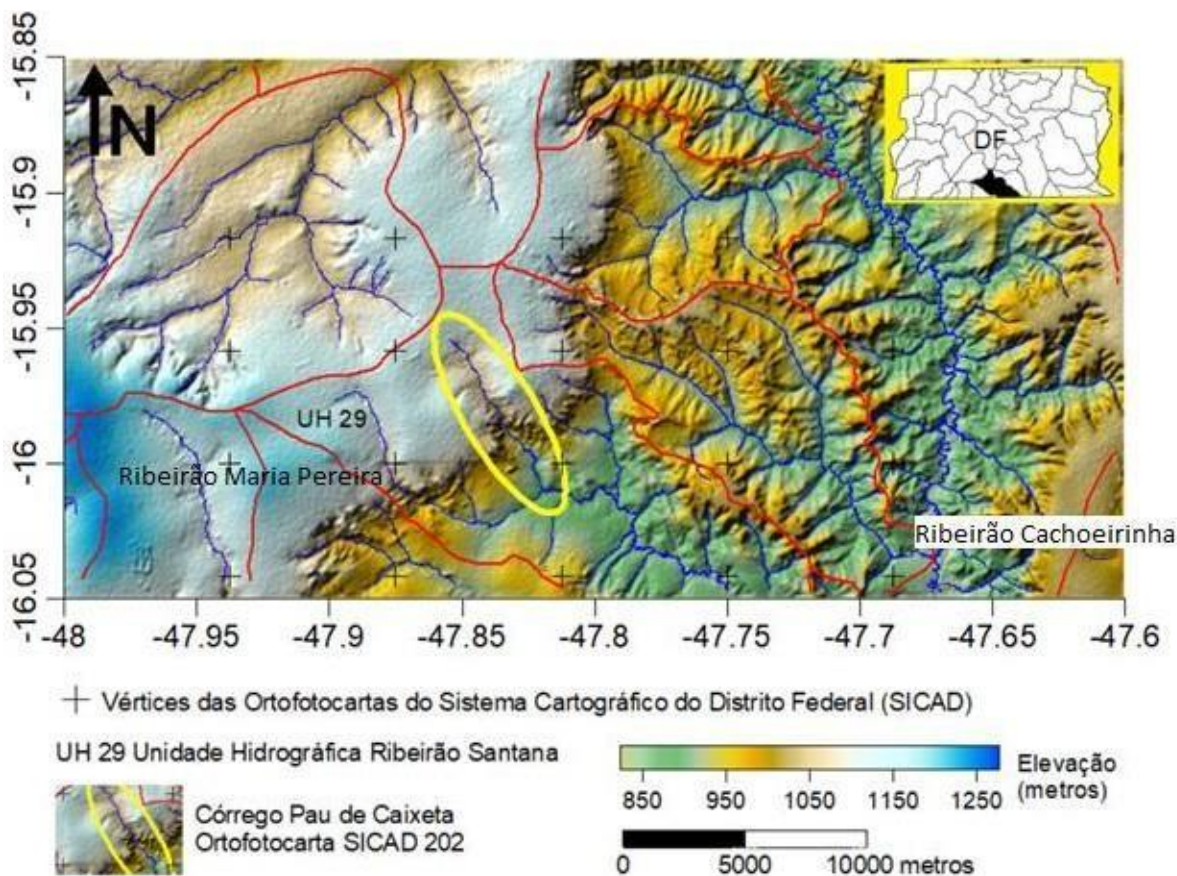


Figura 6 – Modelo Digital de Elevação da região. Fonte: Autores.

Portanto, para melhor caracterizar a área foi solicitado ao Instituto Brasília Ambiental – IBRAM, o resumo dos dados de vazão, que fazem parte do Plano de Manejo do Parque Distrital Salto do Tororó. Os resultados das medições são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Resultado das Campanhas de Descarga Líquida para o córrego Pau de Caixeta.

Fonte: IBRAM,2020 (Adaptado)

Data	Local	Q medida
		m ³ /s
28/09/2018	Ponto 01	0,168
30/09/2019	Ponto 01	0,163
15/10/2019	Ponto 01	0,166
28/09/2018	Ponto 02	0,190
30/09/2019	Ponto 02	0,186
15/10/2019	Ponto 02	0,183
28/09/2018	Ponto 03	0,226
30/09/2019	Ponto 03	0,232
15/10/2019	Ponto 03	0,234
28/09/2018	Ponto 04	0,229
30/09/2019	Ponto 04	0,235
15/10/2019	Ponto 04	0,239
28/09/2018	Ponto 05	0,244
30/09/2019	Ponto 05	0,251
15/10/2019	Ponto 05	0,262

O estudo de vazões para a estação 60492000 – Santana, foi realizado para avaliar se o comportamento hidrológico da região de estudo, bacia experimental, pode ser associado ao da Unidade Hidrográfica. A tabela 2 apresenta os resultados das vazões consideradas regularizadas para a estação supracitada.

Tabela 2 - Vazão representativa em diferentes percentagens da Curva de Permanência do Posto de monitoramento da ADASA. Fonte: Autores.

Quantil	60492000 - Santana
	Q (m ³ /s)
25%	1,743
50%	1,208
60%	1,045
75%	0,822
90%	0,527
95%	0,432
99%	0,369

Para o córrego Pau de Caixeta a área considerada para a verificação do comportamento das reservas hídricas foi de 33,4 km². Neste sentido, foi calculada a vazão média específica para a bacia experimental, utilizando como base os dados da estação da ADASA, 60492000 - Santana (localizada na saída da UH). Para obter o valor das vazões de referências específicas foram utilizados os valores da série histórica dividido pelo valor da área de 33,4 km². Apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Vazão de referência específica para o córrego Pau de Caixeta, levando em consideração os dados da série da ADASA. Fonte: Autores.

Quantil	Vazão Específica
	Q (m ³ /s.Km ²)
25%	0,050
50%	0,035
60%	0,030
75%	0,023
90%	0,015
95%	0,016
99%	0,012

Levando em consideração a Tabela 3 e os resultados obtidos nas campanhas de seca, Tabela 1, nota-se que as vazões específicas Q₉₀ e Q₉₅ mais comuns no período mais secos/estiagem, apresentaram uma diferença percentual maiores que 90%.

CONCLUSÃO

Diante dos resultados apresentados, pode-se inferir os seguintes aspectos referentes a caracterização prévia da região:

O único ponto de registro de vazão é no final da Unidade Hidrográfica, Estação Santana de propriedade da ADASA. A estação não apresenta dados contínuos, e tal situação está subestimando ou superestimando os estudos hidrológicos da região.

Neste sentido, é possível inferir que estudos hidrológicos em grandes bacias, muitas vezes não podem ser transferidos para as pequenas bacias, pois é necessário reconhecer a influência dos diversos usos da terra sobre os recursos hídricos das pequenas bacias hidrográficas, no que diz respeito a qualidade e a quantidade.

Por isso, o monitoramento contínuo no córrego Pau de Caixeta é fundamental para se obter registros históricos que caracterizem as reservas hídricas do corpo hídrico, pois as ações de recuperação e de conservação permitirão a manutenção da cachoeira do Parque Distrital Salto do Tororó, como também dos serviços ambientais fornecidos pelo córrego.

Conclui-se, que é importante o conhecimento sobre o comportamento da vazão e da qualidade da água ao longo do tempo nas pequenas bacias, pois permitirá estimar a disponibilidade e as alterações das características qualitativas e quantitativas dos recursos hídricos da área de interesse.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001. Os autores agradecem também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento. E, ao IBRAM, em especial Superintendência de Unidade de Conservação, por autorizar a publicação dos resultados de medição de descarga líquida. A ANA e ADASA pelo fornecimento de dados hidrológicos no sistema Hidroweb ao ProfÁgua pelo suporte educacional para o desenvolvimento do mestrado com atenção ao tema: Análise do planejamento integrado de recursos hídricos, com utilização da ferramenta WEAP e desenvolvimento de metodologia para priorização do controle e do monitoramento quali-quantitativo da água. Estudo de caso: Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana – afluente do Rio São Bartolomeu, no Distrito Federal - DF e entorno.

REFERÊNCIAS

a) Livros

NAGHETTINI, M; ANDRADE, E.J. Hidrologia Estatística. Belo Horizonte: CPRM, 2007.552 p.

TUCCI, C. E. M. (Org.). Hidrologia: Ciência e Aplicação. Porto Alegre 2ª Edição. 2013.

VALERIANO, M. M. Topodata: guia para utilização de dados geomorfológicos locais. São José dos Campos: INPE, 2008.

b) Resoluções

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n 357, de 17 março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

BRASIL. Conselho Nacional de Meio Ambiente. Resolução n 357, de 17 março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

DISTRITO FEDERAL. Lei Distrital nº 2.725, de 13 de junho de 2001. Institui a Política de Recursos Hídricos e cria o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal. Revoga a Lei nº 512, de 28 de julho de 1993. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, 19 de junho de 2001.

DISTRITO FEDERAL. GeoPortal – Portal Georeferenciado do Distrito Federal.
Acessado em 30/05/2021 - <https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/geoportal/>

c) Trabalhos Técnicos

GEO LÓGICA, 2020. Produto 2 – Relatório de Diagnóstico Ambiental – Plano de Manejo do Parque Ecológico do Tororó, março 2020.



ASPECTOS QUANTITATIVOS DA ÁGUA E SUA RELAÇÃO COM USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA DO CÓRREGO PAU DE CAIXETA – DISTRITO FEDERAL

Eliza Clericuzi Bezerra da Silva¹ ; Carlos Tadeu Carvalho do Nascimento²

RESUMO

O presente trabalho trata da relação entre os aspectos quantitativos da água e o uso e ocupação do solo da região limítrofe a rodovia DF 140. A área está localizada na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana e o tema está inserido em um projeto de mestrado, que tem por objetivo geral realizar a análise do ambiente com relação aos recursos hídricos e a qualidade ambiental. Por objetivos específicos da dissertação, pretende-se realizar a priorização do controle e monitoramento qualiquantitativo dos corpos hídricos, baseado no diagnóstico verificado nas campanhas de monitoramento e nas metas estabelecidas pelos Planos de Bacia - Afluentes do Paranaíba - DF. Neste artigo, apresentam-se também, os efeitos associados ao uso do solo em duas situações observadas nas campanhas realizadas. O efeito do evento chuvoso de 11 de dezembro de 2021, cerca de 21mm de precipitação em 60 min, mostrou que o sistema de macrodrenagem do Setor Habitacional Tororó apresenta-se até o momento ineficiente. E a situação verificada em 27 de março de 2022, que mostra alterações relacionadas com movimentação de solo no leito do corpo hídrico.

ABSTRACT

The present work deals with the verification of the influence between quantitative aspects of water, the use and occupation of the land in the urban development region of Brasília Rodovia DF 140. The area is located in the Hydrographic Unit of Ribeirão Santana. The proposed theme is part of the master's proposal whose general objective is to carry out an analysis of the environment in relation to water resources and environmental quality. For the specific objectives of the dissertation, it is intended to prioritize the control and qualitative-quantitative monitoring of water bodies, based on the diagnosis verified in the monitoring campaigns and on the goals established by the Plans for the Basin of the Affluents of Paranaíba. In this article, the effects associated with the used land were presented in two situations observed in the carried out campaigns. The rainy event of December 11, 2021, about 21mm of precipitation in 60 min, showed that the macrodrainage system of the Tororó Sector is inefficient. And, the situation verified on March 27, 2022 shows changes related to ground movement in the river.

Palavras-Chave – drenagem urbana; uso do solo; planejamento e gestão hídrica.

Keywords – urban drainage, land use, water management planning

¹ Discente do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos –Prof.Água. Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Planaltina, DF, 73345-010. Email: eliza.silva@aluno.unb.br ou eclericuzi@gmail.com

² Professor do Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos –Prof.Água. Universidade de Brasília, Faculdade UnB Planaltina, Planaltina, DF, 73345-010. Email: carlostadeu@unb.br

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização tem provocado o desequilíbrio do fluxo natural das águas, alterando os processos hidrológicos e ecológicos associados. Por esta razão, caracterizar os impactos ambientais em áreas semiurbanas torna-se fundamental para o planejamento, desenvolvimento e ordenamento das cidades. Neste contexto, as bacias hidrográficas assumem importante papel no planejamento territorial, pois todos os fatores que afetam a produção e o equilíbrio no meio ambiente refletem sobre suas características físicas, bióticas e antrópicas (TUNDISI, 2013).

A respeito do processo de gestão de uma bacia hidrográfica, Tundisi (2013) destacou que além da organização institucional e do arcabouço legal, é necessária a implementação de ferramentas e instrumentos técnicos para promover avanços consolidados e substanciais na gestão de recursos hídricos. Mesmo com a definição de redes sistemáticas de monitoramento quali-quantitativo da água, é fundamental o desenvolvimento de atividades periódicas de controle e fiscalização ambiental.

Tundisi (2013) relata que por se tratar de um elemento essencial para a manutenção dos processos biológicos e físicos, é imprescindível que a água seja suficiente para a correta eficiência desses. Ou seja, é necessário verificar se há disponibilidade hídrica nos aspectos quantitativos e qualitativos, pois, com a expansão urbana, ocorre o aumento da complexidade pela garantia aos usos múltiplos e qualidade da água.

Neste sentido, Von Sperling (2005) aponta a importância e a necessidade em se utilizar os modelos matemáticos para a verificação da qualidade e quantidade da água. Destaca igualmente, a extrema utilidade que essas ferramentas apresentam na avaliação das atividades poluidoras. As ferramentas de modelagem otimizam a tomada de decisão dos gestores de recursos hídricos de uma região. Muitas vezes proporcionam a melhoria no planejamento das atividades, indicando situações mais críticas.

Neste contexto, insere-se o presente trabalho, que aborda a possibilidade da crescente degradação do córrego Pau de Caixeta, inserido na Unidade Hidrográfica do Ribeirão Santana (DF e entorno), dado que existem atividades antrópicas ao longo da via DF 140, as quais contribuem com a entrada de cargas de poluição para a área drenagem desse corpo hídrico.

Este artigo analisa situações verificadas no monitoramento quantitativo da área de estudo (Figura 1). O primeiro caso ocorreu no período chuvoso, dezembro de 2021. Já o segundo foi observado em março / abril de 2022.

METODOLOGIA

Área de estudo

A bacia do rio São Bartolomeu é a mais extensa dentro dos limites do Distrito Federal, ocupando aproximadamente 50% de sua área total, equivalente a 2.864 Km². O rio São Bartolomeu, com domínio federal, nasce ao norte do DF e corre no sentido sul. É afluente do rio Corumbá, que por sua vez deságua no rio Paranaíba (bacia do rio Paraná). A bacia do São Bartolomeu está dividida em 9 (nove) Unidades Hidrográficas - UH, a saber: Pípiripau, Mestre d'armas, Sobradinho, Paranoá, Taboca, Papuda, Cachoeirinha, Santana, Saia Velha/Maria Pereira. A UH de interesse, Santana, é apresentada na Figura 1.

A rodovia DF 140 é o novo eixo de desenvolvimento urbano de Brasília. Esta estrada está inserida na UH do Ribeirão Santana, que possui 147 km² de área de drenagem no território do Distrito Federal e aproximadamente 60 km² no estado de Goiás (PGIRH,2012). A Figura 2 apresenta o mapa de situação projetado para a rodovia e as principais vias de circulação associada à DF 140.



Figura 1 - Representação da área de estudo. UH Santana - Afluente do Rio São Bartolomeu.

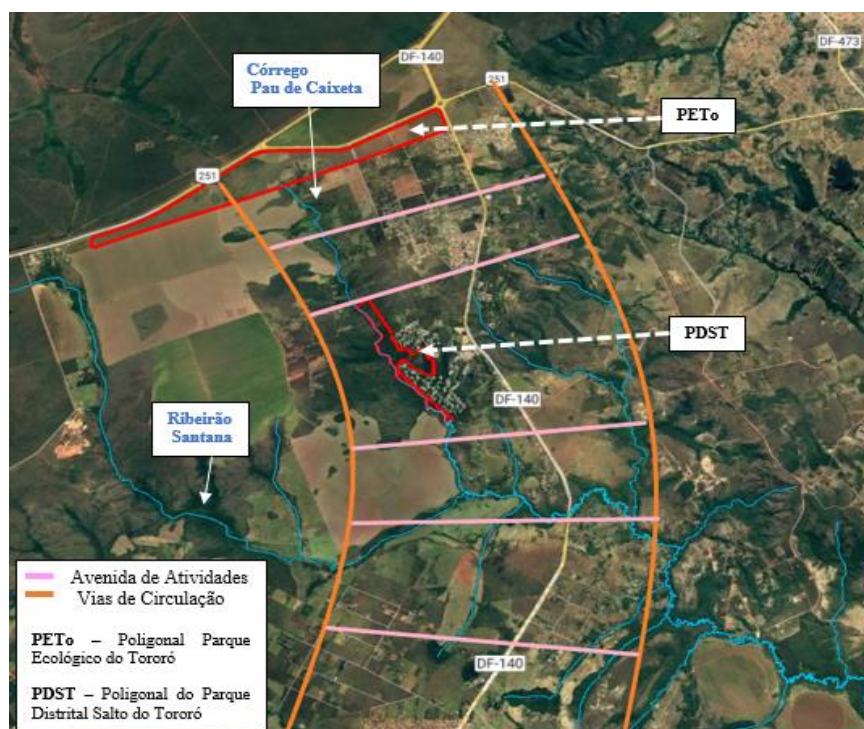


Figura 2 - Detalhamento das vias de atividades projetadas e as interseções com o córrego Pau de Caixeta e Ribeirão Santana (Fonte: DIUR 07/2018 Adaptado pelos Autores).

É possível verificar na Figura 2 que o sistema viário projetado para a região em tela, prevê sobreposições de vias no córrego Pau de Caixeta e no Ribeirão Santana. Neste sentido, torna-se necessário avaliar / monitorar os possíveis impactos negativos dessas interferências, principalmente, considerando que o córrego Pau de Caixeta atua como um corredor ecológico entre duas Unidades de Conservação (PETo e PDST-Figura 2) e forma a Cachoeira do Tororó.

Vale destacar que o Ribeirão Santana tem a continuidade no território do Estado de Goiás, sendo classificado como um corpo hídrico federal. Portanto, é extremamente importante mitigar os possíveis impactos, para que não haja problemas que afetem a garantia dos usos múltiplos da água nos trechos de jusante da UH Santana.

Diagnóstico da área

O córrego Pau de Caixeta, principal afluente do Ribeirão Santana, tem nascentes dentro da poligonal do Parque Ecológico Tororó (PETo) e no seu percurso, há a formação da cachoeira da região, que faz parte do Parque Distrital Salto do Tororó (PDST).

Portanto, o referido curso d'água percorre duas Unidades de Conservação que fazem parte da APA - Área de Proteção Ambiental do Planalto Central. A Figura 3 apresenta a localização da microbacia do córrego Pau de Caixeta e indica os locais onde são realizados os monitoramentos quantitativos da pesquisa de mestrado, com frequência mensal.

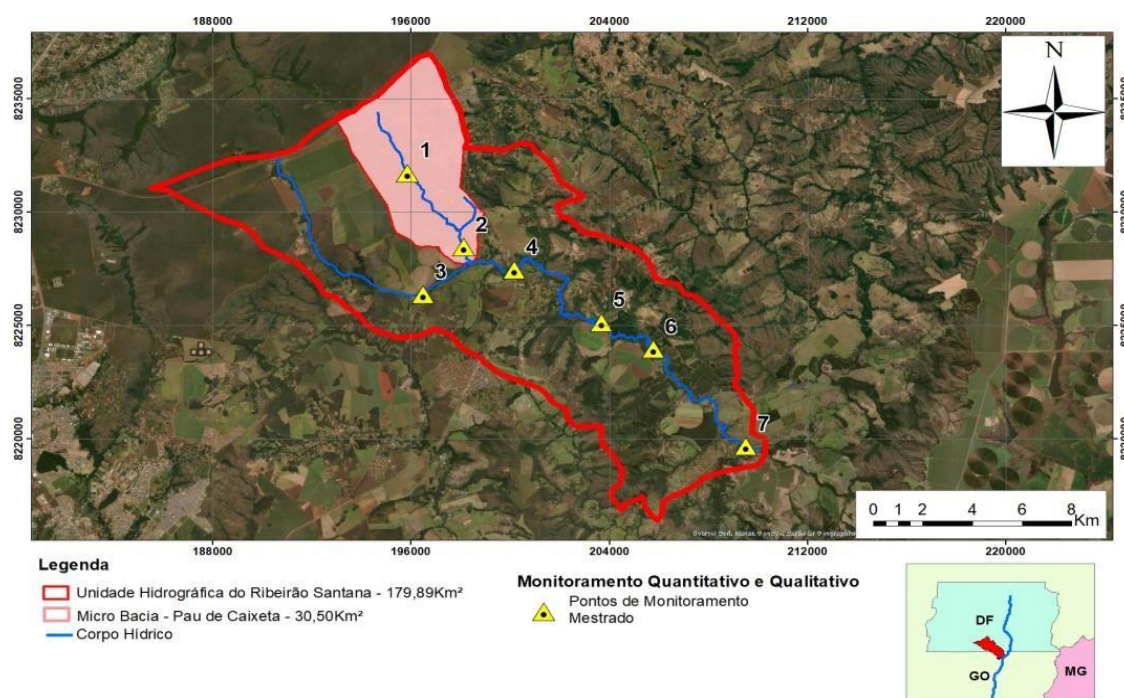


Figura 3 - Localização da região objeto desse estudo, microbacia do córrego Pau de Caixeta.

Foi observado que, na margem esquerda do córrego Pau de Caixeta, existem parcelamentos de solo (autorizados) que estão sendo desenvolvidos ao longo da via DF 140, Setor Habitacional Tororó. Na parte oposta ao córrego, já estão previstos futuros usos urbanos e atuais usos agrícolas.

Diante do exposto torna-se importante a promoção da qualidade ambiental na UH Santana. É essencial a realização do monitoramento de áreas em expansão, a fim de compor série histórica com informações hidrológicas consistentes para análises futuras e atualização do Plano Gerencial e Integrado de Recursos Hídricos.

Como etapa inicial do projeto de mestrado, Silva & Carvalho (2021), apresentaram o diagnóstico de caracterização ambiental e estudos hidrológicos da UH Santana, onde foi possível identificar que os registros da Estação Fluviométrica da Adasa, sob código 60492000 – Santana, apresentavam descontinuidades significativas, sendo o único ponto de monitoramento cadastrado no sistema de informações de recursos hídricos em âmbito nacional e distrital.

Os autores indicam que as estações fluviométricas próximas do posto de controle apresentam a mesma característica, o que gera uma elevada incerteza na confiabilidade dos dados para realizar o preenchimento de falhas.

Diante do desafio sobre a confiabilidade de informações hidrológicas associadas a UH Santana, optou-se por implementar uma rede básica de monitoramento quantitativo na região.

A seguir, serão apresentadas as principais ações da etapa de implementação dos pontos de monitoramento do projeto de mestrado. Posteriormente, será apresentada a forma escolhida para a quantificação do escoamento superficial, com enfoque na micro bacia do córrego Pau de Caixeta.

Monitoramento Quantitativo

Foram definidos 7 (sete) pontos de monitoramento, conforme apresentado na Figura 3. Em todos os pontos foram atribuídos marcos cotados fictícios¹ de alturas de transbordamento da seção transversal, pois, apesar de não existirem lances de régua instalados, é possível recuperar o nível da água (NA) no momento da medição de vazão com o auxílio de equipamento de topografia, desde que exista um referencial de nível (RN) previamente cotado. Nesse monitoramento, o RN de cada ponto está fixo numa estaca, conforme mostra o conjunto de imagens da Figura 4.



Figura 4 – Marcos cotados adotado no Ponto 02 – Córrego Pau de Caixeta. (a. Limpeza da margem, b. fixação dos marcos e c. nível topográfico para realizar as leituras).

Todos os meses eram realizadas essas verificações, recuperar o NA, durante as medições de descarga líquida (vazão) nas estações de controle. Salienta-se que foram estipulados no mínimo 3 (três) levantamentos de seção transversal ao longo de todo o monitoramento considerado, isto é, em 12 meses. A fim de verificar possíveis deslocamentos e/ou modificação das seções consideradas no estudo, além disso, para assegurar a confiabilidade dos dados primários adquiridos.

¹ Os pontos de controle foram atribuídos no âmbito do projeto de mestrado e não fazem parte da rede de monitoramento dos órgãos gestores de recursos hídricos. Portanto, não tem estação de monitoramento materializada e não possuem seção de régua limimétricas.

Quantificação do Escoamento Superficial

Silva *et al* (2016) aponta que os modelos matemáticos simulam total ou parcialmente o ciclo hidrológico na bacia, e tem por objetivo estimar a vazão em um sistema de drenagem e prever o hidrograma de cheia associado ao risco de ocorrência da precipitação.

Dentre os modelos computacionais que são mais utilizados para quantificar o escoamento superficial, foi utilizado o ABC - Análise de Bacias Complexas. Este sistema de apoio à decisão que permite a simulação da transformação chuva-vazão. É um modelo que não requer muitos dados de entrada, pois existem fórmulas empíricas que facilitam a quantificação das descargas de pico e hidrograma de projeto, sendo um modelo adequado para locais com disponibilidade limitada de dados hidrológicos (OLIVEIRA et al. 1999).

O ABC6 é um modelo de parâmetros ajustados, ou seja, as informações são obtidas em função das características físicas da bacia, em destaque: área de drenagem, comprimento do rio, declividade, tempo de concentração e precipitação (SILVA *et al*, 2016).

A seguir será apresentada na Figura 5 a caracterização da micro bacia do córrego Pau de Caixeta, objeto desse artigo, em relação aos usos do solo. Destaque-se que a informação associada ao tipo de solo e a respectiva taxa de permeabilidade são essenciais como dados de entrada no modelo chuva-vazão e permitiram calcular o CN (*curve number*) médio ou número de escoamento da bacia hidrográfica.

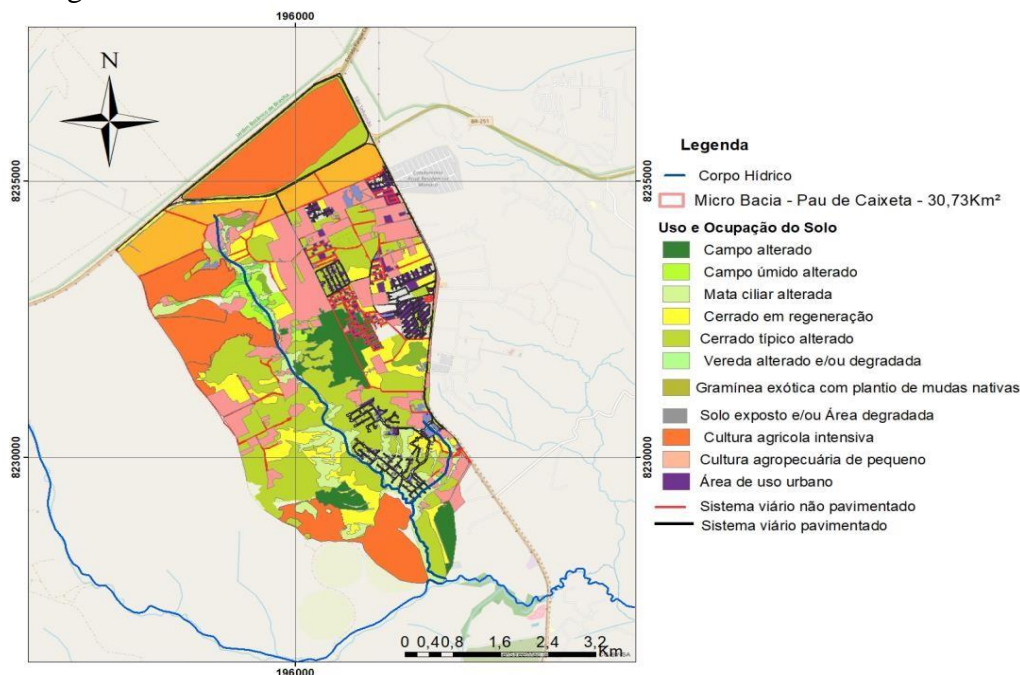


Figura 5 - Classificação do Uso e Ocupação do Solo na Microbacia do Pau de Caixeta.
 Fonte: Plano de Manejo do Parque Ecológico do Tororó.

O CN é um parâmetro adimensional e seu valor varia entre 0 e 100, sendo que 0 corresponde a um solo com capacidade de infiltração infinita e 100 corresponde a um solo totalmente impermeável (COLLISCHONN & DORNELLES, 2013). A área de estudo, córrego Pau de Caixeta, apresentou um CN médio de 76 e o tipo de solo associado é cambissolo e latossolos.

Ainda na Figura 5 é possível verificar que boa parte da microbacia está enquadrada no uso e ocupação mais rural/agrícola, entretanto, essa região é, também, objeto de expansão urbana (com novos parcelamentos unifamiliar/multifamiliar e infraestrutura de serviços associadas). Infere-se, portanto, que ao longo dos anos será observada a transição de uma bacia rural para urbana.

Sendo assim, o conhecimento da dinâmica do processo de urbanização e seus efeitos é ponto fundamental para a realização de um estudo que indique soluções alternativas para a gestão dos recursos hídricos. Neste sentido, serão apresentadas duas situações verificadas na região em tela (córrego Pau de Caixeta) nos meses de dezembro/21 e março/22.

RESULTADOS

Ocorrência de Impactos Negativos durante o monitoramento

Em dezembro/2021, em pleno período chuvoso, foram observados alagamentos na região limítrofe da Rodovia DF 140, conforme o conjunto de imagens abaixo.



Figura 6 - Registro da Rodovia DF 140, dezembro 2021.



Figura 7 - Ponto de Alagamento na Rodovia DF 140, início do trecho, dezembro de 2021.



Figura 8 - Ponto de Alagamento no percurso para condomínios do Setor Tororó.



Figura 9 - escoamento superficial, sem controle para o Córrego Pau de Caixeta.

A região não dispõe de um equipamento automático para chuva. Contudo, foram levados em consideração os dados da Estação telemétrica sob código 60492200 – Bartolomeu Fazenda Recreio, que dista aproximadamente 15 km da área de estudo, de propriedade da Adasa.

A Tabela 1 apresenta as informações levantadas que foram consideradas para o dia do evento chuvoso em destaque. E a Figura 10 mostra o resultado da simulação realizada no modelo chuva-vazão, ABC 6. Já a Tabela 2 apresenta os registros de vazões mensais medidas nas campanhas de monitoramento.

Tabela 1 - Informações de precipitação consideradas para estimativa na área de estudo.

Item	Chuva	Observação
Total do Mês	361,6 mm	Soma dos dias de chuva em Dezembro/21
Acumulado de 5 dias antecedente o Evento	34,6 mm	Representa 9,57 % da chuva do mês DEZ/21
Evento 11/12/21 (Duração:60 min)	20,2 mm	Representa 58,4 % do acumulado de 5 dias anteriores ao evento (07/12/21 a 11/12/21)

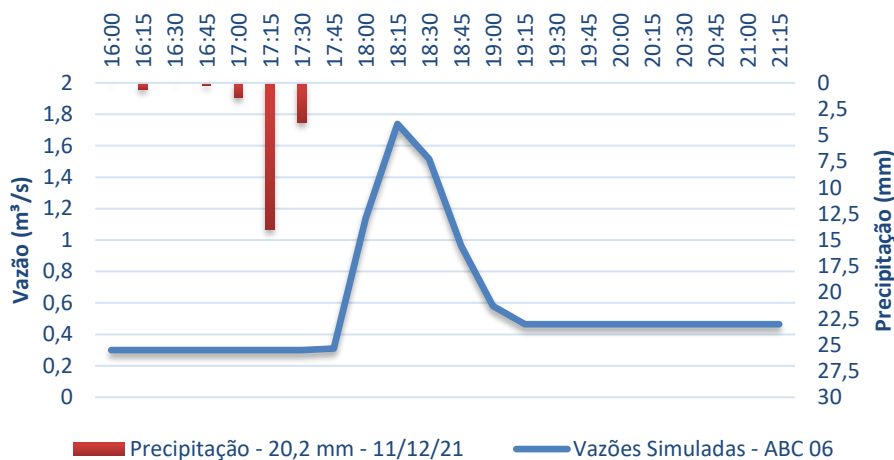


Tabela 2 - Registros mensais de vazão medida no monitoramento - variação em % com o resultado da simulação na saída da bacia hidrográfica para o evento.

Data	Vazão medida mensal	Variação (%)
Nov/21	0,50	8,0
Dez/21	0,52	11,5
Fev/22	0,54	14,8
Mar/22	0,50	8,0
Abr/22	0,47	2,1

Figura 10 - Hidrograma das Vazões simuladas para o evento de precipitação considerado, 20.2 mm.

Diante dos resultados apresentados na Figura 10 e na Tabela 2, foi possível verificar que a bacia em tela apresenta um tempo de resposta alto, aproximadamente 30 min, para o evento de precipitação simulado. Ao comparar a vazão simulada da saída da bacia, $0,46\text{m}^3/\text{s}$ com as vazões medidas mensais no monitoramento foram observados valores inferiores à 15%. A diferença entre a vazão medida em dezembro e as vazões simuladas para o evento em destaque, foi inferior a 12%. E, a vazão de pico estimada pelo modelo para o evento (20,2mm) foi de $1,74\text{m}^3/\text{s}$, sendo 3,34 vezes maior do que aquela observada.

Destaque-se que o projeto de drenagem proposto para o Setor Tororó levou em consideração que cada parcelamento de solo inserido na região seria responsável pela implantação do seu próprio sistema de drenagem pluvial, contemplando a rede de drenagem e dispositivos de retenção das águas pluviais, podendo estes parcelamentos lançar na macrodrenagem o máximo equivalente a $24,4\text{ L/s.ha}$, conforme Resolução ADASA nº 9 de 08/04/2011. Junto a essa vazão do empreendimento, soma-se o escoamento superficial gerado nas vias coletivas do setor e de todos os outros parcelamentos de uma mesma sub-bacia contribuinte.

Diante da situação observada nas Figuras 6 a 9, levando em consideração a questão de umidade do solo nos dias antecedentes ao evento supracitado, é possível verificar que o sistema da macrodrenagem projetado para o setor se apresenta insuficiente. Tendo em vista que estão ocorrendo alagamentos, constantemente, sendo importante prever medidas de controle na fonte para minimizar a vazão de entrada nos futuros reservatórios dimensionados para a macrodrenagem.

No mês de março/2022, foram verificadas alterações significativas no Ponto de monitoramento 02 instalado para o projeto de mestrado (Figura 03). Ao realizar a vistoria mensal do local de monitoramento foi detectada grande movimentação de solo e desmate da vegetação limítrofe ao corpo hídrico, conforme mostram as Figuras 11, 12 e 13.

A Figura 14 apresenta a mudança no perfil da seção avaliada a partir do mês de março/2022. Ressalte-se que após o mês de abril/22, não foi possível ter mais acesso ao ponto de monitoramento, pois as características da seção se modificaram, devido a área alagada observada. A Tabela 3 apresenta os resultados associados a situação detectada.



Figura 11 - Ponto 02 – Jusante (esquerda) e Montante (direita). Registro Nov/21.



Figura 12 - Ponto 02 - Jusante. Registro Mar/22



Figura 13 - Ponto 02 - Jusante. Registro Abr/22

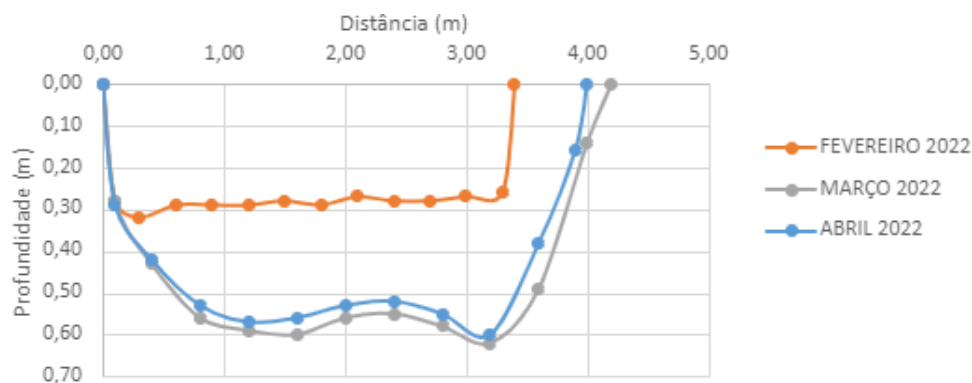


Figura 14 - Perfil da Seção Molhada. Ponto de Monitoramento 02 - Córrego Pau de Caixeta.

Tabela 3 - Resultados medidos em campanhas de monitoramento, Ponto 02 – Córrego Pau de Caixeta

Data	Vazão (m³/s)	Velocidade (m/s)	Área da Seção (m²)	Situação
12/02/22	0,54	0,581	0,936	Resultados anteriores à interferência.
27/03/22	0,50	0,243	2,06	Resultados posteriores à interferência.
23/04/22	0,47	0,247	1,91	Resultados posteriores à interferência.

Diante dos resultados observados nota-se que no mês de março/22 houve uma redução da velocidade de fluxo da água em aproximadamente 42%, se comparado com a medição de fevereiro/22. Houve, igualmente, um aumento em mais de 100% na área da seção transversal, indicando que a interferência observada no ponto 02 reduziu a velocidade de escoamento original do córrego e aumentou significativamente a área molhada com a finalidade de uso particular do recurso hídrico.

CONCLUSÕES

O monitoramento contínuo no córrego Pau de Caixeta é fundamental para se obter registros históricos que caracterizem as reservas hídricas do corpo hídrico. O sistema de drenagem de águas pluviais para o setor necessita de melhorias, sendo necessários estudos de modelagem mais robustos nesse quesito. Atualmente, estão ocorrendo muitos alagamentos e as bacias de retenção instaladas ou em construção estão transbordando, escoando diretamente para o córrego Pau de Caixeta. Ressalte-se que o Setor Habitacional Tororó está em fase de instalação, e ainda, não atingiu o adensamento total previsto.

O ABC 6, modelo chuva-vazão, mostrou-se eficiente para caracterizar a área de estudo.

O monitoramento quantitativo do Ponto 02, tornou-se inviável, devido as informações retrocitadas. Todavia, para realizar a substituição desse local optou-se por acrescentar outros pontos de monitoramento, sendo a montante e a jusante da interferência verificada. A situação observada em março/22 pode contribuir para o aumento dos alagamentos na região. Além disso, torna-se necessário avaliar a resposta dessa modificação no período de estiagem, principalmente, a vazão remanescente para manutenção do rio e dos demais usuários nos trechos de jusante.

Conclui-se que é importante o conhecimento sobre o comportamento da vazão ao longo do tempo nas pequenas bacias, pois isso permite estimar a disponibilidade de recursos hídricos da área de interesse. Ademais, pode auxiliar no estudo dos impactos de novos empreendimentos em áreas de expansão urbana e possibilitar a constituição e o aperfeiçoamento de um banco de dados técnico, que pode ser utilizado pelos gestores e tomadores de decisão.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior - Brasil (CAPES) – código de financiamento 001. Os autores agradecem também ao Programa de Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos – ProfÁgua, Projeto CAPES/ANA AUXPE nº 2717/2015, pelo apoio técnico científico aportado até o momento. Ao IBRAM, em especial a SUCON - Superintendência de Unidade de Conservação, Biodiversidade e Água pelo fornecimento de informações. À ANA e ADASA pelo fornecimento de dados hidrológicos no sistema Hidroweb Telemetria. E, ao Engenheiro Civil João Sales, morador da região, por toda informação histórica fornecida para a realização das atividades gerais do Mestrado.

REFERÊNCIAS

a) Livros

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. Hidrologia: para engenharia e ciências ambientais. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2013. 336p. (Coleção ABRH; 12).

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto – 3 Ed – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 2005. 452p.

TUNDISI, J.G. Governança da água. Rev. UFMG, Belo Horizonte, v. 20, n.2, p. 222-235. 2013.

b) Trabalhos Técnicos

ECOPLAN. Plano de Gerenciamento integrado dos Recursos Hídricos do Distrito Federal – PGIRH, integrante do Programa de Saneamento Básico no Distrito Federal. 2012

SILVA, E.C.B., 2016. Avanço da Urbanização em Vicente Pires – DF, Análise da Rede de Drenagem associada a medidas Compensatórias Utilizando o Modelo SWMM e ABC. Dissertação de Graduação, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 86 p.

SEDUH – SECRETARIA DE ESTADO DE GESTÃO DO TERRITÓRIO E HABITAÇÃO. Diretrizes urbanísticas para região do São Bartolomeu, Jardim Botânico e São Sebastião 01/2019.

c) Artigos

OLIVEIRA, C. P. M.; PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K; ROBERTO, A. N. (1999). “ABC 6, um sistema de suporte a decisões para análise de cheias em bacias 79 complexas” in Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, Dez. 1999, 1, pp. 56-65.

SILVA, E. C B; NASCIMENTO, C. T C. Caracterização ambiental e estudos hidrológicos quantitativos na região de expansão urbana da DF140, Brasília - DF Estudo de caso: córrego Pau de Caixeta.: XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Belo Horizonte – MG. 2021.

d) Resoluções

ADASA, Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal. Resolução nº 09, de 08 de abril de 2011. Estabelece os procedimentos gerais para requerimento e obtenção de outorga de lançamento de águas pluviais em corpos hídricos de domínio do Distrito Federal e naqueles delegados pela União e Estados.

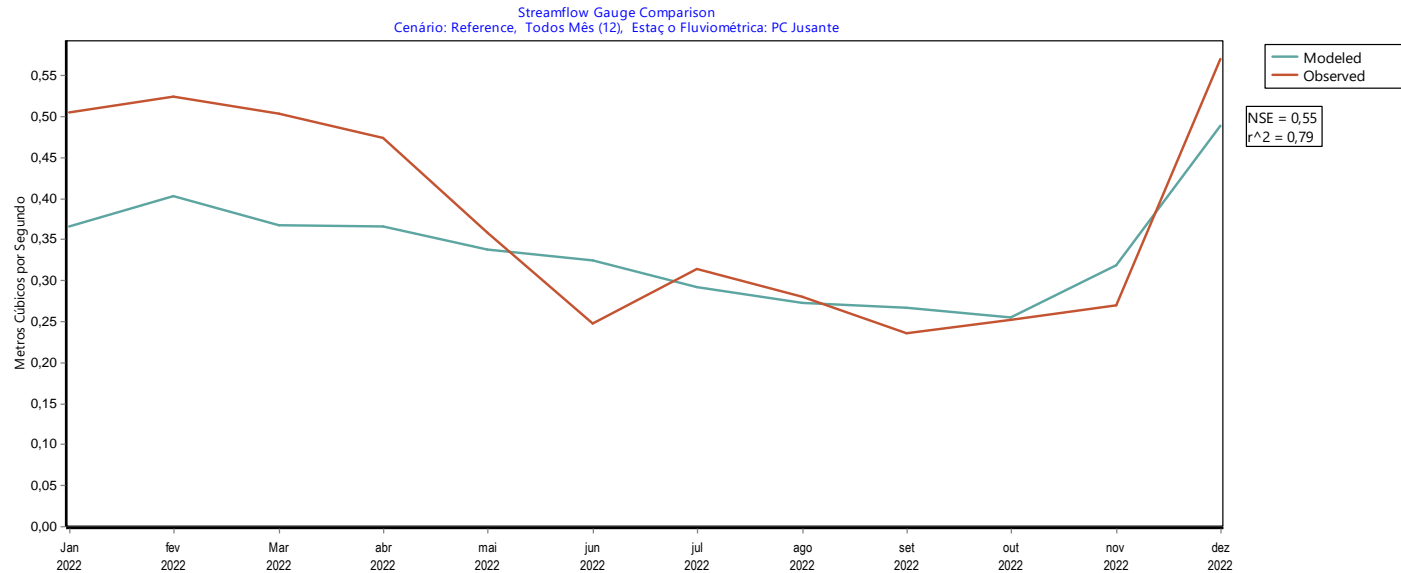
Apêndice C – Resultados das Simulações no WEAP

CRITÉRIO: PRECIPITAÇÃO (MÉDIA DAS MÍNIMAS)

PRECIPITAÇÃO (mm)	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
UH Santana	137,1	23,09	101,8	20,9	13,3	0,2	0	0	34,5	19,6	380,7	282,5
TEMPERATURA (°C)	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
UH Santana	21,78	21,49	22,5	22,54	19,76	19,79	19,11	21,16	23,08	23,71	20,94	21,09
UMIDADE (%)	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
UH Santana	74,19	77,93	68,4	62,84	59,64	53,47	51,65	41,66	48,25	53,18	77,3	82,17
VENTO(m/s)	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
UH Santana	2,35	2,06	1,94	2,26	2,12	2,44	2,74	2,77	2,57	2,48	1,92	2,45

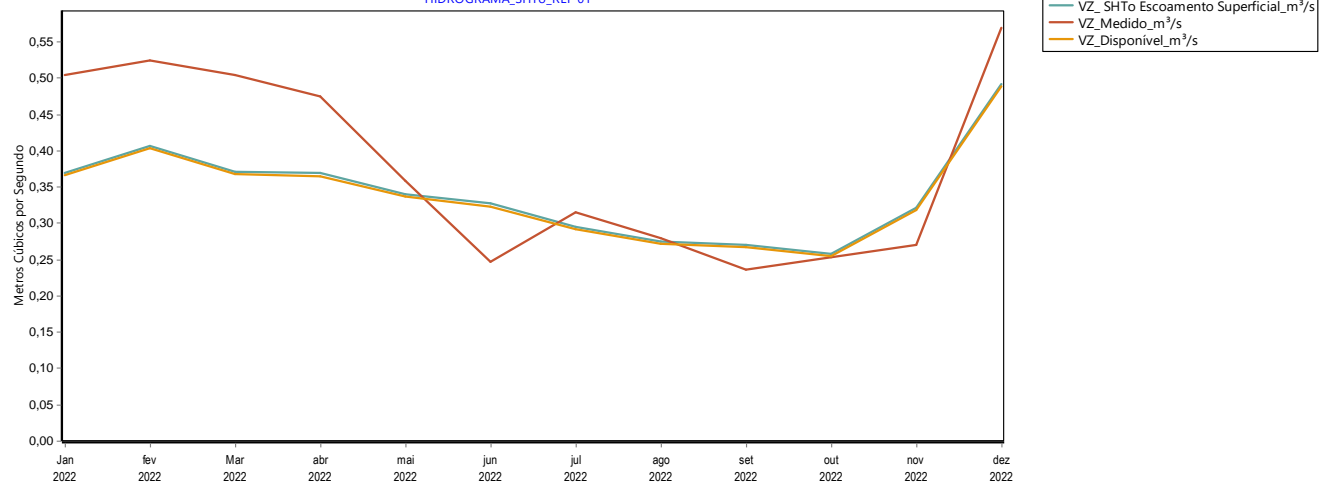
CENÁRIO: REF 01

ÁREA SHTo (Km²)	Área Urbana	Cerrado	Pastagem	Agricultura	População Inicial	20 mil pessoas	Demanda Irrigação (Milhões L/ano)	18,25
2022	7,43	17,03	41,63	33,91				



Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3652	0,4024	0,367	0,3648	0,336	0,3227	0,2905	0,2712	0,2664	0,2541	0,3177	0,4877
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

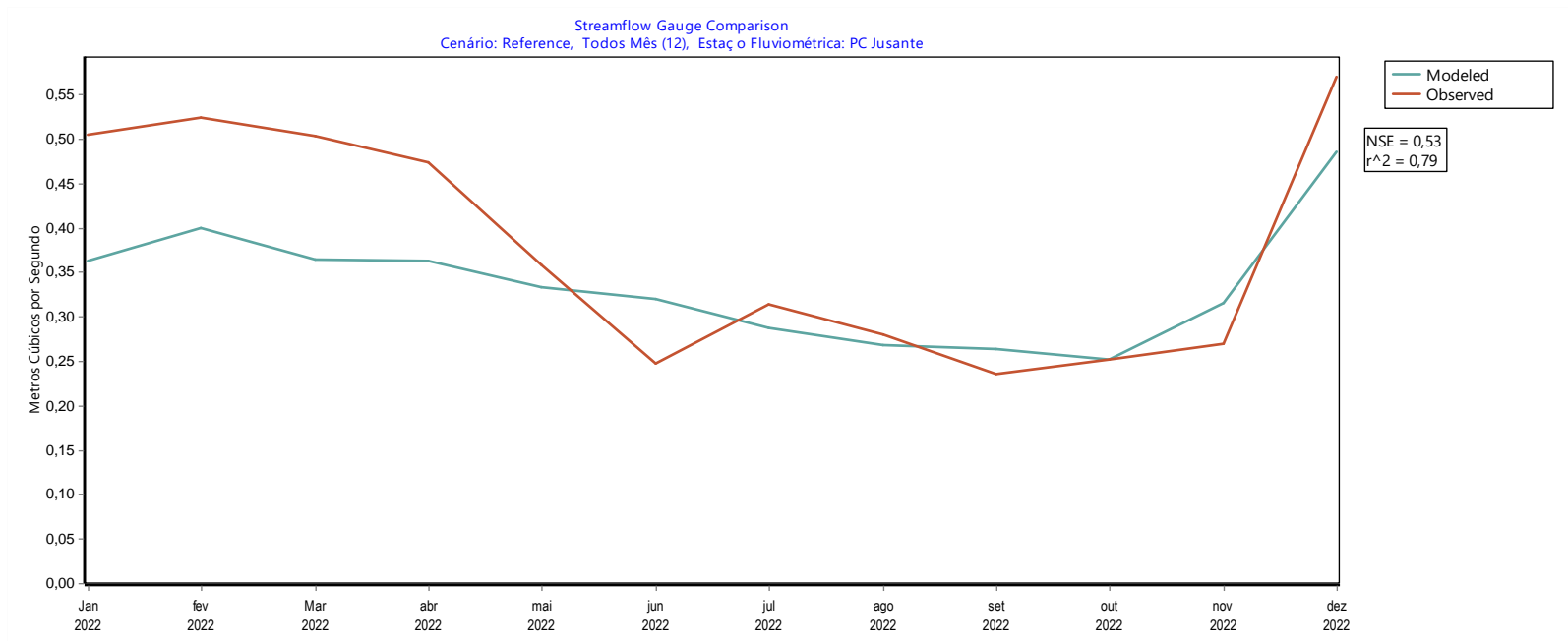
Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTo_REF 01



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3688	0,4063	0,3705	0,3685	0,3396	0,3264	0,294	0,2747	0,2701	0,2576	0,3213	0,4913
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3652	0,4024	0,367	0,3648	0,336	0,3227	0,2905	0,2712	0,2664	0,2541	0,3177	0,4877

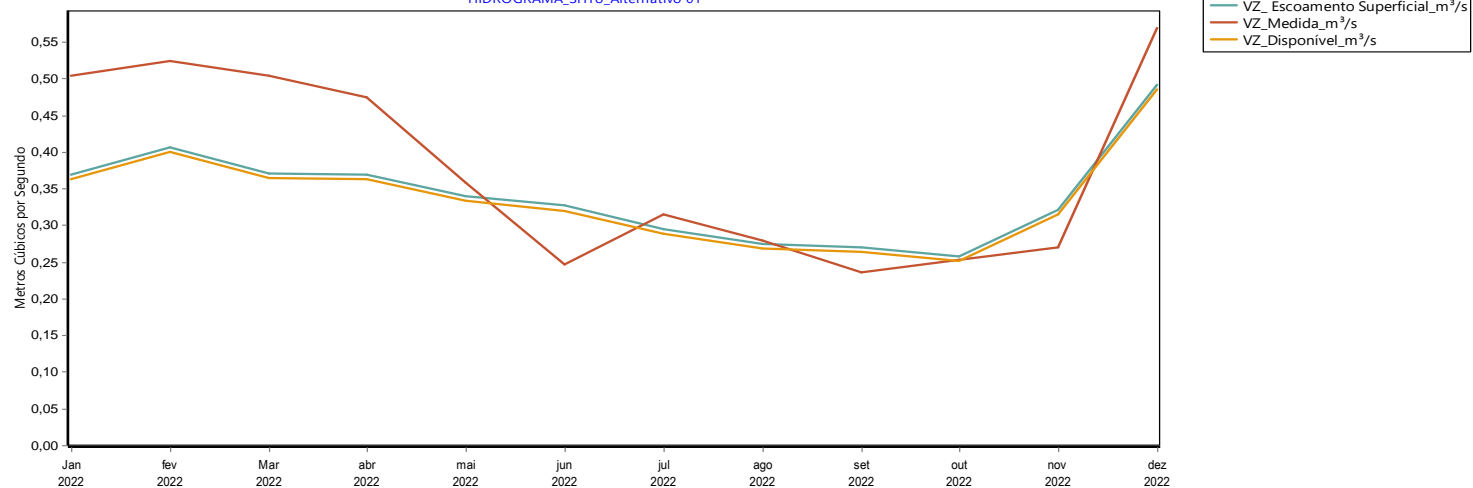
CENÁRIO: ALT 01

ÁREA SHTo (Km²)	Área Urbana	Cerrado	Pastagem	Agricultura	População Inicial	100 mil pessoas	Demanda Irrigação (Milhões L/ano)	18,25
2022	7,43	17,03	41,63	33,91				



Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3623	0,3991	0,364	0,3617	0,3331	0,3197	0,2875	0,2682	0,2633	0,2511	0,3146	0,4847
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

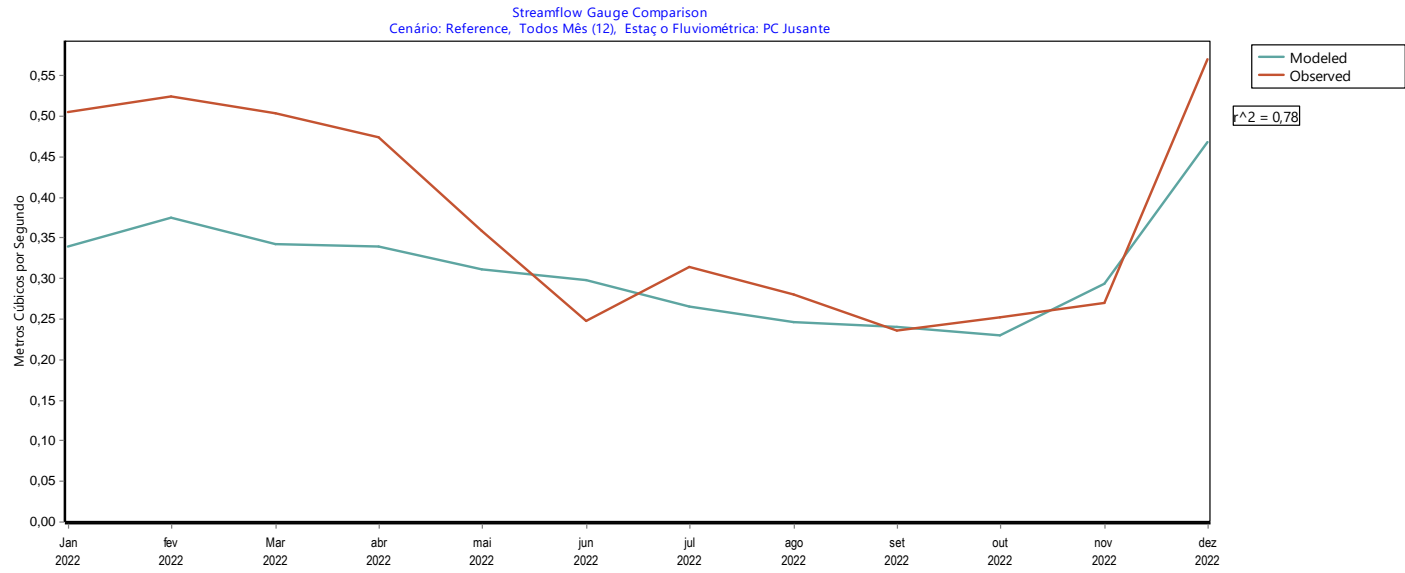
Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTo_Alternativo 01



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3688	0,4063	0,3705	0,3685	0,3396	0,3264	0,294	0,2747	0,2701	0,2576	0,3213	0,4913
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3623	0,3991	0,364	0,3617	0,3331	0,3197	0,2875	0,2682	0,2633	0,2511	0,3146	0,4847

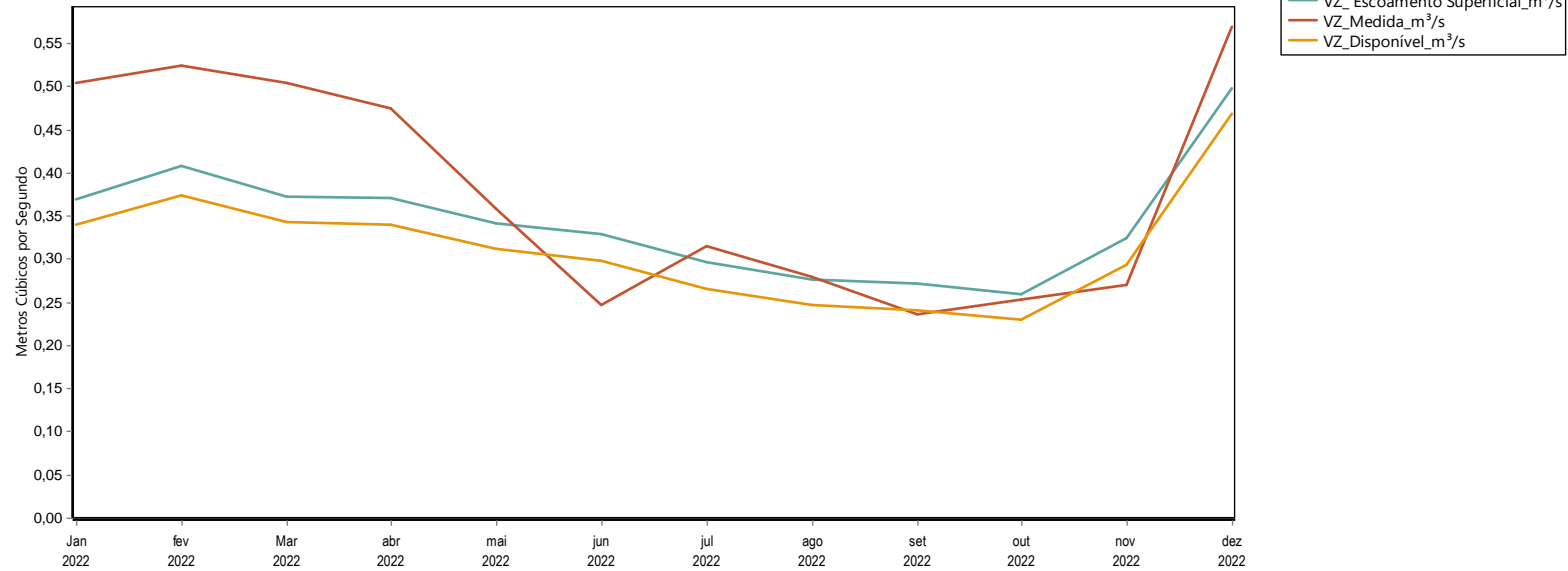
CENÁRIO: ALT 02

ÁREA SHTo (Km²)	Área Urbana	Cerrado	Pastagem	Agricultura	População Inicial	500 mil pessoas	Demanda Irrigação (Milhões L/ano)	18,25
2022	12,63	11,9	41,63	33,91				



Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3389	0,3739	0,3419	0,3391	0,3112	0,2969	0,2654	0,2459	0,2403	0,2289	0,293	0,4673
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTo_Alternativo 02



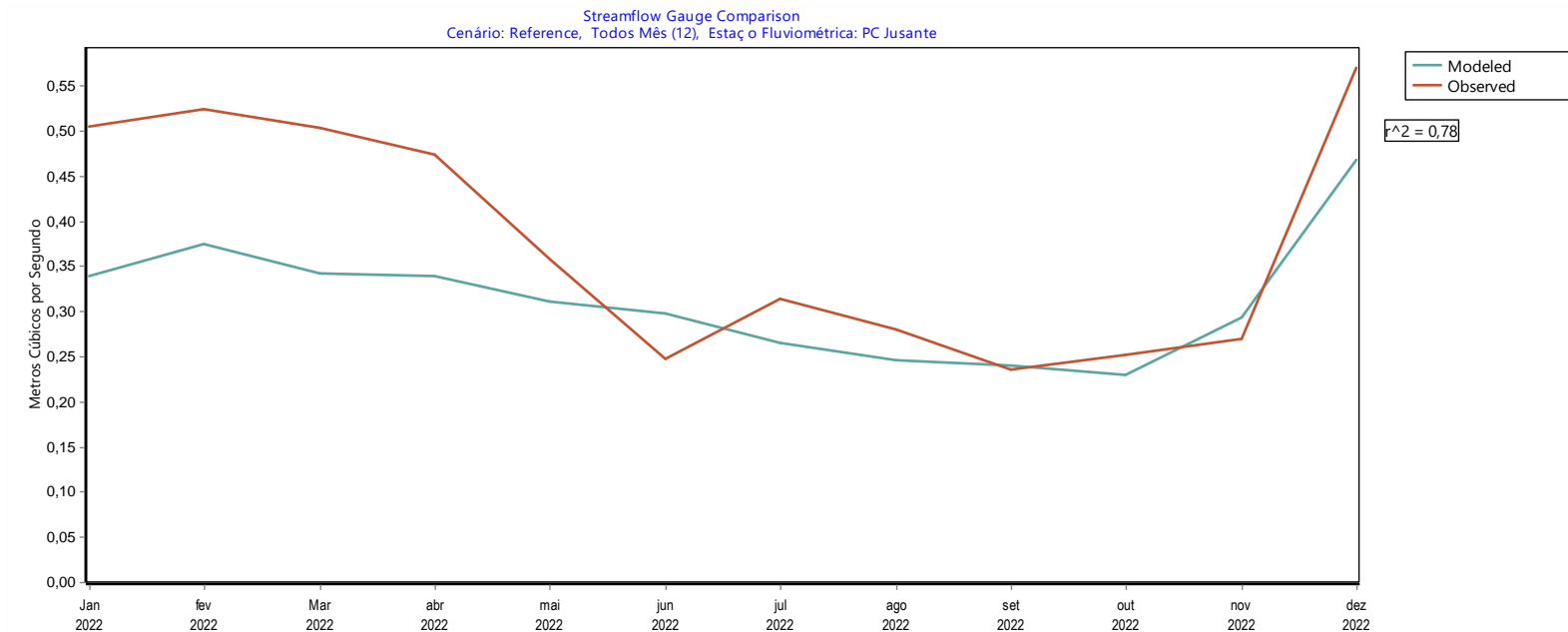
m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3692	0,4074	0,3722	0,3704	0,3415	0,3282	0,2957	0,2763	0,2716	0,2592	0,3243	0,4977
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3389	0,3739	0,3419	0,3391	0,3112	0,2969	0,2654	0,2459	0,2403	0,2289	0,293	0,4673

CENÁRIO: ALT 03

ÁREA SHTo (Km ²)	Área Urbana	Cerrado	Pastagem	Agricultura
2022	12,63	11,9	41,63	33,91

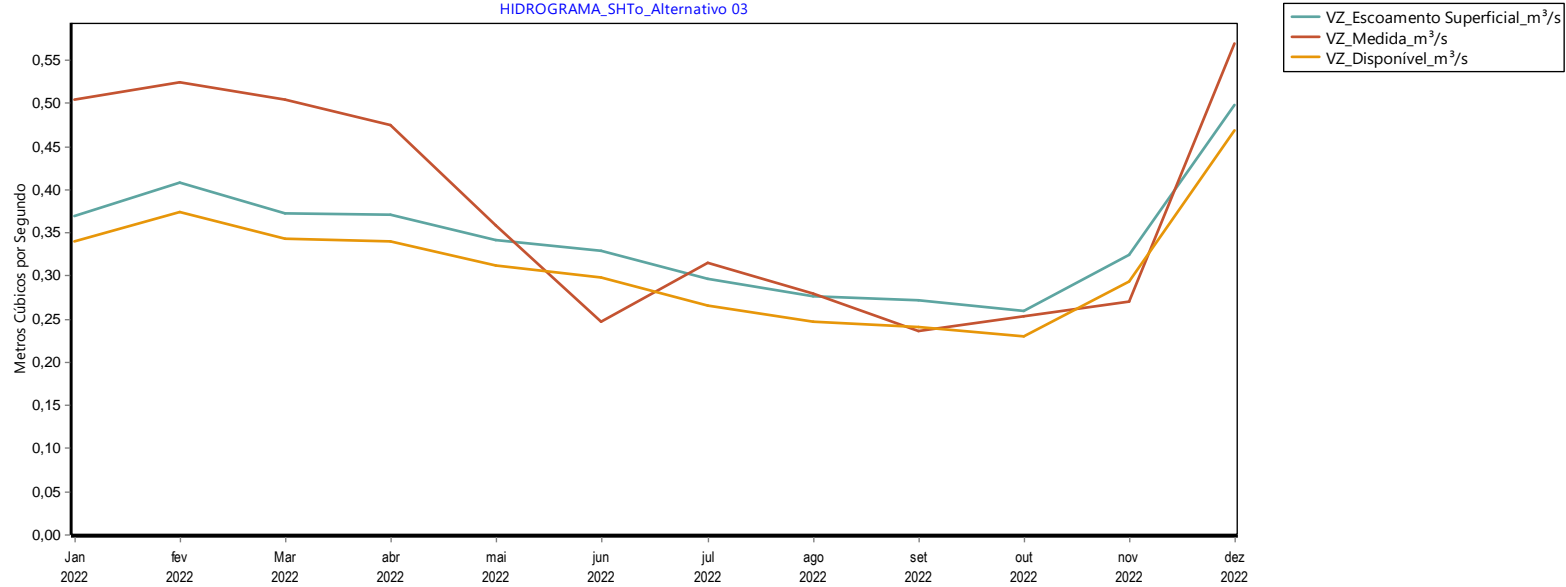
População Inicial 500 mil pessoas

Demanda Irrigação (Milhões L/ano) 25,55



Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3387	0,3736	0,3416	0,3389	0,311	0,2967	0,2651	0,2457	0,24	0,2287	0,2927	0,4671
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

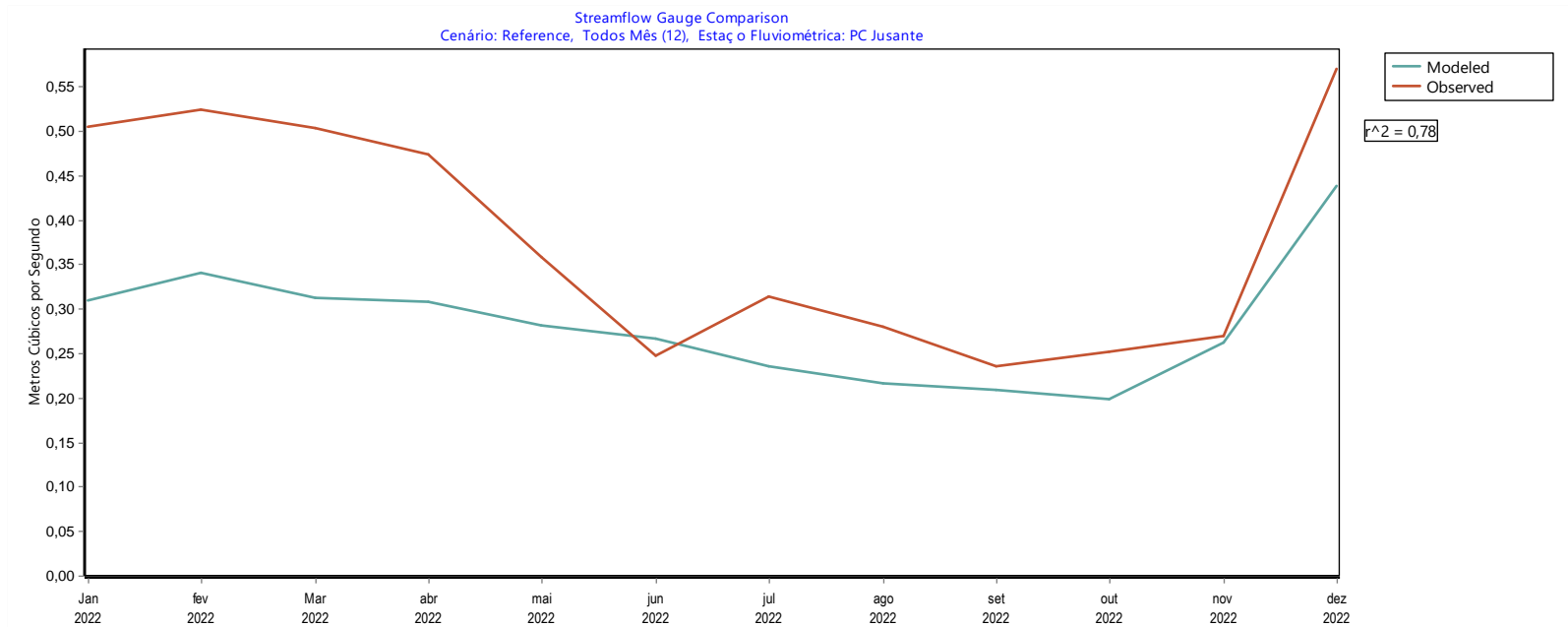
Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTo_Alternativo 03



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3692	0,4074	0,3722	0,3704	0,3415	0,3282	0,2957	0,2763	0,2716	0,2592	0,3243	0,4977
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3387	0,3736	0,3416	0,3389	0,311	0,2967	0,2651	0,2457	0,24	0,2287	0,2927	0,4671

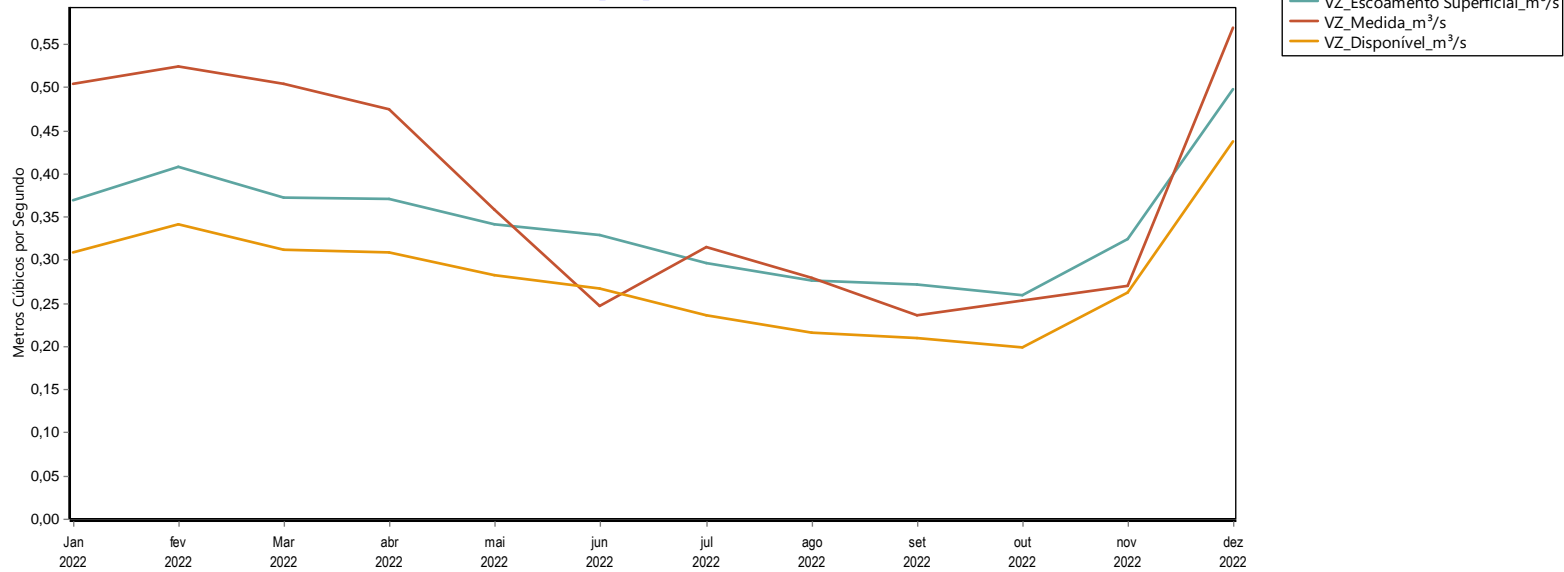
CENÁRIO: ALT 04

ÁREA SHTo (Km²)	Área Urbana	Cerrado	Pastagem	Agricultura	População Inicial	1 milhão pessoas	Demanda Irrigação (Milhões L/ano)	25,55
2022	12,63	11,9	41,63	33,91				



Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3089	0,3407	0,3119	0,3081	0,2812	0,266	0,2354	0,2159	0,2093	0,1989	0,262	0,4374
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTo_Alternativo 04



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3692	0,4074	0,3722	0,3704	0,3415	0,3282	0,2957	0,2763	0,2716	0,2592	0,3243	0,4977
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3089	0,3407	0,3119	0,3081	0,2812	0,266	0,2354	0,2159	0,2093	0,1989	0,262	0,4374

CRITÉRIO: PRECIPITAÇÃO (ANO 2022)

PRECIPITAÇÃO (mm)	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
UH Santana	156,2	228	44	54,1	0	0	0	0	28	62	319	447
TEMPERATURA (°C)	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
UH Santana	21,78	21,49	22,5	22,54	19,76	19,79	19,11	21,16	23,08	23,71	20,94	21,09
UMIDADE (%)	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
UH Santana	74,19	77,93	68,4	62,84	59,64	53,47	51,65	41,66	48,25	53,18	77,3	82,17
VENTO(m/s)	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
UH Santana	2,35	2,06	1,94	2,26	2,12	2,44	2,74	2,77	2,57	2,48	1,92	2,45

ÁREA SHTO
(Km²)

2022

Área
Urbana

7,43

Cerrado

17,03

Pastagem

41,63

Agricultura

33,91

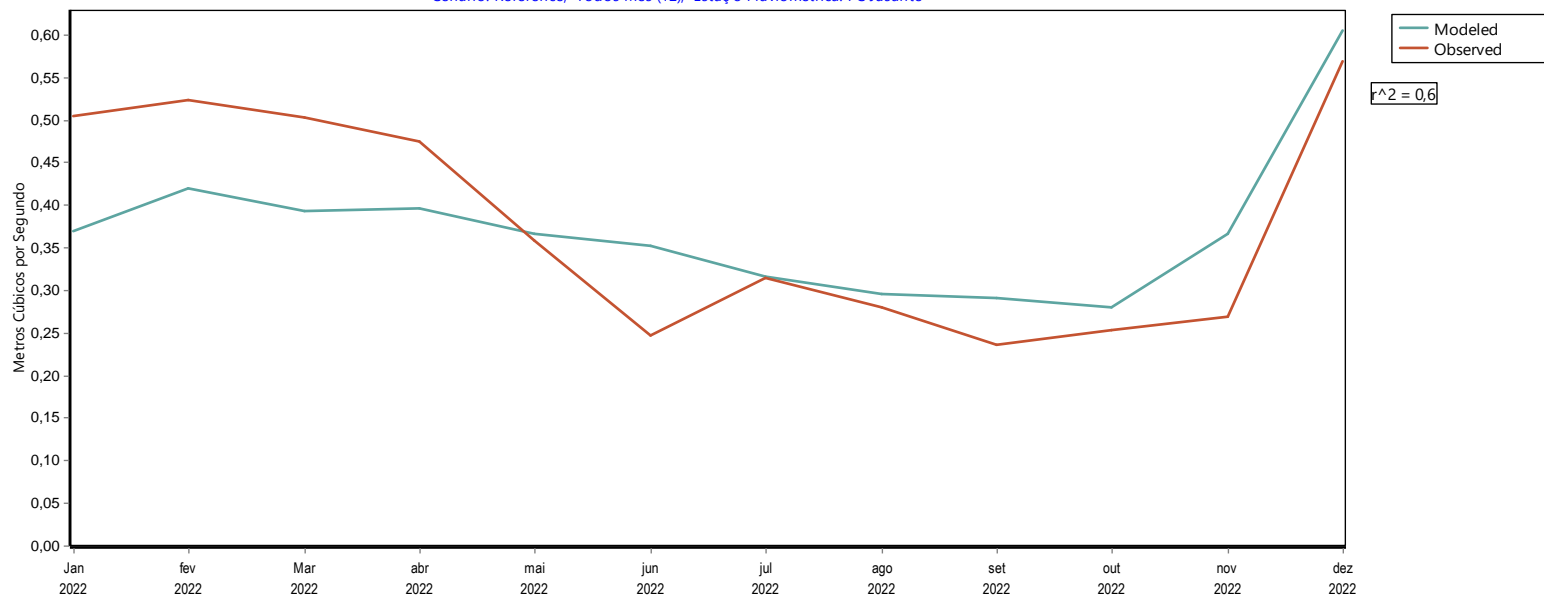
População
Inicial

20 mil
pessoas

Demanda Irrigação
(Milhões L/ano)

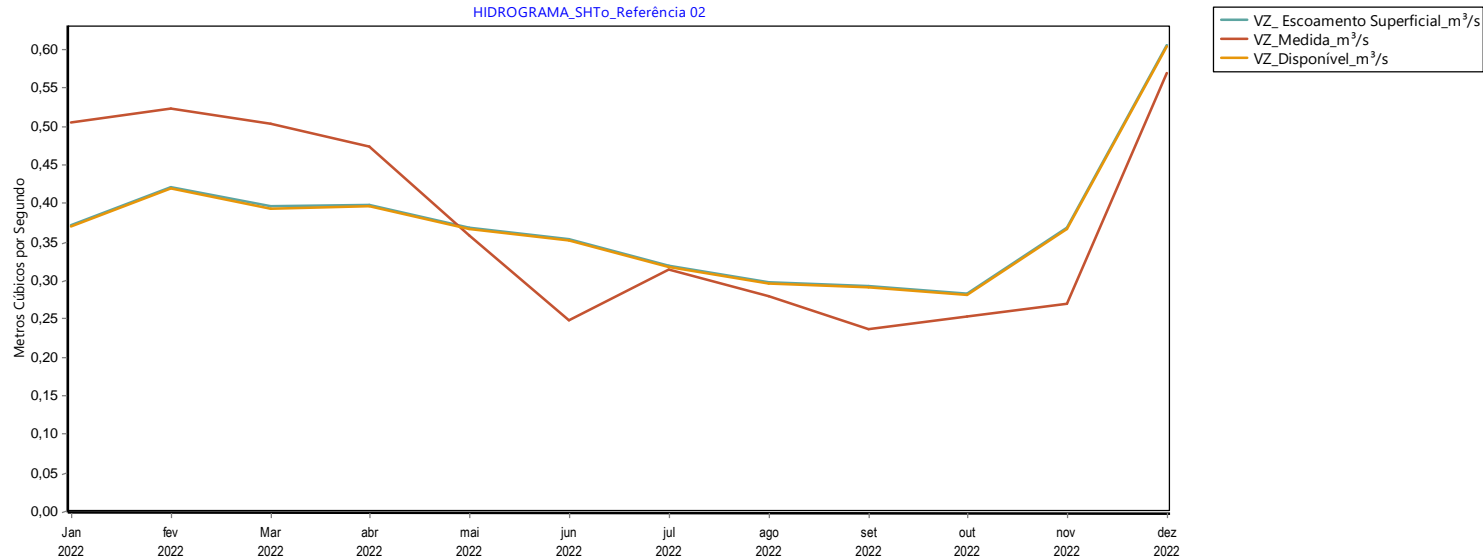
18,25

Streamflow Gauge Comparison
Cenário: Reference, Todos Mês (12), Estaç o Fluviométrica: PC Jusante



Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3687	0,4186	0,3931	0,3952	0,3663	0,3516	0,3162	0,295	0,2907	0,28	0,3665	0,6038
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTO_Referência 02



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3704	0,4205	0,3949	0,397	0,3681	0,3534	0,3179	0,2967	0,2925	0,2818	0,3683	0,6056
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3687	0,4186	0,3931	0,3952	0,3663	0,3516	0,3162	0,295	0,2907	0,28	0,3665	0,6038

ÁREA SHTo
(Km²)

2022

Área
Urbana

7,43

Cerrado

17,03

Pastagem

41,63

Agricultura

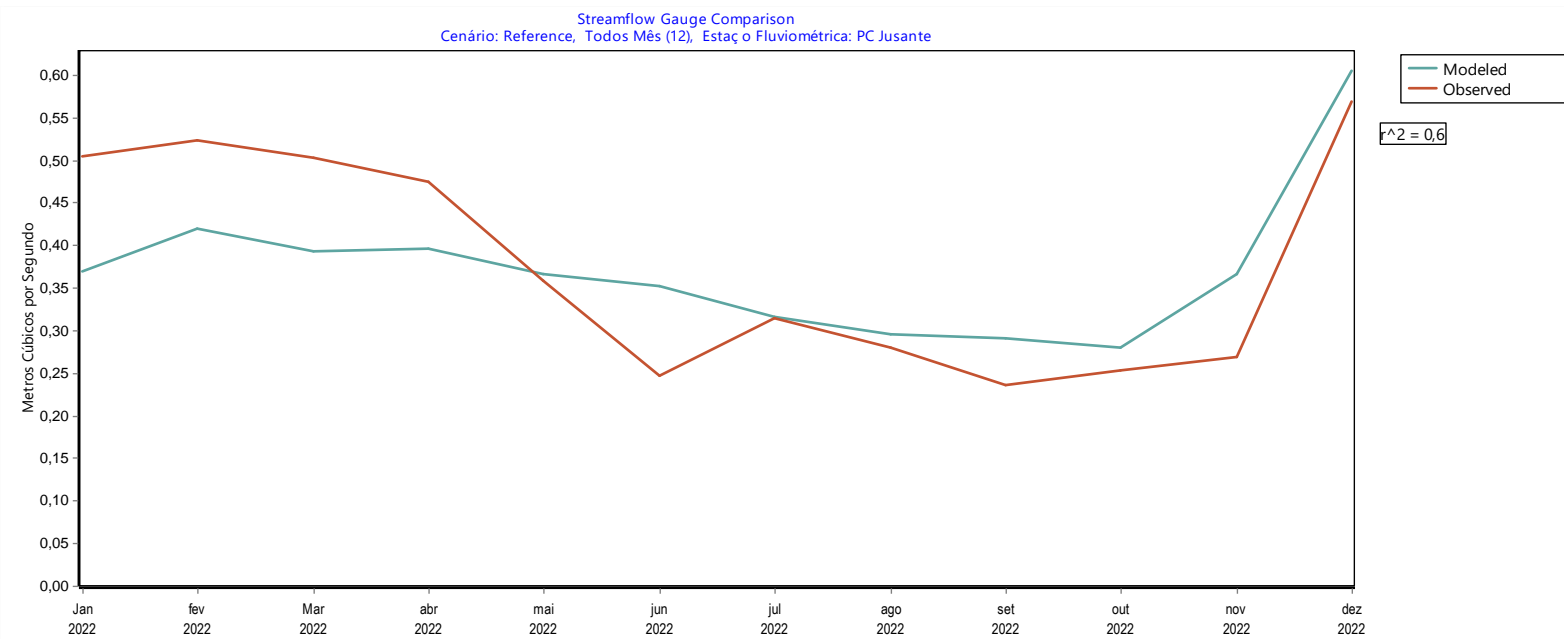
33,91

População
Inicial

100 mil
pessoas

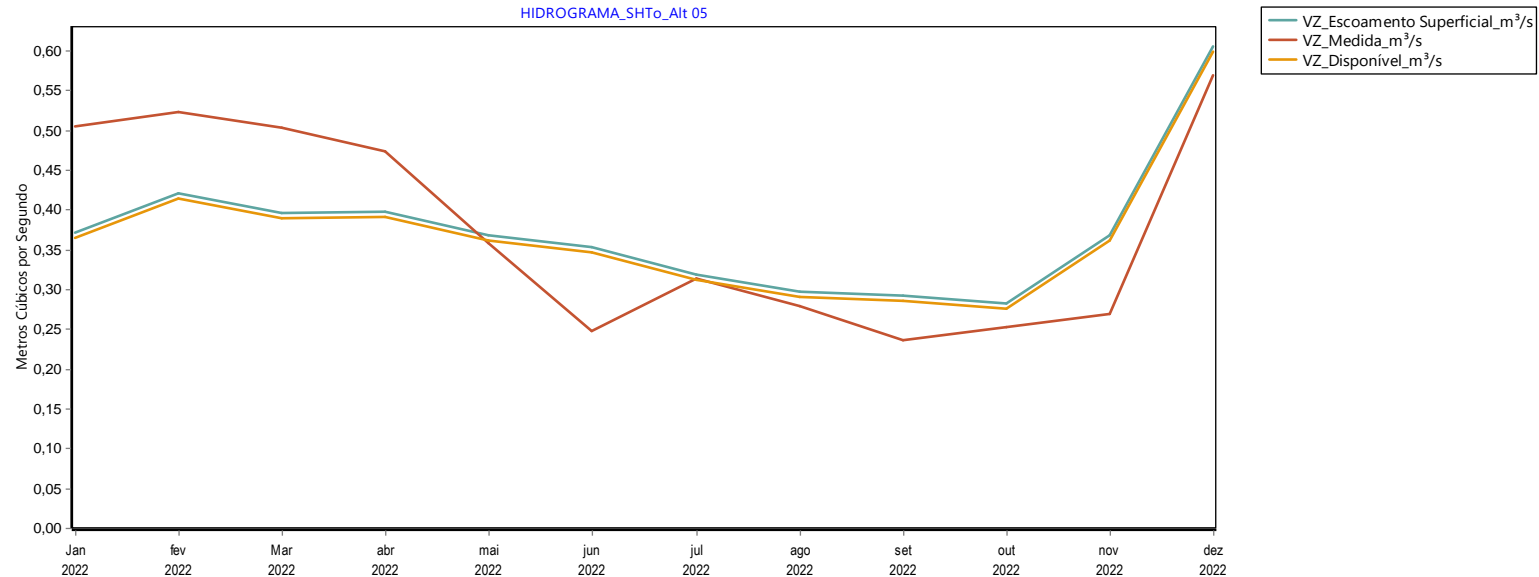
Demanda Irrigação
(Milhões L/ano)

18,25



Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3639	0,4134	0,3884	0,3902	0,3616	0,3467	0,3114	0,2902	0,2857	0,2752	0,3616	0,5991
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTo_Alt 05



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3704	0,4205	0,3949	0,397	0,3681	0,3534	0,3179	0,2967	0,2925	0,2818	0,3683	0,6056
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3639	0,4134	0,3884	0,3902	0,3616	0,3467	0,3114	0,2902	0,2857	0,2752	0,3616	0,5991

ÁREA SHTo
(Km²)

2022

Área
Urbana

12,63

Cerrado

11,9

Pastagem

41,63

Agricultura

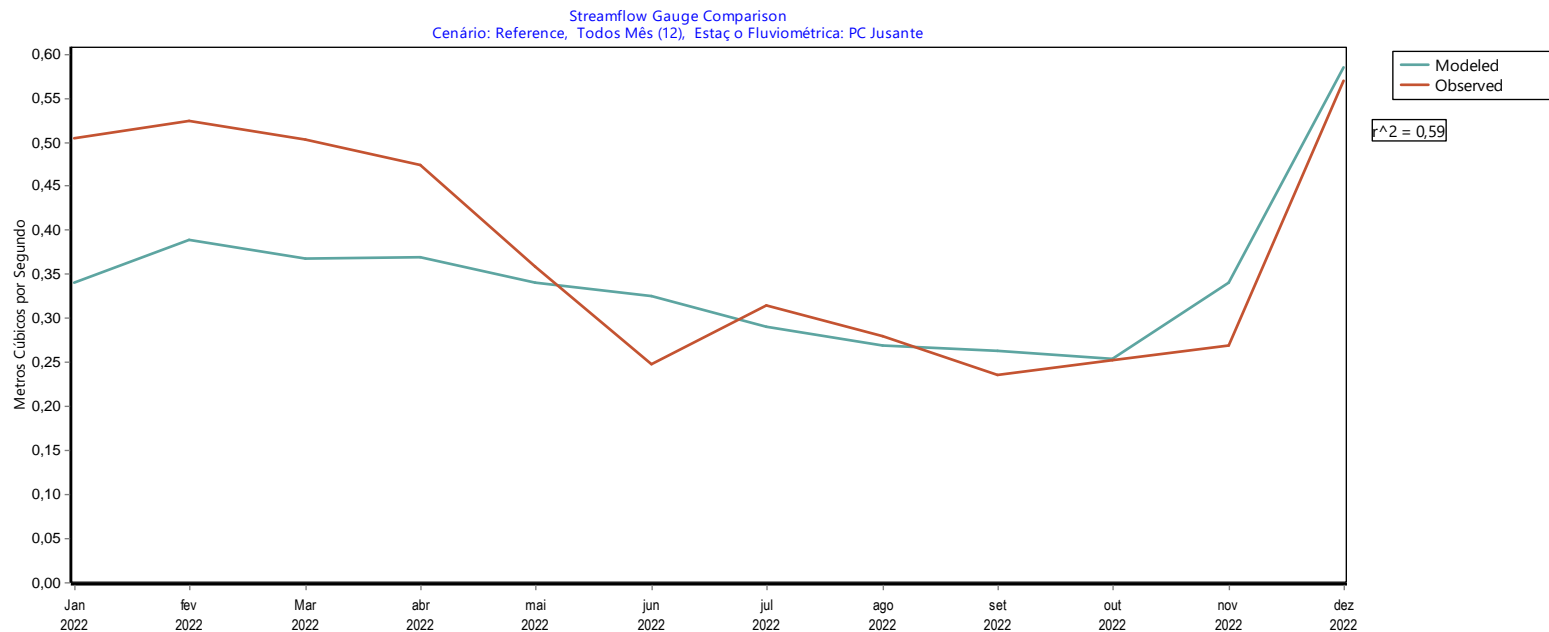
33,91

População
Inicial

500 mil
pessoas

Demanda Irrigação
(Milhões L/ano)

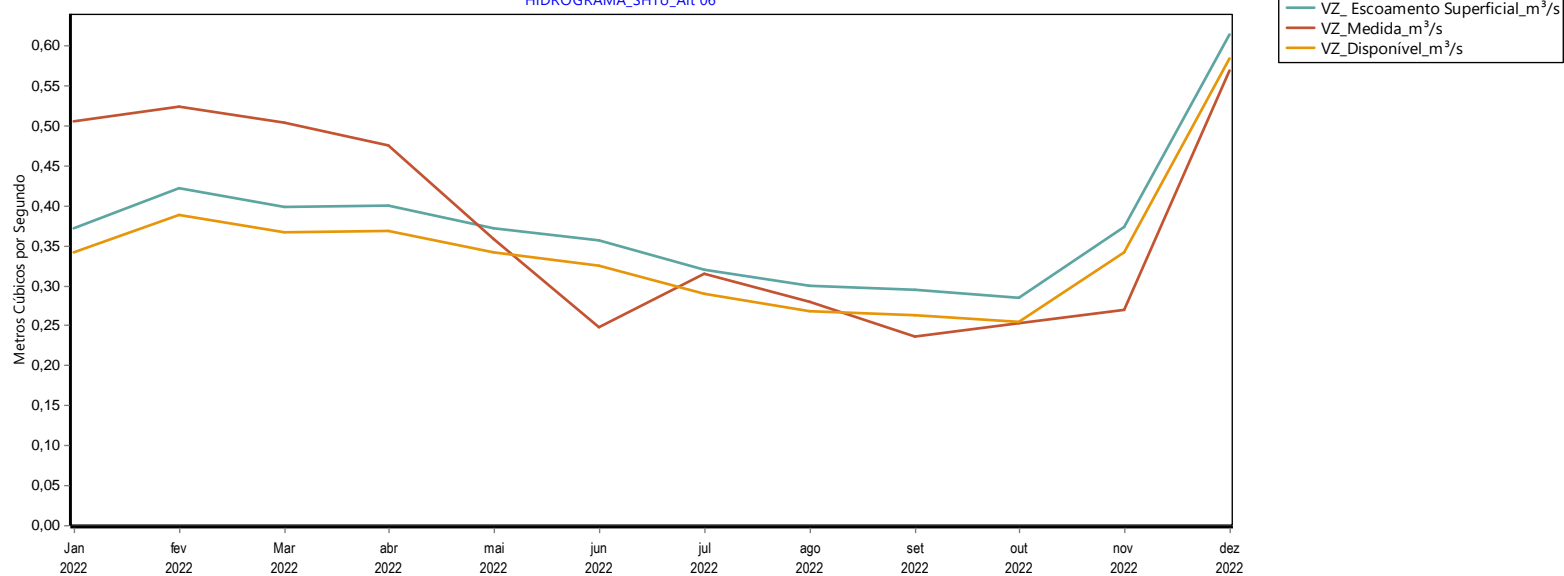
18,25



Statistic

Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3406	0,3884	0,3667	0,3682	0,3402	0,3244	0,2897	0,2683	0,263	0,2534	0,3407	0,5837
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTo_Alt 06



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3709	0,4219	0,3971	0,3995	0,3706	0,3557	0,32	0,2986	0,2943	0,2837	0,372	0,614
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3406	0,3884	0,3667	0,3682	0,3402	0,3244	0,2897	0,2683	0,263	0,2534	0,3407	0,5837

ÁREA SHTo
(Km²)

2022

Área
Urbana

12,63

Cerrado

11,9

Pastagem

41,63

Agricultura

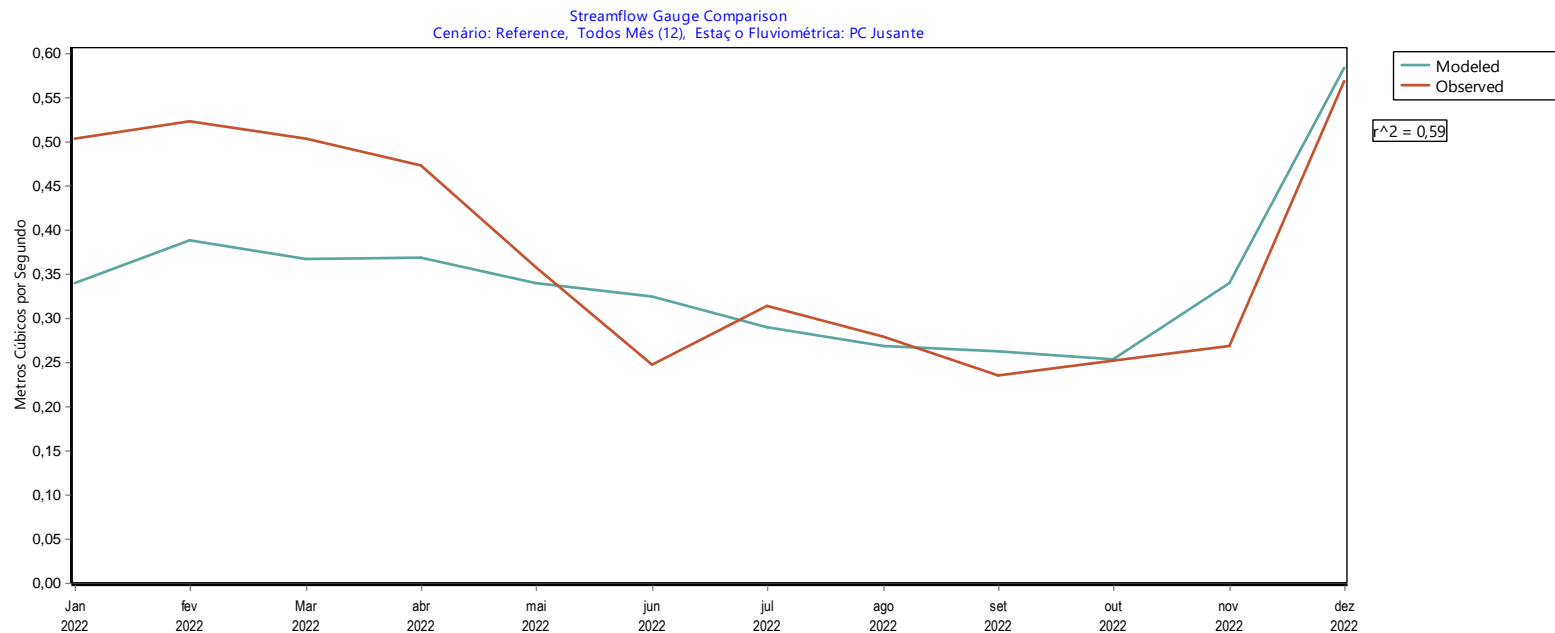
33,91

População
Inicial

500 mil
pessoas

Demanda Irrigação
(Milhões L/ano)

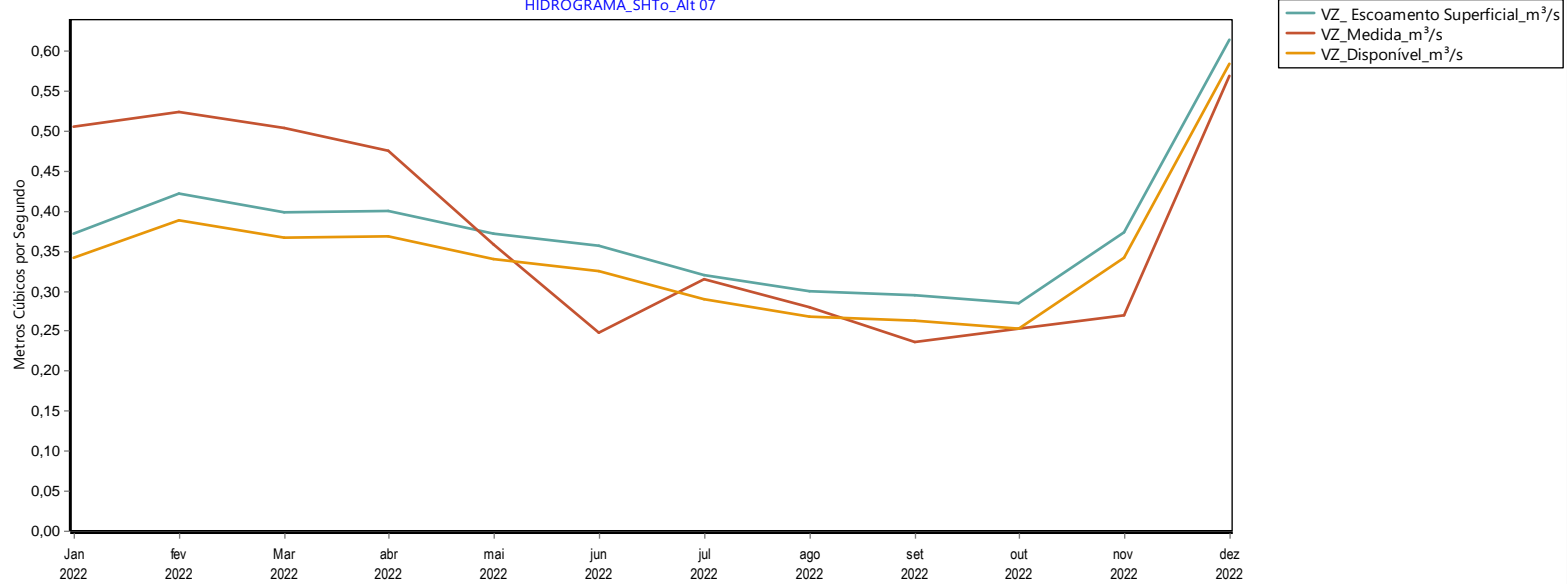
25,55



Statistic

Statistic	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Modeled	0,3403	0,3882	0,3665	0,368	0,34	0,3242	0,2894	0,268	0,2628	0,2531	0,3404	0,5834
Observed	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569

Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta
 HIDROGRAMA_SHTo_Alt 07



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3709	0,4219	0,3971	0,3995	0,3706	0,3557	0,32	0,2986	0,2943	0,2837	0,372	0,614
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3403	0,3882	0,3665	0,368	0,34	0,3242	0,2894	0,268	0,2628	0,2531	0,3404	0,5834

ÁREA SHTo
(Km²)

Área
Urbana

Cerrado

Pastagem

Agricultura

2022

12,63

11,9

41,63

33,91

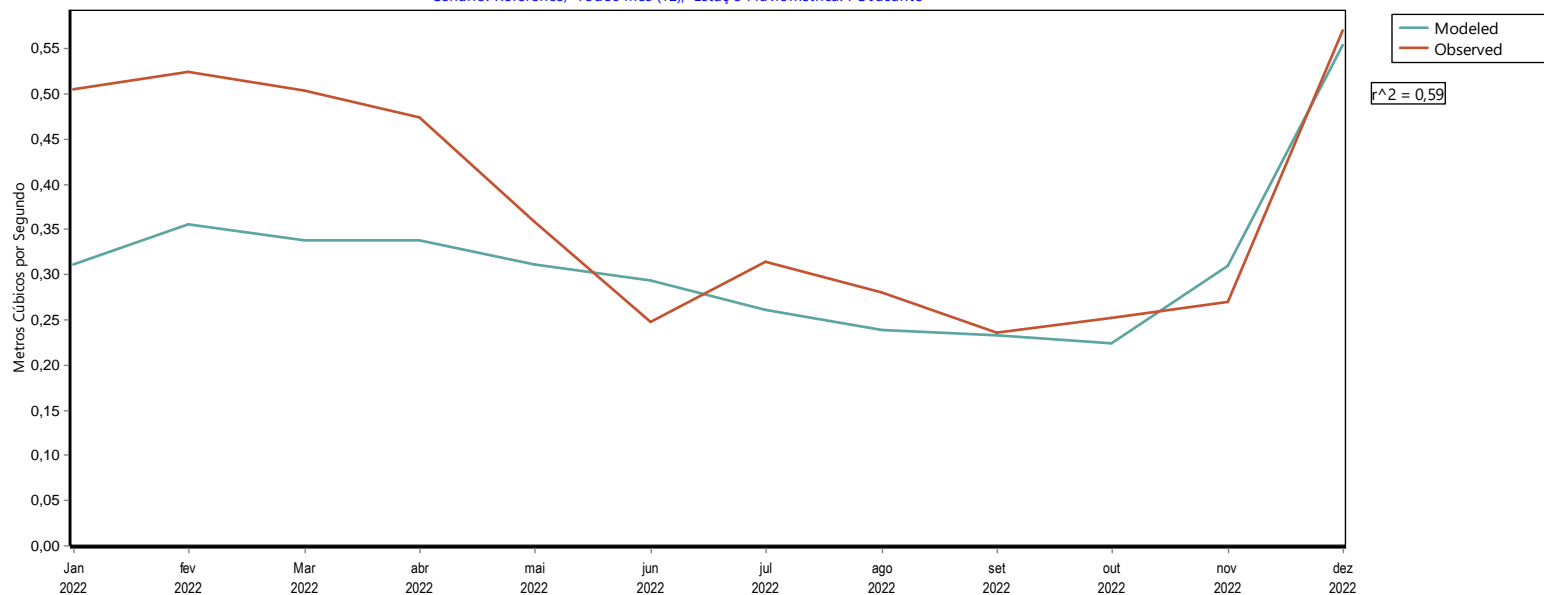
População
Inicial

1 milhão
pessoas

Demanda Irrigação
(Milhões L/ano)

25,55

Streamflow Gauge Comparison
Cenário: Reference, Todos Mês (12), Estaç o Fluviométrica: PC Jusante



Statistic

jan/22

fev/22

mar/22

abr/22

mai/22

jun/22

jul/22

ago/22

set/22

out/22

nov/22

dez/22

Modeled

0,3106

0,3553

0,3368

0,3372

0,3102

0,2934

0,2597

0,2383

0,232

0,2234

0,3097

0,5537

Observed

0,504

0,523

0,503

0,474

0,358

0,247

0,314

0,279

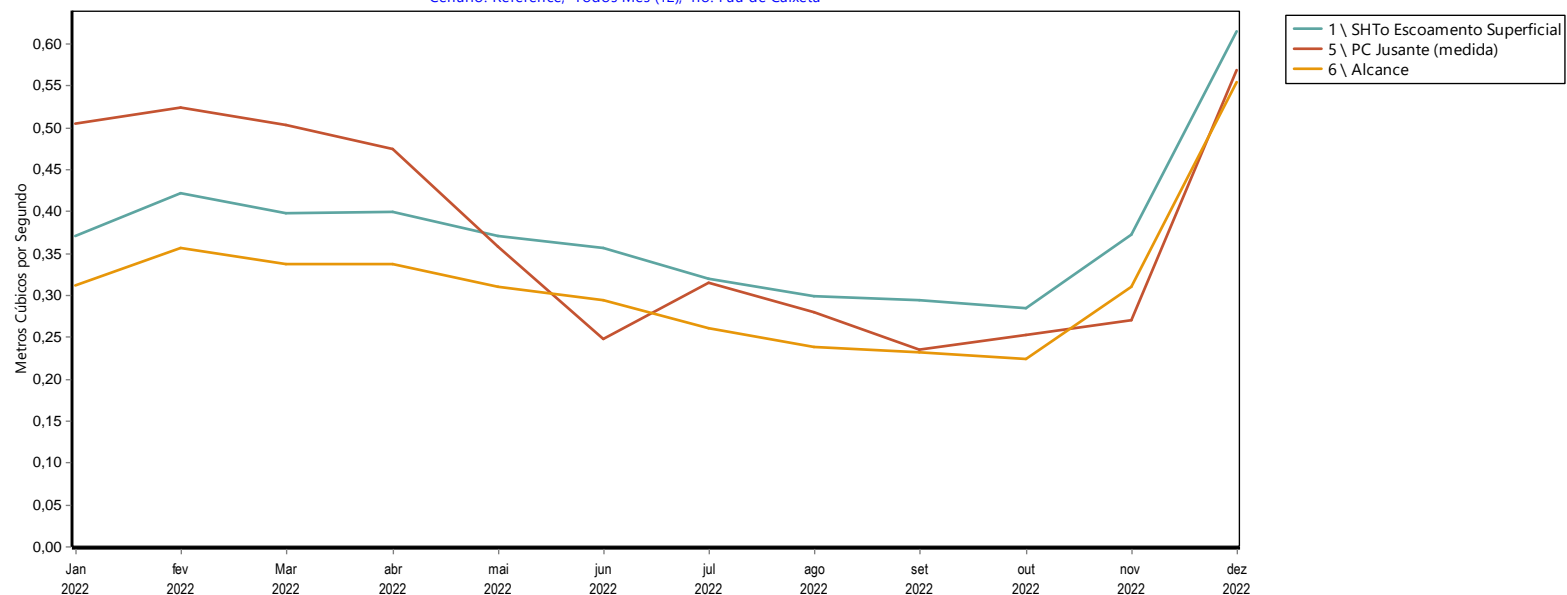
0,235

0,252

0,269

0,569

Correnteza (abaixo do nó ou alcançar relacionado)
 Cenário: Reference, Todos Mês (12), rio: Pau de Caixeta



m³/s	jan/22	fev/22	mar/22	abr/22	mai/22	jun/22	jul/22	ago/22	set/22	out/22	nov/22	dez/22
Escoamento Superficial	0,3709	0,4219	0,3971	0,3995	0,3706	0,3557	0,32	0,2986	0,2943	0,2837	0,372	0,614
Vazão Medida	0,504	0,523	0,503	0,474	0,358	0,247	0,314	0,279	0,235	0,252	0,269	0,569
Vazão Disponível	0,3106	0,3553	0,3368	0,3372	0,3102	0,2934	0,2597	0,2383	0,232	0,2234	0,3097	0,5537