

JONAS JANSEN MENDES

**GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO MUNIM – MA**

Sorocaba

2022

JONAS JANSEN MENDES

**GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO
RIO MUNIM – MA**

Tese apresentada como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciências Ambientais da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” na Área de Concentração, Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Enrique Gamero Guandique

SOROCABA

2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO em

ciências
ambientais

unesp
Sorocaba

M538g Mendes, Jonas Jansen
 Gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Munim –
 MA / Jonas Jansen Mendes. --Sorocaba, 2022
 129 p.

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
 Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba
 Orientador: Manuel Enrique Gamero Guandique

 1. Munim. 2. Recursos Hídricos. 3. Bacia Hidrográfica. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca do Instituto de
Ciência e Tecnologia, Sorocaba. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: Gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Rio Munim – MA

AUTOR: JONAS JANSEN MENDES

ORIENTADOR: MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Ciências Ambientais, área: Diagnóstico, Tratamento e Recuperação Ambiental pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. MANUEL ENRIQUE GAMERO GUANDIQUE (Participação Virtual)
Engenharia Ambiental / Unesp Instituto de Ciencia e Tecnologia de Sorocaba

Prof^a. Dr^a. ADELAIDE CASSIA NARDOCCI (Participação Virtual)
Faculdade de Saúde Pública - Universidade de São Paulo (FSP-USP)

Prof. Dr. SERGIO NASCIMENTO DUARTE (Participação Virtual)
Biossistemas / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ) - Universidade de São Paulo (USP)

Prof^a. Dr^a. KELLY CRISTINA TONELLO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Florestal / Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR

Dr. MAURÍCIO RANZINI (Participação Virtual)
Instituto de Pesquisas Ambientais

Sorocaba, 06 de dezembro de 2022.

Dedico a Deus e aos meus pais, João e Domingas, por todo apoio e incentivo ao meu crescimento profissional e pessoal.

AGRADECIMENTOS

Durante o andamento do doutorado, o caminho tornou-se mais leve quando caminhamos juntos com pessoas que lhe valorizam e dão forças na sua trajetória.

Nessa perspectiva, agradeço aos meus familiares, professores e amigos que colaboraram para a construção da minha vida profissional e acadêmica, em especial:

A Deus, pelo conhecimento, sabedoria, cuidado, provisão e sempre caminhar ao meu lado.

Aos meus pais e irmãs, João, Domingas, Josy, Georgina, Fernanda e minha amada esposa pelo companheirismo, educação, incentivo e zelo na trajetória até aqui, todo mérito a vocês.

Ao meu grande e querido orientador prof. Enrique por compartilhar seu conhecimento, acreditar em mim, na pesquisa e compreender todas as dificuldades familiares que passei durante o doutorado.

A todo o corpo docente e discente do programa de pós-graduação em ciências ambientais da UNESP – Campus Sorocaba, pelo incentivo, suporte acadêmico e atenção durante todo curso.

A CAPES pelo financiamento da bolsa de doutorado que permitiu o desenvolvimento da pesquisa e a todos que participaram direto ou indiretamente dessa caminhada, meus sinceros agradecimentos.

No último e mais importante dia da festa, Jesus levantou-se e disse em alta voz: "Se alguém tem sede, venha a mim e beba. Quem crer em mim, como diz a Escritura, do seu interior fluirão rios de água viva". João 7:37-38.

RESUMO

A diversidade de interesses nos recursos hídricos coloca em risco a disponibilidade, a oferta e a escassez das águas, sendo de relevante interesse a investigação, por meio dos instrumentos e indicadores de gerenciamento desse recurso natural. O uso dos recursos hídricos utilizados de forma insustentável tem colaborado para o desenvolvimento de conflitos entre os múltiplos usuários de água. Como estratégia para mediar esses conflitos, propõe-se a gestão dos recursos hídricos, no intuito de assegurar a disponibilidade desse patrimônio natural. Sendo assim, a presente pesquisa tem o objetivo de compreender a gestão dos recursos hídricos do rio Munim - MA, a partir das suas características hidrológicas, conflitos de usos e potencialidades, visando o gerenciamento das águas. Como procedimento metodológico foi realizado pesquisas bibliográficas, pesquisas de campo, elaboração de material cartográfico, para manipulação e geração de produtos matriciais e vetoriais, visando a caracterização hidrológica e potencialidades de usos da terra, além da aplicação de questionários e indicadores que contribuiriam na identificação da capacidade de gestão dos recursos hídricos. Os resultados revelaram que a bacia hidrográfica apresenta um relevo plano, com pouco escoamento superficial e alta infiltração de água no solo, a partir do índice de rugosidade, verificou-se que a área em estudo apresenta potencial para pastagem, no entanto, a maior demanda de água é para consumo humano e as maiores vazões para abastecimento público e mineração. A ação do comitê de bacia hidrográfica é considerada insuficiente por seus membros, por falta de recursos financeiros, má gestão ou baixa efetividade dos membros participantes, os indicadores de gestão demonstraram que nenhum município possui alta eficiência na gestão dos recursos hídricos, o que implica, em frágil estrutura organizacional. Em relação, ao uso e cobertura da terra, no ano de 2020 cerca de 90,49% da bacia hidrográfica é ocupada por formações florestais e as atividades econômicas em evidência é a pecuária, silvicultura e agricultura, principalmente com o desenvolvimento da soja na região, essa aptidão tornou-se evidente com o mapeamento do uso potencial da terra, indicando cerca de 97,93% do território, com potencialidade para agricultura ou pastagem. Logo, a análise integrada de fatores naturais, estruturais, formas de uso e os conflitos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, colaboram para a indicação de modelos sustentáveis de desenvolvimento, formas de uso e ocupação da terra e a conservação ambiental.

Palavras-chave: Características hidrológicas, disponibilidade hídrica, rio Munim

ABSTRACT

The diversity of interests in water resources puts the availability, supply and scarcity of water at risk, being of relevant interest the investigation, through the instruments and indicators of management of this natural resource. The use of water resources used in an unsustainable way has contributed to the development of conflicts between multiple water users. As a strategy to mediate these conflicts, the management of water resources is proposed, in order to ensure the availability of this natural heritage. Therefore, the present research has the objective of understanding the management of the water resources of the Munim River - MA, from its hydrological characteristics, conflicts of uses and potentialities, aiming at the management of the waters. As a methodological procedure, bibliographic research was carried out, field research, elaboration of cartographic material, for manipulation and generation of matrix and vector products, aiming at the hydrological characterization and potential of land uses, in addition to the application of questionnaires and indicators that contributed to the identification of the water resources management capacity. The results revealed that the watershed has a flat relief, with little surface runoff and high water infiltration into the soil. of water is for human consumption and the highest flows for public supply and mining. The action of the river basin committee is considered insufficient by its members, due to lack of financial resources, poor management or low effectiveness of the participating members, the management indicators showed that no municipality has high efficiency in the management of water resources, which implies, in a fragile organizational structure. Regarding land use and land cover, in 2020, about 90.49% of the watershed is occupied by forest formations and the economic activities in evidence are livestock, forestry and agriculture, mainly with the development of soybeans in the region. region, this aptitude became evident with the mapping of the potential use of the land, indicating about 97.93% of the territory, with potential for agriculture or pasture. Therefore, the integrated analysis of natural and structural factors, forms of use and the conflicts that occur in a watershed, collaborate for the indication of sustainable models of development, forms of use and occupation of the land and the environmental conservation.

Key words: Hydrological characteristic, water availability, Munim river

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Os subsistemas do SNIRH	30
Figura 2. Distribuição dos Comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil	35
Figura 3. Fluxograma do SGRH – MA	42
Figura 4. Fluxograma da SEMA- MA.....	44
Figura 5. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Munim – MA	46
Figura 6. Fotografia do baixo curso do rio Munim, município de Morros – MA	47
Figura 7. Síntese da caracterização física da bacia hidrográfica	51
Figura 8. Hierarquia fluvial e densidade de drenagem da bacia hidrográfica do rio Munim – MA.....	61
Figura 9. Perfil Longitudinal do rio Munim – MA.....	62
Figura 10. Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Munim – MA.....	64
Figura 11. Vazão anual da estação fluviométrica Fazenda Capueira e pluviométrica Brejo do Mearim, alto curso do rio, nos anos de 2003 a 2018	66
Figura 12. Vazão anual da estação fluviométrica e pluviométrica Munim, médio curso do rio, nos anos de 2000 a 2018.....	66
Figura 13. Vazão anual da estação fluviométrica e pluviométrica Nina Rodrigues, baixo curso do rio, nos anos de 2000 a 2018	67
Figura 14. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Fazenda Capueira.....	68
Figura 15. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Munim.....	69
Figura 16. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Nina Rodrigues	70
Figura 17. Ascensão dos pontos outorgados na bacia hidrográfica do rio Munim	71
Figura 18. Dados referentes à porcentagem de finalidade de uso das outorgas	72
Figura 19. Você é representante de qual categoria?	74
Figura 20. Como você avalia a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Munim?	74
Figura 21. Como você avalia o nível de conhecimento dos envolvidos na bacia hidrográfica?	76
Figura 22. Nível de outorgas na bacia hidrográfica do Munim, a partir da percepção dos membros do CBH.....	79
Figura 23. Classificação do IEGRH	88
Figura 24. Mapa de Uso e Cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Munim – 2010.....	90

Figura 25. Mapa de Uso e Cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Munim – 2020.....	90
Figura 26. Divisão da bacia hidrográfica do rio Munim em sub-bacias.....	94
Figura 27. Mapa de uso potencial do solo	97
Figura 28. Mapa de Conflitos do uso da terra - 2020	99
Figura 29. Vazão anual da estação fluviométrica Bonsucesso (33750000) e pluviométrica Nina Rodrigues (343003), nos anos de 2000 a 2018.....	123
Figura 30. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Bonsucesso.....	124
Figura 31. Vazão anual da estação fluviométrica Iguará (33770000) e pluviométrica Iguará (343001), nos anos de 2000 a 2018	125
Figura 32. Vazão anual da estação fluviométrica Urbano Santos (33790000) e pluviométrica Presidente Juscelino, nos anos de 2000 a 2018	126
Figura 33. Vazão anual da estação fluviométrica São Benedito (33760000) e pluviométrica São Benedito (343012), nos anos de 2000 a 2018.....	127
Figura 34. Curva de Permanência da estação fluviométrica – São Benedito	128
Figura 35. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Urbano Santos.....	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Indicadores que compõem cada índice	53
Quadro 2. Índice de Eficiência de Planejamento da bacia do rio Munim	54
Quadro 3. Índice de Eficiência Institucional da bacia do rio Munim	54
Quadro 4. Índice de Capacidade Financeira da bacia do rio Munim	55
Quadro 5. Classificação do IEGRH.....	55
Quadro 6. Classificação dos usos potenciais e índice de rugosidade, por Rocha & Hurtz (2001).....	57
Quadro 7. Relação hierárquica, quantidade e extensão de canais da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Munim – MA.....	60
Quadro 8. Índices de bifurcação da bacia hidrográfica do rio Munim – MA.....	62
Quadro 9. Vazão outorgável por finalidade no período de 2013 a 2018.....	72
Quadro 10. Como tem sido a contribuição do seu segmento no comitê de bacia hidrográfica?	75
Quadro 11. Índice de Eficiência de Planejamento da bacia do rio Munim	81
Quadro 12. Índice de Eficiência Institucional da bacia do rio Munim	83
Quadro 13. Índice de Eficiência Financeira da bacia do rio Munim	85
Quadro 14. Índice de Eficiência de Gestão dos Recursos Hídricos da bacia do rio Munim	86
Quadro 15. Quantificação das classes de uso da terra	91
Quadro 16. Classificação das potencialidades de uso por sub-bacia.....	95
Quadro 17. Intervalo mínimo e máximo do uso potencial da terra	96
Quadro 18. Uso potencial da terra	97
Quadro 19. Quantificação das classes de conflitos.....	101

LISTA DE SIGLAS

ABHA	Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas
ADESE	Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó
AGEVAP	Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ANM	Agência Nacional de Mineração
CAEMA	Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CC	Coefficiente de Compacidade
CEIVAP	Comitê de integração da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul
CF	Constituição Federal
CNARH	Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONERH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão
CPRM	Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais
ENCOB	Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IC	Índice de Circularidade
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IEI	Índice de Eficiência Institucional
IEF	Índice de Eficiência Financeira
IEGRH	Índice de Eficiência de Gestão de Recursos Hídricos
IEP	Índice de Eficiência de Planejamento
MAPBIOMAS	Projeto de Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil
MDE	Modelo Digital de Terreno
PCJ	Piracicaba, Capivari e Jundiá
PIB	Produto Interno Bruto
PNRH	Política Nacional de Recursos Hídricos

PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
SAAE	Sistemas Autônomos de Água e Esgoto
SEMA	Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais
SGRH	Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos
SIAGAS	Sistema de Informações de Águas Subterrâneas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SIGLA	Sistema Informatizado de Gerenciamento de Licenciamentos e Autorizações
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SIRH	Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
SRTM	Missão Topográfica Radar Shuttle
TOPODATA	Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil
UEMA	Universidade Estadual do Maranhão
UFMA	Universidade Federal do Maranhão
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
1 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	20
1.1 Princípios de gerenciamento das águas.....	20
1.2 Instrumentos legais da gestão dos recursos hídricos.....	23
1.3 Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos	25
1.3.1 Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos	26
1.3.2 Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.....	31
1.4 Gestão das águas e sistema de gerenciamento de recursos hídricos no Estado do Maranhão	37
2 MATERIAL E MÉTODOS	46
2.1 Caracterização da área de estudo	46
2.2 Levantamento de dados.....	47
2.3 Tratamento e organização dos dados	47
2.3.1 Parâmetros morfométricos.....	47
2.3.2 Condições hidrológicas da bacia	52
2.3.4 Potencialidades e conflitos do uso e cobertura da terra.....	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
3.1 Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica	59
3.2. Indicadores hidrológicos e gerenciamento do comitê de bacia hidrográfica	65
3.2.1 Análise do comportamento hidrológico na bacia hidrográfica do rio Munim	65
3.2.2 Levantamento da oferta, da demanda e dos conflitos de usos dos recursos hídricos	70
3.2.3 Gerenciamento do comitê de bacia hidrográfica	73
3.3 Índices de gestão municipal dos recursos hídricos	79
3.4. Potencialidades e conflitos do uso e cobertura da terra	88
3.4.1 Classificação do uso atual da terra	89
3.4.2 Classificação do uso potencial da terra.....	93
3.4.3 Classificação de conflitos do uso da terra	98
CONCLUSÃO.....	102
REFERÊNCIAS.....	105
ANEXO I – Lista dos membros efetivos e suplentes do CBH-Munim, gestão 2019 – 2021.	

.....	110
ANEXO II – Ofício de solicitação de dados hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Munim.....	116
ANEXO III – Termo de capacidade conforme CONSEMA N°043/2019	117
APÊNDICE A	120
APÊNDICE B.....	121
APÊNDICE C	122
APÊNDICE D	123
APÊNDICE E.....	124
APÊNDICE F	125
APÊNDICE G	126
APÊNDICE H	127
APÊNDICE I.....	128
APÊNDICE J	129

INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural fundamental para o funcionamento das funções vitais do ser humano e dos processos produtivos, dotado de valor social, econômico e cultural. O uso desse recurso utilizado de forma insustentável tem colaborado para o desenvolvimento de conflitos entre os múltiplos usuários de água. Como estratégia para mediar esses conflitos, propõe-se a gestão dos recursos hídricos, como meio de assegurar a disponibilidade desse patrimônio natural.

Para Ross e Del Petre (2018), as bacias hidrográficas se tornam um instrumento de gestão fundamental, pois todos os processos relativos à interação homem-natureza estão, de alguma forma, relacionados, bem como representa um objeto de interesse a gestão de recursos hídricos e as ciências ambientais.

O conhecimento das condições naturais da bacia hidrográfica contribui para identificar a suscetibilidade, potencialidade e fragilidade desses espaços, com isso, utilizou-se as representações morfométricas para relacionar a forma da bacia aos fenômenos hidrológicos. De acordo com Queiroz *et al.* (2017), a morfometria possibilita caracterizar a rede de drenagem com base na teoria do escoamento/infiltração, possibilitando controlar o padrão de escoamento das precipitações sobre as bacias e auxiliando na racionalização de eventos hidrológicos extremos.

A Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH, Lei Federal nº 9.433/97, também considera as bacias hidrográficas como unidade de planejamento e gestão, cujo modelo está baseado nas experiências de países como a França e Alemanha. As bases legais e os instrumentos relativos ao manejo e o monitoramento das águas, além da participação da sociedade civil, usuários e entidades públicas são indispensáveis para conservação dos recursos hídricos.

A atuação desses segmentos contribui para a formação dos comitês de bacias hidrográficas, sendo eles um instrumento que compõe o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), de fundamental atuação para garantir o poder de decisão das ações, projetos e medidas que ocorrem na bacia hidrográfica, na tentativa de equacionar a oferta e demanda hídrica.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2013), instituição responsável pela implementação da PNRH, considera as análises de oferta e demanda hídricas cada vez mais importantes, ao revelar regiões de déficits de acesso à água e risco aos setores

produtivos, estimuladas pelas múltiplas demandas do uso da água no desenvolvimento econômico e no processo de urbanização do país.

A disparidade entre oferta e demanda é o combustível para o desenvolvimento de conflitos pelo uso da água, o que exige medidas do governo e da sociedade para conservar a qualidade e quantidade desse recurso natural, sendo necessários critérios para regular as formas de uso, a indicação de prioridades, a determinação das vazões de referência, e a emissão de outorgas e responsabilidades.

O uso de indicadores é um meio de avaliar as medidas do governo e da sociedade. Nesta pesquisa utilizou-se do índice de eficiência institucional, de planejamento e financeiro, que são dispositivos que buscam mensurar os requisitos legais, estruturais e recursos municipais.

O Maranhão é composto por 217 municípios e 12 conjuntos de bacias hidrográficas, sendo: 3 bacias hidrográficas federais (rio Parnaíba, Tocantins e Gurupi), 7 bacias hidrográficas estaduais (rio Preguiças, Periaá, Munim, Itapecuru, Mearim, Turiaçu e Maracaçume) e 2 sistemas hidrográficos estaduais (Litoral ocidental e Ilhas Maranhenses). Conforme decreto 34.847/2019, art 3º, 27 municípios estão inseridos parcial ou totalmente na bacia hidrográfica do rio Munim.

As nascentes e a foz do rio Munim estão situados na região leste do estado do Maranhão, possuindo uma área de 15.918,28 km², sendo 15 municípios com sedes dentro da bacia, com uma população estimada em 320.001 habitantes, o que corresponde a (4,90%) da população do Maranhão, onde 155.093 (48,50%) estão situados na zona rural e 164.905 (51,50%) estão situados na zona urbana (IBGE, 2010).

A compreensão das ações realizadas nos municípios inseridos na bacia do rio Munim é relevante no entendimento da identificação de instrumentos de gestão do recurso hídrico local, bem como as articulações com o Estado e a União. Verifica-se que por meio da gestão é possível reconhecer e implementar instrumentos para os usos múltiplos da água e do ordenamento territorial.

Apesar da existência de instrumentos legais, a gestão de recursos hídricos no Estado do Maranhão funciona com restrições, pois a Política Estadual de Recursos Hídricos e o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos ainda não foram implantados (SANTOS, 2012).

A iniciativa de investigar a gestão dos recursos hídricos no estado, a partir da intervenção dos atores sociais que estão inseridos nessa unidade de planejamento, por meio da

avaliação das ações efetivas realizadas pelo poder público, sociedade civil organizada e usuários, utilizando indicadores ainda são escassos.

A ausência dessas informações compromete o aprofundamento no conhecimento das particularidades ambientais dessa região, assim como a gestão pública eficiente e sustentável dos recursos ambientais e econômicos.

Os produtos da Tese fornecerão informações, instrumentos e indicadores que colaborarão com a gestão dos recursos hídricos maranhenses, por meio de dados técnicos-científicos que subsidiarão a atuação do comitê de bacia hidrográfica, o ordenamento territorial, o planejamento ambiental e a tomada de decisões para o desenvolvimento sustentável da região.

No sentido de investigar a gestão dos recursos hídricos no estado do Maranhão e compreender que a ausência de dados e informações possibilita uma gestão ineficiente desse recurso natural, questionou-se: De que forma está sendo realizada a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Munim – MA? Quais as características naturais, hidrológicas, usos, conflitos e potencialidades da bacia em estudo? Como ocorre o gerenciamento do comitê de bacia hidrográfica?

Nesse sentido, a presente pesquisa foi organizada em 3 capítulos e a introdução, que teve como escopo apresentar ao leitor a temática a ser discutida e o recorte espacial em estudo, assim como as hipóteses e justificativas que nortearam a pesquisa.

O primeiro capítulo discutiu sobre a gestão dos recursos hídricos a nível nacional e estadual, apresentando os princípios de gerenciamento, os instrumentos legais, a política e os sistemas de gerenciamento de recursos hídricos, buscando apresentar os conceitos, os princípios de descentralização, participação e integração, cuja contribuição subsidiou o arcabouço teórico da pesquisa.

O segundo capítulo referiu-se aos procedimentos metodológicos utilizados no estudo, por meio da descrição dos materiais e técnicas para coleta, tratamento e análise dos dados, relacionados aos parâmetros morfométricos, condições hidrológicas da bacia, indicadores de gestão ambiental e o mapeamento e potencialidades de uso e cobertura da terra. Além disso, caracterizou-se a área de pesquisa, a partir da sua característica espacial e geolocalacional.

O terceiro capítulo apresentou os resultados e discussão, demonstrando as características morfométricas da bacia hidrográfica em estudo, que podem ser linear, hipsométrica e zonal, sendo uma ferramenta fundamental para identificar e caracterizar a dinâmica do sistema fluvial, além disso, subsidiar o planejamento ambiental e territorial.

Além disso, analisou-se o comportamento hidrológico e o gerenciamento do comitê da bacia hidrográfica do rio Munim, a partir das correlações dos dados de estações pluviométricas e fluviométricas, indicação das vazões de referência, levantamento da oferta, demanda e os conflitos pelo uso do recurso natural. Como forma de identificar o gerenciamento, realizou-se aplicação de questionários com os membros do comitê no intuito de avaliar sua atuação como sujeito participante.

Outra investigação foi o uso de indicadores para avaliar a gestão ambiental dos municípios inseridos na bacia hidrográfica, por meio do Índice de Eficiência Institucional – IEI, o Índice de Eficiência de Planejamento – IEP e o Índice de Eficiência Financeira – IEF, que são ferramentas que avaliam a estrutura, recursos e requisitos legais municipais.

Já os últimos subitens discutem as potencialidades e usos da cobertura da terra, identificando-os, a partir do índice de rugosidade, contribuindo para verificar os conflitos e aspectos socioeconômicos da região.

Por fim, as considerações finais avaliaram os instrumentos utilizados e os resultados alcançados na bacia hidrográfica em estudo. Dessa forma, a Tese elucida instrumentos e indicadores que contribuirão para análise da gestão dos recursos hídricos, além da aplicação e cumprimento dos instrumentos legais brasileiros.

OBJETIVOS

Com base nesses questionamentos, a tese tem como objetivo geral: Compreender a gestão dos recursos hídricos do rio Munim - MA, a partir das suas características hidrológicas, conflitos de usos e potencialidades, visando o gerenciamento das águas. Já os objetivos específicos da pesquisa são descritos abaixo:

- Caracterizar a bacia hidrográfica do rio Munim, com base nos parâmetros morfométricos;
- Avaliar as condições hidrológicas da bacia em estudo: demanda e disponibilidade de água;
- Investigar o gerenciamento do comitê de bacia hidrográfica do rio Munim;
- Identificar os usos da terra e conflitos hídricos na área em análise, através dos processos de outorgas na referida bacia hidrográfica;
- Analisar os potenciais e conflitos de usos da terra, a partir da correlação das características da bacia e uso da terra.

1 GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS

1.1 Princípios de gerenciamento das águas

O gerenciamento dos recursos hídricos é uma definição de cunho político provocado pela alteração da qualidade das águas, estabelecendo restrições ao desenvolvimento social e econômico, resultante das transformações sociais, a partir do aumento da demanda desse recurso nos setores industriais, energético, na irrigação e o crescimento populacional.

Essas transformações sociais trouxeram as primeiras preocupações com a água no Brasil, inicialmente no aspecto sanitário, por causa das perdas no sistema de distribuição, diminuição da disponibilidade, contaminação e a deterioração gradual da qualidade da água (MACHADO, 2004).

Nessa perspectiva, a gestão possibilita equalizar a demanda e a oferta, permitindo solucionar problemas de escassez, assim como evitar os usos inadequados, promovendo a utilização do recurso natural por todos os usuários.

O gerenciamento dos recursos hídricos de forma participativa e integrada deve considerar os aspectos quantitativos e qualitativos desses recursos e as diferentes fases do ciclo hidrológico (SOARES *et al.*, 2019).

Segundo Lanna, a gestão dos recursos hídricos é a “atividade analítica e criativa voltada à formulação de princípios e doutrinas, ao preparo de documentos orientadores e normativos, à estruturação de sistemas gerenciais e à tomada de decisões que têm por objetivo final promover o inventário, uso, controle e proteção dos recursos hídricos” (LANNA, 1997, p.744).

Considerando o aumento pelo uso desse recurso, torna-se relevante distinguir o conceito de água e recursos hídricos. Segundo Rebouças (2002), água refere-se ao elemento natural que responde ao seu próprio ciclo natural, desvinculando de qualquer apropriação e materialização. Já recursos hídricos considera a água como um bem adotado de valor econômico, passível de utilização de diversos usos.

Dessa forma, os recursos hídricos precisam ser gerenciados, planejados e estruturados para que possam equacionar os seus usos. A administração desse recurso requer ações técnicas, administrativas e jurídicas que possibilitam o planejamento e a efetivação dos múltiplos usos.

Conforme evidencia Orlando (2006):

O planejamento teria como função avaliar as demandas e as disponibilidades desses recursos em horizontes de tempo futuro, buscando sua alocação entre os usos múltiplos das águas, visando conseguir o máximo de ganhos econômicos e sociais com mínima degradação ambiental. Assim, seria necessário planejar, a longo prazo, tendo em vista o tempo de maturação das obras hidráulicas e a vida útil das mesmas quando os impactos causados e a irreversibilidade de algumas ações. (ORLANDO, 2006, p. 116)

Esse planejamento deve ser permanente em conjunto com todos os atores envolvidos, devendo ser realizado o monitoramento e a avaliação das ações implementadas visando uma tomada de decisão assertiva.

Uma das atividades de planejamento dos recursos hídricos é o encaminhamento político, institucional, que engloba a elaboração e o projeto dos instrumentos e mecanismos técnicos, econômicos, financeiros e institucionais necessários para a administração do plano; além de treinamento e capacitação de pessoal necessários à execução, comunicação e divulgação social (BARTH, 1987).

As conferências ambientais colaboraram para as discussões sobre a gestão das águas, inicialmente com a Conferência das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento e Meio Ambiente Humano, em 1972 e a criação do Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA). Outro marco foi a Conferência das Nações Unidas sobre a Água, em 1977, propondo um planejamento integrado sobre as águas.

A Agenda 21, formulada na ECO-92, instituiu um plano de ações para os problemas socioambientais mundiais, buscando o desenvolvimento sustentável. A água foi debatida no capítulo 18 da agenda 21, como recurso finito sendo essencial para continuidade da vida:

A água é necessária em todos os aspectos da vida. O objetivo geral é assegurar que se mantenha uma oferta adequada de água de boa qualidade para toda a população do planeta, ao mesmo tempo em que se preservem as funções hidrológicas, biológicas e químicas dos ecossistemas, adaptando as atividades humanas aos limites da capacidade (...). (CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, 1992, p. 267)

Outro evento internacional e importante foi a Conferência Internacional da Água de Boon, em 2001 que destacou o acesso à água e o saneamento ambiental de forma universal, evidenciando “três aspectos para a ação: governança, recursos financeiros e capacidade de construir conhecimento compartilhado” (RIBEIRO, 2008, p.104).

Já no Brasil, a discussão sobre o manejo das águas iniciou-se com o código civil de 1916, que criou uma normativa geral. Após essa regulamentação, criou-se o Código das

Águas, decreto nº 24.643 de 10 de julho de 1934, que teve como objetivo regimentar o potencial hídrico com finalidade para geração de energia elétrica.

O Código das Águas foi um marco importante para consolidação da gestão das águas no Brasil, garantindo o uso prioritário do recurso natural para as necessidades básicas, além de introduzir a concepção de poluidor-pagador e usuário-pagador, entretanto a regulamentação foi direcionada apenas ao setor elétrico.

A partir da Constituição Federal de 1988, o entendimento sobre o domínio das águas teve um novo direcionamento, substituindo o conceito de domínio privado do Código das Águas e estabelecendo uma nova concepção: domínio público a todas as águas.

A gestão das águas como domínio público exigiu ferramentas para realizar o gerenciamento desse recurso natural, com isso, foi criado o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), caracterizando a bacia hidrográfica como unidade de planejamento.

A Constituição Federal de 1988 também gerou a dupla dominialidade de bacias com rios de domínio da União e de Estados, com uma duplicidade na gestão de uma mesma bacia (VIVÁQUA, 2005). Esse embate apenas foi superado com a criação da Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH.

A PNRH possibilitou a descentralização e participação dos usuários de água na gestão dos recursos hídricos, ocorrendo uma gestão compartilhada entre entes públicos e privados, além de definir as atribuições dos Estados e da União com funções complementares e distintas constituindo o SINGREH.

A gestão compartilhada proposta na PNRH favoreceu o desenvolvimento dos Comitês de Bacia Hidrográfica – CBH, conforme Almeida (2014):

[...] os comitês foram criados antes mesmo da aprovação da Lei nº9433/97, cujos comitês são citados como entidades de caráter descentralizado, participativo e democrático, no qual sociedade civil e os usuários dos recursos hídricos têm um papel importante nas decisões tomadas. (ALMEIDA, 2014, p. 30)

Portanto, a equalização da oferta e demanda, o planejamento e a dominialidade dos recursos hídricos contribuíram para o gerenciamento das águas no Brasil, fortalecidos pelos instrumentos legais e a participação da sociedade.

1.2 Instrumentos legais da gestão dos recursos hídricos

O Código das Águas foi um dos principais instrumentos legais para a gestão das águas no Brasil e serviu como documento de referência para as leis posteriores que surgiram, sendo fundamental para regulação desse recurso natural no setor energético.

Esse código estabeleceu regras de controle federal para o aproveitamento de recursos hídricos; instituiu o controle de usos dos recursos hídricos no país, submetendo-os ao controle da autoridade pública, base para a gestão pública do setor de saneamento, privilegiou o setor industrial no espaço urbano em detrimento do rural, dissociou a propriedade da água daquela pertinente a terra; atribuiu a prioridade do uso da água entre as primeiras necessidades da vida; removeu os obstáculos que impediam ou restringiam o aproveitamento do potencial hidrelétrico e, assim, limitavam a produção de energia (MARANHÃO, 2007).

Entre os principais elementos que o Código das Águas elucidava era a concessão para derivações de águas para a produção de energia elétrica, indústria, agricultura e higiene, probabilidade de cobrança pelo uso da água, domínio pela união, estados e municípios, além de cogitar o domínio da água como propriedade privada.

A Constituição Federal - CF de 1988 caracterizou a água como um recurso de domínio da União, Estados e Distrito Federal, onde prevê o fim da privatização dos recursos hídricos, rompendo com a concepção até então vigente, de que a água é um bem privado (SANTOS, 2012).

De acordo com a CF/88, no inciso III do art. 20 é de domínio da União:

- III - os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais;
- IV - as ilhas fluviais e lacustres nas zonas limítrofes com outros países; as praias marítimas; as ilhas oceânicas e as costeiras, excluídas, destas, as áreas referidas no art. 26, II;
- V - os recursos naturais da plataforma continental e da zona econômica exclusiva;
- VI - o mar territorial;
- VII - os terrenos de marinha e seus acrescidos;
- VIII - os potenciais de energia hidráulica; (BRASIL, 1988)

No art. 26, do inciso I da CF/88 reserva-se a questão dos recursos hídricos e o seu gerenciamento aos estados, as águas subterrâneas e superficiais que esteja somente dentro do seu território estadual.

- I - as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, na forma da lei, as decorrentes de obras da União;
- II - as áreas, nas ilhas oceânicas e costeiras, que estiverem no seu domínio, excluídas aquelas sob domínio da União, Municípios ou terceiros;
- III - as ilhas fluviais e lacustres não pertencentes à União; (BRASIL, 1988)

A definição da dominialidade e o gerenciamento desse recurso natural foram fatores que contribuíram para a gestão dos recursos hídricos e o fomento de mecanismos e instrumentos que contribuíssem na conservação desse recurso, como a PNRH.

A Lei Federal nº 9.433/97, também conhecida como Lei das Águas é atualmente o principal instrumento legal que sistematiza a gestão das águas no Brasil, veio complementar o Código das Águas de 1934 e incorporar critérios debatidos em conferências e documentos internacionais, como a declaração de Dublin e a Agenda 21. Além disso, a Lei das Águas estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos e normalizou o art. 21, inciso XIX da Constituição Federal de 1988.

Essa lei normatiza uma gestão descentralizada, integrada e participativa, no intuito de reduzir os conflitos de recursos hídricos e equalizar as ofertas e demandas, permitindo uma disponibilidade hídrica para atual e futura geração. Nos artigos 1º ao 3º da lei nº 9.433/97 estão evidenciados os principais fundamentos, objetivos e diretrizes:

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.

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.

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. (BRASIL, 1997)

Dessa forma, a água passa a ser dotada de valor econômico, dominialidade pública, das quais o uso prioritário é o consumo humano e a dessedentação animal, cuja unidade de planejamento é a bacia hidrográfica.

A bacia hidrográfica possui relação física direta com a água, apresentando limites diferentes da divisão administrativa, isto é, da divisão dos estados e municípios, principalmente em relação às bacias federais que abrangem mais de um estado (PROTA, 2011).

As diretrizes propostas pela PNRH propõem como instrumentos, no intuito de viabilizar sua implantação, de acordo com a lei nº 9.433/97, os planos de recursos hídricos nacional e estaduais, o enquadramento dos corpos de água em classes segundo os usos preponderantes, a outorga de direito de uso, a cobrança pelo uso da água e o sistema de informação sobre recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Outros marcos legais que instrumentalizam a gestão dos recursos hídricos: a lei federal nº 9984/00, que institui a Agência Nacional de Água e Saneamento Básico – ANA; as resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos; e, as leis estaduais das águas.

A ANA é um órgão autônomo, político, administrativo e financeiro, com o objetivo de cumprir a Política Nacional de Recursos Hídricos e implantar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A articulação desses instrumentos compõe um modelo de gestão democrática, com deliberações realizadas de forma participativa e descentralizadas dos usuários de água, do poder público e da sociedade civil organizada.

1.3 Política e Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

A criação da lei nº 9.433/97 teve o objetivo de instituir a Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e criar o sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, sendo um instrumento legal de significativo avanço para regulamentar o inciso XIX do artigo

21 da Constituição Federal de 1988, no intuito de sistematizar a gestão dos recursos hídricos brasileiro.

1.3.1 Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos

Entre os instrumentos da política nacional de recursos hídricos podem ser citados: os planos de recursos hídricos; o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso; a cobrança pelo uso de recursos hídricos; a compensação a municípios e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

O plano de recursos hídricos possui o objetivo de orientar e fundamentar a efetivação da PNRH, esse instrumento tem como característica a realização de um planejamento em longo prazo, conforme os projetos e programas propostos por bacia hidrográfica, por estado e para o país.

Os planos corroboram com a proposição de alternativas, programas e projetos que efetivam as metas previstas nos mesmos para a proteção, conservação e uso racional das águas, efetivando a gestão e o gerenciamento das mesmas indissociáveis com as políticas de conservação ambiental (FOLETO, 2018).

Já o enquadramento dos corpos de água em classes, iniciou-se através da discussão sobre a Portaria Ministerial nº 013/76. Após houve a constituição da resolução nº 20/86 pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA, que posteriormente foi analisada, revisada e atualizada pela resolução CONAMA nº 357/05.

A política nacional de recursos hídricos em seu art. 9º visa estabelecer o enquadramento dos corpos d'água em classes, segundo os usos preponderantes da água, com o objetivo de: I – assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e II – diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante ações preventivas permanentes (BRASIL, 1997).

Conforme Almeida (2014), o enquadramento é um dos instrumentos de gestão de recursos hídricos que visa estabelecer o nível de qualidade de água a ser obtido e/ou conservado, obedecendo às normas da legislação ambiental, mediante ações preventivas permanentes.

A resolução CONAMA nº 357/05 categorizou as águas doces em 5 classes, as águas salinas e salobras em 4 classes cada uma, conforme a qualidade exigida e seus usos preponderantes, totalizando 13 classes. Os usos atribuídos foram de acordo com o

abastecimento para consumo humano e suas formas de tratamento, proteção das comunidades aquáticas, recreação de contato primário e secundário, irrigação, aquicultura e atividade pesqueira, dessedentação animal, navegação e harmonia paisagística.

É dever da União, representado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH realizar o enquadramento dos corpos d'água nos rios de domínio federal (corpo hídrico que está presente na divisa entre Estados ou que percorre duas ou mais unidades federativas). Já as secretarias estaduais de meio ambiente são responsáveis pelas águas do seu respectivo Estado, considerando a participação das entidades públicas e privadas interessadas.

O enquadramento dos corpos de água é um instrumento de planejamento e gestão que objetiva assegurar a qualidade de um segmento de corpo hídrico correspondente a uma classe estabelecida (SANTOS, 2012).

É válido salientar que o enquadramento não é realizado levando em consideração o estado atual do corpo hídrico, mas a qualidade e quantidade que o curso d'água necessita para suprir os usos realizados pela sociedade. Esse instrumento deve ser elaborado de maneira participativa com os usuários do corpo hídrico da bacia, sendo definidos metas e objetivos para eficácia do enquadramento relacionando os efeitos ambientais e socioeconômicos.

Outro instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos é a outorga de direito de uso de recursos hídricos, que conforme o art. 11 da lei nº 9.433/97 tem o objetivo de “[...] assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso” (BRASIL, 1997).

Entretanto, alguns usos estão sujeitos à outorga pelos órgãos ambientais e outros são dispensados, de acordo com o art. 12 da PNRH estão passíveis de outorga: a derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo; extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo; lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final; aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água.

A outorga está dispensada, a partir das seguintes finalidades, conforme §1º do art. 12 da PNRH:

I - O uso de recursos hídricos para a satisfação das necessidades de pequenos núcleos populacionais, distribuídos no meio rural; II - As derivações, captações e lançamentos considerados insignificantes; III - As acumulações de volumes de água consideradas insignificantes. (BRASIL, 1997)

Os planos de recursos hídricos são instrumentos importantes para determinar as prioridades de outorgas de direito de uso dos recursos hídricos, devendo considerar a classe em que o corpo hídrico estiver enquadrado, mantendo os usos múltiplos da água.

A lei nº 9.433/97 também expressa os órgãos responsáveis pela expedição da outorga de direito de uso, em domínio da União à ANA ou Estados e o Distrito Federal, desde que seja delegado pelo poder executivo federal. Já em águas de domínio estadual, as secretarias de meio ambiente são as responsáveis pela expedição de outorgas das águas subterrânea e superficial.

Sabendo que a água é um bem escasso e dotado de valor econômico, como meio de cumprir esse fundamento, a cobrança pelo uso torna-se como instrumento de significativa importância. Entre os objetivos da cobrança tem-se o reconhecimento do recurso como bem econômico, o estímulo do uso da água de forma responsável e a aquisição de recursos financeiros para o fomento de ações e programas propostos nos planos de recursos hídricos.

A cobrança pelo uso da água somente é realizada pelos usuários que possuem outorgas de direito de uso, sendo os valores determinados, a partir das seguintes considerações, conforme art. 21 da PNRH:

- I - nas derivações, captações e extrações de água, o volume retirado e seu regime de variação;
- II - nos lançamentos de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, o volume lançado e seu regime de variação e as características físico-químicas, biológicas e de toxicidade do afluente. (BRASIL, 1997)

A quantia recebida pela cobrança deverá ser utilizada prioritariamente na bacia hidrográfica em que foi realizado o uso da água e deve ser aplicada no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídas nos planos de recursos hídricos e no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, conforme descrito no art. 22 da PNRH.

A metodologia estabelecida para cobrança cabe ao Conselho Nacional de Recursos Hídricos, quem define os critérios gerais. Já aos comitês de bacias hidrográficas cabe propor os valores a serem arrecadados e os meios para realização da cobrança. As agências de água apresentam fundamental importância nesse instrumento, que de acordo com o art. 44, tem como função:

- IV - analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e

encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos;

V - acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação. (BRASIL, 1997)

O estabelecimento da cobrança de uso dos recursos hídricos depende da efetivação dos outros instrumentos da PNRH, portanto constitui como importante referência para compreensão da aplicação da política na bacia hidrográfica.

A compensação municipal é outro instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, entretanto, mesmo vetado, apresenta sua concepção fundamental no intuito de incentivar ações de preservação e conservação dos mananciais.

De acordo com Porto e Porto (2008), os municípios devem ser incentivados para a realização de planos diretores, à elaboração de planos de uso e ocupação do solo, com o intuito de preservar as áreas de preservação permanente e áreas de fragilidade ambiental, devem também ser sensibilizados a incorporar em seus códigos de edificações urbanas, práticas da construção civil que induzam ao uso racional da água e ao controle de impermeabilização nas construções e empreendimentos.

A lei n° 9993/00 destina recursos de compensação financeira pela utilização de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e pela exploração de recursos minerais para o setor de ciência e tecnologia, sendo 45% do valor arrecadado destinado aos municípios como forma de minimizar os impactos causados pela instalação da hidrelétrica, sendo modelos de medidas de compensação aos municípios pelo uso dos recursos hídricos.

Por fim, como último instrumento da PNRH, tem-se os sistemas de informação de recursos hídricos, que é um sistema de coleta, tratamento, armazenamento e recuperação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão (BRASIL, 1997).

As informações coletadas por órgãos que compõem o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SINGREH serão inclusos ao Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH, que apresenta como princípios básicos e objetivos, respectivamente, conforme o art. 26 e 27 da Lei n° 9.433/97:

Art. 26. São princípios básicos para o funcionamento do Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos:

I - descentralização da obtenção e produção de dados e informações;

II - coordenação unificada do sistema;

III - acesso aos dados e informações garantido à toda a sociedade.

Art. 27. São objetivos do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos:

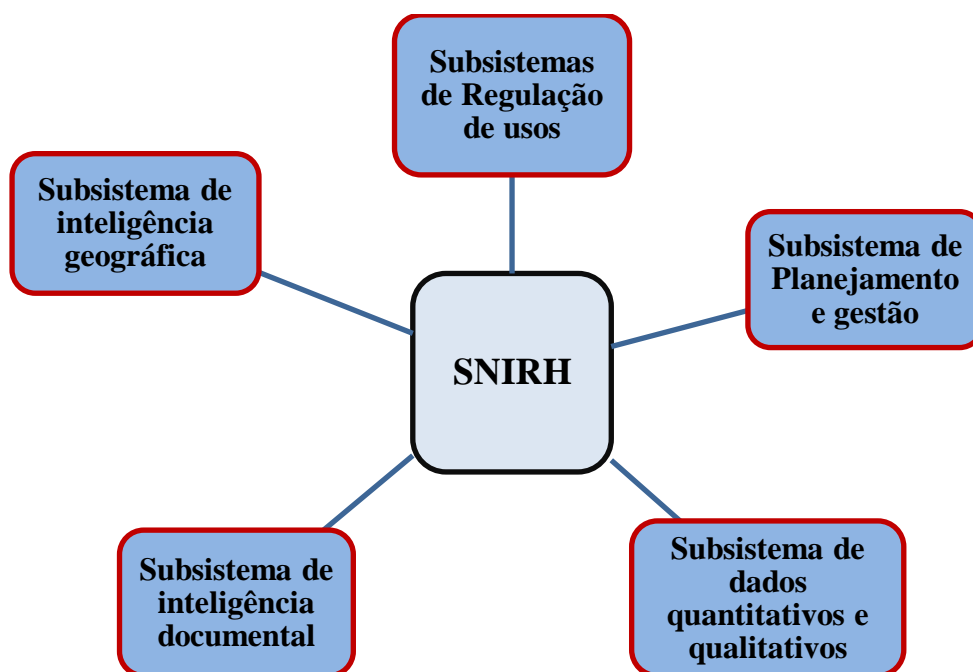
- I - reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Brasil;
- II - atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos em todo o território nacional;
- III - fornecer subsídios para a elaboração dos Planos de Recursos Hídricos.

Com isso fica evidente que o SNIRH é um sistema que permite acessibilidade aos usuários, aquisição de dados e informações de diferentes órgãos, proporcionando avaliar as condições quantitativas e qualitativas das águas brasileiras, além da verificação da disponibilidade e demanda dos recursos hídricos, fornecendo informações para a elaboração de estudos, programas e planos para a gestão ambiental das bacias hidrográficas.

Trata-se de um instrumento que está incorporado à lei, o princípio da transparência e publicidade na gestão dos recursos hídricos, indispensável a uma efetiva gestão compartilhada entre usuários, sociedade civil e poder público (SANTOS, 2012).

O SNIRH é formado por 5 subsistemas que estão conectados e funcionam de forma independentes, possibilitando o acesso a todos os usuários por conhecimento sobre recursos hídricos (Figura 1).

Figura 1. Os subsistemas do SNIRH



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Esses subsistemas têm o objetivo de adquirir, desenvolver, ordenar e compartilhar informações sobre as águas brasileiras. Essa transparência e publicidade de dados são

fundamentais para o cumprimento da política nacional de recursos hídricos, além da efetivação dos instrumentos mencionados.

1.3.2 Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

É competência da União instituir o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com o objetivo de coordenar a gestão integrada das águas; deliberar sobre os conflitos hídricos; implementar a política nacional de recursos hídricos; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos e realizar a cobrança pelo uso dos recursos hídricos. O sistema é constituído pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos; os Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; os Comitês de Bacia Hidrográfica; os órgãos dos poderes públicos federais, estaduais e municipais e as Agências de Águas.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é um órgão consultivo e deliberativo, que promove a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários; arbitra, em última instância administrativa, os conflitos existentes entre Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos; delibera sobre os projetos de aproveitamento que extrapolam os Estados e questões encaminhadas pelos Conselhos Estaduais ou Comitês de Bacia Hidrográfica; analisa propostas de alteração da legislação das águas e sobre a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecendo diretrizes e aplicação de seus instrumentos (BRASIL, 2020).

Além disso, o CNRH aprova propostas de novos comitês de bacias de domínio da União e estabelece critérios para a elaboração de seus regimentos; aprova e acompanha a execução do PNRH; estabelece critérios para a outorga de direitos de uso e cobrança por seu uso; delibera sobre recursos administrativos que lhe forem interpostos; manifesta sobre os pedidos de ampliação dos prazos para as outorgas de domínio da união; manifesta sobre propostas encaminhadas pela ANA a incentivos para conservação dos recursos hídricos; define em articulação com os CBH's as prioridades de aplicação de recursos; aprova o enquadramento dos corpos de água em classes; autoriza a criação das agências de água; estabelece diretrizes para a implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens e aplicação de seus instrumentos; e avalia o Relatório de Segurança de Barragens, no intuito caso necessário, recomendar melhorias da segurança das obras e encaminhá-lo ao Congresso Nacional (BRASIL, 2020).

O CNRH será composto por representantes dos ministérios e secretarias da Presidência da República com atuação no gerenciamento de recursos hídricos; representantes dos usuários de água, organizações civis e indicados pelos conselhos estaduais de recursos hídricos, assinalando um caráter democrático e participativo nas decisões.

Esses direcionamentos pelo CNRH são debatidos a cada seis meses em Brasília, em caráter ordinário, convocado por um terço de seus membros ou sempre que o presidente solicitar plenárias e atuações das câmaras técnicas.

As câmaras técnicas foram criadas pela Resolução 04/99 com 11 câmaras inicialmente e atualmente foram atualizadas para 06, a partir do Regimento Interno nº215, de 30 de junho de 2020:

I - Câmara Técnica de Assuntos Legais, à qual compete:

- a) analisar e emitir parecer sobre os aspectos legais e constitucionais das matérias encaminhadas pelas demais Câmaras Técnicas e pelo Plenário;
- b) adequar a técnica legislativa das propostas de manifestação do Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- c) analisar e emitir pareceres sobre propostas e temas referentes a alterações na legislação sobre recursos hídricos e a Política Nacional de Recursos Hídricos; e
- d) zelar para que as propostas apresentadas atendam aos objetivos, aos fundamentos e às diretrizes gerais de ação da Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelecidas nos Capítulos I, II e III do Título I da Lei nº 9.433, de 1997;

II - Câmara Técnica de Planejamento e Articulação, à qual compete:

- a) acompanhar, analisar e emitir parecer sobre o Plano Nacional de Recursos Hídricos, a sua implementação e as suas revisões;
- b) analisar propostas de enquadramento em classes de uso, apresentadas pelos comitês de bacia hidrográfica de rios de domínio da União;
- c) propor medidas de articulação entre:
 1. o Plano Nacional de Recursos Hídricos;
 2. os planos estaduais de recursos hídricos;
 3. os planos de bacias hidrográficas de rios de domínio da União; e
 4. os planos setoriais que possuam interface com a Política Nacional de Recursos Hídricos;
- d) analisar o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil, elaborado pela Agência Nacional de Águas, e encaminhar parecer ao Plenário do Conselho Nacional de Recursos Hídricos;
- e) acompanhar, analisar, estudar e emitir parecer sobre projetos de aproveitamento de recursos hídricos que lhe forem encaminhados, cujas repercussões extrapolem o âmbito dos entes federativos em que serão implantados; e
- f) analisar, estudar e emitir pareceres sobre assuntos encaminhados pelo Plenário e aqueles de sua competência;

III - Câmara Técnica de Outorga e Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos, à qual compete:

- a) analisar e propor diretrizes e critérios gerais para outorgas e cobrança pelo uso de recursos hídricos;

b) acompanhar a aplicação dos recursos da cobrança pelo uso da água, de que trata o inciso II do § 1º do art. 17 da Lei n. 9.648, de 27 de maio de 1998, em conformidade com as prioridades estabelecidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos;

c) analisar e emitir parecer sobre os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos de domínio da União sugeridos pelos comitês de bacia hidrográfica, nos termos do disposto no inciso VI do caput do art. 4º da Lei n. 9.984, de 2000;

d) analisar e emitir parecer sobre propostas relativas ao estabelecimento de incentivos, inclusive financeiros, para a conservação qualitativa e quantitativa de recursos hídricos, incluídas as propostas encaminhadas pela Agência Nacional de Águas;

e) analisar e emitir parecer sobre o relatório encaminhado pela Agência Nacional de Águas referente à aplicação dos recursos oriundos da Compensação Financeira pela Utilização de Recursos Hídricos para geração de energia elétrica;

f) analisar e emitir parecer sobre propostas encaminhadas pelos comitês de bacia hidrográfica de rios de domínio da União referentes à delegação de competência para as organizações civis de recursos hídricos sem fins lucrativos desempenharem as funções de agências de águas; e

g) analisar, estudar e emitir pareceres sobre os assuntos encaminhados pelo Plenário e aqueles de sua competência;

IV - Câmara Técnica de Integração com a Gestão Ambiental e Territorial, à qual compete:

a) propor diretrizes para a integração das políticas de gestão de recursos hídricos, de gestão ambiental e das políticas públicas correlatas;

b) propor diretrizes gerais para a gestão integrada de recursos hídricos na zona costeira e nos sistemas estuarinos;

c) propor diretrizes gerais para a gestão de recursos hídricos fronteira e transfronteiriços;

d) propor diretrizes gerais e analisar propostas de ações de revitalização de bacias hidrográficas;

e) propor diretrizes gerais para a gestão das águas subterrâneas, incluída a proteção de áreas de recarga;

f) analisar e propor ações para a gestão integrada de recursos hídricos subterrâneos e superficiais; e

g) analisar, estudar e emitir pareceres sobre assuntos encaminhados pelo Plenário e aqueles de sua competência;

V - Câmara Técnica de Educação, Informação e Ciência e Tecnologia, à qual compete:

a) propor diretrizes, planos e programas para desenvolvimento de capacidades, mobilização social, educação e capacitação técnica e inovações nos aspectos associados à gestão integrada e sustentável dos recursos hídricos;

b) propor e analisar medidas de difusão da Política Nacional de Recursos Hídricos nos sistemas de ensino e planos de mídias relacionados com o tema de recursos hídricos;

c) analisar propostas de articulação e cooperação entre o Poder Público, os setores usuários e as organizações da sociedade civil para disseminação de informações e fomento científico e tecnológico em matérias relacionadas ao desenvolvimento sustentável dos recursos hídricos;

d) propor diretrizes gerais para o aprimoramento dos processos de informação e comunicação de planos de recursos hídricos;

- e) analisar e propor diretrizes, ações, estudos e pesquisas, com vistas à melhoria dos métodos e das tecnologias para o uso sustentável dos recursos hídricos;
 - f) propor e analisar ações para promover o fortalecimento do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos; e
 - g) analisar, estudar e emitir pareceres sobre assuntos encaminhados pelo Plenário e aqueles de sua competência;
- VI - Câmara Técnica de Segurança de Barragens, à qual compete:
- a) propor diretrizes para implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens, aplicação de seus instrumentos e atuação do Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens;
 - b) emitir parecer sobre o Relatório de Segurança de Barragens, encaminhado pela Agência Nacional de Águas, e submetê-lo à apreciação do Plenário;
 - c) monitorar a implementação da Política Nacional de Segurança de Barragens e propor, sempre que necessário, recomendações para a melhoria da segurança de barragens;
 - d) promover a integração da Política Nacional de Segurança de Barragens com a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, a Política Nacional de Recursos Hídricos, a Política Nacional do Meio Ambiente e outras políticas públicas correlatas; e
 - e) analisar, estudar e emitir pareceres sobre assuntos encaminhados pelo Plenário e aqueles de sua competência. (BRASIL, 2020)

Essas seis câmaras técnicas possuem caráter definitivo e serão compostas por 9 a 19 membros indicados pelos representantes das instituições que compõem o conselho e revistas a cada quatro anos.

Outro integrante do SINGREH é o comitê de bacia hidrográfica, que conforme o art. 37 da lei nº 9433/97 poderá atuar na totalidade de uma bacia hidrográfica; em sub-bacia hidrográfica de tributários do rio principal, ou de tributário desse tributário; e grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas.

No art. 38 dessa referida lei, competem aos CBH's, promover o debate sobre os recursos hídricos; decidir em primeira instância, os conflitos relacionados aos recursos hídricos; aprovar e acompanhar a execução do plano de recursos hídricos da bacia; propor aos conselhos nacionais e estaduais a dispensa de outorga de direitos de uso; estabelecer mecanismo e valores de cobrança pelos usos de recursos hídricos; e, estabelecer critérios e divisão dos custos das obras de uso múltiplo.

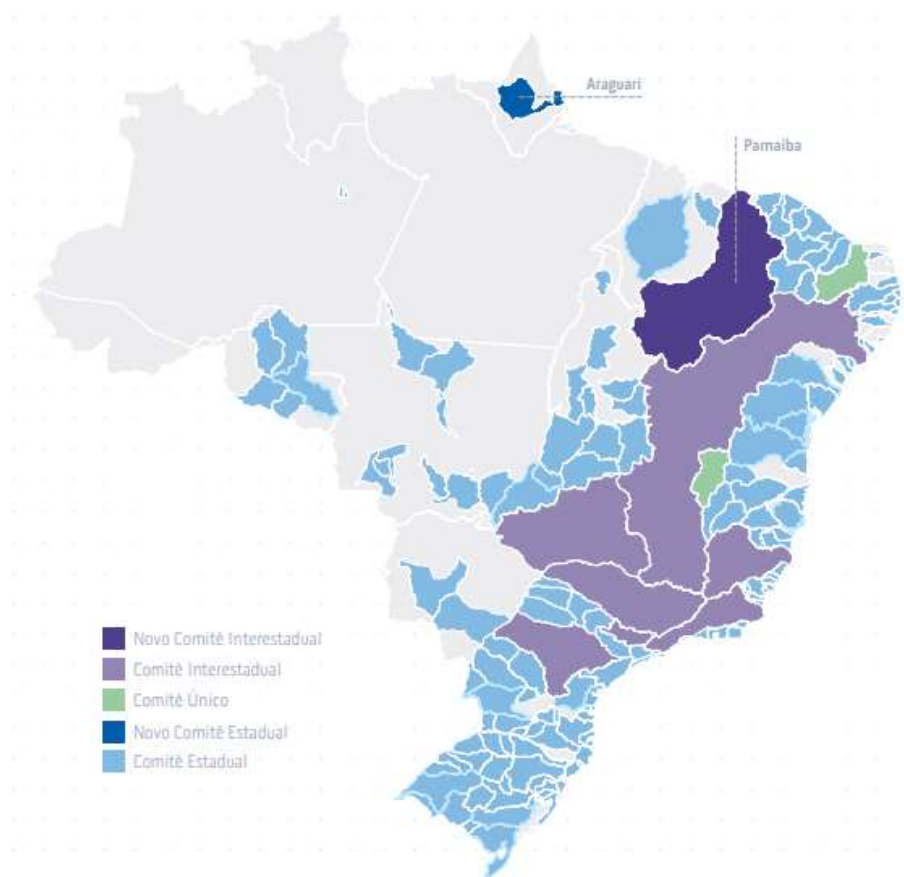
Os comitês de bacia hidrográfica são compostos por representantes da união; estados, distrito federal e municípios ainda que parcialmente em sua área de atuação; além dos usuários e entidades civis de recursos hídricos. A quantidade de representantes por segmento será estabelecida nos regimentos dos comitês.

Em 1997, quando foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos, havia 30 CBH's criados em bacias de domínio estadual no Brasil, número este que correspondia a

3,7% do território e a 23,9% da população nacional no momento avaliado. Já em 2019, os CBH's de âmbito estadual criados somavam 223, atuando em uma área que abrange cerca de 82,3% dos municípios e 38,8% do território nacional, onde vive 83,9% da população e é produzido 91% do Produto Interno Bruto - PIB (ANA, 2020).

De acordo com o Relatório Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil 2020, elaborado pela ANA, o país apresentou 233 CBH's até 2020, o que representa um aumento da participação social nos recursos hídricos brasileiros, entretanto os comitês estão concentrados em sua grande maioria nas regiões centro-sul do país, onde apresentam maior concentração populacional, aumento da demanda hídrica e conflito pelo recurso (Figura 2).

Figura 2. Distribuição dos Comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil



Fonte: ANA (2020)

Como secretaria executiva dos CBH's, tem-se as agências de águas, que apresentam a mesma atuação dos comitês e são criadas mediante solicitação de um ou mais CBH, sendo autorizadas pelo Conselho Nacional ou Estaduais de Recursos Hídricos (art. 41 e 42 da Lei Federal n° 9.433/97), além disso, no art. 43° da mesma lei, fica condicionada ao atendimento da prévia existência do respectivo ou respectivos comitês de bacia hidrográfica e viabilidade financeira assegurada pela cobrança do uso dos recursos hídricos em sua área de atuação.

Entre as competências das agências de água, segundo o art. 44 da política nacional de recursos hídricos, no âmbito de sua atuação, temos:

- I - manter balanço atualizado da disponibilidade de recursos hídricos em sua área de atuação;
- II - manter o cadastro de usuários de recursos hídricos;
- III - efetuar, mediante delegação do outorgante, a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- IV - analisar e emitir pareceres sobre os projetos e obras a serem financiados com recursos gerados pela cobrança pelo uso de Recursos Hídricos e encaminhá-los à instituição financeira responsável pela administração desses recursos;
- V - acompanhar a administração financeira dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos em sua área de atuação;
- VI - gerir o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos em sua área de atuação;
- VII - celebrar convênios e contratar financiamentos e serviços para a execução de suas competências;
- VIII - elaborar a sua proposta orçamentária e submetê-la à apreciação do respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica;
- IX - promover os estudos necessários para a gestão dos recursos hídricos em sua área de atuação;
- X - elaborar o Plano de Recursos Hídricos para apreciação do respectivo Comitê de Bacia Hidrográfica;
- XI - propor ao respectivo ou respectivos Comitês de Bacia Hidrográfica:
 - a) o enquadramento dos corpos de água nas classes de uso, para encaminhamento ao respectivo Conselho Nacional ou Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos, de acordo com o domínio destes;
 - b) os valores a serem cobrados pelo uso de recursos hídricos;
 - c) o plano de aplicação dos recursos arrecadados com a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
 - d) o rateio de custo das obras de uso múltiplo, de interesse comum ou coletivo. (BRASIL, 1997)

As agências de águas atuantes hoje no país e seus respectivos comitês são: AGEVAP (Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul) – Comitê de integração da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (CEIVAP) e Comitê da Bacia hidrográfica do rio doce (CBH doce); Agência de bacia hidrográfica peixe vivo – Comitê da bacia hidrográfica do rio São Francisco e Comitê da bacia hidrográfica do rio Verde Grande (CBH Verde Grande); Fundação agência PCJ – Comitê das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Juaí; ABHA (Associação Multissetorial de Usuários de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas) – Comitê da bacia hidrográfica do rio Paranaíba (CBH Paranaíba), Comitê da bacia hidrográfica do rio Grande (CBH Grande) e Comitê da bacia hidrográfica do rio Paranapanema (CBH Paranapanema), além da ADESE (Agência de Desenvolvimento Sustentável do Seridó) – Comitê da bacia hidrográfica do rio Piancó-Piranhas-Açu.

Os CBH's podem estabelecer convênio com agência de outros comitês, como no caso da AGEVAP e ABHA, e não obrigatoriamente criar uma agência de bacia. Dessa forma, eles podem firmar convênio com agências de outro comitê para ser a entidade delegatária, essa terá a responsabilidade de manter atualizados os planos de bacias, auxiliar os trabalhos dos comitês de bacias e aplicar os recursos arrecadados pelo uso dos recursos hídricos, entre outras funções (SANTOS, 2012).

A efetivação das agências corrobora com a aplicação do PNRH, a transparência de recursos e a descentralização da gestão dos recursos hídricos.

1.4 Gestão das águas e sistema de gerenciamento de recursos hídricos no Estado do Maranhão

O modelo descentralizado de gestão fomenta o desenvolvimento de instrumentos legais, com o objetivo de regulamentar as ações de preservação e conservação dos recursos hídricos maranhense.

Entre os marcos legais estaduais, considerando a legislação federal, tem-se: a Lei Estadual nº 5.405/92 – institui o código de proteção de meio ambiente e dispõe sobre o sistema estadual de meio ambiente e o uso adequado dos recursos naturais do estado do Maranhão; Lei Estadual nº 8.149/04 – institui a política estadual de recursos hídricos, cria o sistema estadual de gerenciamento de recursos hídricos do estado do maranhão; Decreto nº23.171/07 – regulamenta o conselho estadual de recursos hídricos; Decreto nº28.008/12 – regulamenta a Lei nº8.149/04 com relação às águas subterrâneas, o Decreto nº34.847/19 – regulamenta a Lei nº8.149/04 com relação às águas superficiais e a Resolução nº104/2020 – aprovação do plano estadual de recursos hídricos do estado do Maranhão.

Essas regulamentações contribuem para as discussões sobre a gestão das águas maranhense e análise da gestão dos recursos hídricos no rio Munim, além de colaborar para a implementação do sistema de gerenciamento integrado e a política estadual de recursos hídricos.

Entre os instrumentos da gestão dos recursos hídricos, somente a outorga de direito de uso foi efetivado no Estado, entretanto ações para o cumprimentos dos instrumentos continuam em curso.

A Lei Estadual nº8.149/2004 que versa sobre a política estadual de recursos hídricos conserva os instrumentos da política nacional, como: os planos de recursos hídricos; o

enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água; a outorga dos direitos de uso; a cobrança pelo uso da água e o sistema de informações sobre recursos hídricos.

Além disso, acrescentam-se outros instrumentos como: os planos diretores de bacia hidrográfica; os programas destinados à capacitação profissional na área de recursos hídricos; as campanhas educativas para o uso racional da água; o cadastro estadual de usuários; o fundo estadual de recursos hídricos e demais fundos; e aplicação de penalidades.

Os planos têm como função orientar a implementação da política estadual de recursos hídricos, “devem propiciar a integração dos planos, programas, normas, procedimentos técnicos e administrativos, a serem formulados ou adotados no processo de gerenciamento descentralizado dos recursos hídricos” (SANTOS, 2012).

De acordo com a Lei Estadual nº8.149/04 no art. 6º, o plano estadual de recursos hídricos e os planos diretores objetivam fundamentar e orientar à implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e o gerenciamento destes recursos por meio dos seguintes conteúdos:

- I - inventário e diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos elaborados por bacia hidrográfica ou por conjunto de bacias;
- II - análise de alternativas de crescimento demográfico, de evolução das atividades produtivas e de modificações dos padrões da ocupação do solo;
- III - balanço entre disponibilidades e demandas futuras dos recursos hídricos, em quantidade e qualidade, com identificação de conflitos potenciais;
- IV - metas de racionalização de uso, aumento da quantidade e melhoria da qualidade dos recursos hídricos disponíveis;
- V - medidas a serem tomadas, programas a serem desenvolvidos e projetos a serem implantados, para o atendimento das metas previstas;
- VI - prioridades para outorga de direitos de uso de recursos hídricos;
- VII - diretrizes e critérios para cobrança pelo uso dos recursos hídricos;
- VIII - propostas para a criação de áreas sujeitas à restrição de uso, com vistas à proteção dos recursos hídricos;
- IX - programas de desenvolvimento institucional, tecnológico e gerencial de valorização profissional e de comunicação social na área de recursos hídricos;
- X - objetivos e diretrizes gerais para o aperfeiçoamento do sistema de planejamento estadual e inter-regional dos recursos hídricos. (MARANHÃO, 2004)

Portanto, os planos são fundamentais como ferramenta de gestão e instrumentos de caracterização atual das águas, estabelecimento de metas, objetivos, desenvolvimento de diretrizes, critérios, programas e prognóstico de cenários futuros.

O plano estadual de recursos hídricos do estado do Maranhão obteve sua aprovação apenas em 2020, a partir do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Maranhão – CONERH/MA, resolução nº104 de 2020, elaborado a partir de audiências públicas em todas as bacias hidrográficas do estado, no intuito de realização de diagnóstico, prognóstico, cenários tendenciais, balanço hídrico, programas, metas e planos de investimento de curto, médio e longo prazo, sendo coordenadas pelo órgão gestor de recursos hídricos do Maranhão.

Outro instrumento da política é o enquadramento dos corpos de água e classes, segundo os usos preponderantes da água, de acordo com o art. 8º da política estadual de recursos hídricos, que visa assegurar às águas, qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição das águas, mediante permanentes ações preventivas.

A realização do conhecimento da qualidade das águas maranhenses tem sido um desafio para o Estado. A partir do ano de 2019 houve um esforço do órgão gestor em iniciar o enquadramento dos rios Bacanga, Tibiri, Ribeira, Pedrinhas e Anil, todos situados na capital maranhense, esses corpos hídricos sofrem pelo processo de urbanização em todo curso, entretanto ainda não foi realizado o enquadramento dos mesmos.

A Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Naturais – SEMA enquadra todos os corpos hídricos maranhenses em classe 2, conforme o art. 42 da resolução CONAMA 357/05, enquanto não aprovados os respectivos enquadramentos, as águas doces serão consideradas classe 2, as salinas e salobras classe 1, exceto se as condições de qualidade atuais forem melhores, o que determinará a aplicação da classe mais rigorosa correspondente.

O enquadramento do rio em classes é fundamental para verificar as prioridades de usos múltiplos nos processos de outorga de direito de uso. De acordo com o decreto estadual nº 34.847/19, no inciso XV, a outorga é um ato administrativo, de autorização, mediante o qual o Órgão Gestor da Política Estadual de Recursos Hídricos faculta ao outorgado o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato.

Os usos sujeitos a outorga estão expresso no mesmo decreto no art. 11º

- I - derivação ou captação de parcela da água existente em um corpo de água para consumo final, inclusive abastecimento público, ou insumo de processo produtivo;
- II - extração de água de aquífero subterrâneo para consumo final ou insumo de processo produtivo;
- III - lançamento em corpo de água de esgotos e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, com o fim de sua diluição, transporte ou disposição final;

IV - outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água; (MARANHÃO, 2004)

É importante levar em consideração que a outorga permite o direito de uso da água, sendo um objeto inalienável, conforme a Lei nº 8.149/04 que versa sobre a política estadual de recursos hídricos, esse instrumento deve estar vinculado à licença ambiental, quando necessário.

Além disso, a outorga pode ser solicitada de forma preventiva, não dispondo o direito de uso, mas para reservar a vazão ao requerente, visando o planejamento das atividades que pretende desenvolver.

O prazo de vigência da outorga, como ainda não há instrumento legal pelo CONERH e CBH, fica definido pela SEMA-MA. Não podendo exceder a 35 anos, permitindo a renovação por igual período.

Entretanto, esse instrumento poderá ser suspenso parcial ou totalmente, por prazo determinado ou indeterminado, quando:

- I - não cumprimento pelo outorgado dos termos da outorga;
- II - ausência de uso por três anos consecutivos;
- III - necessidade premente de água para atender a situações de calamidade, inclusive as decorrentes de condições climáticas adversas;
- IV - necessidade de prevenir ou reverter grave degradação ambiental;
- V - necessidade de se atender a usos prioritários, de interesse coletivo, para os quais não se disponha de fontes alternativas;
- VI - necessidade de serem mantidas as características de navegabilidade do corpo de água. (MARANHÃO, 2004)

Outro instrumento da política estadual de recursos hídricos do Estado é a cobrança pelo uso da água, sendo sujeitos a esta todos os usuários que possuem a outorga de direito de uso, entretanto ainda não foi implantado no Estado, não sendo um instrumento aplicado em nenhuma bacia hidrográfica maranhense.

Os valores oriundos da cobrança deverão ser aplicados prioritariamente na bacia hidrográfica que foi arrecadado, sendo utilizados conforme o art. 20 da Lei Estadual 8.149/04, no financiamento de estudos, programas, projetos e obras incluídos no Plano Estadual de Recursos Hídricos e nos Planos Diretores de Bacia; e no pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades integrantes do Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídrico, ficando limitado este a 7,5% do total arrecadado.

E, por fim, tem-se o Sistema Estadual de Informações de Recursos Hídricos-SIRH, que é um sistema que armazena dados qualitativos e quantitativos das águas, um importante instrumento de informação e contribuição para a gestão dos recursos hídricos.

De acordo com a política estadual de recursos hídricos, em seu art. 21, a coleta, o tratamento, o armazenamento, a recuperação e a disseminação de informações sobre recursos hídricos e fatores intervenientes em sua gestão no Estado serão organizados sob a forma de um Sistema Estadual de Informação e compatibilizados com o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos, ao qual será incorporado, na forma da Lei Federal nº 9433/97.

A Lei Estadual nº 8.149/04 afirma que os princípios básicos do sistema de informação é a descentralização da obtenção e produção de dados, a coordenação unificada do sistema e o acesso aos dados e informações à toda a sociedade. Nesse mesmo instrumento legal, o sistema estadual de informação tem o objetivo de reunir, dar consistência e divulgar os dados e informações sobre a situação qualitativa e quantitativa dos recursos hídricos no Estado, atualizar permanentemente as informações sobre disponibilidade e demanda de recursos hídricos e fornecer subsídios para a elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

O SIRH foi regulamentado pela Lei Estadual nº34.847/19 e direciona a compatibilização das informações com outros bancos de dados nacionais, como o Sistema de Informações de Águas Subterrâneas – SIAGAS da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, com o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos - SNIRH da ANA e com o Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos – CNARH.

Entretanto, o instrumento ainda não foi implantado no Estado, não havendo um sistema de informação estadual, sendo todas as informações da gestão das águas cadastradas no CNARH. O levantamento de usuários é fundamental para compreender a oferta/demanda em uma bacia hidrográfica, para a elaboração de planos de recursos hídricos, a concessão de outorgas e a prevenção de situações críticas de estiagem.

Outro instrumento ainda não implantado foi o Fundo Estadual de Recursos Hídricos, instituído pela Lei Estadual nº 34.847/19, que destina financiar a implantação e o desenvolvimento da Política Estadual de Recursos Hídricos e de suas ações correspondentes, devendo ser regulamento por decreto específico.

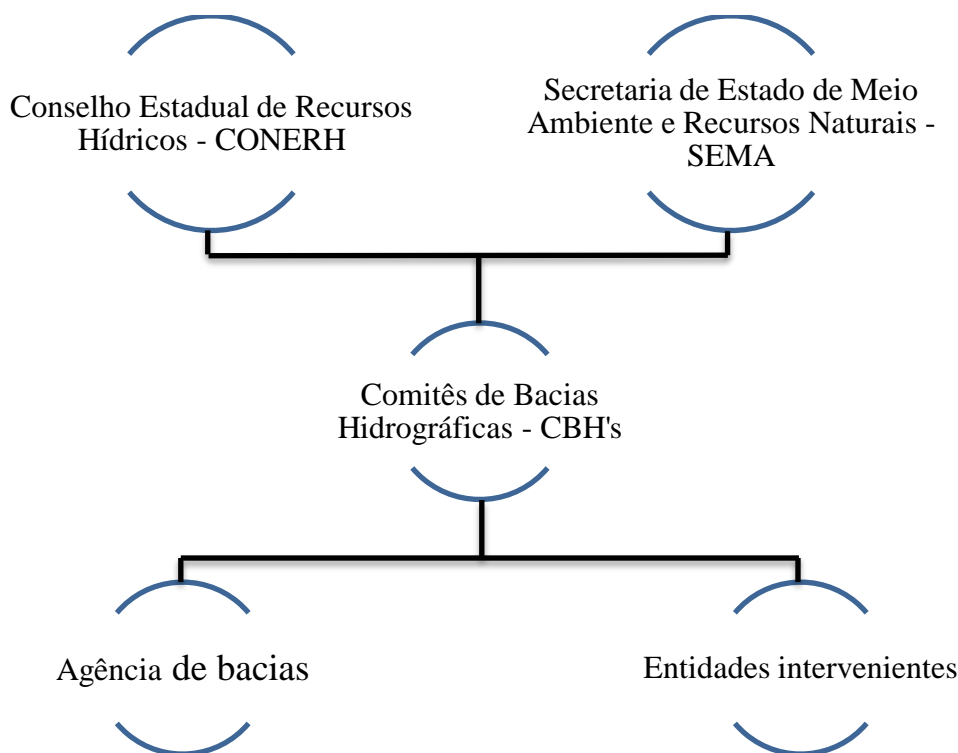
A implantação de decretos específicos que contribuam para a efetivação da política estadual e do Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos– SGRH-MA é competência do Estado, conforme o art. 26 da Lei Estadual 8.149/04.

- I - tomar as providências necessárias à implementação e ao funcionamento do Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos;
- II - cadastrar os usuários e outorgar os direitos de uso de recursos hídricos, regulamentar e fiscalizar os usos, na sua esfera de competência;
- III - implantar e gerir o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos;
- IV - promover a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental;
- V - realizar o controle técnico das obras de oferta hídrica;
- VI - observar e por em prática a legislação ambiental federal e estadual de modo compatível e integrado com a política e o gerenciamento de recursos hídricos de domínio do Estado. (MARANHÃO, 2004)

Portanto, é atribuição dos órgãos públicos estaduais propor ferramentas e instrumentos para o cumprimento das políticas estaduais de recursos hídricos e do SGRH-MA com as políticas de saneamento básico, uso e ocupação do solo, planos diretores e zoneamentos.

O SGRH-MA é composto pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH (órgão superior, colegiado deliberativo e normativo), a SEMA (órgão gestor, coordenador e de planejamento), os Comitês de Bacia Hidrográfica (órgãos setoriais deliberativo e normativos), Agência de bacias (órgãos executivos e de apoio aos CBH) e as entidades intervenientes (associações municipais, consórcios intermunicipais e organizações civis com atuação comprovada em pelo menos 3 anos na área de recursos hídricos) (Figura 3).

Figura 3. Fluxograma do SGRH – MA



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

O CONERH é o órgão superior, colegiado normativo e deliberativo, criado pela Lei Estadual nº 8.149/04 e regulamentado pelo Decreto Estadual nº 23.171/07, compondo o SGRH – MA, sendo integrado por:

§ 6º Os representantes mencionados nos incisos I e II do caput deste artigo e seus suplentes serão indicados, respectivamente:

(...)

V - um representante da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA;

VI - um representante da Universidade Federal do Maranhão - UFMA.

(...)

§ 7º Os representantes referidos no inciso III do caput deste artigo e seus suplentes serão designados da seguinte forma:

I - um representante das Bacias Hidrográficas Interfederativas do Estado do Maranhão;

II - um representante das Bacias Hidrográficas Costeiras;

III - um representante da Bacia Hidrográfica do Rio Mearim;

IV - um representante da Bacia Hidrográfica do Rio Itapecuru;

V - um representante da Bacia Hidrográfica do Rio Munim;

VI - um representante da Região dos Lagos e Baixada Maranhense.

§ 8º Os representantes referidos no Inc. IV do caput deste artigo e seus suplentes serão indicados, respectivamente:

I - um representante dos consórcios /ou associações intermunicipais ou de bacias hidrográficas.

II - um representante das instituições encarregadas da prestação de serviço público de abastecimento de água e de esgotamento sanitário;

III - um representante das indústrias;

IV - um representante dos irrigantes;

V - um representante dos hidroviários;

VI - um representante dos pescadores e usuários de recursos hídricos com finalidade de lazer e turismo. (MARANHÃO, 2007)

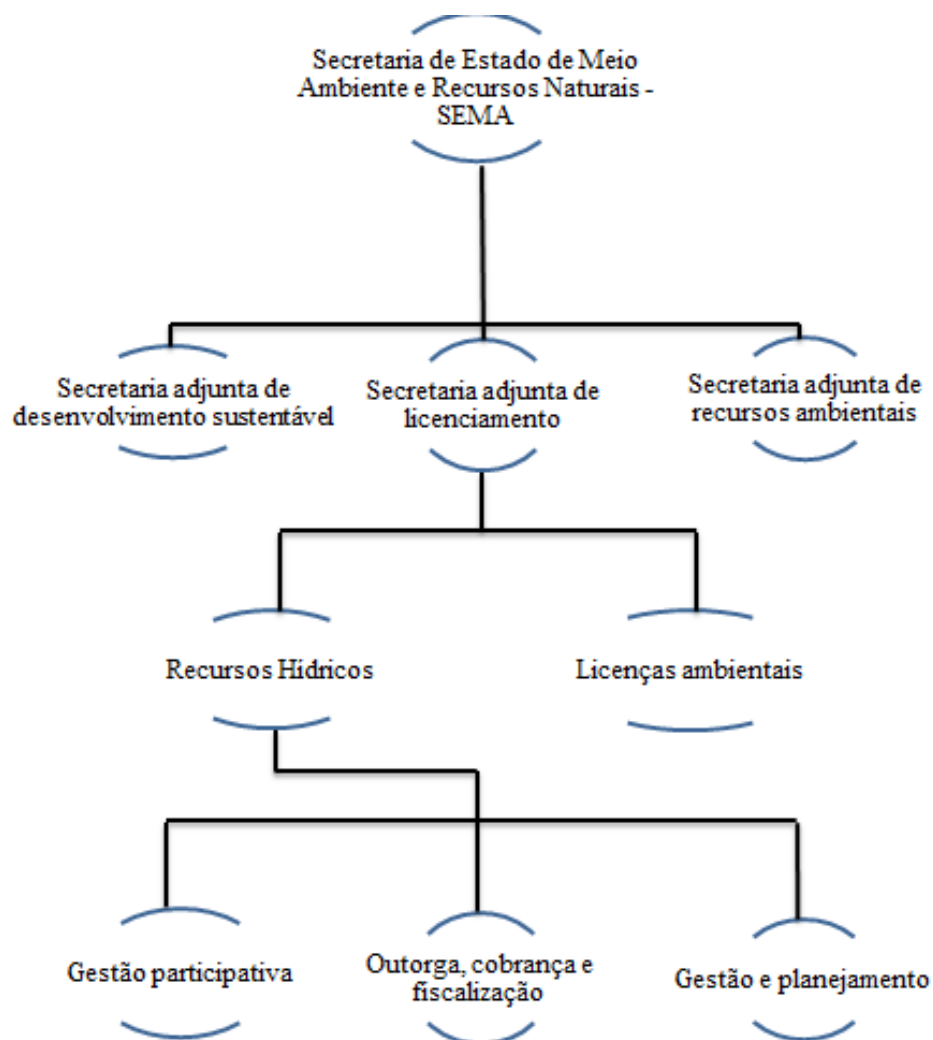
Esse órgão tem como competência, de acordo com a política estadual de recursos hídricos, o estabelecimento de funções normativas, deliberativas e a elaboração de diretrizes e aprovação do plano estadual de recursos hídricos; arbitrar sobre os conflitos entre CBHs; atuar como instância de recurso nas decisões dos CBHs; o estabelecimento de critérios gerais para a outorga de direitos de uso de recursos hídricos e para a cobrança pelo seu uso; instituir os critérios e normas relativos ao rateio de custos de usos múltiplos dos recursos hídricos e à criação dos comitês de bacias; aprovar a criação de agências e seu regimento interno; e, executar ações, atividades e funções conciliáveis a gestão integrada de recursos hídricos (MARANHÃO, 2004).

Outro integrante da SGRH-MA é a SEMA, órgão gestor, coordenador e de planejamento, sendo constituída pela secretaria adjunta de licenciamento, formada pela superintendência de recursos hídricos e superintendência de licenças ambientais; secretaria de recursos ambientais, formada pela superintendência de biodiversidade e áreas protegidas, superintendência de gestão de resíduos e superintendência de recursos florestais; e pela

secretaria de desenvolvimento sustentável, formada pela superintendência de economia verde, superintendência de educação ambiental, superintendência de fiscalização e superintendência de planejamento e monitoramento.

A secretaria de licenciamento é responsável pela coordenação, supervisão, normatização, monitoria, orientação e avaliação de ações desenvolvidas pela superintendência de recursos hídricos, que tem a função de gerenciar a implementação da política estadual de recursos hídricos e associar aos sistemas de gerenciamento de recursos hídricos (Figura 4).

Figura 4. Fluxograma da SEMA- MA



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

A superintendência de recursos hídricos é composta pela supervisão de gestão e planejamento, que tem o objetivo de organizar os dados relacionados à oferta, demanda e preservação dos recursos hídricos, como subsídio para a elaboração de planos e estudos.

A supervisão de outorga, cobrança e fiscalização tem o intuito de aplicar, monitorar e fiscalizar intervenções nos recursos hídricos, executando critérios de gerenciamento ao uso das águas superficiais e subterrâneas do Maranhão. Já a supervisão de gestão participativa tem como função fomentar o desenvolvimento de conselhos e comitês de bacias hidrográficas de maneira participativa, integrada e descentralizada.

Os comitês de bacias hidrográficas são órgãos integrantes do SGRH-MA com caráter normativo, deliberativo e consultivo, compostos por representantes do poder público, usuários de água e sociedade civil organizada atuante em recursos hídricos.

O Maranhão apresenta 12 bacias hidrográficas, dentre as quais 7 possuem comitê de bacia. Os primeiros foram criados em 2013, o CBH do rio Munim criado pela lei estadual nº9.956/13, composto por 27 municípios e o CBH do rio Mearim criado pela lei estadual nº 9.957/13, sendo integrado por 83 municípios.

Em 2021 foram criados 5 comitês, o CBH do rio Preguiças-Periá (10 municípios), o CBH do rio Turiaçu (16 municípios), o CBH do rio das Balsas e Afluentes Maranhenses do Alto Parnaíba (12 municípios), o CBH do rio Itapecuru (57 municípios) e o CBH do rio Pindaré (35 municípios). Entretanto, nenhum comitê do Estado possui agência de bacias, com isso não há cobrança pelo uso dos recursos hídricos.

Portanto, verifica-se que o Maranhão encontra-se em fase de desenvolvimento do gerenciamento de recursos hídricos, com a regulamentação dos instrumentos legais, porém com a ausência de implantação de algumas ações da política estadual de recursos hídricos e do sistema de gerenciamento estadual de recursos hídricos.

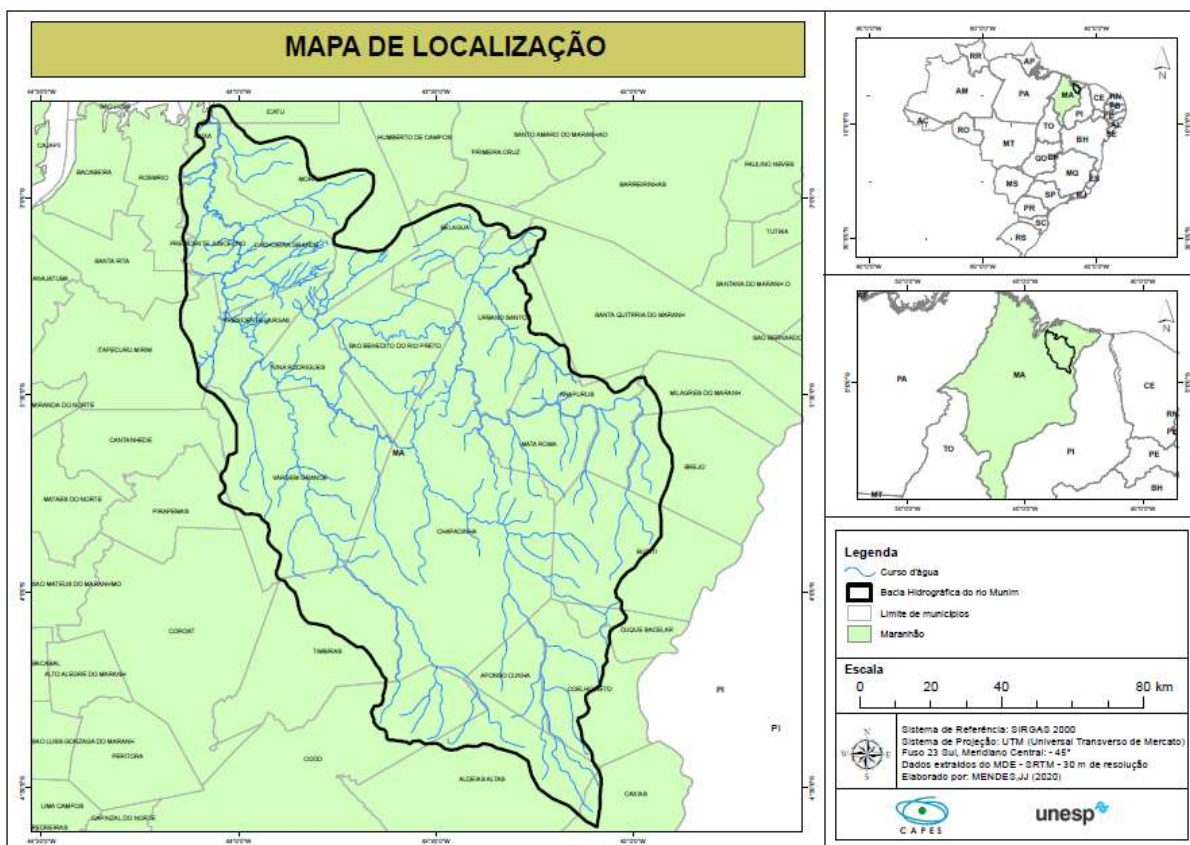
A partir das regulamentações expostas nesse item sobre a gestão dos recursos hídricos maranhense, realizou-se o recorte para bacia hidrográfica do rio Munim, elaborando ferramentas para o subsídio da gestão das águas da área em estudo e do Maranhão.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica em estudo está delimitada pelas coordenadas geográficas: Norte: 3°43'S e 43°24'O; Leste: 4°04'S e 43°01'O; Sul: 4°34'S e 43°07'O; Oeste: 3°22'S e 43°28'O, com uma área de 15.918,28 km², composta pelos municípios: Afonso Cunha, Aldeias Altas, Anapurus, Axixá, Belágua, Brejo, Buriti, Cachoeira Grande, Caxias, Chapadinha, Codó, Coelho Neto, Duque Bacelar, Icatu, Itapecuru Mirim, Mata Roma, Milagres do MA, Morros, Nina Rodrigues, Presidente Juscelino, Presidente Vargas, Santa Quitéria do MA, Santa Rita, São Benedito do Rio Preto, Timbiras, Urbano Santos e Vargem Grande, totalizando 27 municípios (MARANHÃO, 2002), conforme Figura 5.

Figura 5. Mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Munim – MA



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A bacia hidrográfica possui o clima tropical semiúmido, apresentando formações florestais do bioma amazônico, cerrado e caatinga, com uma geologia predominantemente sedimentar e relevo formado por áreas de planícies, as águas apresentam elevada turbidez e

cor amarronzada devido a presença de materiais orgânicos dissolvidos e substâncias úmicas do solo, conforme demonstrado na figura 6.

Figura 6. Fotografia do baixo curso do rio Munim, município de Morros – MA



Fonte: Do autor (2022)

2.2 Levantamento de dados

Para realização da pesquisa foram utilizadas como fontes primárias a aplicação de questionários em reuniões do comitê de bacia e, como fontes secundárias, o levantamento e leitura de material bibliográfico, a partir de livros, periódicos, artigos científicos, dissertações e teses para construção de concepções teóricas e práticas, além de representações gráficas referentes ao objeto em estudo.

2.3 Tratamento e organização dos dados

2.3.1 Parâmetros morfométricos

As geotecnologias têm surgido como ferramentas de elevado potencial de suporte, facilitando a manipulação de mapas, a organização de banco de dados e a obtenção de informações, proporcionando a análise da área de estudo em detalhe e de maneira rápida (CRUZ, 2010).

A análise da bacia foi realizada a partir das condições morfométricas por meio dos estudos de Veiga (2011), que descreve a caracterização de bacia em três parâmetros: linear, zonal e hipsométrico.

O parâmetro linear quantifica a rede de drenagem por meio de seus atributos (comprimento, número, hierarquia) e da relação entre eles, sendo dados por: hierarquia fluvial, relação de bifurcação, relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem, relação entre os gradientes dos canais e índice de sinuosidade do canal principal.

A hierarquia fluvial, segundo Strahler (1952), considera que os canais de primeira ordem são aqueles que não apresentam tributários, isto é, são canais de cabeceiras de drenagem. Os canais de segunda ordem são os canais subsequentes à confluência de dois canais de primeira ordem e assim sucessivamente, sendo que a confluência com canais de ordem hierárquica menor não altera a hierarquização da rede.

A relação de bifurcação proposto por Strahler (1952) considera como sendo a razão entre o número total de canais de certa ordem e o número total de canais de ordem imediatamente superior. Segundo França (1968), essa relação verifica que esse índice está intimamente relacionado ao comportamento hidrológico dos solos, sendo maior para solos com baixa permeabilidade e menores para solos mais permeáveis. Essa razão é calculada, a partir da fórmula 1.

$$Ib = \frac{Ns}{Ns+1} \quad (1)$$

Onde:

Ib - Índice de bifurcação;

Ns - Número de segmentos de determinada ordem;

Ns + 1 – Número de segmentos de ordem superior.

A relação entre o comprimento médio dos canais de cada ordem relaciona a normalidade de uma bacia hidrográfica, onde o comprimento médio dos canais ordena segundo uma série geométrica direta, sendo o primeiro termo o comprimento médio dos canais de primeira ordem, e a relação entre os comprimentos médios (VEIGA, 2013). Essa relação foi calculado, conforme a fórmula 2.

$$Rc = \frac{Cc}{Nc} \quad (2)$$

Onde:

Rc – Relação entre o comprimento médio de cada ordem;

Cc – Soma do comprimento dos canais de determinada ordem;

Nc – Número de canais de dada ordem

Segundo Christofletti (1980), a relação entre os gradientes dos canais é a representação matemática da terceira lei de Horton, que verifica o grau de normalidade de uma dada bacia hidrográfica, relacionando a declividade média dos canais de cada ordem com a declividade dos canais de ordem imediatamente superior. A partir dessa relação foi possível a leitura isolada da normalidade da declividade dos canais da bacia do rio Munim por ordem.

O gradiente de canais foi possível calcular, a partir da fórmula 3.

$$Gc = \frac{Amáx}{Cc} \quad (3)$$

Em que:

Gc – Gradiente de canais (m/km);

Amáx – Altitude máxima da bacia (m);

Cc – Comprimento do canal principal (km).

A declividade foi classificada, de acordo com as classes da Embrapa (1979), onde indicam os declives de 0% – 3% para relevo plano, 3% – 8% suave ondulado, 8% – 20% ondulado, 20% – 45% forte-ondulado, 45% - 75% montanhoso e maior que 75% forte-montanhoso.

O índice de sinuosidade do canal principal descrito por Alves e Castro (2003) é uma das formas de representar a influência da carga sedimentar, a compartimentação litológica e estrutural, onde os valores próximos a 1 indicam elevado controle estrutural ou alta energia e valores acima de 2 indicam baixa energia, sendo os valores intermediários relativos a formas transicionais entre canais retilíneos e meandranes.

Os parâmetros zonais quantificam os atributos da bacia hidrográfica correlacionando-os a valores ideais e à rede de drenagem da mesma área de estudo, sendo dados por: índice de circularidade, densidade de drenagem, densidade hidrográfica, relação entre área de bacias e coeficiente de manutenção.

O índice de circularidade, a partir dos estudos de Christofolletti (1980) é a relação entre a área da bacia e a área de um círculo que tenha o perímetro idêntico ao da bacia considerada, sendo o valor máximo considerado igual a 1,0. A partir desse dado é possível verificar a velocidade do fluxo de água e a probabilidade de cheias.

A densidade hidrográfica, proposto por Horton (1945), estabelece a relação entre o número de cursos d'água e a área de uma dada bacia, inferindo o comportamento hidrográfico e a capacidade de gerar canais.

A densidade de drenagem estabelece a relação entre o comprimento total ou ordem hierárquica dos canais de drenagem e a área de drenagem, esse parâmetro representa o comportamento hidrológico definido pela litologia e estrutura geológica (lineamentos, acamamentos, falhamentos, fraturas, por exemplo), imprimindo a capacidade de infiltração e de formação de canais superficiais (CHRISTOFOLETTI, 1970).

A relação entre as áreas de bacia estabelece a relação do tamanho médio das bacias para cada um dos canais de uma determinada ordem e as bacias de ordem sucessivamente inferior, expressando o comportamento e o grau de normalidade da composição da bacia (HORTON, 1945).

Segundo Schumm (1956), o coeficiente de manutenção é considerado um dos parâmetros mais importantes para a realização de análises morfométricas onde corresponde a área necessária para formação de um canal com fluxo perene, sendo calculada pela fórmula 4.

$$Cm = \frac{1}{Dd} \quad (4)$$

Em que:

Cm – Coeficiente de manutenção (km²/km⁻¹);

Dd – Densidade de drenagem (km.km⁻²)

Os parâmetros hipsométricos correlacionam a variação altimétrica à área e a rede de drenagem de uma mesma bacia, sendo representados pelo índice de rugosidade e declividade. Para Christofolletti (1980), os parâmetros hipsométricos representam, via de regra, a tridimensionalidade da bacia ao incluir a variação altimétrica e não tem uma unidade de medida característica.

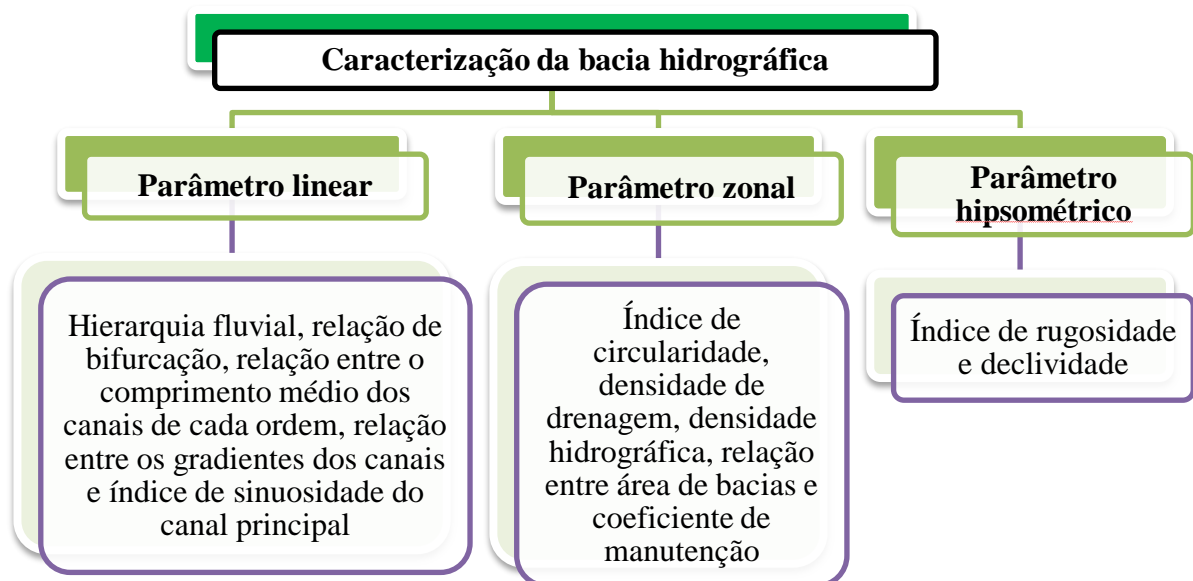
De acordo com Strahler (1958), o índice de rugosidade apresenta os aspectos da declividade e comprimento da vertente por meio do contra balanço da amplitude altimétrica à

densidade de drenagem, esse índice verifica a ocorrência de cheias e transmissividade hidráulica da bacia.

A declividade média, segundo Veiga (2011), expressa a energia e a intensidade de atuação dos processos morfogenéticos, incluindo a dinâmica dos escoamentos superficiais concentrados e difusos (laminar) nas vertentes.

Com base nos dados altimétricos e do comprimento fluvial foi possível realizar essa relação e demonstrar graficamente, o perfil longitudinal da área em estudo, a partir do Microsoft Office Excel 2016. A síntese dos parâmetros a serem utilizados encontra-se na Figura 7.

Figura 7. Síntese da caracterização física da bacia hidrográfica



Fonte: Do autor (2022)

Os parâmetros linear, zonais e hipsométricos foram calculados a partir do Modelo Digital de Terreno - MDE, oriundas do Missão Topográfica Radar Shuttle - SRTM e do Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil - TOPODATA, considerando as informações de altimetria, declividade, orientações, curvaturas, divisores e talwegues, onde os resultados foram obtidos por meio de equações numéricas e por programas de Sistema de Informação Geográfica - SIG, que originaram documentos cartográficos (cartas e mapas), visando melhor compreensão da pesquisa além da tabulação de dados, a partir do Microsoft Office Excel 2016, com a geração de tabelas e gráficos.

2.3.2 Condições hidrológicas da bacia

A caracterização fluviométrica da região foi realizada através do banco de dados da ANA, operadas pela CPRM, a partir das estações fluviométricas: Fazenda Capueira (33720000), Bonsucesso (33750000), Iguará (33770000), Munim (33730000), Nina Rodrigues (33780000), São Benedito (33760000) e Urbano Santos (33790000), contidos no Sistema Nacional de Informações sobre recursos hídricos (SNIRH, 2018). Além disso, usaram-se as estações pluviométricas Brejo do Mearim (343010), Mata Roma (343009), Munim (343004), Iguará (343001), Nina Rodrigues (343003) e São Benedito (343012) oriundas da ANA.

Os dados de vazão (m^3/s) e precipitação (mm/ano) foram tabulados pelo Excel 2016, utilizando uma série histórica dos anos de 2000 a 2018, onde foi possível correlacioná-los a partir da equação da reta de regressão potencial ou exponencial e elaborar curva de permanência.

A análise a partir da curva de permanência permite identificar o comportamento hidrológico da bacia ao longo do tempo bem como acompanhar os efeitos da sazonalidade no regime hidrológico (TUCCI, 2005).

Já em relação ao levantamento da oferta, demanda e os conflitos de usos dos recursos hídricos, a SEMA disponibilizou os dados de outorgas subterrâneas e superficiais emitidas nos anos de 2013 a 2018 pelo Sistema Informatizado de Gerenciamento de Licenciamentos e Autorizações - SIGLA.

Os pontos de captação foram tabulados em planilhas e classificados por finalidades, vazões captadas, municípios e formas de uso, contribuindo para identificação da oferta e demanda do recurso natural.

Em relação ao gerenciamento do comitê de bacia hidrográfica, buscou-se avaliar a gestão do comitê no período de 11/2019 a 11/2021, sendo realizada a pesquisa de campo em uma reunião plenária no ano de 2019 e 2 reuniões em 2020 de forma presencial. Ao início da pandemia houve paralisação das ações, que foram retomadas no ano de 2021 de forma remota, onde se realizou algumas agendas em atividades estaduais e nacionais, como a participação na elaboração do Plano Estadual de Recursos Hídricos e no Encontro Nacional de Comitês de Bacias Hidrográficas – ENCOB; além disso, houve o planejamento para o processo eleitoral da gestão (2021 a 2023).

Foi realizada a aplicação de questionários para 32 dos 50 membros possíveis, composto por 5 questões abertas e 5 fechadas, totalizando 10 questões, conforme demonstrado nos Apêndices A, B e C, sendo aplicados de forma presencial ou pelo Google Forms.

A partir das respostas proferidas pelos membros, utilizaram-se como forma de organização dos dados: gráficos, quadro, transcrições literais e palavras-chaves, que subsidiaram maiores entendimentos e compilação das informações.

2.3.3 Indicadores de gestão ambiental

As variáveis utilizadas na construção dos índices buscaram avaliar a estrutura organizacional dos órgãos ambientais municipais (Índice de Eficiência Institucional – IEI), os instrumentos legais que contribuem no planejamento de ações de gestão municipal (Índice de Eficiência de Planejamento – IEP) e o acesso a recursos financeiros para práticas de projetos de conservação (Índice de Eficiência Financeira – IEF).

Esses índices indicam a probabilidade que esses municípios têm de realizar gestão, devido os instrumentos que os constituem; contudo não é o escopo identificar o desempenho ambiental dos municípios presentes na área em estudo (Quadro 1).

Quadro 1. Indicadores que compõem cada índice

Índices	Indicadores
Eficiência de Planejamento – IEP	Política Municipal de Recursos Hídricos
	Plano Municipal de Recursos Hídricos
	Política Ambiental do município
Eficiência Institucional – IEI	Secretaria municipal de meio ambiente
	Termo de capacidade
	Conselho municipal de meio ambiente
Eficiência Financeira – IEF	Fundo Municipal de Meio Ambiente
	Receita per capita padronizada

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Os municípios da bacia hidrográfica do rio Munim foram analisados por meio de indicadores apresentados por Miranda (2012), adaptado conforme realidade local, que avalia o

índice de eficiência de planejamento - IEP, que verifica a existência da política e plano de recursos hídricos, além da política ambiental do município (Quadro 2).

Quadro 2. Índice de Eficiência de Planejamento da bacia do rio Munim

Municípios	Política Municipal de Recursos Hídricos	Plano Municipal de Recursos Hídricos	Política Ambiental	IEP
Municípios a serem investigados	Existência de Instrumento = 1 ponto; Inexistência = 0 pontos	Existência de Instrumento = 1 ponto; Inexistência = 0 pontos	Existência de Instrumento = 1 ponto; Inexistência = 0 pontos	Média aritmética

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

O Índice de Eficiência Institucional - IEI verifica a estrutura da política municipal de meio ambiente, o termo de capacidade técnico-institucional e administrativa do órgão ambiental municipal e o conselho municipal de meio ambiente. Esses órgãos têm a capacidade de fiscalização, coordenação e execução das ações ambientais que ocorrem em seus respectivos municípios (Quadro 3).

Quadro 3. Índice de Eficiência Institucional da bacia do rio Munim

Municípios	Secretaria municipal de meio ambiente	Termo de Capacidade	Conselho municipal de meio ambiente	IEI
Municípios a serem investigados	Existência do órgão = 1 ponto; Inexistência = 0 pontos	Não existência do termo = 0 pontos; Caso o termo seja de nível 1 = 0,5 pontos; Caso o termo seja de nível 2 = 1 ponto	Existência do órgão = 1 ponto; Inexistência = 0 pontos	Média aritmética

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Outro índice que foi avaliado é o de Eficiência Financeira - IEF, que indica a existência de lei que institui o Fundo Municipal de Meio Ambiente e a receita municipal per capita (Quadro 4). Este foi calculado, a partir da receita orçamentária total para o ano de 2019 dividido pelo número de população do município, posteriormente o valor obtido foi padronizado, de acordo com a fórmula (5).

$$Vp = \frac{(Vb - vm)}{(VM - vm)} \quad (5)$$

Vp = Valor padronizado

Vb = Valor bruto da receita per capita do município

vm = Menor valor entre os municípios da amostra

Vm = Maior valor entre os municípios da amostra

Quadro 4. Índice de Capacidade Financeira da bacia do rio Munim

Municípios	Fundo municipal de meio ambiente	Receita municipal per capita padronizada	ICF
Municípios investigados	Existência de Instrumento = 1 ponto; Inexistência = 0 pontos	Os valores podem variar de 0 a 1	Média aritmética

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Os valores obtidos em cada índice subsidiaram a construção do Índice de Eficiência de Gestão de Recursos Hídricos (IEGRH), a partir da média geométrica do IEP, IEI e IEF (fórmula 6), que contribuiu na classificação do IEGRH, de acordo com o quadro 5.

$$IGRH = \sqrt[3]{ICP \cdot ICI \cdot ICF} \quad (6)$$

Quadro 5. Classificação do IEGRH

Eficiência	IEGRH
1 - 0.67	Alta
0.67 - 0.34	Média
0.47 - 0.01	Baixa

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A construção dos indicadores foi possível a partir da aplicação de questionários com servidores municipais, estaduais, ligações telefônicas e base de dados público (IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) e Tesouro Nacional.

2.3.4 Potencialidades e conflitos do uso e cobertura da terra

Considerando os parâmetros morfométricos já descritos, utilizou-se o índice de rugosidade, que é um indicador que avalia a aptidão da terra, sendo que o maior valor obtido desse indicador possui uma probabilidade maior para a ocorrência de processos erosivos, de acordo com Sampaio et al., (2010).

A elaboração do mapa de uso potencial da terra utilizou-se desse indicador e classificou os usos potenciais em: agricultura, pastagem, pastagem/reflorestamento e reflorestamento, conforme descrito pela metodologia de Rocha & Hurtz (2001), que classifica os usos da terra de acordo com os valores obtidos pelo índice de rugosidade, sendo classificados a partir das seguintes etapas:

Etapa1: Dividiu-se a bacia hidrográfica em sub-bacias, para identificação detalhada de cada compartimento hidrológico, sendo composto por 13 sub-bacias; a partir disso foi possível calcular o comprimento dos canais e área de cada sub-bacia.

Etapa 2: Calculou-se a Densidade de drenagem de cada compartimento hidrológico, representado pela fórmula (7):

$$Dd = \frac{(Cc)}{(A)} \quad (7)$$

Dd = Densidade de drenagem (Km/Km⁻²)

Cc = Comprimento de canais (Km)

A = Área da sub-bacia (Km²)

Etapa 3: A amplitude altimétrica foi calculada por sub-bacia, de acordo com a fórmula (8):

$$Aa = \frac{(Cmáx)}{(Cmín)} \quad (8)$$

Aa= Amplitude altimétrica (Adimensional)

Cmáx = Cota máxima (m)

Cmín = Cota mínima (m)

Etapa 4: Após o cumprimento das etapas 2 e 3, a partir dos resultados obtidos foi possível calcular o índice de rugosidade pela multiplicação dos valores de densidade de drenagem e amplitude altimétrica, por cada sub-bacia.

Etapa 5: Com base no índice de rugosidade por cada compartimento hidrológico, calculou-se o valor do intervalo, (índice de rugosidade dividido por 4), haja vista que foi utilizado 4 classes de uso potencial da terra, conforme o Quadro 6.

Quadro 6. Classificação dos usos potenciais e índice de rugosidade, por Rocha & Hurtz (2001)

Classes de uso potencial	Rugosidade
Agricultura	2,33 a 3,8425
Pastagem	3,8426 a 5,355
Pastagem/reflorestamento	5,356 a 6,8675
Reflorestamento	6,8676 a 8,38

Fonte: Rocha & Hurtz (2001), adaptado pelo autor

Essas classes foram espacializadas por meio de software de geoprocessamento (QGIS Desktop 3.4.13), sendo representada por meio do mapa de uso potencial da terra.

Já para a elaboração do mapa de uso atual da terra, utilizou-se os dados de uso e ocupação do solo do ano 2020 disponibilizados pelo Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (Mapbiomas). Foram encontradas 12 classes de uso para bacia hidrográfica, distribuídas da seguinte forma: agricultura, água, área não vegetada, área urbanizada, campo alagado, formação campestre, formação florestal, formação savânica, mangue, não observado (nuvens), pastagem e silvicultura.

Essas classes foram extraídas por meio de arquivos shapefile e espacializadas em software específico já descrito anteriormente, finalizando o mapa de uso atual da terra. Com base nos dados obtidos dos mapas de uso atual e uso potencial, elaborou-se o mapa de conflitos de uso.

Nesse mapa utilizou-se o cruzamento de classes dos mapas de uso atual com o mapa de uso potencial da terra, sendo gerado 48 possibilidades (4 classes de uso potencial x 12 classes de uso atual da terra) de formas de conflito; no entanto, excluiu-se as seguintes classes de uso atual da terra (água, campo alagado área urbanizada, formação campestre, formação florestal, formação savânica, mangue e não observado), devido a não constatação de conflitos,

sendo recalculado para 16 possibilidades (4 classes de uso potencial x 4 classes de uso atual da terra).

Essas 16 possibilidades foram agrupadas em 3 classes de conflitos, conforme descrito abaixo:

A classe de conflito 1 corresponde as áreas que apresentam áreas com aptidão para agricultura ou pecuária, no entanto, atualmente tiveram que utilizar manejos agrícolas para adaptação do uso da terra.

A classe de conflito 2 indica o cultivo de monoculturas florestais através de manejo agrícola, podendo ser utilizada de forma consorciada com outras formas de uso.

A classe de conflito 3 apresenta riscos a processos erosivos, haja vista que o solo apresenta limitações naturais e/ou antrópicos para determinados usos.

Após a classificação das formas de conflito, o mapa foi espacializado por meio do QGIS Desktop 3.4.13, sendo possível identificar as áreas com ocorrência divergente das formas de uso.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização morfométrica da bacia hidrográfica

A análise morfométrica em bacias hidrográficas é fundamental para identificar e caracterizar a dinâmica fluvial e seus processos hidrológicos. Essa dinâmica foi influenciada pelas características morfoclimáticas do rio Munim, como chuvas intensas sazonais, tipos de solos e forma do relevo, que contribuem para eventos de inundação e enchentes, que são agravados pelas características de drenagem (densidade e forma). Considerando esses aspectos, a análise morfométrica torna-se uma ferramenta imprescindível para o planejamento ambiental da região.

A morfometria de bacias é uma das principais formas de avaliar quantitativamente a interação entre processos hidrológicos e condicionantes geomorfológicos, pois permite caracterizar os aspectos geométricos e de composição das bacias, estabelecendo indicadores relacionados à forma, ao arranjo estrutural e à composição integrativa entre os elementos (CHEREM, 2008).

As características físicas e bióticas de uma bacia têm importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando, dentre outros, a infiltração e quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, o escoamento superficial e subsuperficial (BARROS; TAGLIARINI; PENACHIO, 2017). O desempenho hidrológico de uma bacia de drenagem também é afetado pelo homem, uma vez que as atividades antrópicas interferem nos processos hidrológicos.

O conjunto de canais fluviais constitui a bacia de drenagem, que é delimitado por terrenos adjacentes mais elevados, os quais formam uma rede de drenagem constituída por diversos tributários e um rio principal. Estes canais drenam terras desde suas nascentes, terrenos mais elevados, carreando sedimentos em suspensão, de fundo e substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas para o canal principal (CASTRO; CARVALHO, 2009).

A caracterização das redes de drenagem é possível devido as equações propostas por Horton (1945), Strahler (1952), Schumm (1956), Melton (1957), Schumm (1963) e Villela e Mattos (1975). Além disso, as geotecnologias contribuíram para identificação das mudanças da paisagem, na quantificação e qualificação do uso e cobertura da terra. A caracterização morfométrica foi realizada a partir da análise linear, zonal e hipsométrica.

O método de Stralher foi utilizado para hierarquização da rede de drenagem, cujas nascentes são consideradas de primeira ordem e os canais consecutivos de segunda, terceira e quarta ordem (Quadro 7).

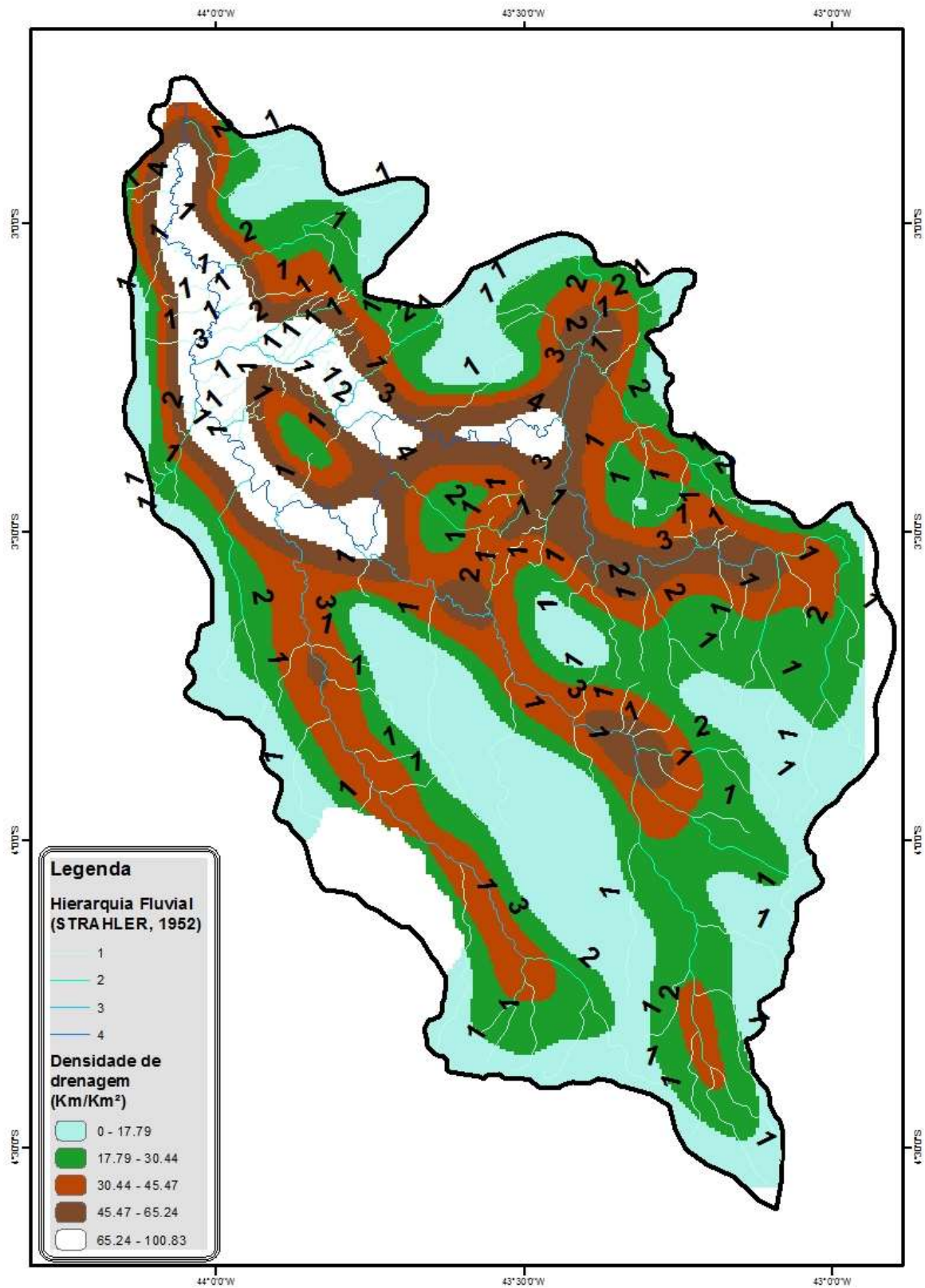
Quadro 7. Relação hierárquica, quantidade e extensão de canais da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Munim – MA

Ordem	Nº de Canais	Comprimento dos canais (km)
1º	377	248,7
2º	77	34,8
3º	50	506,6
4º	25	1496,7

Dados: Dados da pesquisa (2020)

De acordo com o método foram contabilizados 529 canais com extensão total de 2286,8 km. Os canais de primeira ordem apresentam 377 segmentos com o comprimento total de 248,7 km, já os de segunda ordem com 77 canais de 34,8 km, os de terceira ordem com 50 canais e comprimento médio de 506,6 km e em maior extensão os segmentos de quarta ordem com 25 canais de 1496,7 km, o que representa um controle estrutural elevado das nascentes do rio, conduzindo a formação dos cursos fluviais. A Figura 8 apresenta a hierarquia fluvial para o local em estudo.

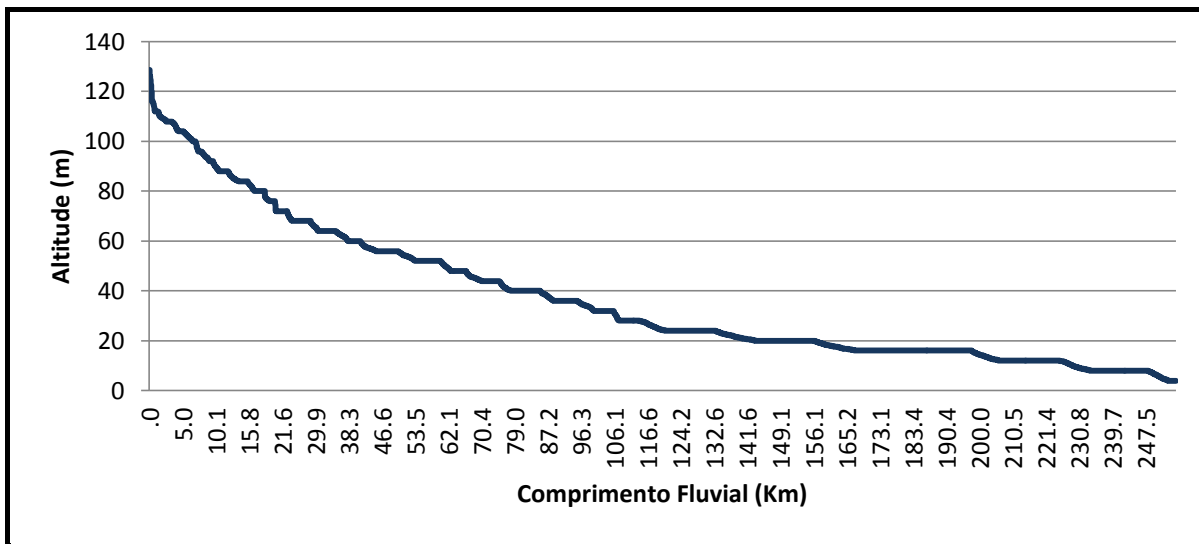
Figura 8. Hierarquia fluvial e densidade de drenagem da bacia hidrográfica do rio Munim – MA



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Outro aspecto avaliado foi o perfil longitudinal, que tem como objetivo identificar a variação de altitude e extensão do canal principal, da nascente até a foz, e a partir disso presumir a dinâmica de sedimentos e o relevo do rio em análise, Figura 9.

Figura 9. Perfil Longitudinal do rio Munim – MA



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

O perfil longitudinal da área em estudo apresenta uma curva parabólica côncava, sendo considerada em equilíbrio em relação à atuação da erosão, transporte e deposição de sedimentos. Vale ressaltar que o perfil apresenta indícios dessas atuações, devendo ser correlacionados com outros fatores, como decorrido durante a pesquisa.

Outro fator avaliado foi à densidade de drenagem, que na bacia em estudo foi de 0,16 km/km², o que significa baixa densidade e pouca capacidade de formar canais, indicando uma bacia hidrográfica com rochas permeáveis, com maiores taxas de infiltração e aumento de contribuição de água para o aquífero local.

A relação de bifurcação indicou o grau de dissecação e o comportamento hidrológico dos solos da bacia em estudo, quanto maior os valores da relação, maior o grau de dissecação. Já os valores abaixo de 2 indicaram relevo colinoso. O Quadro 8 apresenta os valores encontrados para área em estudo.

Quadro 8. Índices de bifurcação da bacia hidrográfica do rio Munim – MA

Parâmetro Linear – Índice de Bifurcação		
Ordem	Nº de Canais	Índice de Bifurcação
1º	377	-----

2°	77	4.88 (Maior grau de dissecação)
3°	50	1.51 (Relevo Colinoso)
4°	25	1.92 (Relevo Colinoso)

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Além disso, em relação ao comportamento hidrológico dos solos, os valores de bifurcação indicaram que o canal de segunda ordem apresenta solos menos permeáveis e os canais de terceira e quarta ordem solos mais permeáveis.

A relação entre o comprimento médio de cada ordem foi calculado, a partir da soma do comprimento dos canais sobre o número dos canais.

Essa relação indicou que os canais de 1° ordem apresentaram uma relação de 0,66 km sendo geralmente curtos, entretanto o riacho das flores (afluente do rio Munim), apresentou 47,66 km, sendo o maior canal da bacia hidrográfica, enquanto os canais de 2° ordem apresentaram os menores comprimentos e menor relação com 0,45 km.

Na transição dos canais de 2° para a 3° ordem houve um aumento significativo em torno de 23 vezes do comprimento do canal, esse crescimento também foi observado na transição dos canais de 3° para 4° ordem com uma relação de comprimento de 59,87 km; o que representa um aumento de 5 vezes e um canal de 4° ordem com comprimento em torno de 46 km.

Para caracterização do relevo foi encontrada a altitude máxima da bacia de 128m, altitude média de 62m e altitude mínima de 4m, onde indica a declividade dos cursos d'água da bacia hidrográfica, sendo encontrado o valor médio de 57% de declividade entre os canais.

O índice de sinuosidade encontrado para bacia hidrográfica foi de 0.80, o que corresponde a um canal retilíneo, de acordo com Schumm (1963), os valores próximos a 1 indicam que o canal tende a ser retilíneo, já valores superiores a 2 sinuosidade dos canais.

Já a densidade hidrográfica verifica a eficácia hídrica e a capacidade de gerar novos canais de drenagem em função das características pedológicas, geológicas e climáticas locais, para a bacia hidrográfica do Munim foi identificado uma densidade hidrográfica de 0,03 rios/km², o que caracteriza uma baixa densidade hidrográfica e pequena tendência à formação de canais, provocadas por características físicas e topográficas.

Em seguida, calculou-se o coeficiente de manutenção que objetiva indicar o potencial de manter cursos perenes, o resultado encontrado foi 6.25 km/km², o que indica uma área de 6.25 km² para formar 1 km de canal fluvial, o que significa baixa capacidade para manter rio perene.

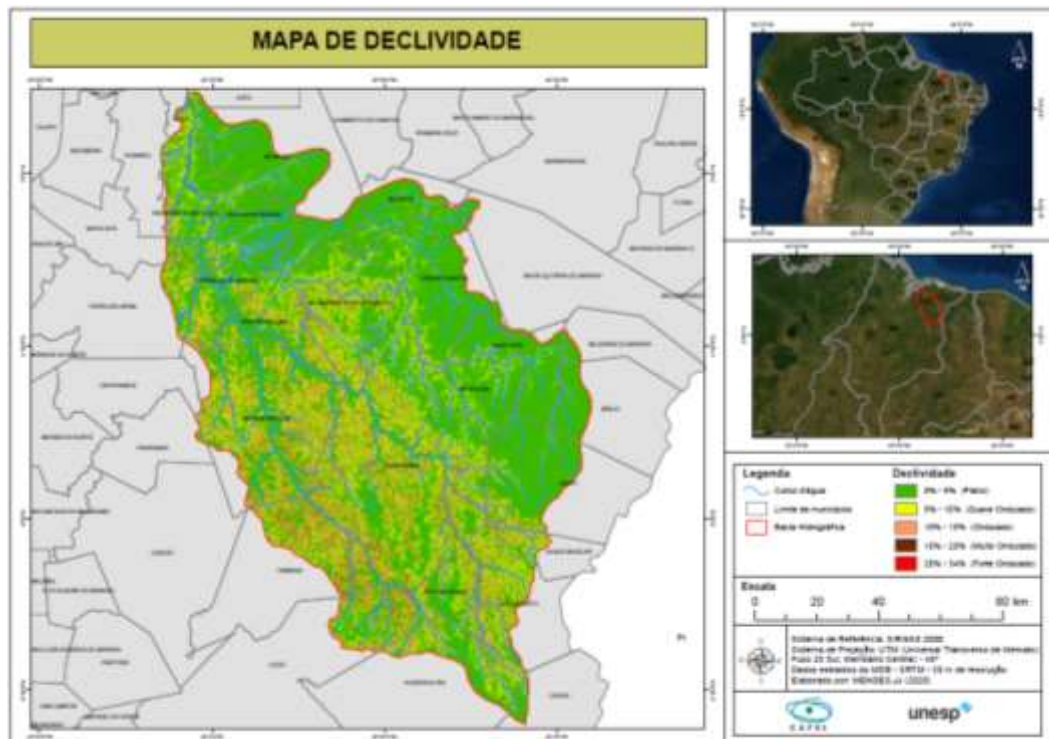
O valor encontrado do coeficiente de manutenção prevalece em relevo mais plano e tende a diminuir quando o relevo torna-se fortemente ondulado, no período chuvoso quando há um aumento do escoamento superficial formam os canais da rede de drenagem, já nas áreas mais elevadas o escoamento superficial tende a seguir o curso natural, proporcionando maior chance de manter rio perene.

Outros parâmetros avaliados foram o Coeficiente de Compacidade - CC e o Índice de Circularidade - IC, que apresentaram os seguintes resultados para área em estudo, $CC = 1.47$ e $IC = 0.45$, o que corresponde uma bacia hidrográfica de forma alongada e pouco propensa a enchentes em condições normais de precipitação, favorecendo maior escoamento.

Esse escoamento apresenta um fluxo maior na sua velocidade quando apresenta declividades elevadas, aumentando o processo erosivo e diminuindo a infiltração de água no solo; entretanto nas áreas rebaixadas, a partir da densidade de drenagem foi possível identificar que, devido a pouca capacidade de formar canais, há maiores taxas de infiltração e aumento da recarga de aquífero.

Na bacia hidrográfica em estudo, a maior parte da área é plana (Figura 10), entretanto possui áreas com declividade de até 34%, o que indica que nas áreas planas há menos escoamento superficial com menor dissecação do relevo e alta infiltração de água no solo.

Figura 10. Mapa de declividade da bacia hidrográfica do rio Munim – MA



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Considerando os parâmetros analisados, foi possível estimar o índice de rugosidade, que identifica o potencial de uso do solo para agricultura, pecuária, silvicultura ou reflorestamento. Considerando esses tipos de usos, a bacia em estudo apresentou um coeficiente de 19.84, que indica que a área em estudo apresenta potencial para pastagem, validando a base econômica de grande parte dos municípios, representada pela pecuária.

Por meio dos parâmetros morfométricos linear, zonal e hipsométrico foi possível realizar a caracterização da bacia hidrográfica do Munim e identificar as características físicas, geométricas e potenciais de uso para região, conforme suas condições naturais.

3.2. Indicadores hidrológicos e gerenciamento do comitê de bacia hidrográfica

O referido resultado tem como objetivo avaliar os indicadores hidrológicos, a partir das estações fluviométricas e pluviométricas situadas na bacia hidrográfica do rio Munim, com a finalidade de investigar a dinâmica hidrológica, a oferta, demanda e conflitos oriundos dos múltiplos usos dos recursos hídricos, por meio das séries históricas de vazões e precipitações, no intuito da elaboração de dados para outorgas e o gerenciamento do comitê de bacia hidrográfica.

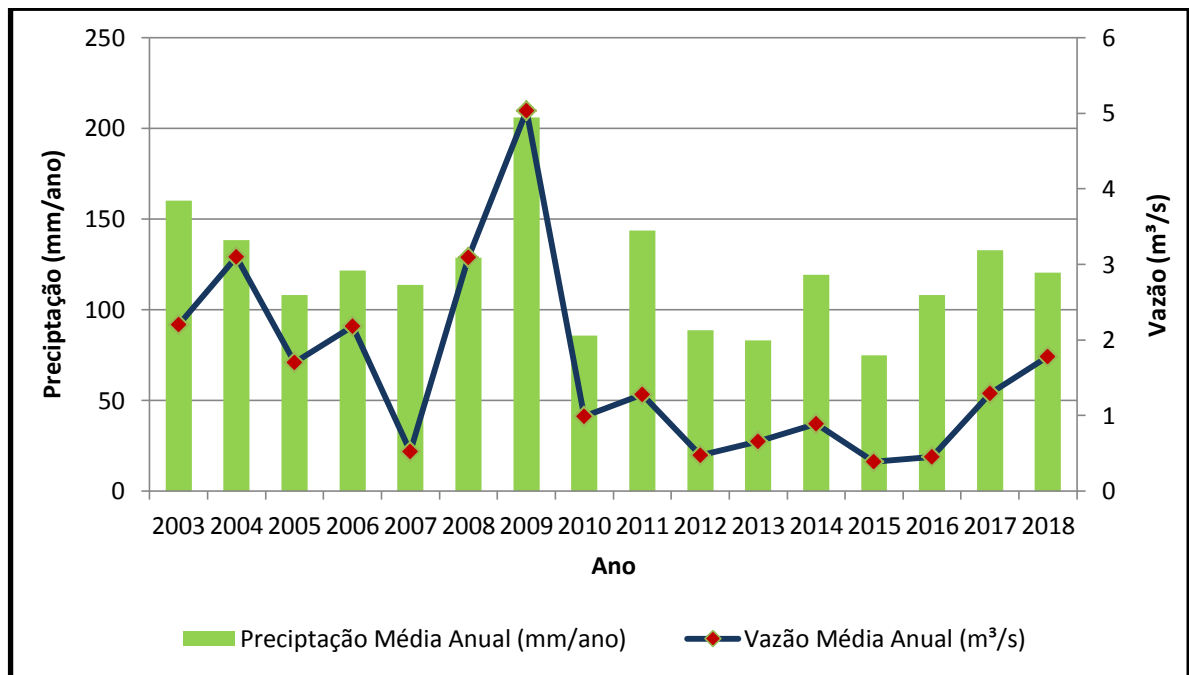
O planejamento e ações do comitê de bacia hidrográfica são provenientes de cenários qualitativos e quantitativos, que subsidiam o estabelecimento de metas, o enquadramento e a resolução de possíveis conflitos. Além disso, compreender a estrutura e o funcionamento auxilia no fornecimento de dados técnicos para a gestão desse espaço.

3.2.1 Análise do comportamento hidrológico na bacia hidrográfica do rio Munim

A dinâmica hidrológica foi realizada a partir das estações fluviométricas Fazenda Capueira (33720000), Bonsucesso (33750000), Iguará (33770000), Munim (33730000), Nina Rodrigues (33780000), São Benedito(33760000) e Urbano Santos (33790000), todas sob responsabilidade da ANA e operada pela CPRM. Além disso, usou-se as estações pluviométricas Brejo do Mearim (343010), Mata Roma (343009), Munim (343004), Iguará (343001), Nina Rodrigues (343003) e São Benedito (343012).

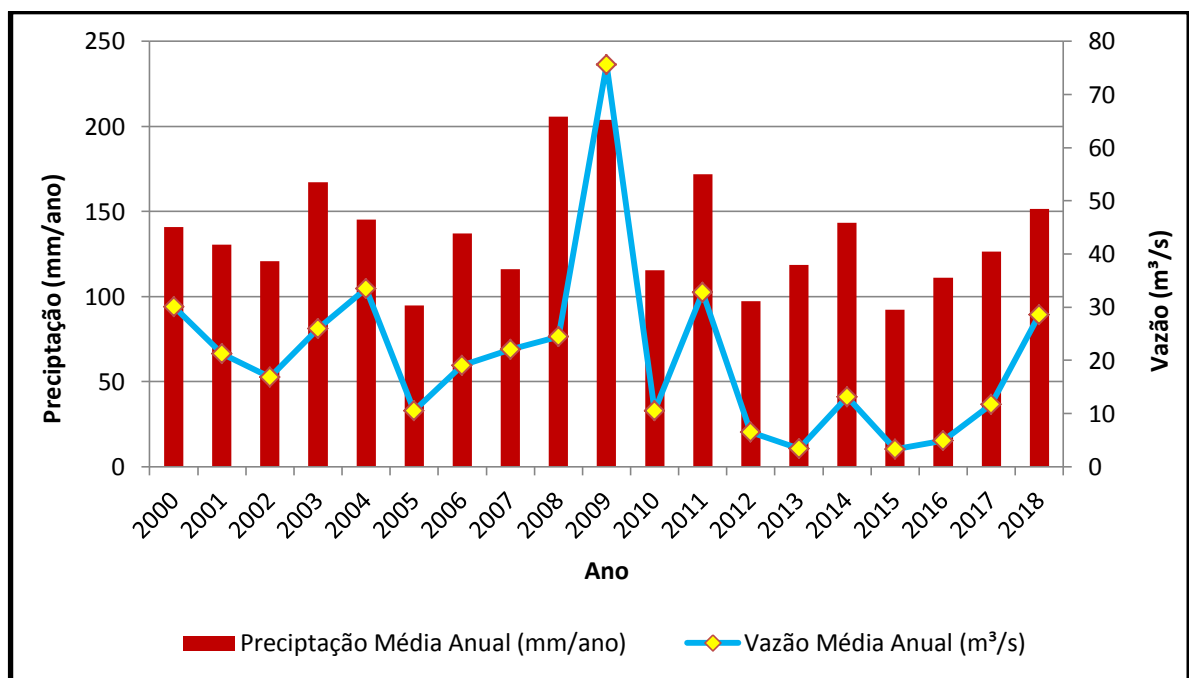
Para análise dos resultados, selecionou-se uma estação para o alto, o médio e o baixo curso do rio, conforme demonstrado nas Figuras de 11 a 13, já o resultado das outras estações encontra-se disponibilizados nos Apêndices D a J.

Figura 11. Vazão anual da estação fluviométrica Fazenda Capueira e pluviométrica Brejo do Mearim, alto curso do rio, nos anos de 2003 a 2018



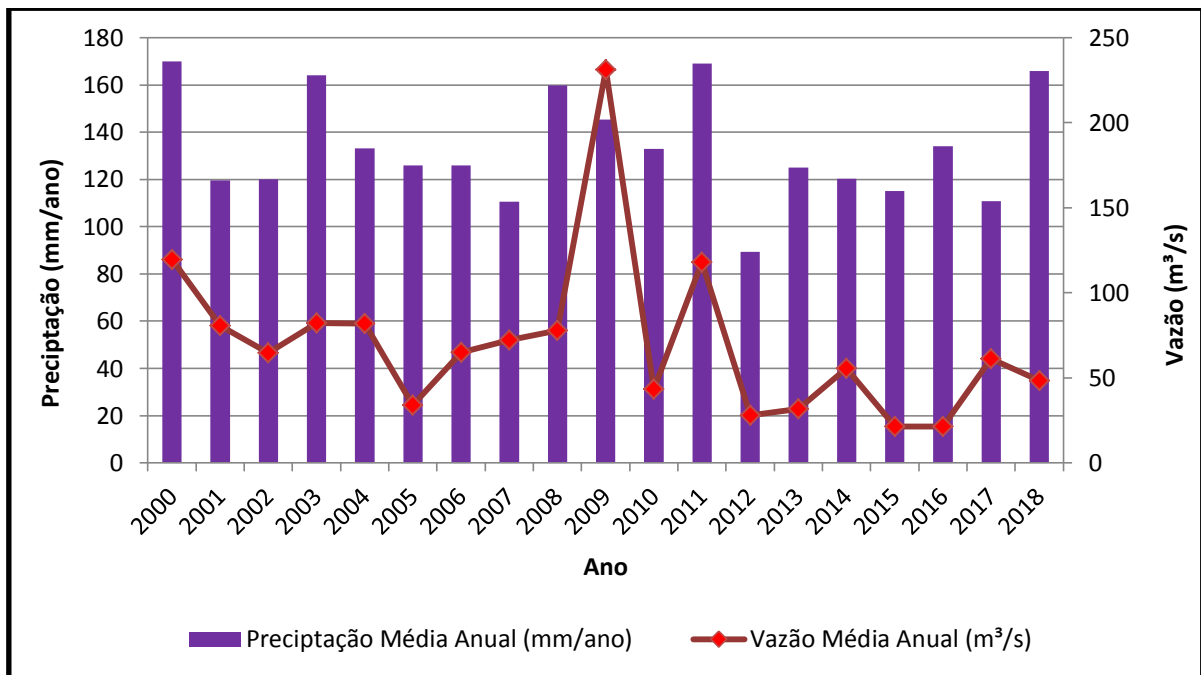
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Figura 12. Vazão anual da estação fluviométrica e pluviométrica Munim, médio curso do rio, nos anos de 2000 a 2018



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Figura 13. Vazão anual da estação fluviométrica e pluviométrica Nina Rodrigues, baixo curso do rio, nos anos de 2000 a 2018



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

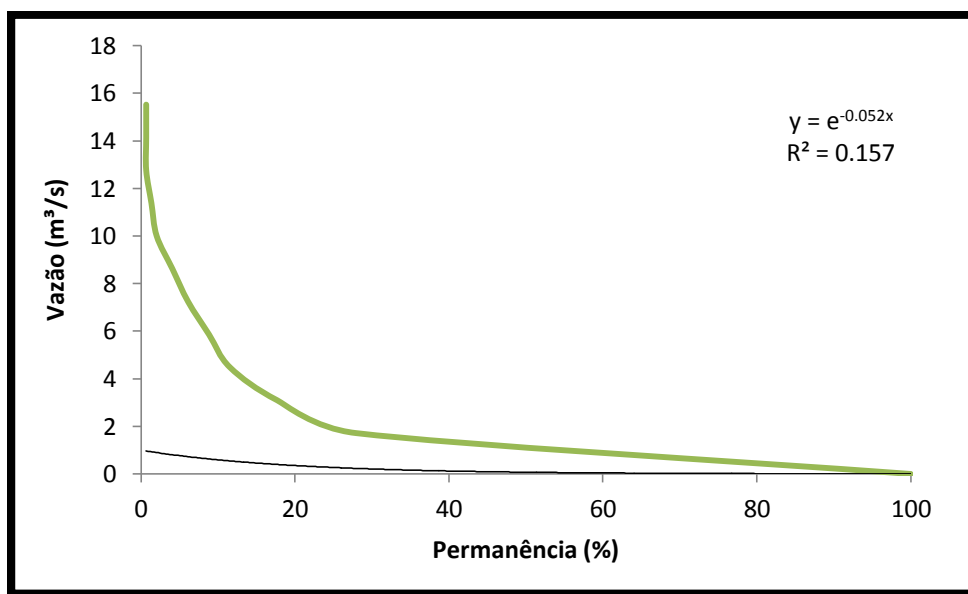
A estação fluviométrica Fazenda Capueira (-4,1669 /-43.2239), situada no município de Afonso Cunha (Alto curso da bacia hidrográfica), com atitude de 51 m e área de drenagem de 733 km² foi correlacionada com a estação pluviométrica Brejo do Mearim (-3.94/ -43.5206) que dista 40 km, situada no município de Chapadinha – MA, conforme é demonstrado na Figura 9 a série de vazões e precipitações média anuais, provenientes do Hidroweb.

Com a distribuição gráfica dos dados de vazão média anual, foi possível visualizar o comportamento hidrológico no alto curso da bacia hidrográfica, identificando uma vazão com pico máximo de 5,03 m³/s em 2009 e mínimo de 0,39 m³/s em 2015, o que está diretamente relacionado aos níveis pluviométricos na região nos referidos anos. Em 2009, influenciada pelo fenômeno La Ninã, o que provocou os maiores índices pluviométricos na área em estudo, em torno de 206,06 mm/ano. Já em 2015, ocorrem os menores índices de chuvas, em torno de 74,75 mm/ano, ocasionado pela ação do fenômeno El Niño que intensifica a seca na região Nordeste.

Além das anomalias climáticas, outro fato identificado na correlação dos dados para todas as estações é quando ocorre o aumento de volume precipitados, aumentando a infiltração, o escoamento sub-superficial e a vazão do corpo hídrico.

Para o cálculo da Q90 da estação fluviométrica Fazenda Capueira foi realizado a curva de permanência (Figura 14), por meio da equação da reta de regressão potencial, que resultou em um valor de 0,49 m³/s e uma vazão outorgável (25% de 80% da Q90) de 0,098 m³/s.

Figura 14. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Fazenda Capueira



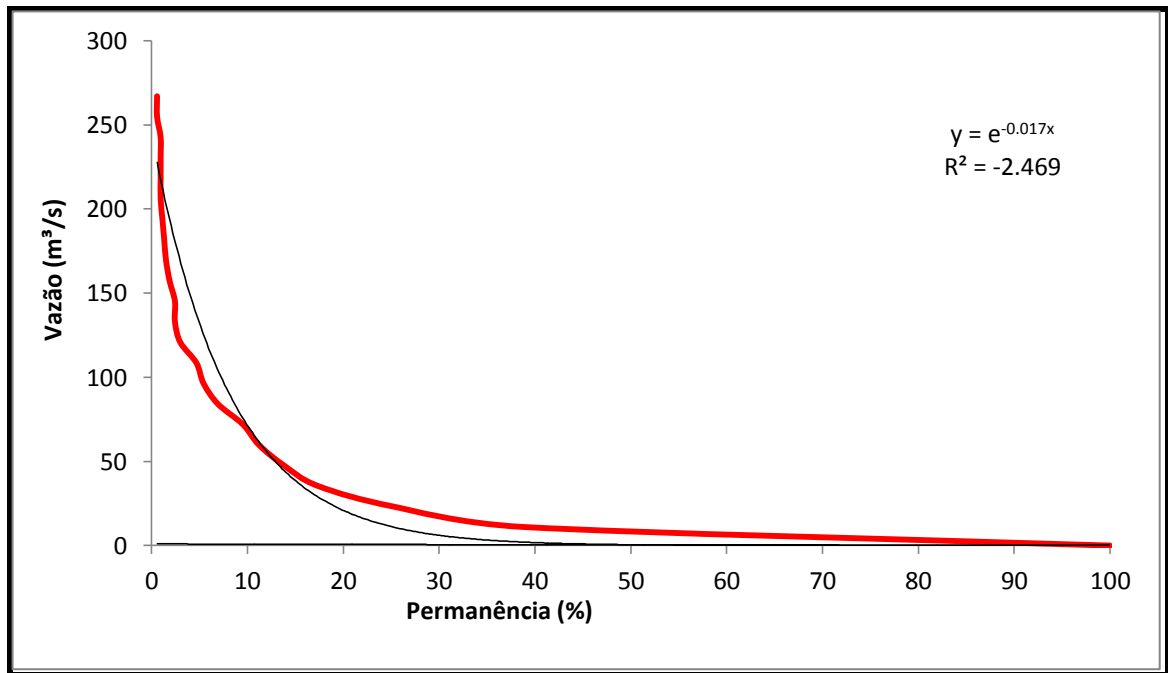
Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Já em relação ao comportamento hidrológico do médio curso da bacia hidrográfica, utilizou-se a estação fluviométrica Munim (-3.5775 / -43.7028), situada no município de Vargem Grande, com atitude de 7 m e área de drenagem de 4.210 km² que foi correlacionada com a estação pluviométrica Munim (-3.46 / -43.8994), que dista 2 km, situada no município de Vargem Grande– MA, conforme demonstrado na Figura 12.

A partir da distribuição gráfica dos dados de vazão média anual foi permitido verificar o comportamento hidrológico no médio curso da bacia hidrográfica, identificando uma vazão com pico máximo de 75,6 m³/s em 2009 e mínimo de 3,29 m³/s em 2015, o que foi ocasionado por padrões climáticos naturais resultantes da interação oceano e atmosfera, provocando, em 2019, chuvas em torno de 203,85 mm/ano. No entanto, em 2015 devido à ação do El Niño, que provoca seca na região Nordeste, ocorreram os menores índices de chuvas, em torno de 92,27 mm/ano.

O cálculo da Q90 da estação fluviométrica Munim foi realizado a curva de permanência Figura 15, por meio da equação da reta de regressão exponencial, que resultou em um valor de 3,93 m³/s e uma vazão outorgável (25% de 80% da Q90) de 0,786 m³/s.

Figura 15. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Munim



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

O baixo curso da bacia hidrográfica não possui estação fluviométrica, com isso utilizou-se a estação mais próxima a essa região, em que o rio muda de ordem fluviométrica de 3 para 4, segundo (STRAHLER, 1952). A partir disso foi possível avaliar o comportamento hidrológico da bacia quando o mesmo apresenta 4 ordem.

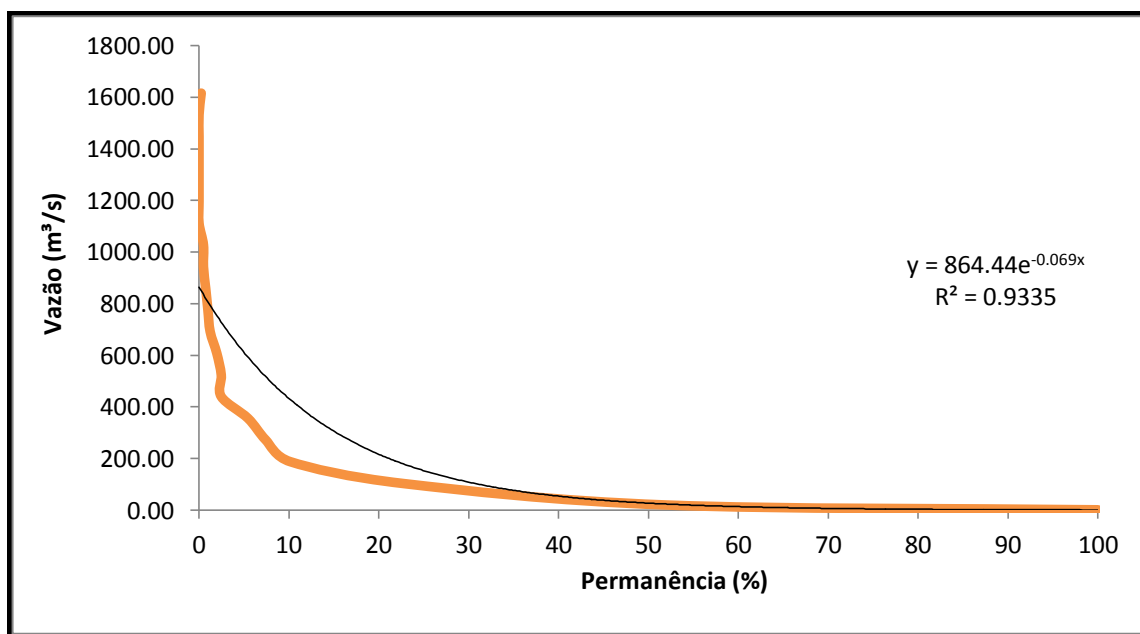
Aplicou-se os dados da estação fluviométrica Nina Rodrigues (-3.5525 / -43.8722), situada no município de Nina Rodrigues - MA, com atitude de 86m e área de drenagem de 12.600km², sendo correlacionada com a estação pluviométrica Nina Rodrigues (-3.4594 / -43.8989), que dista 2km, situado no município de Nina Rodrigues – MA. A Figura 11 demonstrou a série de vazões e precipitações média anuais.

No ano de 2012 ocorreu a menor precipitação da série histórica, ocasionado pela menor atividade da Zona de Convergência Intertropical – ZCIT, que possui como característica a formação de nuvens na região equatorial provocada por instabilidade atmosférica, oriunda da interação continente-oceano, atuando principalmente no 1º semestre na região.

Essas condições climáticas influenciam diretamente o volume de água escoado pelo rio e conseqüentemente a vazão que passa em 90% do tempo, o que reforça a proposição do estudo em demonstrar a Q90 média da série histórica em análise.

Para o cálculo da Q90 da estação fluviométrica Nina Rodrigues foi realizado a curva de permanência (Figura 16), por meio da equação da reta de regressão exponencial, que resultou em um valor de 5,03 m³/s e uma vazão outorgável (25% de 80% da Q90) de 1,006 m³/s.

Figura 16. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Nina Rodrigues



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Portanto, com base no comportamento hidrológico do rio Munim, nessas 3 estações fluviométricas e pluviométricas foi possível identificar o volume escoado, a vazão média e vazão outorgável nos trechos da bacia hidrográfica, devendo ser ressaltado que na área em estudo apresentam-se outras estações em seu alto e médio curso que foram tabulados para aquisições das referidas informações, sendo disponibilizadas nos Apêndices de D à J desta pesquisa.

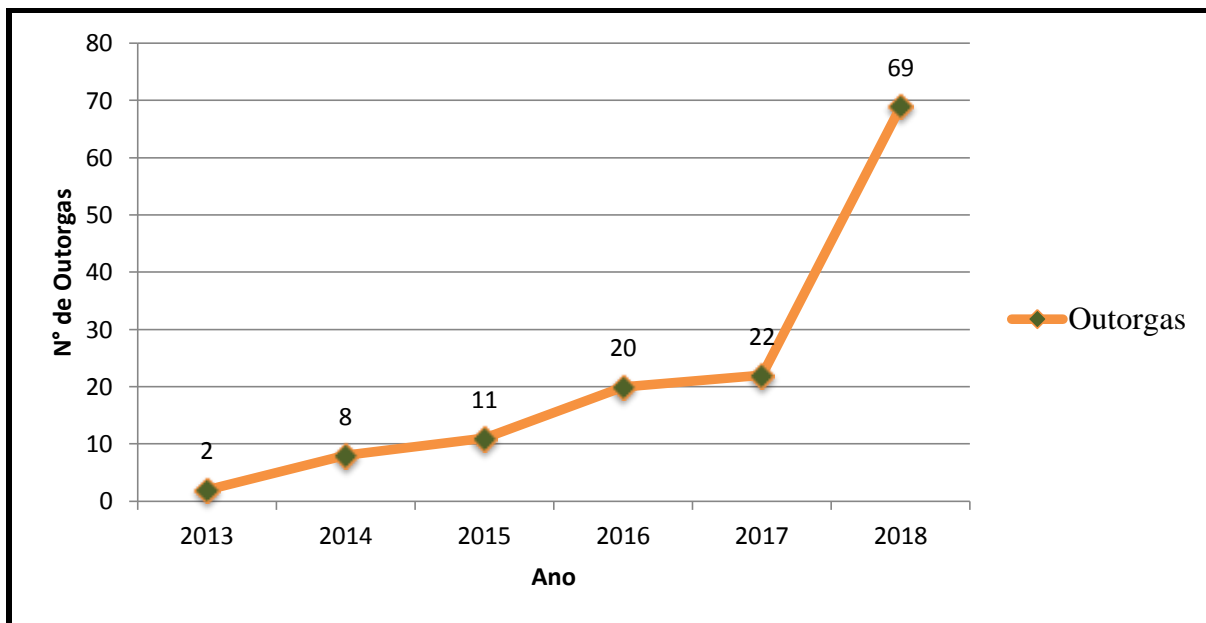
3.2.2 Levantamento da oferta, da demanda e dos conflitos de usos dos recursos hídricos

A política estadual do Maranhão é um instrumento que norteia a gestão dos recursos hídricos maranhenses, sendo a outorga um ato administrativo que pode avaliar a oferta, a demanda e possíveis conflitos existentes em uma bacia hidrográfica.

A partir dos dados disponibilizados pela SEMA dos anos 2013 a 2018, foram solicitadas 132 pedidos de outorga, com finalidades para irrigação, consumo humano, indústria, abastecimento público, aquicultura, dessedentação animal, mineração, comércio e

serviços, sendo 111 captações subterrâneas e 21 captações superficiais. Na Figura 17 é demonstrado quantitativamente o crescimento dos pontos outorgados na bacia em estudo.

Figura 17. Ascensão dos pontos outorgados na bacia hidrográfica do rio Munim

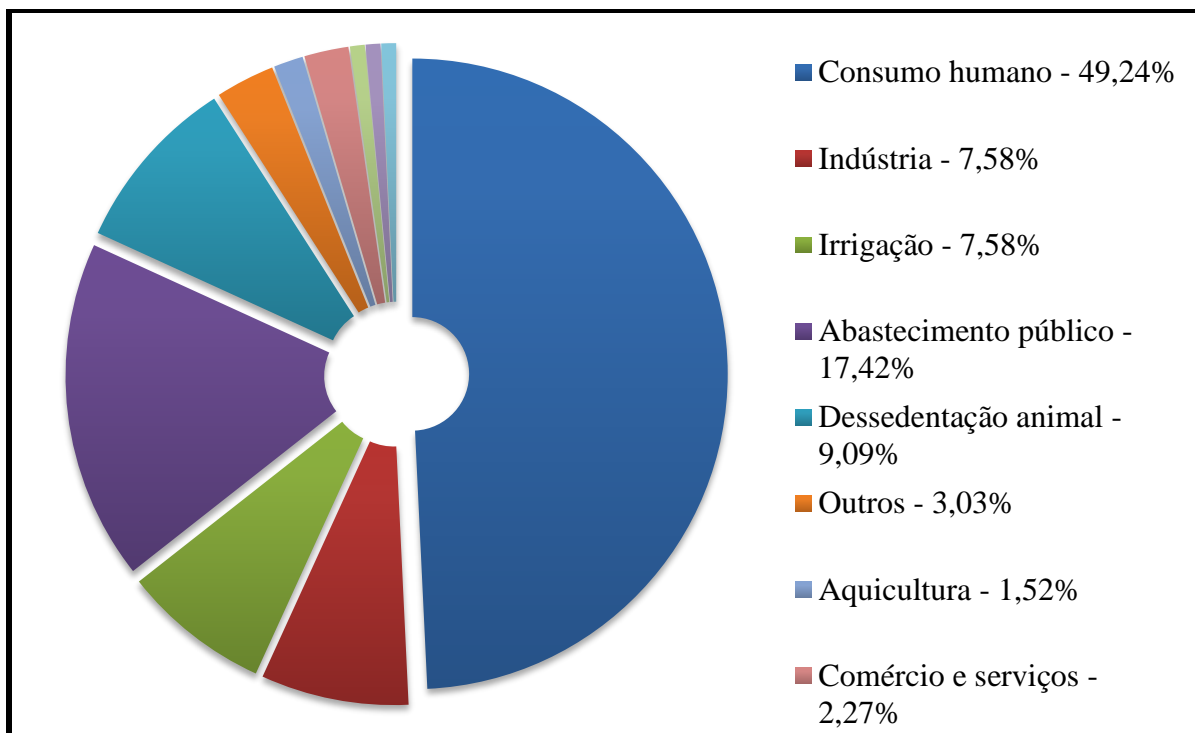


Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Vale salientar que esse controle foi disponível a partir da implantação do Sistema Informatizado de Gerenciamento de Licenciamentos e Autorizações - SIGLA, que entrou em funcionamento no ano de 2013, não sendo considerados os processos físicos que estavam em tramitação no órgão público. De acordo com os gestores, não havia o gerenciamento das autorizações antes da implantação do sistema de informação; portanto, considera-se que haja subnotificações nos pontos outorgados.

A demanda hídrica é um aspecto importante na identificação das finalidades de uso da água, sendo fundamental para evitar e/ou mitigar os conflitos pelo uso do recurso natural. De acordo com a Figura 18, foi possível demonstrar as finalidades dos pontos outorgados na bacia em estudo.

Figura 18. Dados referentes à porcentagem de finalidade de uso das outorgas



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Verifica-se que o uso para consumo humano é predominante nas outorgas emitidas, seguidas por abastecimento público e dessedentação animal. No entanto, quando verificamos as vazões outorgáveis, os valores para consumo humano são menores em relação aos usos de abastecimento público e mineração, conforme demonstrado no Quadro 9.

Quadro 9. Vazão outorgável por finalidade no período de 2013 a 2018

Finalidade	Vazão (m ³ /dia)
Consumo humano	523.82
Indústria	247.21
Irrigação	317
Abastecimento público	1566
Dessedentação animal	12.2
Outros	34
Aquicultura	34.6
Comércio e serviços	59
Construção civil	10
Paisagismo	5
Mineração	560

Fonte: SEMA (2021). Elaboração: Dados da pesquisa (2021)

Portanto, a demanda do uso da água para os setores de abastecimento público e mineração são finalidades com maiores vazões captadas, o que ressalta a importância do manejo sustentável do recurso hídrico, haja vista que a atividade mineradora apresenta em seu processo de extração e beneficiamento elevados impactos ambientais. A demanda do uso da água para abastecimento público, exigem um sistema de tratamento eficaz a possíveis contaminantes que podem vir oriundo das atividades minerárias.

Vale ressaltar que a expansão da fronteira agrícola na bacia hidrográfica após o ano de 2018, pode ter causado uma demanda maior da água para irrigação, o que provavelmente aumentaria o consumo e o conflito pelo uso da água.

Os usos consultivos da bacia representam 98,82%, o que demonstra uma discrepância em relação ao uso e vazão de retorno, haja vista que os usos não consultivos representam somente 1,18%, portanto é importante a manutenção das áreas de recarga de aquífero, como forma de minimizar os efeitos da estiagem e preservação das nascentes.

3.2.3 Gerenciamento do comitê de bacia hidrográfica

O Comitê da Bacia Hidrográfica do rio Munim – CBH Munim foi o primeiro comitê a ser criado no estado do Maranhão, instituído a partir da Lei nº9956 de 21 de novembro de 2013 e do art. 43, V, da Constituição do Estado do Maranhão, em cumprimento da Política Estadual de Recursos Hídricos – Lei nº 8149, de 15 de junho de 2004.

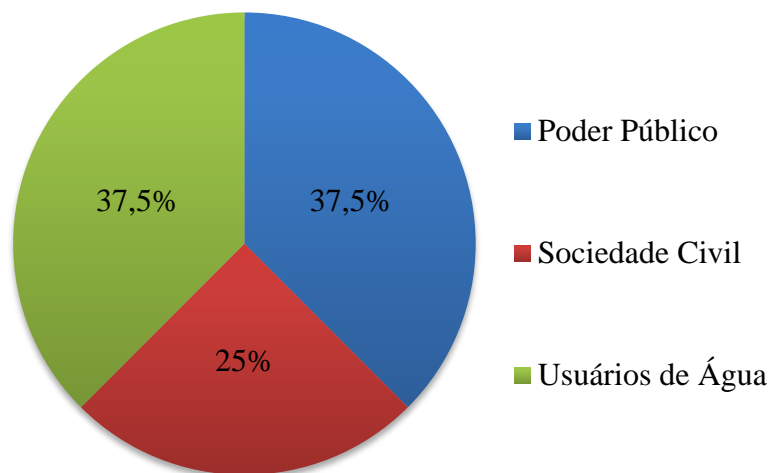
O CBH do rio Munim é constituído por 20 membros efetivos e 20 membros suplentes de usuários de água, 10 membros efetivos e 10 membros suplentes da sociedade civil organizada e 20 membros efetivos e 20 suplentes do poder público federal, estadual, municipal e intermunicipal, totalizando 50 membros efetivos e 50 membros suplentes.

Observa-se no Anexo I a Lista dos membros efetivos e suplentes do CBH-Munim, gestão 2019 – 2021. Observa-se a vacância de 4 vagas do poder público estadual (2 efetivas e 2 suplentes) e 8 vagas de usuários de água (2 efetivas e 6 suplentes), o que influencia no poder de discussão e decisão, ficando comprometido pela ausência de representantes desses setores.

De acordo com o questionário aplicado aos membros do CBH, foi possível identificar a percepção dos mesmos sobre a gestão, participação, problemas ambientais, conflitos, perspectivas e possíveis soluções sobre as águas da bacia hidrográfica.

Inicialmente, as perguntas buscaram identificar a representatividade dos entrevistados no comitê, enquadrando-os conforme os segmentos que representava (Figura 19).

Figura 19. Você é representante de qual categoria?

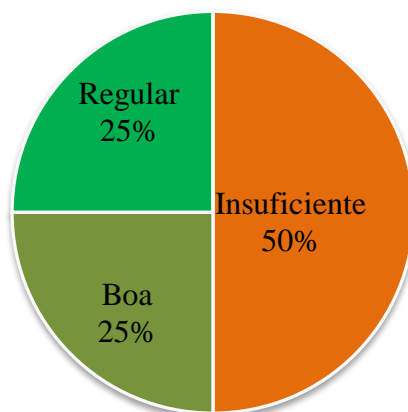


Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Portanto, a Figura 19 demonstra que a maioria dos entrevistados é do segmento do poder público e usuários de água, o que corresponde a 66,67% dos possíveis entrevistados em cada segmento, o que evidencia uma amostragem considerável para pesquisa. Já em relação a sociedade civil organizada foi coletada informações de 80% dos possível entrevistados, o que ratifica a confiabilidade do universo amostral.

A avaliação da gestão dos recursos hídricos na bacia, pela percepção dos membros do comitê é importante, no intuito de investigar e promover uma autoavaliação das ações realizadas pelos membros, conforme demonstrado na Figura 20.

Figura 20. Como você avalia a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Munim?



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

O CBH é um dos principais instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos. O fato da identificação de 50% dos membros considerarem a gestão como insuficiente é algo importante para problematizarmos, visto que algumas dificuldades podem ocorrer como a falta de recursos, efetividade dos membros participantes, má gestão e educação ambiental.

Quando questionados sobre a atuação do segmento pela qual representa, no comitê de bacia hidrográfica, os mesmos foram equânimes considerando-os de insuficiente a ótima em todos os segmentos, conforme quadro 10.

Quadro 10. Como tem sido a contribuição do seu segmento no comitê de bacia hidrográfica?

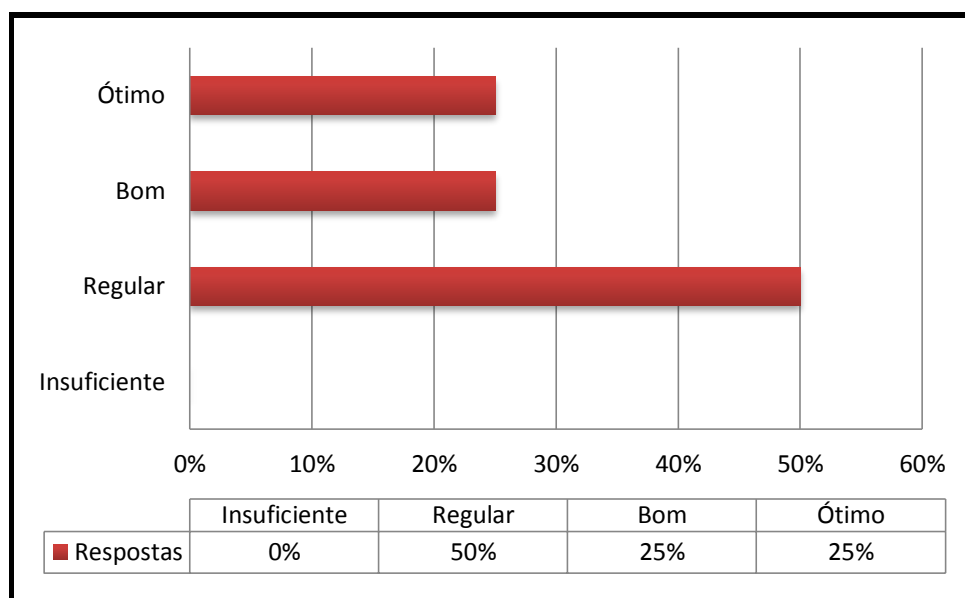
	Sociedade Civil	Poder Público	Usuários de Água
Insuficiente	25%	30%	20%
Regular	25%	30%	40%
Bom	25%	20%	20%
Ótimo	25%	20%	20%

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Essa não disparidade evidencia sobre a atuação dos membros do comitê, onde alguns consideram sua atuação ativa na gestão e outros que ainda podem melhorar, o que estimula uma autoanálise dos membros para que possam contribuir com ações, ideias e projetos, como sujeitos participantes do processo de gestão.

No questionamento seguinte foi avaliado o nível de conhecimento dos envolvidos na bacia hidrográfica, no intuito de identificar o entendimento sobre as ações do comitê, a funcionalidade de cada segmento e sua representatividade como membro de um instrumento que orienta, valora, protege e gerencia uma bacia hidrográfica, conforme demonstrado na Figura 21.

Figura 21. Como você avalia o nível de conhecimento dos envolvidos na bacia hidrográfica?



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Em torno de 50% dos entrevistados avaliaram o nível de conhecimento como regular, o que demonstra a importância de treinamentos, debates, oficinas, cursos, palestras que capacitem os membros para atuação efetiva no comitê. Além disso, buscou-se investigar se os mesmos são afetados por algum problema qualitativo ou quantitativo das águas, através da pergunta “Você é afetado diretamente por algum problema relacionado à qualidade ou quantidade das águas na referida bacia? Caso positivo, como?”

Todas as respostas foram positivas, as justificativas estão relacionadas à falta de água tratada para consumo humano, diminuição da diversidade de peixes, quantidade e qualidade da água, como citado em um dos discursos “*Sim, percebe-se que o nível das águas da bacia está diminuindo e muitas espécies de peixe já desapareceram em virtude da degradação do rio Munim*”. (APS, 43 anos – Usuário de água).

Com base no discurso, fica evidente os impactos causados sobre a biodiversidade de peixes, o que pode estar relacionado com a pesca predatória, alteração da qualidade das águas por meio de poluentes e contaminantes lançados ao longo do rio, além da diminuição do nível da água pela redução das áreas de recarga de aquífero, não preservação das nascentes e/ou manejo inadequado do uso do solo.

Com base nessas problemáticas, buscou-se investigar sobre os conflitos pelo uso da água, através da pergunta “Você já se envolveu em algum tipo de conflito pelo uso da água?”. Segue os principais discursos relacionados à disputa pelo uso da água:

“Sim. Falta de gerenciamento para piscicultura”. (FAG, 53 anos – Sociedade civil organizada).

“Sim. O conflito com a empresa MAGROPEL, que extraia mais de 100 carrada de areia por dia do rio Munim”. (ALD, 32 anos – Poder público).

“Sim. Extração de areia no leito”. (JEM, 48 anos – Usuário de água).

Portanto, o conflito pelo uso da água ocorre devido a não compatibilidade da oferta e demanda, além da carência de dados hidrológicos, que determinam as vazões de referência, a fim de fundamentar o processo decisório, o que dificulta o desenvolvimento de políticas, ação do comitê e aplicação do instrumento de outorga. Dessa forma, podem-se identificar os usos prioritários, o balanço hídrico e subsidiar o plano de bacia.

É válido salientar que a captação da água, extração de qualquer mineral e diluição de efluentes na bacia hidrográfica, deve ser realizada considerando as autorizações e cumprimento das condicionantes impostas pelo órgão ambiental e/ou Agência Nacional de Mineração – ANM.

No intuito de identificar as perspectivas para o futuro da bacia, considerando a realidade atual, realizou-se o seguinte questionamento “Em sua opinião, qual o futuro da água da bacia hidrográfica?”.

Como forma de sintetizar as respostas dos entrevistados, classificaram-se as mesmas nas seguintes palavras-chaves: “Escassez do recurso”, “Aumento da perfuração de poço” e “Lançamento de efluentes não tratados”.

Os membros do comitê acreditam que caso não ocorra um avanço no gerenciamento do recurso hídrico, o mesmo poderá ficar escasso, haja vista que já evidenciam a diminuição do volume do rio comparado aos anos anteriores. Além disso, mostram preocupação com o aumento da perfuração de poços, principalmente com o desenvolvimento do agronegócio na região, o que demanda o maior consumo de água para irrigação e do uso para abastecimento público, em municípios atendidos pela Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão – CAEMA e pelos Sistemas Autônomos de Água e Esgoto – SAAE’s.

Outra preocupação evidenciada foi devido ao lançamento de efluentes não tratados, segundo os dados do relatório de benefícios econômicos e sociais da expansão do saneamento no Maranhão, divulgados pelo Instituto Trata Brasil (2021). Cerca de 88,5% da população maranhense não possui coleta de esgoto, o que indica que o efluente bruto gerado pela população geralmente tem como destino final o solo e os corpos hídricos, o que influencia na qualidade das águas dos rios da bacia hidrográfica.

Como medida para solucionar tal problemática, questionou-se “O que poderia ser feito para melhorar a gestão da bacia hidrográfica”. Segue os principais discursos como resolução do cenário apontado:

“Ter um comitê forte e o funcionamento do sistema estadual de recursos hídricos”. (entrevistado 35 anos - Poder Público).

“A conscientização da sociedade, de que a água é uma fonte de recursos naturais que é esgotável. E que precisamos cuidar desse recurso”. (entrevistado 40 anos - Usuário de Água)

“Mais política pública voltada para os recursos hídricos”. (entrevistado 51 anos - Sociedade Civil Organizada).

“Ter mais recursos para ser feito um trabalho de reflorestamento”. (entrevistado 54 anos - Usuário de Água).

Portanto, verifica-se que a atuação do comitê, os instrumentos legais, a sensibilização da população, as políticas e os recursos financeiros são fatores que os membros apontaram como medidas para melhorar a gestão da bacia hidrográfica.

O fortalecimento e a participação do poder público, usuários da água e a sociedade civil são fundamentais para a eficácia da gestão dos recursos hídricos na região, o que promove a descentralização de responsabilidades e insere todos como agente ativo e corresponsável pela manutenção do recurso natural.

Nessa perspectiva, buscou-se identificar a percepção dos membros do comitê pela cobrança do uso da água e o seu entendimento por esse instrumento da PNRH “Em sua opinião, quem deve pagar pelo uso da água?”.

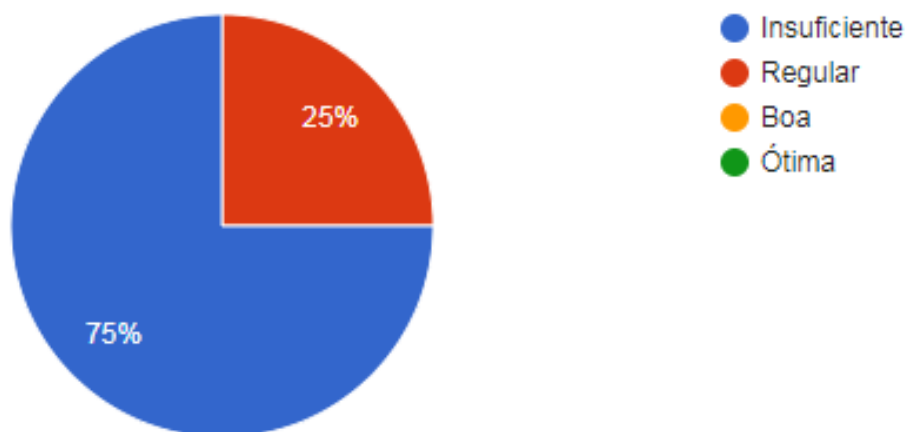
“Todos. Consumo humano através das companhias de abastecimento, os produtores, as indústrias, os empreendimentos público e privados”. (entrevistado 38 anos - Sociedade Civil Organizada).

“Que usa a água, ou seja, todos nós. Os cidadãos comuns já pagam por ela para as companhias de abastecimento de águas e os empresários precisam pagar pelo que usam” (entrevistado 49 anos - Usuário de Água).

A partir dos relatos, verificou-se que apresentam concordância sobre esse instrumento, onde todas as pessoas físicas e jurídicas que realizam consumo da água devem pagar pelo uso; os mesmos buscam criar a Agência de Águas para que comecem a cobrança pelo uso na bacia hidrográfica.

Por fim, buscou-se avaliar o conhecimento dos mesmos sobre possíveis usuários que realizam a captação da água sem a devida autorização, através da pergunta “Como você avalia o nível de outorgas na bacia hidrográfica?”. Conforme demonstrado na Figura 22.

Figura 22. Nível de outorgas na bacia hidrográfica do Munim, a partir da percepção dos membros do CBH



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Em torno de 75% dos membros do comitê informaram que a quantidade de outorgas na bacia ainda é incipiente, que conhecem usuários que realizam o uso da água sem autorização e como medida de solucionar tal problemática formalizam denúncias ao órgão ambiental estadual. Os mesmos relatam sobre a importância da divulgação do instrumento de outorga, a falta de recursos para fiscalização e autuação dos usuários sem outorga.

3.3 Índices de gestão municipal dos recursos hídricos

A água é um recurso estratégico, dotado de valor econômico, cultural e social. A diversidade de interesses nesse recurso coloca em risco a disponibilidade, a oferta e a escassez, sendo de relevante importância a investigação, por meio dos instrumentos e indicadores de gerenciamento desse recurso natural.

A gestão desse recurso por meio de instrumentos legais e de planejamento torna-se uma ferramenta para a regulação das demandas dos usuários de água. Tais instrumentos devem incluir a participação do poder público, sociedade civil e usuários no planejamento, monitoramento e tomada de decisões na conservação dos recursos hídricos (BRASIL, 1997).

Os indicadores são um agregado de variáveis quantitativas ou qualitativas que possam medir ou monitorar algo (BAKKES et al., 1994), buscando refletir a realidade de um objeto a ser pesquisado. Nessa perspectiva, utilizou-se o índice de eficiência de planejamento - IEP, índice de eficiência institucional - IEI e o índice de eficiência financeira - IEF, que subsidiaram para a elaboração do índice de eficiência de gestão dos recursos hídricos - IEGRH.

Esses indicadores foram construídos a partir da existência de instrumentos de gestão que representam práticas utilizadas pelo município para a gestão das águas, o que caracteriza a implementação de condições necessárias para a gestão da bacia hidrográfica do Munim, devendo ressaltar que existem outros instrumentos que podem ser utilizados na construção dos indicadores.

A compreensão das ações realizadas nos municípios inseridos na bacia hidrográfica em estudo é relevante no entendimento da identificação de instrumentos de gestão do recurso hídrico local, bem como as articulações com o Estado e a União. Verifica-se que, por meio da gestão, é possível reconhecer e implementar instrumentos para os usos múltiplos da água e do ordenamento territorial.

O Índice de Eficiência de Planejamento - IEP foi elaborado a partir de instrumentos legais que norteiam práticas de conservação e manejo dos recursos hídricos.

A política ambiental é uma declaração do município expondo as intenções e princípios gerais em relação a seu desempenho ambiental, que provê uma estrutura para ação e definição de seus objetivos e metas ambientais (BARBIERI, 2011). Esse instrumento subsidia outras ferramentas de planejamento e gestão, como:

- o plano municipal de recursos hídricos que, segundo Miranda (2012), é o estudo prospectivo que busca essencialmente adequar o uso, o controle e o grau de proteção dos recursos hídricos às aspirações sociais e/ou governamentais expressas em uma política de recursos hídricos e,
- a política de recursos hídricos em nível municipal é o conjunto de princípios que compõem as aspirações sociais e/ou governamentais concernentes à regulamentação ou modificação nos usos, controle e proteção dos recursos hídricos (MIRANDA, 2012). Ambos os instrumentos compõem a gestão dos recursos hídricos municipais e norteiam o gerenciamento da bacia hidrográfica.

A partir desses indicadores foi possível avaliar o IEP dos municípios da bacia hidrográfica do rio Munim, valorando os municípios com presença do instrumento

equivalente ao valor 1 e ausência valor 0, por fim gerou-se a média aritmética constituindo o IEP, conforme quadro 11.

Quadro 11. Índice de Eficiência de Planejamento da bacia do rio Munim

IEP - Índice de Eficiência de Planejamento				
Municípios	Política Municipal de Recursos Hídricos	Plano Municipal de Recursos Hídricos	Política Ambiental do município	IEP
Axixá	0	0	0	0.0 %
Cachoeira Grande	0	0	0	0.0 %
Icatu	0	0	0	0.0 %
Morros	1	0	1	67.0 %
Presidente Juscelino	0	0	0	0.0 %
Belágua	0	0	0	0.0 %
São Benedito do Rio Preto	0	0	0	0.0 %
Urbano Santos	0	0	0	0.0 %
Itapecuru mirim	0	0	0	0.0 %
Nina Rodrigues	0	0	0	0.0 %
Presidente Vargas	0	0	0	0.0 %
Santa Rita	0	0	0	0.0 %
Vargem Grande	0	0	0	0.0 %
Anapurus	1	0	1	67.0 %
Chapadinha	0	0	0	0.0 %
Mata Roma	0	0	0	0.0 %
Brejo	0	0	0	0.0 %
Milagres do Maranhão	0	0	0	0.0 %
Santa Quitéria do Maranhão	0	0	1	33.0 %
Afonso Cunha	0	0	0	0.0 %
Buriti	0	0	0	0.0 %
Coelho Neto	0	0	0	0.0 %
Duque Bacelar	0	0	0	0.0 %
Aldeias Altas	0	0	0	0.0 %
Caxias	0	0	1	33.0 %
Codó	0	0	1	33.0 %
Timbiras	0	0	0	0.0 %

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Tais indicadores são recomendados para a gestão dos recursos hídricos em nível municipal; contudo, sua existência não é obrigatória. Nenhum município apresenta todos os

indicadores, apenas o município de Morros e Anapurus com dois instrumentos de planejamento. Porém, somente 5 municípios (Codó, Caxias, Santa Quitéria do Maranhão, Morros e Anapurus), dos 27 municípios que compõem a bacia hidrográfica, apresentam pelo menos um indicador, o que representa 18,51% do total da amostra.

Com isso, percebe-se que a maioria dos municípios ainda não possui ferramentas adequadas de organização das ações que realizam na bacia hidrográfica, refletindo na sistematização de práticas de proteção e conservação do recurso hídrico.

Já o Índice de Eficiência Institucional - IEI foi constituído considerando a existência de órgãos responsáveis pelo cumprimento da gestão municipal de recursos hídricos, como o Conselho Municipal de Meio Ambiente e a Secretaria Municipal de Meio Ambiente.

O Conselho Municipal de Meio Ambiente é o órgão superior do Sistema Municipal de Meio Ambiente, de caráter normativo, deliberativo ou consultivo e fiscalizador das questões que afetam ao meio ambiente no âmbito local (ÁVILA; MALHEIROS, 2012). Esse órgão é composto por vários atores sociais que contribuem, a partir de sua pluralidade, no debate de normas ambientais, o uso e recuperação dos recursos naturais do município.

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente é o órgão responsável por planejar, promover, coordenar, fiscalizar e executar a política municipal de meio ambiente, conjuntamente com os demais órgãos do município, objetivando criar condições para o desenvolvimento sustentável (ÁVILA; MALHEIROS, 2012). Além disto, promover o suporte técnico ao Conselho Municipal de Meio Ambiente, análise de processos de outorgas e licenciamento de atividades potencialmente poluidoras ao meio ambiente.

Esses indicadores, em caso de existência do órgão/entidade, foi mensurado com valor 1 e inexistência valor 0. Além disso, identificaram-se os municípios que apresentam termo de capacidade, conforme resolução CONSEMA n° 043/2019, cujo objetivo é habilitação dos órgãos ambientais municipais para realização de fiscalização, monitoramento e licenciamento das ações causadoras de impacto ambiental no município.

Com base nos valores desses indicadores, calculou-se a média aritmética que resultou no IEI. Os resultados obtidos encontram-se apresentados no Quadro 12.

Quadro 12. Índice de Eficiência Institucional da bacia do rio Munim

IEI - Índice de Eficiência Institucional				
Municípios	Secretaria municipal de meio ambiente	Termo de Capacidade	Conselho municipal de meio ambiente	IEI
Axixá	1	0	1	67.0 %
Cachoeira Grande	1	0	0	33.0 %
Icatu	1	0	1	67.0 %
Morros	1	0.5	1	83.0 %
Presidente Juscelino	1	0	0	33.0 %
Belágua	1	0	0	33.0 %
São Benedito do Rio Preto	1	0	0	33.0 %
Urbano Santos	1	0	0	33.0 %
Itapecuru mirim	1	0	1	67.0 %
Nina Rodrigues	1	0	0	33.0 %
Presidente Vargas	1	0	0	33.0 %
Santa Rita	1	0.5	1	83.0 %
Vargem Grande	1	0	1	67.0 %
Anapurus	1	0.5	1	83.0 %
Chapadinha	1	1	1	100.0 %
Mata Roma	1	0	0	33.0 %
Brejo	1	0.5	0	50.0 %
Milagres do Maranhão	1	0	0	33.0 %
Santa Quitéria do Maranhão	1	0	1	67.0 %
Afonso Cunha	1	0	0	33.0 %
Buriti	1	0	1	67.0 %
Coelho Neto	1	0	1	67.0 %
Duque Bacelar	1	0	0	33.0 %
Aldeias Altas	1	0	0	33.0 %
Caxias	1	1	1	100.0 %
Codó	1	1	1	100.0 %
Timbiras	1	0	1	67.0 %

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

A articulação desses indicadores é fundamental para a gestão municipal dos recursos hídricos, possibilitando um gerenciamento integrado e participativo nas tomadas de decisão. Conforme o Quadro 12, todos os municípios possuem um departamento ou uma Secretaria de Meio Ambiente, entretanto 11 municípios possuem Conselho Municipal de Meio Ambiente, o que corresponde a 40,74% do total da amostra.

Das secretarias municipais de meio ambiente presentes na bacia, somente 7 possuem termo de capacidade técnico-institucional e administrativa de órgão ambiental municipal, o que indica que estas podem realizar ações de fiscalização, monitoramento e licenciamento das atividades causadoras de impacto ambiental no âmbito municipal, sendo que, 4 municípios com nível 1 de atuação e 3 municípios com nível 2 de atuação, conforme Anexo III – Termo de Capacidade.

O termo de capacidade pode dividir-se em habilitação de nível 1 ou nível 2. Os municípios enquadrados no nível 1 deverão possuir e comprovar existência de equipe técnica multidisciplinar própria formada por, no mínimo, 3 (três) profissionais, sendo pelo menos 2 (dois) com graduação ou pós-graduação em áreas relacionadas ao meio ambiente, legalmente habilitados por seus respectivos órgãos de classe, quando existente para aquela categoria profissional (MARANHÃO, 2019).

Já os municípios enquadrados no nível 2 deverão possuir e comprovar existência de equipe técnica multidisciplinar própria formada por, no mínimo, 5 (cinco) profissionais, sendo pelo menos 4 (quatro) com graduação ou pós-graduação em áreas relacionadas ao meio ambiente, legalmente habilitados por seus respectivos Órgãos de classe, quando existente para aquela categoria profissional (MARANHÃO, 2019).

Portanto, observa-se que somente 15 municípios apresentam o IEI acima de 50%, o que indica a necessidade de fortalecimento estrutural e de profissionais especializados para composição dos órgãos municipais.

Já para o Índice de Eficiência Financeira - IEF foi utilizado como indicador o Fundo Nacional de Meio Ambiente que é o órgão responsável pela captação e pelo gerenciamento dos recursos financeiros alocados para o meio ambiente no Município (ÁVILA; MALHEIROS, 2012). Esse fundo possibilita estabelecer estratégias de ação para práticas de conservação dos recursos naturais de forma autônoma em nível municipal, em caso de existência do fundo, o valor mensurado equivaleu a 1 e ausência valor 0

Outro indicador utilizado foi à receita per capita padronizada, que avaliou a receita bruta arrecadada pelo município por habitantes; por fim utilizou-se a média aritmética dos dois indicadores para constituição do IEF, conforme Quadro 13.

Quadro 13. Índice de Eficiência Financeira da bacia do rio Munim

IEF - Índice de Eficiência Financeira						
Municípios	Fundo Municipal de meio ambiente	Receita Bruta	Hab	Receita per capita	Receita per capita padronizada	IEF
Axixá	0	26029934.97	12130	2145.91	0.47	23.0 %
Cachoeira Grande	0	20190652.88	9431	2140.88	0.46	23.0 %
Icatu	0	50758828.13	27113	1872.12	0.33	17.0 %
Morros	0	41100417.31	19443	2113.89	0.45	23.0 %
Presidente Juscelino	0	32707049.38	12734	2568.48	0.67	34.0 %
Belágua	0	20075318.14	7469	2687.82	0.73	36.0 %
São Benedito do Rio Preto	0	45094308.97	18663	2416.24	0.60	30.0 %
Urbano Santos	0	66614974.2	33122	2011.20	0.40	20.0 %
Itapecuru mirim	0	112747943.6	68203	1653.12	0.23	11.0 %
Nina Rodrigues	0	29696462.95	14454	2054.55	0.42	21.0 %
Presidente Vargas	0	29682358.33	11193	2651.87	0.71	36.0 %
Santa Rita	0	65050826.29	37855	1718.42	0.26	13.0 %
Vargem Grande	0	95867343.37	56510	1696.47	0.25	12.0 %
Anapurus	0	51064329.54	15732	3245.89	1.00	50.0 %
Chapadinha	1	131667552.7	79675	1652.56	0.23	61.0 %
Mata Roma	0	38603587.53	16829	2293.87	0.54	27.0 %
Brejo	0	64383204.56	36397	1768.92	0.28	14.0 %
Milagres do Maranhão	0	20043288.96	8464	2368.06	0.57	29.0 %
Santa Quitéria do Maranhão	1	56603857.24	25642	2207.47	0.50	75.0 %
Afonso Cunha	0	19340677.63	6524	2964.54	0.86	43.0 %
Buriti	0	33895886.68	28678	1181.95	0.00	0.0 %
Coelho Neto	0	96117005.33	49435	1944.31	0.37	18.0 %
Duque Bacelar	0	32721521.09	11349	2883.21	0.82	41.0 %
Aldeias Altas	0	60698524.11	26532	2287.75	0.54	27.0 %
Caxias	1	371848256.5	164880	2255.27	0.52	76.0 %

Codó	1	224960777.7	122859	1831.05	0.31	66.0 %
Timbiras	1	46425535.92	29124	1594.06	0.20	60.0 %

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

O índice contribui na identificação da receita disponível pelo município para realização de ações e práticas conservacionistas de proteção dos recursos naturais. De acordo com o Quadro 13, apenas 5 municípios (Timbiras, Codó, Caxias, Santa Quitéria do Maranhão e Chapadinha) possuem fundo municipal de meio ambiente, o que representa somente 18,51% dos municípios. A ausência desse fundo indica que os valores para custeio de ações no meio ambiente tornam-se em conjunto com outras políticas de Estado, resultando em intervenções mais tardias.

O IEF demonstrou que 77,78% dos municípios apresentam menos que 50% de eficiência financeira, com destaque para o município de Buriti com 0%, o que indica a fragilidade dessa estrutura na arrecadação de receitas para projetos ambientais.

Esses índices contribuíram para formulação do Índice de Eficiência de Gestão dos Recursos Hídricos – IEGRH, a partir da média geométrica do IEP, IEF e IEI; essa metodologia já é aplicada para o cálculo do Índice de Desenvolvimento Humano - IDH, devido aos valores máximos e mínimos apresentarem o menor desvio padrão em relação à média. Para efeito de cálculo, os municípios que obtiveram valor nulo no IEP, IEF e IEI, utilizou-se o valor 0,01 no cálculo do IEGRH, resultando nos seguintes valores como demonstrado no Quadro 14.

Quadro 14. Índice de Eficiência de Gestão dos Recursos Hídricos da bacia do rio Munim

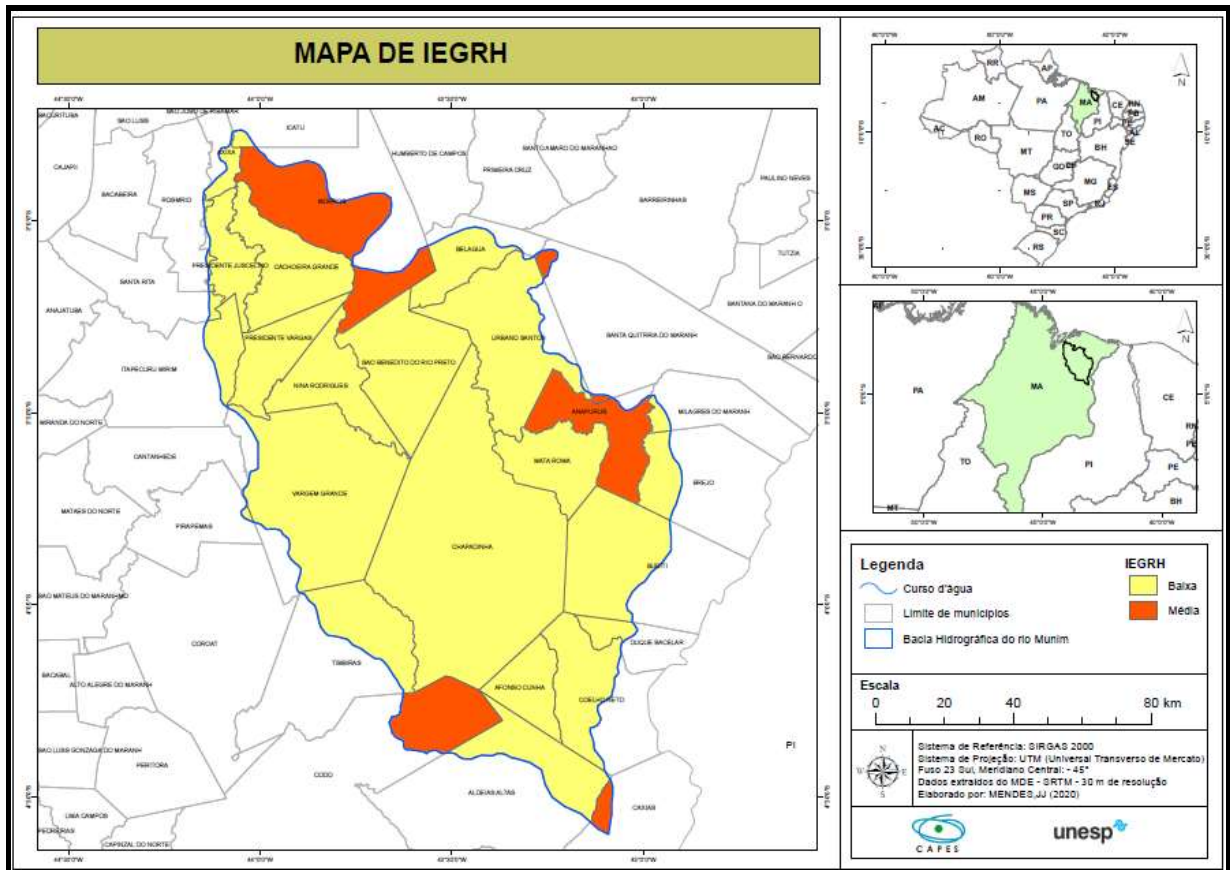
Municípios	Índices Parciais			Índice de Eficiência de Gestão dos Recursos Hídricos	Classificação do IEGRH
	Índice de Eficiência de Planejamento	Índice de Eficiência Institucional	Índice de Eficiência Financeira		
Axixá	0.01	0.67	0.23	12 %	Baixo
Cachoeira Grande	0.01	0.33	0.23	9 %	Baixo
Icatu	0.01	0.67	0.17	10 %	Baixo
Morros	0.67	0.50	0.23	42 %	Médio
Presidente Juscelino	0.01	0.33	0.34	10 %	Baixo
Belágua	0.01	0.33	0.36	11 %	Baixo

São Benedito do Rio Preto	0.01	0.33	0.3	10 %	Baixo
Urbano Santos	0.01	0.33	0.2	9 %	Baixo
Itapecuru mirim	0.01	0.67	0.11	9 %	Baixo
Nina Rodrigues	0.01	0.33	0.21	9 %	Baixo
Presidente Vargas	0.01	0.33	0.21	9 %	Baixo
Santa Rita	0.01	0.83	0.13	10 %	Baixo
Vargem Grande	0.01	0.67	0.12	9 %	Baixo
Anapurus	0.67	0.83	0.5	65 %	Médio
Chapadinha	0.01	1.00	0.61	18 %	Baixo
Mata Roma	0.01	0.33	0.27	10 %	Baixo
Brejo	0.01	0.50	0.14	9 %	Baixo
Milagres do Maranhão	0.01	0.33	0.29	10 %	Baixo
Santa Quitéria do Maranhão	0.33	0.67	0.75	55 %	Médio
Afonso Cunha	0.01	0.33	0.43	11 %	Baixo
Buriti	0.01	0.67	0.01	4 %	Baixo
Coelho Neto	0.01	0.67	0.18	11 %	Baixo
Duque Bacelar	0.01	0.33	0.41	11 %	Baixo
Aldeias Altas	0.01	0.33	0.27	10 %	Baixo
Caxias	0.33	1.00	0.76	63 %	Médio
Codó	0.33	1.00	0.66	60 %	Médio
Timbiras	0.01	0.67	0.6	16 %	Baixo

Fonte: Dados da pesquisa (2020)

O IEGRH identificou que os municípios que apresentam mais ferramentas institucionais de planejamento possuem mais eficiência na gestão dos recursos hídricos. A partir da classificação, pode-se identificar que nenhum município da bacia hidrográfica do Munim possui alta eficiência na gestão dos recursos hídricos, conforme Figura 23, o que implica, em frágil estrutura organizacional para o gerenciamento desse recurso.

Figura 23. Classificação do IEGRH



Fonte: Dados da pesquisa (2020)

Entretanto, 5 municípios (Codó, Caxias, Santa Quitéria do Maranhão, Anapurus e Morros) estão classificados como média eficiência, o que demonstra fragilidade em um dos índices parciais e foram os únicos que não apresentaram valores nulo no IEP.

Os demais municípios da bacia hidrográfica estão classificados como de baixa eficiência, resultante de valores inferiores em dois ou em todos os índices parciais, o que comprova a ineficiência da gestão municipal desses municípios na bacia hidrográfica do rio Munim.

3.4. Potencialidades e conflitos do uso e cobertura da terra

A utilização das terras e o crescimento econômico têm sido constantemente prejudicados pela falta de planejamento racional, que tenha como base o conhecimento dos recursos naturais disponíveis. A exploração desordenada contribui para a degradação dos ecossistemas regionais, com conseqüente deterioração do nível de vida da população rural e urbana (CHAVES et al., 2010).

A inserção de áreas urbanas nos entornos das bacias hidrográficas provoca vários impactos ambientais, entre eles está o aumento significativo na frequência das inundações, na produção de sedimentos, mudanças na qualidade da água e em áreas que são ocupadas pela agropecuária convencional (TUCCI, 2002).

Esse item consiste na identificação das potencialidades do uso e cobertura da terra, que tem como objetivo relacionar as características naturais da bacia hidrográfica (morfometria) descrita na seção 3.1 e as formas de uso e cobertura da terra, visando o planejamento da ocupação dos espaços, considerando os aspectos que conservem o ambiente e as diversas formas de desenvolvimento da sociedade.

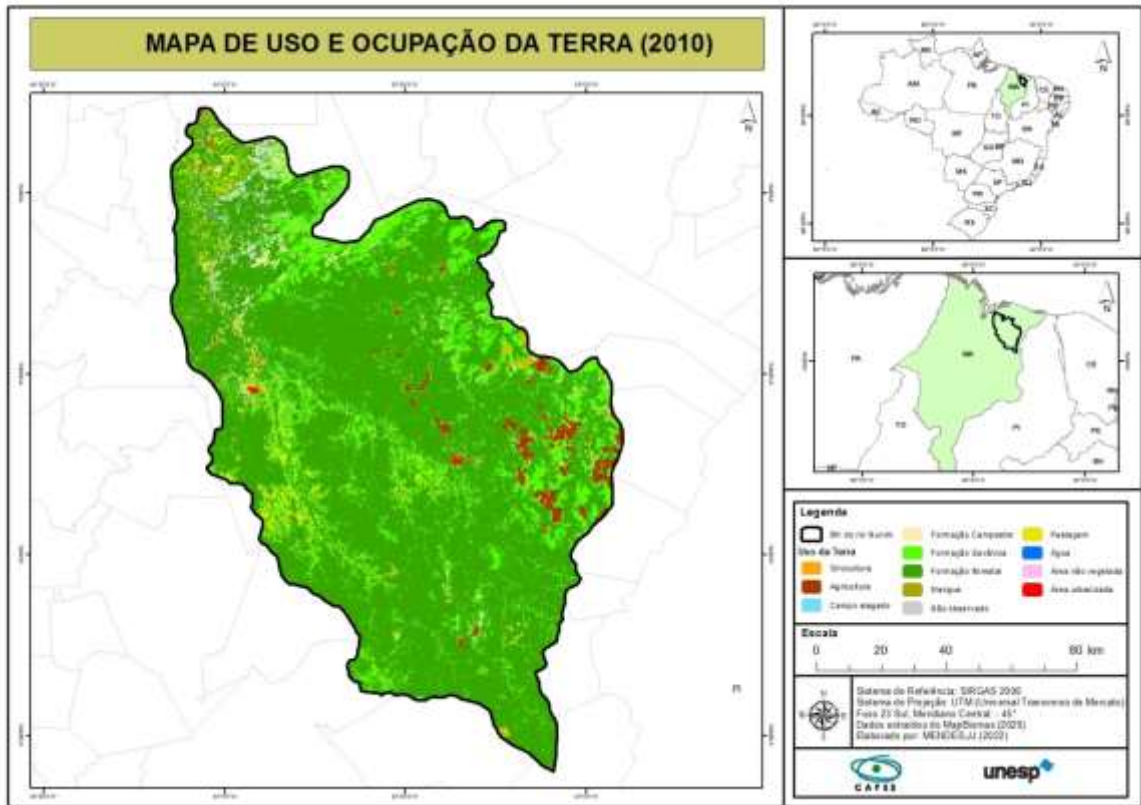
3.4.1 Classificação do uso atual da terra

O mapeamento do uso e cobertura da terra é uma ferramenta fundamental para o planejamento ambiental, pois nele são identificados as pressões e os impactos das atividades humanas sobre o meio ambiente.

Para identificação dessas formas de uso e cobertura na bacia hidrográfica do rio Munim, utilizou-se dados do Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil (MapBiomas) para o ano 2010 e 2020, com escala de visualização de 1:50.000 e resolução espacial de 30m dos satélites Landsat.

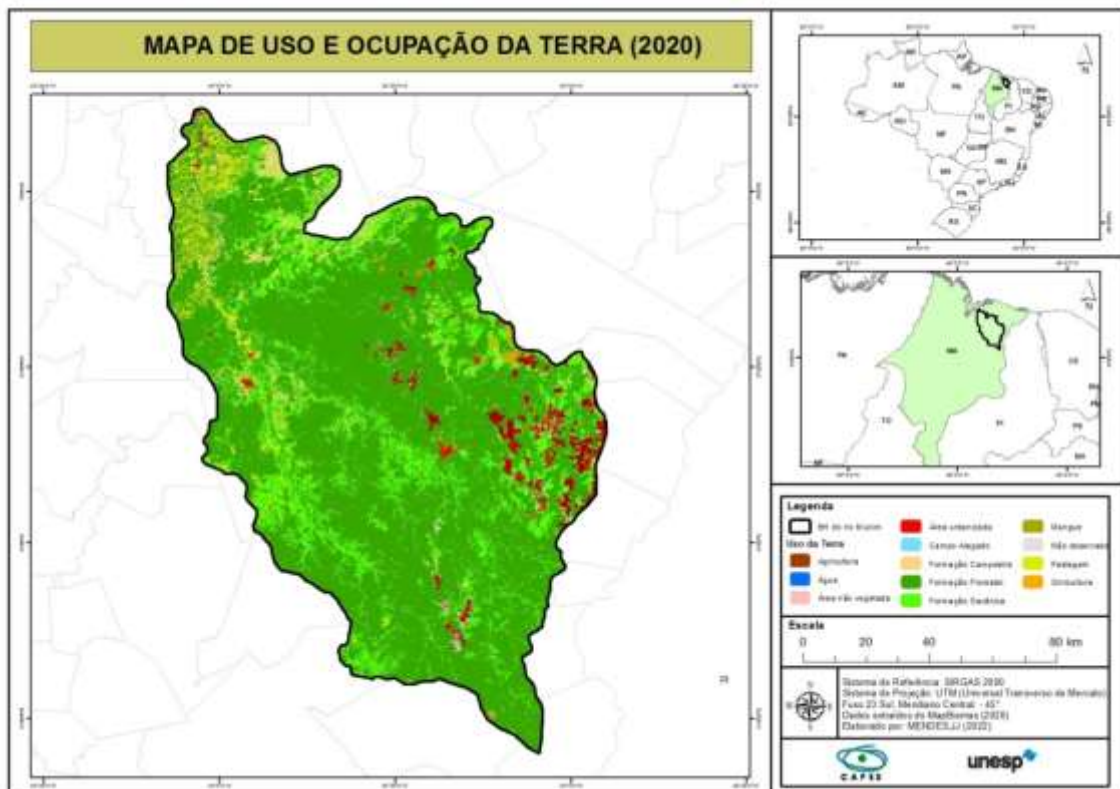
As classes de uso e cobertura foram definidas, a partir das denominações disponibilizadas pelo Mapbiomas, sendo classificadas em: Formação Florestal, Formação Savânica, Formação Campestre, Mangue, Silvicultura, Campo alagado, Pastagem, Não observado, Área urbanizada, Área não vegetada, Água e Agricultura, conforme apresentado nas Figuras 24 e 25.

Figura 24. Mapa de Uso e Cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Munim – 2010



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Figura 25. Mapa de Uso e Cobertura da terra da bacia hidrográfica do rio Munim – 2020



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A classe denominada agricultura pelo MapBiomias é formada por grandes latifúndios provenientes de produtores do centro-sul do Brasil, que instalaram-se na região para o cultivo da soja/milho; no entanto, vale ressaltar que existe também a agricultura de auto sustento ou também denominada, como roça de toco, que consiste na derrubada e na queima da vegetação original para o cultivo, que costuma envolver várias espécies consorciadas durante dois ou três anos na mesma área, e depois o pousio que pode ter período variável para vegetação original se recuperar (DA SILVA; ROCHA, 2022).

A formação florestal, savânica e campestre são formações vegetais típicas da região, que inclui o bioma do cerrado, caatinga e amazônico, essa combinação faz com que ocorra uma biodiversidade de espécies na bacia hidrográfica e paisagens distintas ao longo do rio, essas formações estavam presentes cerca de 91,74% em 2010 e 90,49% em 2020 de toda forma de uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica, o que indica uma pequena redução da da vegetação, no entanto, esse recurso ainda é pouco explorado pela comunidade local.

As áreas de mangue e campo alagado são encontradas no baixo curso da bacia hidrográfica, devido o rio desaguar na baía de São José onde sofre influência marinha, formando uma zona de transição entre água salgada/água doce e terra firme e mar, o que provoca a formação do ecossistema manguezal, já as áreas de campo alagados são áreas com gramíneas, planas que ficam alagadas no período chuvoso e seca na estiagem.

A classe denominada não observada refere-se às áreas que não foram possíveis realizar a classificação, devido à ocorrência de nuvens, aerossóis ou erros de órbita do satélite, uma vez que o MapBiomias utiliza sensores passivos, como os do Landsat; com isso criou-se essa classe para evitar erros no agrupamento das outras formas de uso. Essas classes encontram-se quantificadas no quadro 15.

Quadro 15. Quantificação das classes de uso da terra

Classes de Uso	2020		2010	
	Área (Km ²)	%	Área (Km ²)	%
Formação Florestal	11300.45	71.01	11660.82	73.26
Formação Savânica	2675.84	16.81	2609.53	16.39
Mangue	36.67	0.23	12.39	0.08
Silvicultura	89.76	0.56	35.47	0.22
Campo alagado	62.83	0.39	30.19	0.19
Formação campestre	425.17	2.67	332.67	2.09
Pastagem	566.93	3.56	604.27	3.80
Não observado	107.04	0.67	213.59	1.34
Área Urbanizada	73.53	0.46	33.8	0.21

Área não vegetada	26.7	0.17	1.19	0.01
Água	51.11	0.32	34.1	0.21
Agricultura	499.07	3.14	349.98	2.20
TOTAL	15.918	100	15.918	100

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Os valores informados no Quadro 15 revelam que as atividades econômicas (agricultura, silvicultura e pastagem) somam apenas 7.26% do território da bacia hidrográfica no ano de 2020 e 6.22% no ano de 2010, o que indica pequenas concentrações dessas atividades e um tímido crescimento dessas atividades econômicas. A pecuária na região geralmente ocorre no sistema extensivo, também oriunda de famílias que vieram do centro-sul do Brasil e a desenvolvem para produção de carne com finalidade para o consumo interno e exportação.

Já a silvicultura, que é o cultivo de florestas plantadas com manejo agrícola na região, ocorre, sobretudo, com a produção do eucalipto (*Eucalyptus globulus*), conforme citado por (BOTELHO, ALMEIDA e FERREIRA, 2012).

[...] a MARGUSA2 vem arrendando terras da empresa Comercial e Agrícola Paineiras (unidade do grupo Suzano Papel e Celulose) com o objetivo da plantação de eucalipto visando o abastecimento de suas necessidades de carvão vegetal e há previsão de retomada de projetos de silvicultura para oito municípios: Anapurus, Brejo, Mata Roma, Milagres do Maranhão, Santa Quitéria, São Benedito do Rio Preto, São Bernardo e Urbano Santos.

Todos estes municípios estão dentro da bacia hidrográfica do rio Munim, o que indica a produção econômica desta atividade na região em estudo; entretanto, observão-se impactos com a chegada desses grandes empreendimentos, principalmente pela concentração fundiária, declínio da agricultura de auto sustento, assim como a contratação de mão-de-obra local.

As áreas denominadas não vegetadas, são caracterizadas pela exposição do solo, seja por processos erosivos ou manejo do solo agrícola para início de novos cultivos (sistemas de pousio ou vazios sanitários). Já as áreas urbanizadas apresentam apenas 0.21 % em 2010 e 0.46% em 2020, o que indica a predominância de áreas rurais. De acordo com o IBGE (2010), a população que mais possui moradores na zona urbana é o município de Chapadinha com 72% da população, o que corresponde a 55.882 hab e o município com maior densidade demográfica é Axixá com 56,15 hab/Km², em torno de 41% dessa população vive na área urbana.

Portanto, observa-se que, de acordo com os dados demonstrados pelo mapa de uso e cobertura da terra dos anos de 2010 e 2020, não houve exclusão ou inserção de novas classes

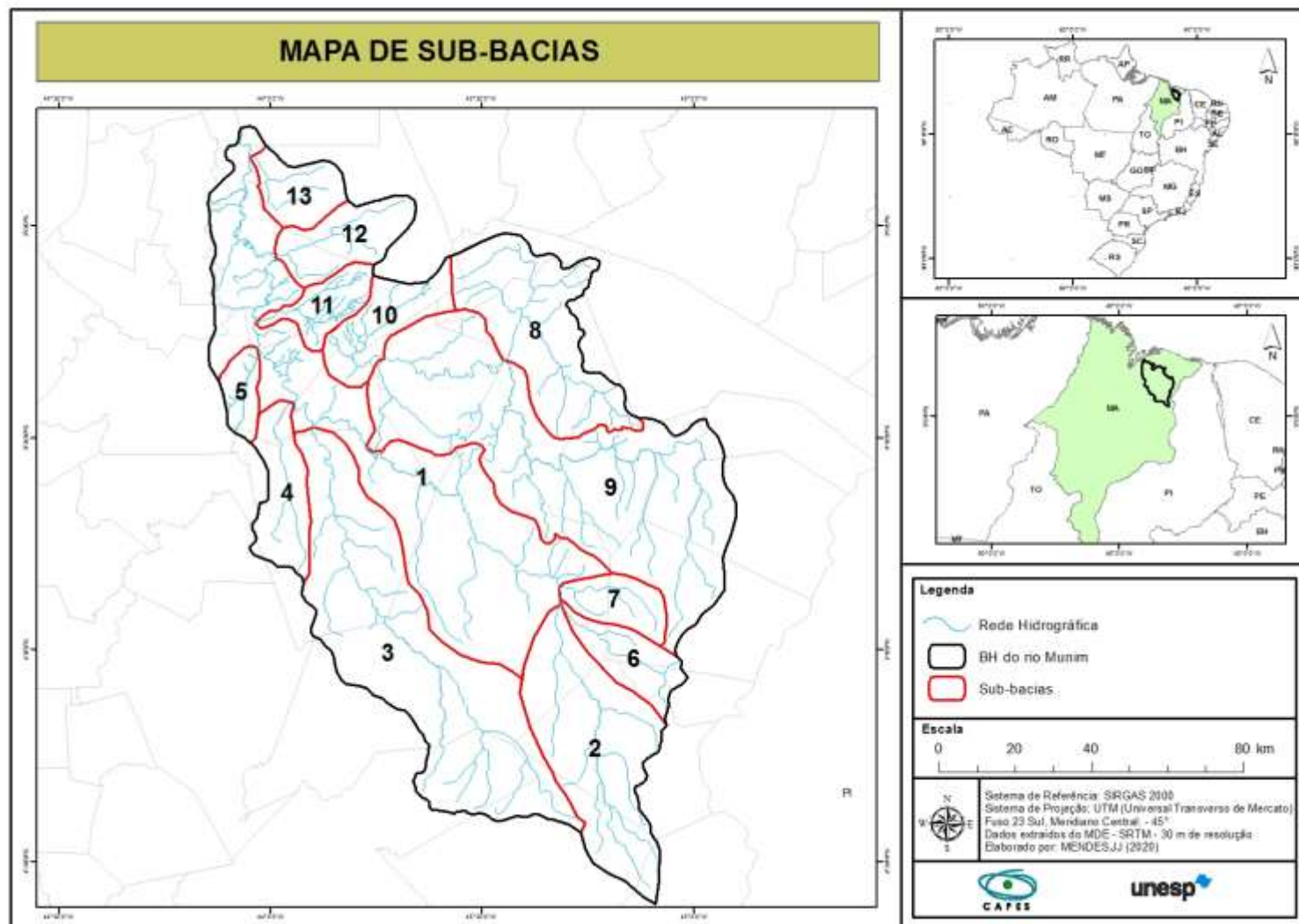
de usos, sendo evidenciado um crescimento lento da expansão urbana e atividade econômica. A bacia hidrográfica do Munim apresenta uma predominância expressiva de formações florestais, savânicas e campestres; além disso, o processo de expansão das atividades agrícolas (agricultura, pecuária e silvicultura) nos últimos anos foram provenientes de produtores do centro-sul do Brasil, ocupando essas áreas para o cultivo da soja/milho e o surgimento de empresas do ramo agrossilvipastoril.

3.4.2 Classificação do uso potencial da terra

O mapa de uso potencial da terra espacializa e identifica as aptidões do uso da terra, a partir do coeficiente de rugosidade. Além disso, verifica as áreas potenciais para determinados usos e contribui para a exploração de forma sustentável do meio ambiente, assim como reduz os custos com uso e manejo.

A partir da metodologia de ROCHA & HURTZ (2001), classificou-se os usos potenciais em: agricultura, pecuária, pecuária/reflorestamento e reflorestamento, onde dividiu-se a bacia hidrográfica em sub-bacias, totalizando 13 (Figura 26). A partir disso foi possível calcular o comprimento dos canais, área de cada sub-bacia, cota máxima, cota mínima, amplitude altimétrica e índice de rugosidade por sub-bacia (Quadro 16).

Figura 26. Divisão da bacia hidrográfica do rio Munim em sub-bacias



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Quadro 16. Classificação das potencialidades de uso por sub-bacia

Sub-bacia	Comprimento dos canais (Km)	Área da Sub-bacia (Km ²)	Densidade de Drenagem (Km/Km ²)	Altimetria			Índice de Rugosidade	Intervalo	Potencialidade de Uso
				Cota Máxima (m)	Cota Mínima (m)	Amplitude Altimétrica (m)			
1	561.36	3436.8	0.16	123	4	119	19.44	4.86	Pastagem
2	230.4	1565.69	0.15	128	41	87	12.80	3.20	Agricultura
3	358.74	2863.34	0.13	127	14	113	14.16	3.54	Agricultura
4	65.03	521.92	0.12	106	17	89	11.09	2.77	Agricultura
5	46.11	215.1	0.21	88	18	70	15.01	3.75	Agricultura
6	64.95	410.75	0.16	123	45	78	12.33	3.08	Agricultura
7	57.64	348.54	0.17	119	44	75	12.40	3.10	Agricultura
8	243.5	1325.61	0.18	106	40	66	12.12	3.03	Agricultura
9	589.65	3483.21	0.17	124	19	105	17.77	4.44	Pastagem
10	110.17	518.29	0.21	118	28	90	19.13	4.78	Pastagem
11	136.15	329.14	0.41	94	13	81	33.51	8.38	Reflorestamento
12	85.7	528.32	0.16	87	11	76	12.33	3.08	Agricultura
13	51.6	371.29	0.14	73	6	67	9.31	2.33	Agricultura
TOTAL	2601	15918							

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Essa classificação do uso potencial da terra foi possível, a partir da identificação do valor máximo e mínimo dos indicadores de rugosidade. A partir disso dividiu-se por 4 usos potenciais, onde o maior valor obtido desse indicador possui uma probabilidade maior para a ocorrência de processos erosivos, sendo divididos conforme Quadro 17.

Quadro 17. Intervalo mínimo e máximo do uso potencial da terra

Potencial	Intervalo	
	Valor máximo	Valor mínimo
Agricultura	3.84	2.33
Pastagem	5.35	3.84
Pastagem/Reflorestamento	6.86	5.35
Reflorestamento	8.38	6.86

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

De acordo com os resultados do Quadro 17, foi possível identificar que a sub-bacia 11, que se encontra situada no município de Cachoeira Grande – MA, apresentou um índice de rugosidade elevado, em comparação com outras sub-bacias, o que indica uma bacia com transmissividade hidráulica alta, haja vista que os afluentes estão mais próximos do canal principal, transformando o fluxo de vertente em fluxo do rio mais rápido; além disso apresenta maior probabilidade para ocorrência de cheias e indicativo para políticas de reflorestamento.

Com exceção da sub-bacia 11, todas apresentaram valores de rugosidade similares (9,31 – 19,44), o que indica potencialidade de usos semelhantes para toda bacia hidrográfica, sobretudo para agricultura. Esse fato justifica o crescimento do uso da terra para o agronegócio, principalmente com o cultivo da soja/milho.

O crescimento dessa atividade econômica na região ocasionou maior demanda do recurso hídrico, conforme já indicado na seção 3.2; no entanto, os instrumentos legais e de gestão como demonstrado na seção 3.3 não seguem em mesmo ritmo, o que pode provocar um consumo desequilibrado dos recursos naturais.

Outra atividade com potencial para a bacia hidrográfica do Munim é a pecuária, em sistema extensivo, com o uso de pastagens, o que representa de acordo com o Quadro 18, em torno de 46,73%; no entanto, não se obteve sub-bacias com valores entre 6,86 e 5,35 de índice de rugosidade, o que indicaria uso potencial para pastagem/reflorestamento.

Quadro 18. Uso potencial da terra

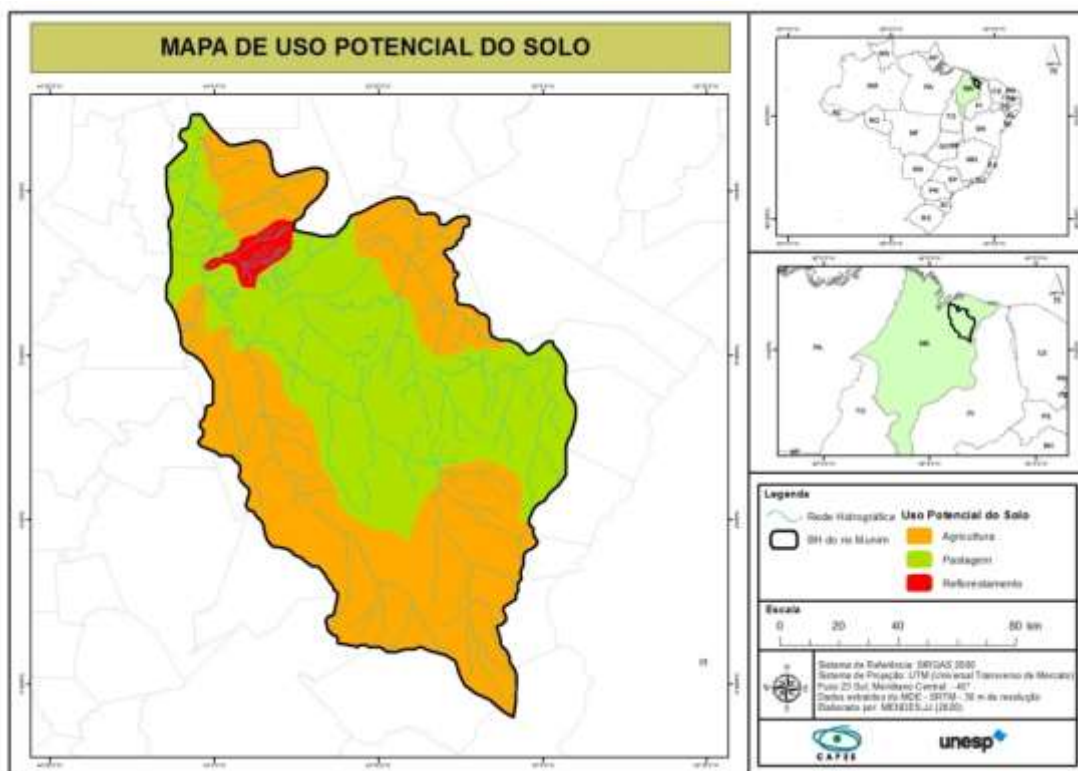
Potencial	Área (Km ²)	%
Agricultura	8150.56	51.20
Pastagem	7438.14	46.73
Pastagem/Reflorestamento	0	0.00
Reflorestamento	329.14	2.07
TOTAL	15918	100.00

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Portanto, verifica-se que a bacia hidrográfica do Munim apresenta em torno 97,93% do seu território com potencial para o uso da agricultura ou pastagem, o que justifica grande parte da economia dos municípios da região ser proveniente de fins agrícolas, de acordo com o IBGE (2010).

A agricultura e a pecuária é de autossustento, realizada em meio familiar, com técnicas rudimentares e produção utilizada dentro dos próprios municípios; no entanto, esse cenário está diversificando com a chegada do agronegócio na região, aproveitando as potencialidades da bacia hidrográfica, conforme espacializada na Figura 27.

Figura 27. Mapa de uso potencial do solo



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

Observa-se que o uso potencial para a pecuária está concentrado em regiões mais baixas, com maior disponibilidade hídrica para dessedentação animal e menores declividades para a pastagem; no entanto, caso seja utilizada sem manejo adequado, essas áreas podem ser impactadas com o pisoteio e causarem a compactação do solo.

Já nas áreas mais elevadas, onde fica a maior parte das nascentes da bacia hidrográfica, ocorre maior potencialidade para agricultura, sendo muita das vezes a irrigação realizada por meio pluvial, sem um sistema convencional. Essas áreas são importantes para a recarga de aquífero e manutenção do aporte hídrico em toda bacia. O uso potencial para agricultura, utilizado sem manejo agrícola adequado e não cumprimento das legislações ambientais poderá acarretar danos à qualidade e quantidade das águas.

3.4.3 Classificação de conflitos do uso da terra

A identificação dos conflitos de uso da terra são fundamentais para subsidiar os processos de formulação, planejamento e tomada de decisão quanto à fragilidade ambiental de cada compartimento hidrológico de seu município e assim direcionar os recursos e esforços para as áreas mais sensíveis à degradação (PISSARRA et al., 2010).

A identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Munim foi possível, a partir da análise do parâmetro morfométrico, índice de rugosidade, e o mapeamento do uso atual da terra, sendo sobrepostos a Figura 25 (Mapa de uso atual da terra - 2020), a Figura 27 (Mapa de uso potencial da terra) e analisado os possíveis conflitos de uso.

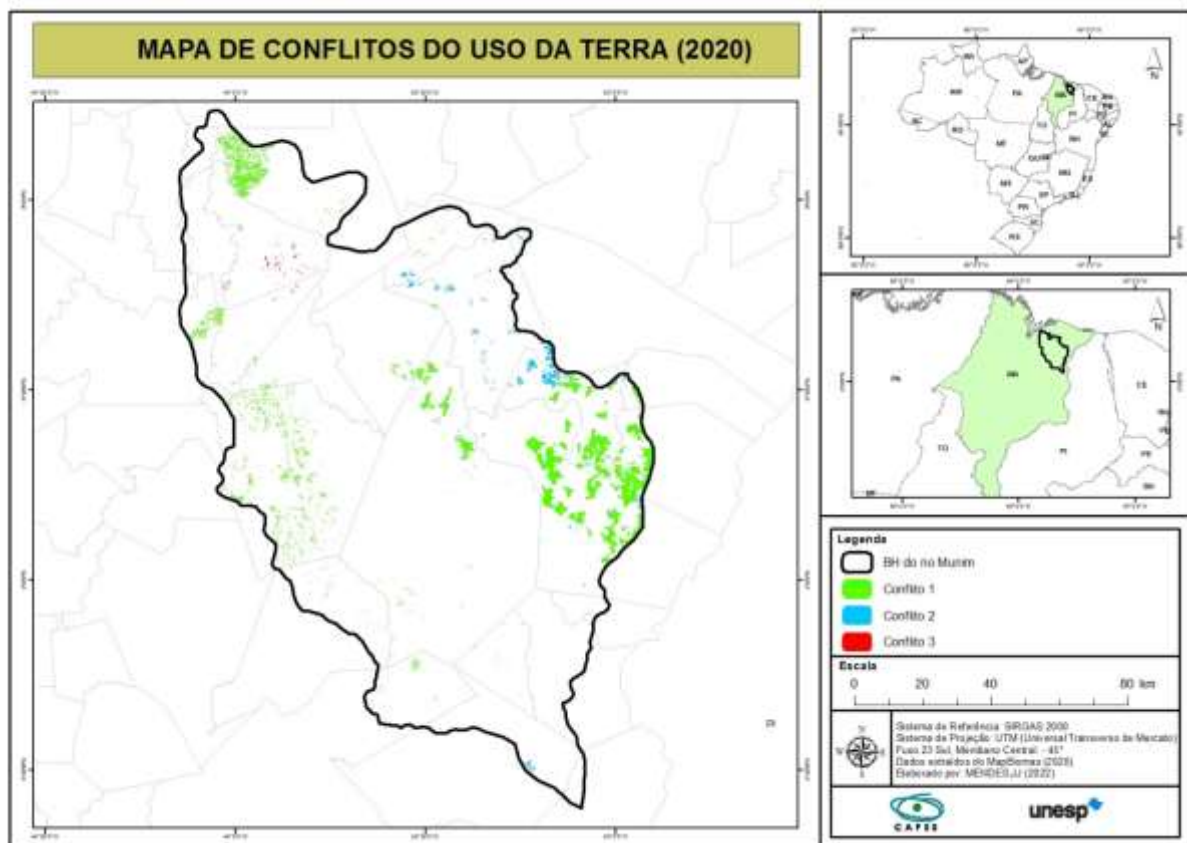
O uso indiscriminado das terras para fins que não apresentam aptidão para uso amplia os impactos ambientais negativos, além de um aumento dos insumos agrícolas, o que encarece a produção. Com isso, mapearam-se os conflitos de uso (Figura 28) e classificaram-se os conflitos em 3 classes, conforme descrito a seguir:

Conflito 1 - Apresentam conflitos de uso entre as atividades de agricultura e pecuária, sendo áreas com aptidão para estas atividades utilizadas ou adaptadas para o desenvolvimento de ocupações que não apresentam a potencialidade adequada.

Conflito 2 - Apresentam conflitos de uso entre as atividades de silvicultura com agricultura e/ou pecuária, ou uso consorciado dessas formas de ocupação.

Conflito 3 – Apresentam riscos de processos erosivos e/ou uso impróprio para o desenvolvimento de atividades agrícolas (agricultura, pecuária ou silvicultura).

Figura 28. Mapa de Conflitos do uso da terra - 2020



Fonte: Dados da pesquisa (2022)

O conflito 1 apresenta indícios em toda bacia hidrográfica, o que corresponde as áreas que estão sendo utilizadas pela pecuária ou agricultura, no entanto, possuem potencialidades para outras atividades, o que pode indicar problemas com mecanização, fertilidade, susceptibilidade à erosão, déficit ou excesso de água.

De acordo com Giasson (2022), a fertilidade do solo é avaliada através da saturação por bases (V%), saturação por alumínio (m%), soma de bases trocáveis (S), capacidade de troca de cátions (T), relação C/N, fósforo assimilável, saturação com sódio, condutividade elétrica e pH. Além disso, é válido identificar a fertilidade natural que pode ser obtida através de observações da profundidade efetiva do solo, condições de drenagem, atividade biológica, tipo de vegetação, uso da terra, qualidade da pastagem e comportamento das culturas.

Um dos fatores limitantes é o excesso/limitação da água disponível no solo ou uso para dessedentação animal, haja vista que as chuvas na região não são bem distribuídas, sendo concentradas apenas no 1º semestre do ano. O que demanda irrigação para agricultura e forrageiras no 2º semestre e no período chuvoso um excesso de água no solo, o que pode provocar falta de oxigênio nas raízes.

Outro fator limitante é o uso de maquinário e implementos agrícolas, haja vista, que dependendo das condições/características do solo e topografia do terreno, o uso dessa prática agrícola fica limitada.

O conflito 2 apresenta o uso da atividade silvícola em áreas com potencialidade para agricultura e/ou pecuária. Essa situação ocorre nos municípios de Urbano Santos e Anapurus, essa atividade em sistema de monocultivo pode provocar empobrecimento e compactação do solo no período de colheita. Uma das formas de diminuir esses impactos causados pela atividade é a aplicação de técnicas conservacionistas e o uso consorciado com a agricultura e/ou a pecuária

Já o conflito 3 ocorre em áreas que apresentam riscos a processos erosivos e/ou uso impróprio para o desenvolvimento de atividade agrícola, com predominância nos municípios de Cachoeira Grande e Presidente Vargas; no entanto, observa-se que essas áreas estão sendo utilizadas para agricultura, pecuária ou silvicultura.

De acordo com Giasson (2022), essas áreas, quando submetidas a qualquer uso, sem medidas conservacionistas, poderão sofrer desgaste superficial do solo, apresentando uma dependência das condições climáticas (especialmente do regime de chuvas), das condições do solo (textura, estrutura, permeabilidade, profundidade, capacidade de retenção de água, presença ou ausência de camada compactada e pedregosidade), das condições do relevo (declividade, extensão da pendente e microrrelevo) e da cobertura vegetal.

Esses espaços de conflitos foram quantificados conforme Quadro 19, no qual se utilizou 3 classes de uso potencial: agricultura, pastagem e reflorestamento *versus* as formas de uso atual que estão inclusas nessas áreas potenciais. A classe de uso atual (área não vegetada) foi considerada como uma categoria de preparo do solo (limpeza de área, por exemplo) para o emprego da atividade de pastagem ou agricultura, portanto, não sendo classificada como áreas de conflito para estas atividades.

Quadro 19. Quantificação das classes de conflitos

Uso Potencial da terra								
Agricultura			Pastagem			Reflorestamento		
Uso atual	Conflito	%	Uso atual	Conflito	%	Uso atual	Conflito	%
Agricultura	Sem conflito	-	Agricultura	1	5.42	Agricultura	3	0.01
Área não vegetada	Sem conflito	-	Área não vegetada	Sem conflito	-	Área não vegetada	3	0.01
Pastagem	1	0.41	Pastagem	Sem conflito	-	Pastagem	3	2.05
Silvicultura	2	1.82	Silvicultura	2	0.21	Silvicultura	3	0.01

Fonte: Dados da pesquisa (2022)

A classe de conflito 1 apresenta resultados relevantes, haja vista que a área potencial para agricultura apresenta 0,41%, sendo utilizada para pastagem, já a área potencial para a pastagem apresenta 5,42%, das áreas sendo empregadas para agricultura. Esse tipo de conflito indica que houve um aumento de custos com o preparo do solo e manejo agrícola, podendo ocasionar a fragilidade ambiental desses espaços.

Já a classe de conflito 2, demonstra que a área potencial para agricultura apresenta 1,82%, sendo utilizado para silvicultura e a área potencial para pastagem, cerca de 0,21% para o uso silvícola, o que pode assinalar para essas áreas de silvicultura práticas de manejo florestal e o sistema convencional de plantio indireto.

Outro conflito identificado, classe 3, apresenta com maior significância o uso potencial para reflorestamento, sendo utilizado para pastagem (2,05%), o que demonstra a necessidade de técnicas de manejo de pastagem e fertilidade do solo; além disso, são regiões que apresentam susceptibilidade à erosão e que sofreram queimadas, excesso de pastoreio e/ou desmatamento.

Portanto, observa-se que o uso econômico da terra em áreas apropriadas é a primeira prática sustentável, haja vista que este aproveita as condições naturais do solo, diminui os custos com a produção e beneficia a população local.

CONCLUSÃO

A pesquisa analisou a gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Munim – MA, a partir de suas características hidrológicas, conflitos de usos e potencialidades, visando à gestão das águas.

Compreender a diversidade de fatores que compõem o âmbito da gestão do recurso hídrico e superar a ausência de informações fez o percurso tornar-se complexo e árduo. Desta forma, analisar a bacia hidrográfica do rio Munim e toda singularidade foi possível a partir das disciplinas ministradas pelo programa de pós-graduação e contribuições do exame de qualificação, que foram fundamentais para atingir os objetivos da tese.

O trajeto percorrido pela pesquisa foi assertivo a partir do levantamento e aplicação de instrumentos legais e de gestão, a integração de fatores hidrológicos, compreensão das características naturais, além da análise das formas de uso e ocupação da terra, conflitos e potencialidades, possibilitando atingir os resultados e discussões seguintes.

Contabilizou-se 529 canais da rede de drenagem da bacia hidrográfica do rio Munim com uma extensão total de 2.286,8km, representando um controle estrutural elevado das nascentes do rio, o que contribui para a formação dos cursos d'águas. A partir da densidade de drenagem indicou uma bacia hidrográfica com rochas permeáveis, com maiores taxas de infiltração e aumento de contribuição de água para o aquífero local.

A bacia hidrográfica apresenta em grande parte do seu território um relevo plano, o que indica menos escoamento superficial, com menor dissecação do relevo e alta infiltração de água no solo. Além disso, a partir do índice de rugosidade, verificou-se que a área em estudo apresenta potencial para pastagem, sendo validada a base econômica da maioria dos municípios, representada pela pecuária.

Essas características naturais influenciam o comportamento hidrológico da área de pesquisa, onde foi possível calcular o volume escoado, a vazão média e a vazão outorgável em 10 trechos da bacia hidrográfica. Com isso disponibilizaram-se esses dados para elaboração de estudos hidrológicos e planejamento de ações que porventura venha ocorrer na bacia hidrográfica em estudo.

Investigou-se que a demanda da água para consumo humano é predominante nas outorgas emitidas; porém, em relação ao volume dessas vazões, observa-se o quantitativo maior captado para abastecimento público e mineração, o que ressalta a importância do manejo sustentável do recurso hídrico.

De acordo com as entrevistas realizadas com os integrantes do comitê da bacia hidrográfica, verificou-se que 50% dos membros consideram a gestão do CBH como insuficiente, o que pode ser indício da falta de recursos financeiros, má gestão ou baixa efetividade dos membros participantes. Identificou-se a importância da realização de treinamento, debates, oficinas, cursos, palestras que capacite os membros para atuação efetiva no comitê.

Outro item identificado é que os participantes do comitê sentem-se afetados diretamente por problemas associados à qualidade ou quantidade das águas, sendo discorrida a falta de água tratada para consumo humano e a diminuição da diversidade de peixes, além de informarem que são afetados por algum tipo de conflito, o que pode ser decorrente da não compatibilidade da oferta e demanda, carência de dados hidrológicos, que determina as vazões de referência, a fim de fundamentar o processo decisório, o que dificulta o desenvolvimento de políticas, ação do comitê e aplicação do instrumento de outorga.

Os membros do comitê acreditam que, caso não ocorra um avanço no gerenciamento do recurso hídrico, a água poderá ficar escassa na bacia hidrográfica, onde já se evidenciam a diminuição do volume do rio comparado a anos anteriores, além de demonstrarem preocupação com o aumento da perfuração de poços, principalmente com o desenvolvimento do agronegócio na região.

Como medida para solucionar tal problemática, verifica-se que a atuação do comitê, os instrumentos legais, a sensibilização da população, as políticas e os recursos financeiros são fatores que os membros apontaram como formas para melhorar a gestão dos recursos hídricos.

Uma forma de avaliar a gestão das águas no âmbito municipal foi por meio de indicadores, por meio dos quais se identificou que a maioria dos municípios ainda não possui ferramentas adequadas de organização das ações que realizam na bacia hidrográfica, refletindo na sistematização de práticas de proteção e conservação dos recursos hídricos.

Uma das ferramentas é a necessidade de profissionais especializados, o fortalecimento estrutural dos órgãos municipais e a fragilidade na arrecadação de receitas para projetos ambientais.

O IEGRH identificou que os municípios que apresentam mais ferramentas institucionais de planejamento possuem mais eficiência na gestão dos recursos hídricos. A partir da classificação, pode-se identificar que nenhum município da bacia hidrográfica do Munim possui alta eficiência na gestão dos recursos hídricos, o que implica em frágil estrutura organizacional para o gerenciamento desse recurso.

Além disso, a forma de uso e ocupação da terra em 2020 na área analisada é formada em torno de 90,49%, por formação florestal, savânica e campestre – vegetações típicas da região –, que é composto pelo bioma cerrado, amazônico e caatinga, sendo pouco explorado pela comunidade.

Verifica-se a presença de atividades econômicas como agricultura, pecuária e silvicultura na região, realizadas de forma rudimentar pela população local. No entanto, com a chegada de produtores da região centro-sul do Brasil, está ocorrendo o desenvolvimento desses tipos de atividades de forma mecanizada e com viés para consumo interno e exportação.

Com a expansão do agronegócio haverá um aumento na demanda dos recursos hídricos, no entanto, os instrumentos legais e de gestão, não têm sua estrutura consolidada para gerenciar esse recurso, o que pode provocar um desenvolvimento não sustentável. Essas características foram constatadas no mapeamento de uso potencial da terra, onde se comprovou que a bacia hidrográfica possui 97.93% do território, com potencialidade para pastagem ou agricultura.

Em relação as áreas de conflitos, identificou-se que existem áreas sendo utilizadas pela pecuária ou agricultura, que no entanto possuem potencialidades para outras atividades, o que proporciona maiores gastos com manejo do solo, aumento da mão-de-obra e problemas ambientais.

O entendimento dessas condições constituem fatores fundamentais para o entendimento das condições atuais de gestão das águas maranhense e a busca por soluções e alternativas de gerenciamento, o que impacta diretamente a vida, o modo e a econômica da população.

Portanto, considera-se a necessidade de aplicação desse tipo de análise em outras bacias hidrográficas, em busca de identificar diferentes fatores que contribuem para a gestão dos recursos hídricos. A análise integrada de fatores naturais, estruturais, formas de uso e os conflitos que ocorrem em uma bacia hidrográfica, colaboram para a indicação de modelos sustentáveis de desenvolvimento, formas de uso e ocupação da terra e a conservação ambiental.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Alternativas organizacionais para gestão de recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2013. v.3
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. Brasília: ANA, 2020.
- ALMEIDA, M. da S. **O papel do comitê de bacia dos afluentes mineiros dos rios mogi-guaçu e pardo (mg): uma análise da efetivação da gestão descentralizada e participativa dos recursos hídricos**. 2014. 146 f. Dissertação (Mestrado) - curso de Mestrado em Ciência e Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2014.
- ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência das feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 33, n. 2, p. 117- 124, 2003.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020: informe anual / Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**. -- Brasília: ANA, 2020.
- ÁVILA, R. D; MALHEIROS, T. F. O sistema municipal de meio ambiente no Brasil: avanços e desafios. **Saúde e Sociedade**, v. 21, p. 33-47, 2012.
- BAKKES, J.A; VAN DEN BORN, G.J; HELDER, J.C; PARKER, J.D.E. An overview of environmental indicators: state of the art and perspectives. **Environment assessment technical reports**, 1994.
- BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: Conceitos, Modelos e Instrumentos**. São Paulo: Saraiva. 2011.
- BARROS, A.C. de; TAGLIARINI, F. S. N; PENACHIO, S.M. Análise morfométrica da microbacia hidrográfica do córrego da água amarela, Itaberá-SP para gestão ambiental. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 13-26, ago. 2017.
- BARTH, F. T. Fundamentos para gestão de recursos hídricos. In: BARTH, F. T. et al. (Org.) **Modelos para Gerenciamento de Recursos Hídricos**. São Paulo: Nobel: ABRH, 1987.
- BOTELHO, Adielson Correia; ALMEIDA, Juscinaldo Goes; FERREIRA, Maria da Glória Rocha. O avanço dos “eucaliptais”: análise dos impactos socioambientais em territórios camponeses no leste maranhense. **Revista Percurso**, v. 4, n. 2, p. 79-94, 2012.
- BRASIL. Congresso Nacional. **Constituição da República Federativa do Brasil**, Brasília, 1988.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento – SNS. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **24º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2018**. Brasília: SNS/MDR, 2019. 180 p.

_____. **Lei nº 9.433/1997**. Instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

_____. **Lei Federal nº 6.938, de 31 de agosto de 1981**. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, 1981.

_____. **Resolução CNRH nº215, de 30 de junho de 2020**. Aprova o regimento interno do conselho nacional de recursos hídricos. Brasília, 2020.

CASTRO, S. B.; CARVALHO, T. M. Análise morfométrica e geomorfologia da bacia hidrográfica do rio Turvo - GO, através de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. **Scientia Plena**, Sergipe, v. 5, n. 2, p. 7-14, abr. 2009.

CHEREM, L.F.S. **Análise morfométrica da bacia do alto Rio das Velhas: comparação de metodologias e dados**. 2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais) – Departamento de Cartografia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise morfométrica das bacias hidrográficas do Planalto de Poços de Caldas**. Tese (Livre Docência). Faculdade de Filosofia, Universidade Estadual de São Paulo, Rio Claro, 1970.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980, 186p.

CRUZ, M. **Geotecnologias e o Manejo de bacias Hidrográficas**. 2010. Disponível em: <http://agrosoft.com/br/?p=40157>. Acesso em: 03 abr. 2020.

CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO - Agenda 21. Rio de Janeiro, 1992. Disponível em: www.mma.gov.br. Acesso em: 02 fev. 2021.

DA SILVA, M. M; ROCHA, C. G. S. Mudanças na agricultura de corte e queima em Altamira, Pará. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, p. e11611528087-e11611528087, 2022.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

FRANÇA, G. V. **Interpretação fotográfica de bacias e redes de drenagem aplicada a solos da região de Piracicaba**. 1968. 151 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1968.

FOLETO, E. M. (2018). O contexto dos instrumentos de gerenciamento dos recursos hídricos no Brasil. **GeoambienteOn-Line**, (30). <https://doi.org/10.5216/revgeoamb.v0i30.52823>.

GIASSON, E. **Condições agrícolas das terras**. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/napead/projetos/tecnicas-avaliacao-terras/brasileiro3.html>. Acesso em: 07 set. 2022.

HORTON, R. E. **Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology**. Geological Society of American Bulletin, New York, v. 56, n. 3, p. 275-370, 1945.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 02 jan. 2022.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Benefícios econômicos da expansão do saneamento**. 2021. 67 p. Disponível em: <http://www.tratabrasil.org.br/images/estudos/BENEF%20C%8DCIOS_ECON%20%20MICOS_E_SOCIAIS_NO_ESTADO_DO_MARANH%20%83O/Relat%20Brio_Completo_-_Benef%20Adcios_do_saneamento_-_Maranh%20A3o_2021.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2021

LANNA, A. E. **Análise de Sistemas e Engenharia de Recursos Hídricos**: engenharia de recursos hídricos e a sua complexidade. In: PORTO, R. L. L. (Org.). Técnicas quantitativas para gerenciamento de recursos hídricos, Porto Alegre: Ed. Universidade/ UFRGS/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1997, p. 6-7.

MACHADO, C.J. S (Org.). **Gestão de Águas Doces**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

MARANHÃO. **Decreto nº 23.171, de 28 de junho de 2007**. Altera dispositivo do Decreto nº 21.821 de 23 de dezembro de 2005, que Regulamenta o Conselho Estadual de Recursos Hídricos – CONERH/MA. Maranhão, 2007.

_____. Gerência de Planejamento e Desenvolvimento Econômico, Laboratório de Geoprocessamento-UEMA. **Atlas do Maranhão**. São Luís: GEPLAN, 44p. 2002.

_____. **Lei da Política Estadual de Recursos Hídricos**. Dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, o Sistema de Gerenciamento Integrado de Recursos Hídricos, e dá outras providências. Lei nº 8.149 de 15 de junho de 2004.

_____. **Resolução Consema nº 43, de 11 de outubro de 2019**. São Luís, MA

MIRANDA, G. M. **Indicadores do potencial de gestão municipal de recursos hídricos**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. São Paulo. 2012. 96f.

ORLANDO, P. H. K. **Produção do espaço e gestão hídrica na bacia do rio Paraibuna (MGRJ): uma análise crítica**. 2006. 295 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

PORTO, A. F. A.; PORTO, R. L. **Gestão de bacias hidrográficas. Estudos Avançados**, 22 (63), São Paulo, 2008.

PISSARRA, T.C.T.; RODRIGUES, F.M.; POLITANO, W.; GALBIATTI, J.A. Morfometria de microbacias do Córrego Rico, afluente do Rio Mogi-Guaçu, Estado de São Paulo, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, 2010.p. 669-676. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000400011>

PROTA, M.G. **Análise do processo participativo na gestão dos recursos hídricos no Estado de São Paulo: um estudo do caso do Comitê da Bacia Hidrográfica do Tietê-Jacaré.** 2011. 270f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Saúde Pública, USP, São Paulo, 2011.

QUEIROZ, *et al.* Parâmetros morfométricos lineares e zonais aplicados a um segmento do médio curso da bacia hidrográfica do rio Pacoti – CE. **Revista da Casa da Geografia de Sobral**, Sobral/CE, v. 19, n. 1, p. 140-153, Jul. 2017,

ROCHA, J. S. M. KURTZ, S. M. J. M. **Manual de Manejo Integrado de bacias Hidrográficas.** Santa Maria: Editora da UFSM, 2001. 282 p.

REBOUÇAS, A.C. Água Doce no Mundo e no Brasil. In: **Águas Doces do Brasil.** p. 01-37. 2ª ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2002. 703 p.

RIBEIRO, W. C. **Geografia política da água.** São Paulo: Annablume, 2008.

ROSS, J. L. S.; DEL PRETTE, M. E. **Recursos hídricos e as bacias hidrográficas: âncoras do planejamento e gestão ambiental.** In: Revista do Departamento de Geografia/Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas/USP - n. 12, 2018. p. 89-122.

SAMPAIO, M.V.; SANTOS, M.S.; SALBEGO, A.G.; ROCHA, J.S.M.; SAMPAIO, F.M.A.S.; MENDES, A.V.; BARROS, H.M.M. (2010). Zoneamento ambiental da sub-bacia hidrográfica do Rio Ibicuí-Mirim, RS. **Revista Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 4, n. 2, p. 25-28.

SANTOS, L. C. A. dos. **Gestão das Águas da sub-bacia Hidrográfica do Rio Cacaú-Maranhão.** 2012. 377 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2012.

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

_____. Sinuosity of alluvial rivers on the great plains. **Bulletin of Geological Society of America.** v. 74, n. 9, 1963.

SISTEMA NACIONAL INTEGRADO DE RECURSOS HÍDRICOS. Disponível em: <<http://www.snirh/ana.gov.br/>>. Acesso em: 15 de maio 2020.

SOARES, F. B. *et al.* Política nacional de recursos hídricos e os sistemas de gerenciamento de recursos hídricos federal e paulista. **Ciência Geográfica**, Bauru, v. , n. , p. 214-228, dez. 2019.

STRAHLER, A. N. **Hypsometric (area-altitude) – analysis of erosion al topography.** Geological Society of America Bulletin, v.63, n.10, p.1117-1142, 1952.

_____. **Dimensional analysis applied to fluvial eroded landforms.** Geological Society of America Bulletin, v.69, p.279-300, 1958.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência E Aplicação.** Editora/UFRGS, 2005. 944 p.

TUNDISI, J. G. **Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções.** Estud. av. São Paulo, v. 22, n. 63, 2008.

VEIGA, A.M. Caracterização hidromorfológica. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 46, n. 14, p.126-138, jun. 2013.

_____. **Caracterização Hidromorfológica da Bacia do Rio Meia Ponte.** In Anais XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos-ABRH. Maceió-AL. Novembro.2011.

VIVACQUA, M. D. **Gestão de recursos hídricos, Comitês de Bacia Hidrográfica e o processo administrativo de arbitragem de conflitos pelo uso da água.** 2005. 217f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Centro de Ciências Tecnológicas, Universidade Regional de Blumenau, FURB. Blumenau, SC, 2005.

ANEXO I – Lista dos membros efetivos e suplentes do CBH-Munim, gestão 2019 – 2021



Membro		Entidade	Segmento
Titular	Suplente		
X		Associação Remanescente de Quilombos de Centro Grande – Axixá/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e agricultoras Familiares – Axixá/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares – Buriti/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares – Buriti/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Instituto Ambiental do Vale do Rio Preto – Mata Roma/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Instituto Ambiental do Vale do Rio Preto – Mata Roma/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares - Mata Roma/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares – Mata Roma/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Associação dos Amigos do Munim – Presidente Juscelino/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Associação dos Amigos do Munim – Presidente Juscelino/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares – Duque Bacelar/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares – Afonso Cunha/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos

X		Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares- Presidente Vargas	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Ong SOS Região do Munim	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Ong SOS Região do Munim	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Sindicato Rural de São Benedito do Rio Preto/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares- Icatu/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		Associação Comunitária do Povoado Riacho da Cruz – Vargem Grande/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
	X	Sindicato dos Trabalhadores Rurais, Agricultores e Agricultoras Familiares- Vargem Grande/MA	Organizações Cíveis de Uso dos Recursos Hídricos
X		CAEMA-Companhia de Saneamento Ambiental do Maranhão	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Colônia de Pescadores Z-39 de Buriti/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Colônia de Pescadores Z-39 de Buriti/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Colônia de Pescadores Z-39 de Buriti/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Sindicato dos Pescadores de Buriti – Buriti/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Sindicato dos Pescadores de Buriti – Buriti/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Pessoa Física - Buriti/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X		Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Pessoa Física – Morros/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X		Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Federação Assistencial Beneficente de Instituições	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X		Usuários dos Recursos

			Hídricos da Bacia
X		Colôniade Pescadores Z-90 de Duque Bacelar/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Colôniade Pescadores Z-90 de Duque Bacelar/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		PAVIMAX Engenharia Ltda–Cachoeira Grande/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	PAVIMAX Engenharia Ltda–Cachoeira Grande/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Colôniade Pescadores Z-19 de Icatu	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Colôniade Pescadores Z-19 de Icatu	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Colônia de Pescadores Z-52 de Morros	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Colônia de Pescadores Z-52 de Morros	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Colônia de Pescadores Z-59 de Vargem Grande	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Colônia de Pescadores Z-59 de Vargem Grande	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Centro de Educação Artesanal	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Centro de Educação Artesanal	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Colônia dos Pescadores Z-68 de Coelho Neto	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Colônia dos Pescadores Z-68 de Coelho Neto	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		ACCOMCHAP-Associação de Criadores de Caprino e Ovinos do Município de Chapadinha	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	ACCOMCHAP-Associação de Criadores de Caprino e Ovinos do Município de Chapadinha	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Sindicato Rural de Mata Roma–Mata Roma/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Sindicato Rural de Mata Roma–Mata Roma/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Colônia de Pescadores Z-37 de Codó	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	Colônia de Pescadores Z-37 de Codó	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X		Colônia de Pescadores Z-84 de Presidente Juscelino	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X		Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia

X		APROSOJA - Associação dos Produtores de Soja do Meio Norte - Anapurus/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
	X	APROSOJA - Associação dos Produtores de Soja do Meio Norte - Anapurus/MA	Usuários dos Recursos Hídricos da Bacia
X			
	X		
X			
	X		
X		Município de Axixá/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
	X	Município de Axixá/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
X		Município de Belágua/MA Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente	Poder Público Municipal
	X	Município de Buriti/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
X		Município de Buriti/MA Secretaria Municipal de Agricultura	Poder Público Municipal
	X	Município de Buriti/MA Secretaria Municipal de Agricultura	Poder Público Municipal
X		Município de Chapadinha/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
	X	Município de Chapadinha/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
X		Município de Icatu/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Turismo, Esporte e Lazer	Poder Público Municipal
	X	Município de Icatu/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Turismo, Esporte e Lazer	Poder Público Municipal
X		Município de Mata Roma/MA Secretaria Municipal de Agricultura	Poder Público Municipal
	X	Município de Aldeias Altas/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Poder Público Municipal

X		Município de Presidente Vargas/MA Secretaria Municipal de Agricultura, Departamento de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
	X	Município de Presidente Vargas/MA Secretaria Municipal de Agricultura, Departamento de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
X		Município de São Benedito do Rio Preto/MA Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente	Poder Público Municipal
	X	Município de São Benedito do Rio Preto/MA Secretaria Municipal de Agricultura e Meio Ambiente	Poder Público Municipal
X		Município de Vargem Grande/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
	X	Município de Vargem Grande/MA Secretaria Municipal de Meio Ambiente	Poder Público Municipal
X		Município de Morros/MA Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente	Poder Público Municipal
X		Município de Morros/MA Secretaria Municipal de Turismo e Meio Ambiente	Poder Público Municipal
X		CONLESTE maranhense	Poder Público Municipal
	X	CONLESTE maranhense	Poder Público Municipal
X		Universidade Federal do Maranhão – Campus Chapadinha	Poder Público Federal
	X	Universidade Federal do Maranhão – Campus Chapadinha	Poder Público Federal
X		Secretária do Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais	Poder Público Estadual
	X	Secretária do Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais	Poder Público Estadual
X		Secretária de Estado da Agricultura Familiar	Poder Público Estadual
	X	Secretária de Estado da Agricultura Familiar	Poder Público Estadual
X		Secretária do Estado do Planejamento e Orçamento	Poder Público Estadual
	X	Secretária do Estado do Planejamento e Orçamento	Poder Público Estadual
x		Secretário de Estado da Educação	Poder Público Estadual

	X	Secretário de Estado da Educação	Poder Público Estadual
X		Secretária de Estado de Saúde	Poder Público Estadual
	X	Secretária de Estado de Saúde	Poder Público Estadual
X		Secretária do Estado do Desenvolvimento, Indústria e Comércio	Poder Público Estadual
	X	Secretária do Estado do Desenvolvimento, Indústria e Comércio	Poder Público Estadual
x		Secretária do Estado do Desenvolvimento Social	Poder Público Estadual
	x	Secretariado Estado do Desenvolvimento Social	Poder Público Estadual
x		Secretária do Estado da Fazenda	Poder Público Estadual
	x	Secretária do Estado da Fazenda	Poder Público Estadual

ANEXO II – Ofício de solicitação de dados hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Munim



São Luís, 08 de setembro de 2021.

À

Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais

Superintendência de Recursos Hídricos

Assunto: Solicitação de dados hidrológicos da bacia hidrográfica do rio Munim

Prezado (a),

Eu, Jonas Jansen Mendes, doutorando do programa de pós-graduação em ciências ambientais da Universidade Estadual Paulista – UNESP venho por meio deste, solicitar as coordenadas geográficas dos pontos de captação superficial/subterrânea, vazões outorgadas e finalidade dos usos na bacia hidrográfica do rio Munim, no período de 2000 a 2021. Os dados terão como objetivo integrar a tese intitulada “Gestão dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do rio Munim - MA”, visando investigar os conflitos de uso da água e demandas hídricas na referida bacia hidrográfica. Ressalto a importância do levantamento de dados na pesquisa, buscando contribuir para a melhoria da Gestão dos Recursos Hídricos Maranhenses.

Contatos do solicitante

E-mail: jjonasjansenn@hotmail.com

Telefones: (98) 982128938 / (98) 988387938

Coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários.

Atenciosamente,

A handwritten signature in blue ink that reads 'Jonas Jansen Mendes'. The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal line.

Prof. Msc. Jonas Jansen Mendes

ANEXO III – Termo de capacidade conforme CONSEMA N°043/2019



GOVERNODOESTADODOMARANHÃO
SECRETARIA DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS NATURAIS – SEMA
SECRETARIAADJUNTA DELICENCIAMENTOAMBIENTAL

Lista atualizada até o dia 09 de agosto de 2022, dos Municípios que foram publicados nos moldes da Resolução CONSEMAN°043/2019. Segue abaixo a relação:

MUNICÍPIOS COM TERMO DE CAPACIDADE EMITIDO CONFORME CONSEMAN° 043/2019		
MUNICÍPIO	ÂMBITO LOCAL	DATA DE PUBLICAÇÃO
Açailândia	Nível2	03/12/2020
Alto Alegre do Pindaré	Nível2	21/02/2022
Anapurus	Nível1	23/07/2020
Apicum-Açu	Nível1	10/09/2020
Arari	Nível1	15/09/2020
Bacabal	Nível2	05/08/2022
Balsas	Nível2	29/10/2020
Barreirinhas	Nível1	24/03/2020
Bom Jardim	Nível1	02/10/2020
Bom Jesus das Selvas	Nível1	15/07/2021
Brejo	Nível1	09/09/2021
Buritcupu	Nível2	09/11/2020
Capinzaldo Norte	Nível1	30/04/2021
Carolina	Nível1	05/08/2022
Caxias	Nível2	19/03/2020
Centro Novo do Maranhão	Nível1	04/04/2022
Chapadinha	Nível2	25/02/2022
Codó	Nível2	19/05/2021
Colinas	Nível1	28/09/2021
Coroatá	Nível1	14/12/2020
Governador Nunes Freire	Nível2	19/11/2021
Grajaú	Nível2	10/09/2020

Humberto de Campos	Nível2	28/01/2022
Igarapé do Meio	Nível1	13/08/2020
Imperatriz	Nível2	10/08/2020
Itinga do Maranhão	Nível2	13/08/2020
Lago da Pedra	Nível1	19/05/2021
Lago Verde	Nível1	05/08/2022
Lima Campos	Nível2	21/07/2020
Matões	Nível1	03/08/2022
Mirinzal	Nível2	07/02/2022
Morros	Nível1	05/05/2022
Paço do Lumiar	Nível2	03/09/2020
Parnarama	Nível1	03/08/2022
Pastos Bons	Nível1	05/08/2022
Pedreiras	Nível2	23/07/2020
Pedro do Rosário	Nível1	02/08/2022
Peritoró	Nível1	05/08/2022
Pindaré-Mirim	Nível2	02/08/2022
Pinheiro	Nível2	01/12/2020
Rosário	Nível1	05/08/2022
Santa Helena	Nível1	29/12/2021
Santa Inês	Nível2	28/06/2021
Santa Luzia	Nível2	16/07/2020
Santa Rita	Nível1	15/06/2020
Santo Antônio dos Lopes	Nível1	01/10/2021
São Bento	Nível2	22/06/2022
São Bernardo	Nível1	03/08/2022
São Domingos do Maranhão	Nível1	05/08/2022
São João dos Patos	Nível1	27/08/2020
São José de Ribamar	Nível2	10/03/2021
Timon	Nível2	19/05/2021
Trizidela do Vale	Nível1	23/07/2020
Tuntum	Nível1	09/02/2022
Vitorino Freire	Nível1	27/07/2021
ZéDoca	Nível2	23/07/2020

Atenciosamente,

RAFAEL FERREIRA MACIEL
Secretário Adjunto de Licenciamento
Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Naturais
Assinado Digitalmente



Documento assinado eletronicamente em 09/08/2022, às 10:31.

Assinado por: RAFAEL FERREIRA MACIEL - Cargo: SECRETÁRIO (A)ADJUNTO (A) DE DE LICENCIAMENTO

Código Verificador: 11660784, Código CRC: XSRCWPYW

Para consultar autenticidade acesse: <http://assinador.sema.ma.gov.br/assinador/f/consulta-doc.xhtml>.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO – SOCIEDADE CIVIL ORGANIZADA	
1. Como você avalia a gestão dos recursos hídricos na sua bacia hidrográfica? () Insuficiente () Regular () Boa () Ótima	
2. Como tem sido a contribuição da sociedade civil organizada na gestão dos recursos hídricos? Sociedade Civil, resposta: () Ong () Entidade de Classe () Universidades () Insuficiente () Regular () Boa () Ótima	
3. Como você avalia o nível de conhecimento dos envolvidos na sua bacia hidrográfica? () Insuficiente () Regular () Boa () Ótima	
4. Você é afetado diretamente por algum problema relacionado à qualidade ou quantidade das águas na sua bacia?	
5. Você já se envolveu em algum tipo de conflito pelo uso da água?	
6. Você tem identificado a atuação do comitê de bacia?	
7. Qual o futuro da água da Bacia Hidrográfica, em sua opinião?	
8. O que poderia ser feito para melhorar a gestão da bacia hidrográfica?	
9. Em sua opinião quem deve pagar pelo uso da água?	
10. Como você avalia o nível de outorgas na sua bacia hidrográfica? () Insuficiente () Regular () Boa () Ótima	

APÊNDICE B

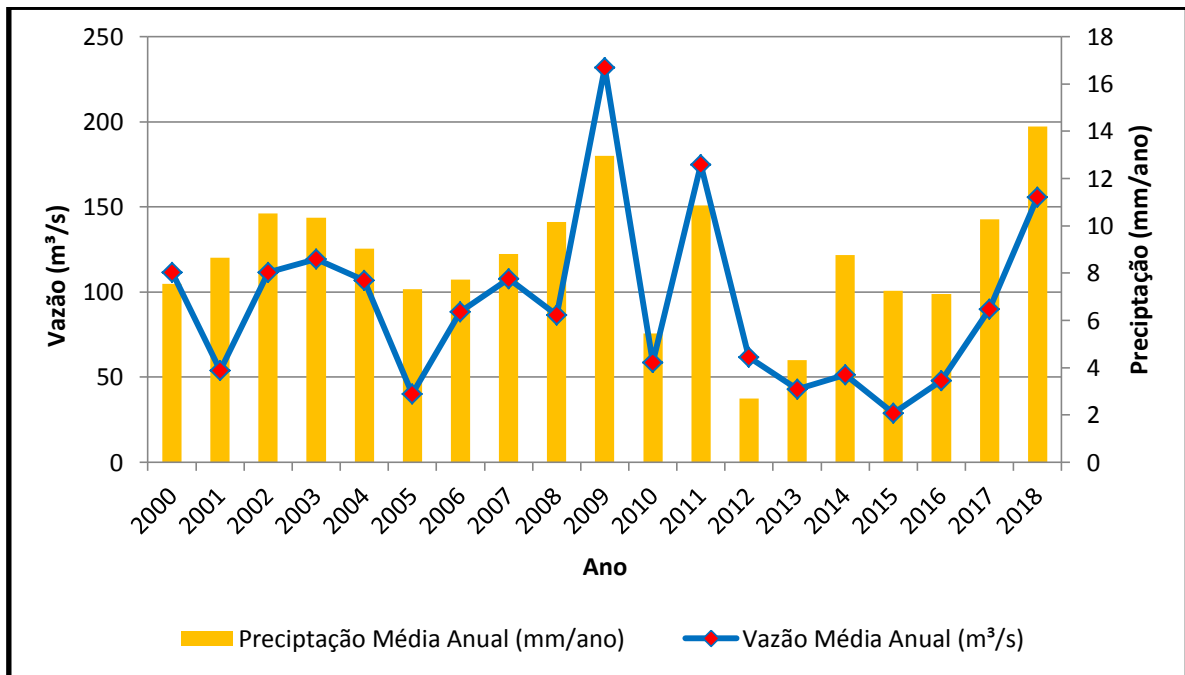
QUESTIONÁRIO – USUÁRIOS	
1. Como você avalia a gestão dos recursos hídricos na sua bacia hidrográfica?	() Insuficiente () Regular () Boa () Ótima
2. Como tem sido a contribuição dos usuários na gestão dos recursos hídricos? Usuário, resposta: () Concessionária de água () Industrial () Agricultura	() Insuficiente () Regular () Boa () Ótima
3. Como você avalia o nível de conhecimento dos envolvidos na sua bacia hidrográfica?	() Insuficiente () Regular () Boa () Ótima
4. Você é afetado diretamente por algum problema relacionado à qualidade ou quantidade das águas na sua bacia?	
5. Você já se envolveu em algum tipo de conflito pelo uso da água?	
6. Você tem identificado a atuação do comitê de bacia?	
7. Qual o futuro da água da Bacia Hidrográfica, em sua opinião?	
8. O que poderia ser feito para melhorar a gestão da bacia hidrográfica?	
9. Em sua opinião quem deve pagar pelo uso da água?	
10. Como você avalia o nível de outorgas na sua bacia hidrográfica?	() Insuficiente () Regular () Boa () Ótima

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO – PODER PÚBLICO	
1. Como você avalia a gestão dos recursos hídricos na sua bacia hidrográfica?	() Insuficiente () Regular () Boa () Ótima
2. Como tem sido a contribuição dos governos na gestão dos recursos hídricos? Esfera do Governo, resposta: () Federal () Estadual () Municipal	() Insuficiente () Regular () Boa () Ótima
3. Como você avalia o nível de conhecimento dos envolvidos na sua bacia hidrográfica?	() Insuficiente () Regular () Boa () Ótima
4. Você é afetado diretamente por algum problema relacionado à qualidade ou quantidade das águas na sua bacia?	
5. Você já se envolveu em algum tipo de conflito pelo uso da água?	
6. Você tem identificado a atuação do comitê de bacia?	
7. Qual o futuro da água da Bacia Hidrográfica, em sua opinião?	
8. O que poderia ser feito para melhorar a gestão da bacia hidrográfica?	
9. Em sua opinião quem deve pagar pelo uso da água?	
10. Como você avalia o nível de outorgas na sua bacia hidrográfica?	() Insuficiente () Regular () Boa () Ótima

APÊNDICE D

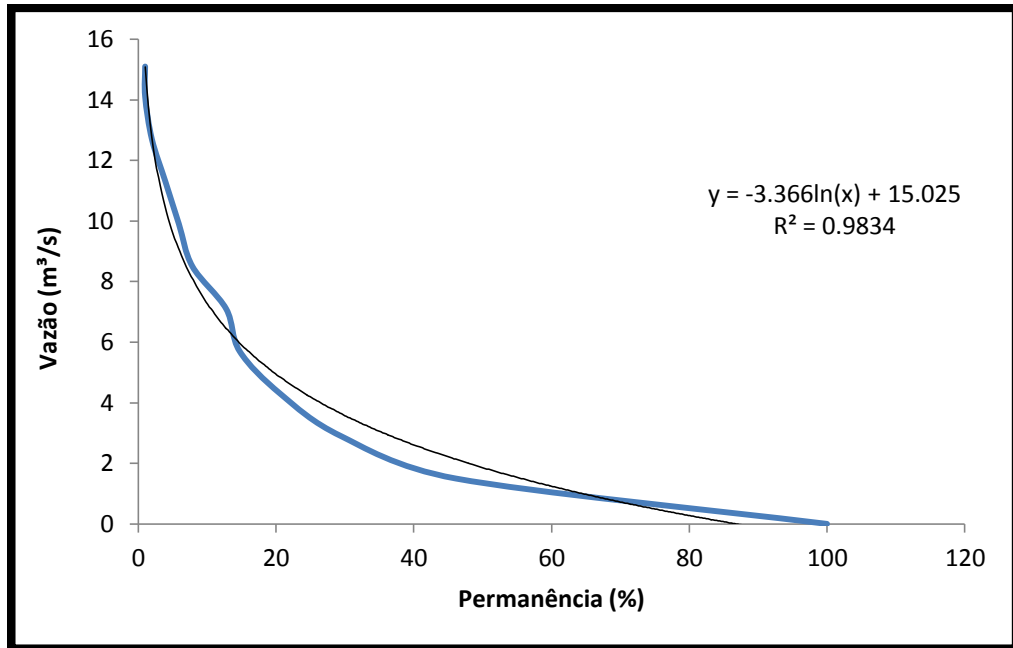
Figura 29. Vazão anual da estação fluviométrica Bonsucesso (33750000) e pluviométrica Mata Roma, nos anos de 2000 a 2018



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE E

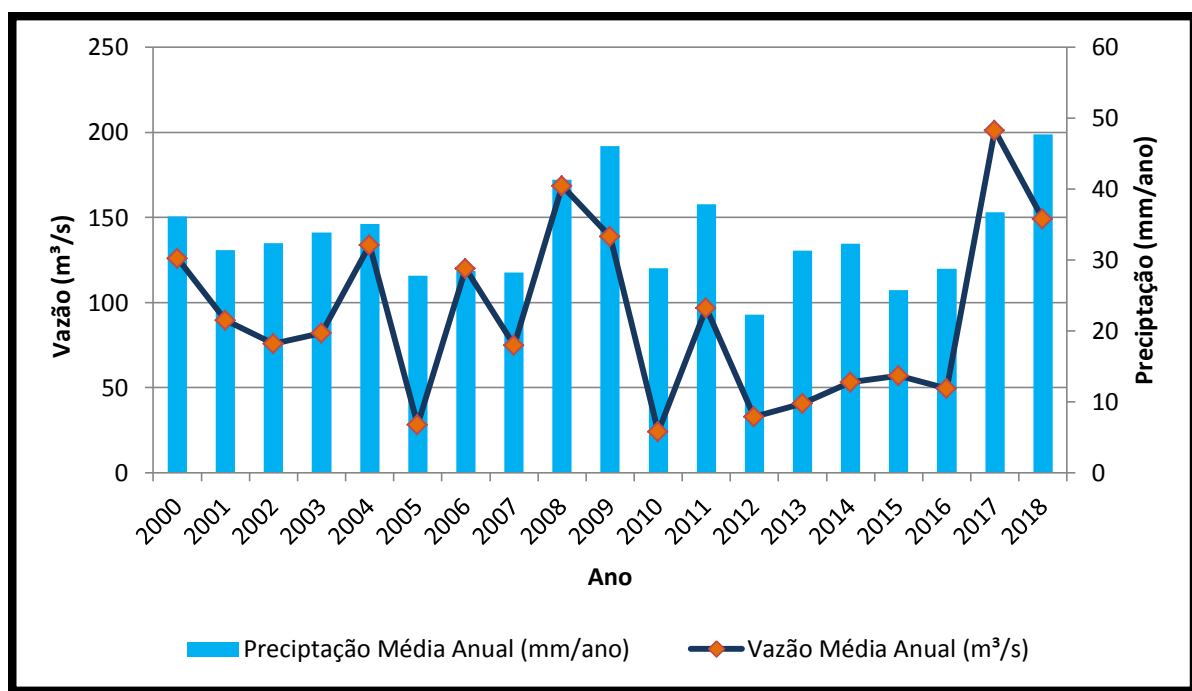
Figura 30. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Bonsucesso



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE F

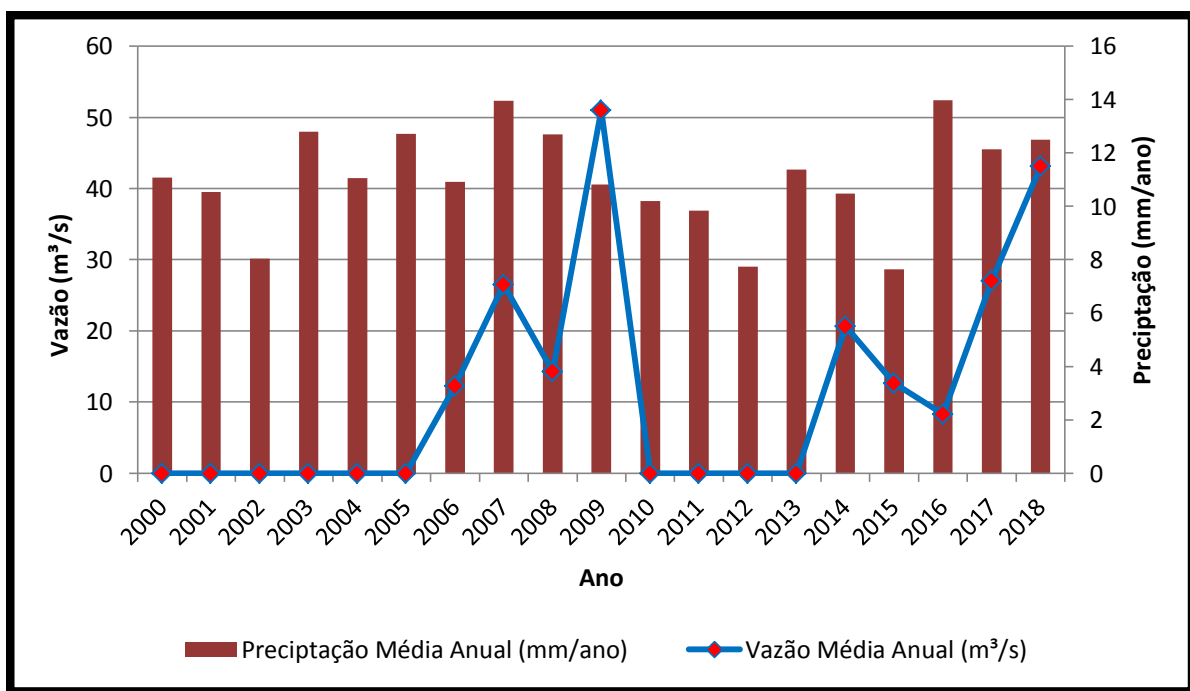
Figura 31. Vazão anual da estação fluviométrica Iguará (33770000) e pluviométrica Iguará (343001), nos anos de 2000 a 2018



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE G

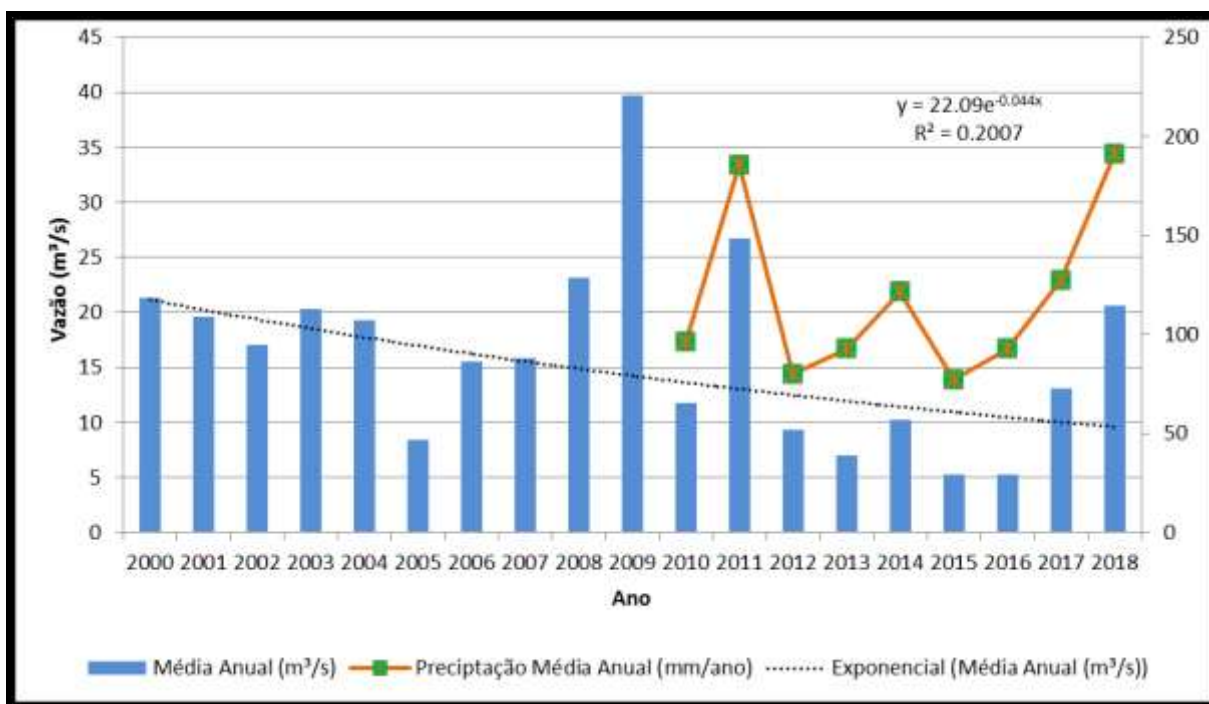
Figura 32. Vazão anual da estação fluviométrica Urbano Santos (33790000) e pluviométrica Presidente Juscelino, nos anos de 2000 a 2018



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE H

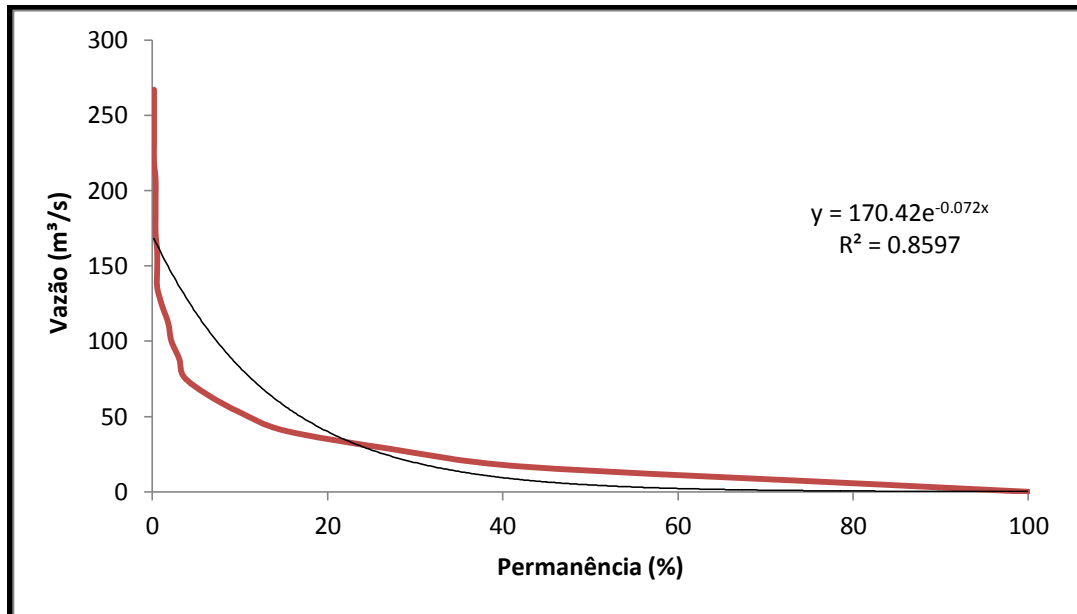
Figura 33. Vazão anual da estação fluviométrica São Benedito (33760000) e pluviométrica São Benedito (343012), nos anos de 2000 a 2018



Fonte: Dados da pesquisa (2021)

APÊNDICE I

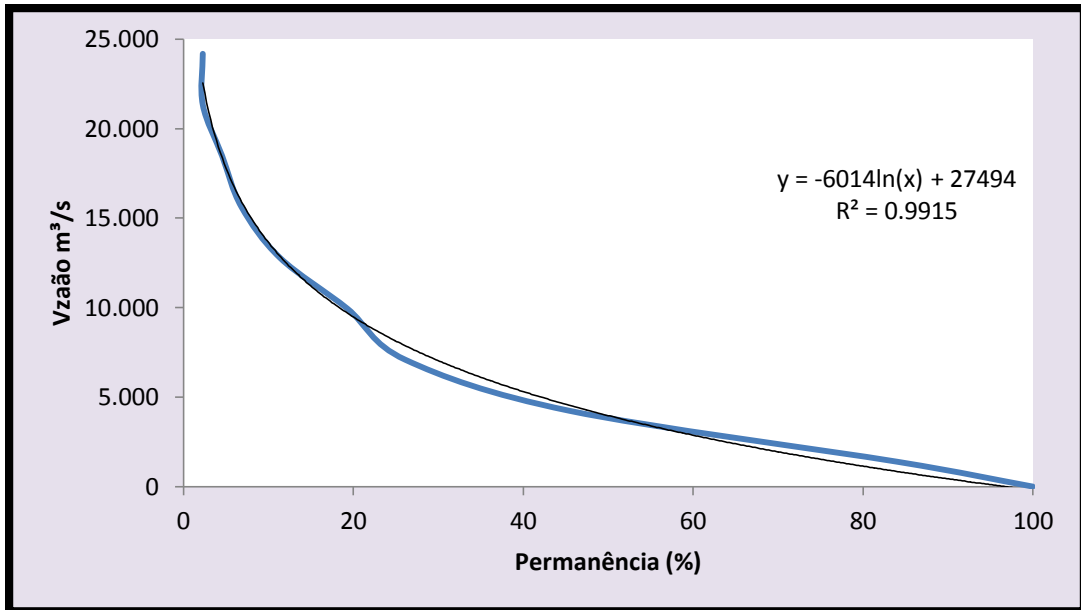
Figura 34. Curva de Permanência da estação fluviométrica – São Benedito



Fonte: Dados da pesquisa(2021)

APÊNDICE J

Figura 35. Curva de Permanência da estação fluviométrica – Urbano Santos



Fonte: Dados da pesquisa (2021)