



**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E
SAÚDE/PPGCAS**

TENNYSON VINHAL DE CARVALHO

**A SUSTENTABILIDADE DAS USINAS HIDRELÉTRICAS NA BACIA DO RIO
TOCANTINS - ASPECTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS, ECONÔMICOS E JURÍDICOS**

GOIÂNIA-GO

MARÇO - 2022



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
MESTRADO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE/MCAS

TENNYSON VINHAL DE CARVALHO

**A SUSTENTABILIDADE DAS USINAS HIDRELÉTRICAS NA BACIA DO RIO
TOCANTINS - ASPECTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS, ECONÔMICOS E JURÍDICOS**

Dissertação apresentada ao programa de pós-graduação *Stricto Sensu* em Ciências Ambientais e Saúde da Pró-Reitoria de Pós-graduação da Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás).

Linha de pesquisa: Biodiversidade & indicadores de qualidade ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Nelson Jorge da Silva Jr.

GOIÂNIA-GO
MARÇO - 2022

Catálogo na Fonte - Sistema de Bibliotecas da PUC Goiás
Lana Keren de Mendonça - Bibliotecária CRB1/2486

C331s Carvalho, Tennyson Vinhal de
A sustentabilidade das Usinas Hidrelétricas na Bacia
do Rio Tocantins : aspectos ambientais, sociais, econômicos
e jurídicos / Tennyson Vinhal de Carvalho. -- 2022.
130: il.

Texto em português, com resumo em inglês
Dissertação (mestrado) -- Pontifícia Universidade
Católica de Goiás, Escola de Ciências Médicas e da
Vida, Goiânia, 2022

Inclui referências: f. 117-128.

1. Usinas elétricas - Tocantins, Rio. 2. Sustentabilidade.
3. Licenças ambientais. I. Silva Júnior, Nelson Jorge
da. II. Pontifícia Universidade Católica de Goiás -
Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e
Saúde - 08/04/2022. III. Título.

CDU: 621.311.21(043)



**PUC
GOIÁS**



**60
JUBILEU DE
DIAMANTE**

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS.

No dia 08 de abril de 2022, às 14h30 na sala de Defesas de Teses, Dissertações e Monografias, Bloco D, Área IV - PUC Goiás, **TENKYSON VINHAL DE CARVALHO**, discente do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Saúde (PPGCAS) da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, expôs, em Sessão Síncrona e Remota de Defesa de Dissertação de Mestrado, o trabalho intitulado **A SUSTENTABILIDADE DAS USINAS HIDRELÉTRICAS NA BACIA DO RIO TOCANTINS – ASPECTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS, ECONÔMICOS E JURÍDICOS**, para Comissão de Avaliação composta pelas docentes: **Prof. Dr. Nelson Jorge da Silva Jr.** (Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Presidente da Comissão), **Prof. Dr. Conrado Paulino da Rosa** (Fundação Escola Superior do Ministério Público, Membro Convocado Externo), **Profa. Dra. Luciane Martins de Araújo** (Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Membro Convocado Interno), **Prof. Dr. Darlan Tavares Feitosa** (Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Membro Convocado Interno) e **Prof. Dr. Willian Vaz Silva** (Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Membro Convocado - Suplente). O trabalho da Comissão de Avaliação foi conduzido pelo(a) docente Presidente que, inicialmente, após apresentar os docentes integrantes da Comissão, concedeu **até 30 minutos** ao(a) discente candidato(a) para que este(a) expusesse o trabalho. Após a exposição, o(a) docente Presidente concedeu a palavra a cada membro convocado da Comissão para que estes arguissem o(a) discente candidato(a). Após o encerramento das arguições, a Comissão de Avaliação, reunida isoladamente, avaliou o trabalho desenvolvido e o desempenho do(a) discente candidato(a) na exposição, considerando a trajetória deste(a) no curso de mestrado. Como resultado da avaliação, a Comissão de Avaliação deliberou pela:

Aprovação da Dissertação

A Banca Examinadora considerou o(a) estudante APROVADO(A). A Comissão de Avaliação pode sugerir alterações de forma e/ou conteúdo considerado aceitáveis, não impedindo a aprovação do trabalho. As alterações deverão ser indicadas no Anexo ao presente documento e/ou podem constar na versão lida pelo membro da Comissão de Avaliação para a sessão de defesa da dissertação. Neste caso, a versão lida corrigida deverá ser entregue ao(a) discente candidato(a) no final da sessão. O(A) discente candidato(a) terá o prazo de sessenta (60) dias para os ajustes e entrega da versão final na Secretaria do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Saúde, contada a partir da data da sessão de defesa da dissertação.

Reprovação da Dissertação

A Banca Examinadora considerou o(a) estudante REPROVADO(A). A Comissão de Avaliação determina que o trabalho apresentado não atenda as condições mínimas para ser considerado dissertação de mestrado válida à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais e Saúde.

A Comissão de Avaliação (Assinaturas):	Para uso da Coordenação/Secretaria do PPGCAS:
 Prof. Dr. Nelson Jorge da Silva Jr. Membro Presidente Pontifícia Universidade Católica de Goiás	
 Prof. Dr. Conrado Paulino da Rosa Membro Externo Fundação Escola Superior do Ministério Público / FESMP / RS	Prof. Dr. Leonardo Luiz Borges Coordenador do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais e Saúde Pontifícia Universidade Católica de Goiás
Profa. Dra. Luciane Martins de Araújo Membro Convocado Interno Pontifícia Universidade Católica de Goiás	Observações:
 Prof. Dr. Darlan Tavares Feitosa Membro Convocado Interno Pontifícia Universidade Católica de Goiás	Conforme normas institucionais esta banca de defesa ocorreu de forma síncrona e remotamente por meio de webconferência e a participação de todos os membros avaliadores é atestada pelo Presidente da Banca. 1. O Presidente da Banca deverá informar qual recurso foi utilizado para realização da banca. 2. () Skype 3. (X) Microsoft Teams 4. () Outro(s) informar: <u>PRESENCIAL E ONLINE POR</u>
 Prof. Dr. Willian Vaz Silva Membro Convocado Suplente Pontifícia Universidade Católica de Goiás	<u>LOS INTEGRANTES DA BANCA</u>



**PUC
GOIÁS**



ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE Mestrado NO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E SAÚDE DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS.

Discente: TENNYSON VINHAL DE CARVALHO

Título da Dissertação: A SUSTENTABILIDADE DAS USINAS HIDRELÉTRICAS NA BACIA DO RIO TOCANTINS - ASPECTOS AMBIENTAIS, SOCIAIS, ECONÔMICOS E JURÍDICOS

Data do exame: 08 de abril de 2022, às 14h30

Correções; modificações; alterações; comentários; observações; pontos para reformulação etc. (Assinatura obrigatória).

Prof. Dr. Nelson Jerge da Silva Jr. (Membro Presidente) **Assinatura:** _____

Assinale em caso afirmativo: O exemplar lido para o exame foi entregue ao discente com as correções necessárias.

Observações adicionais (Opcional):

Prof. Dr. Conrado Paulino da Rosa (Membro Convidado Externo) **Assinatura:** _____

Assinale em caso afirmativo: O exemplar lido para o exame foi entregue ao discente com as correções necessárias.

Observações adicionais (Opcional):

Profa. Dra. Luciane Martins de Araújo (Membro Externo) **Assinatura:** _____

Assinale em caso afirmativo: O exemplar lido para o exame foi entregue ao discente com as correções necessárias.

Observações adicionais (Opcional):

Prof. Dr. Darlan Tavares Feltosa (Membro Externo) **Assinatura:** _____

Assinale em caso afirmativo: O exemplar lido para o exame foi entregue ao discente com as correções necessárias.

Observações adicionais (Opcional):

Prof. Dr. Willian Vaz Silva (Membro Suplente) **Assinatura:** _____

Assinale em caso afirmativo: O exemplar lido para o exame foi entregue ao discente com as correções necessárias.

Observações adicionais (Opcional):

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho a minha querida esposa Analice de Sousa Arruda Vinha de Carvalho, pela cumplicidade e resiliência, e aos meus três filhos: Stephane Alves Amaral Vinhal de Carvalho, Elisa de Sousa Arruda Vinhal de Carvalho e Mateus de Sousa Arruda Vinhal de Carvalho que, além de manterem a minha saúde mental e espiritual, me inspiram e incentivam a conservar a disposição para trilhar novos caminhos.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela lembrança de que não estamos sozinhos nunca.

Aos meus pais, João Alves de Carvalho e Eleuza Vinhal de Carvalho, que me propiciaram o amor pela leitura, a descoberta das aventuras e os desafios que o conhecimento nos oferece.

Aos meus irmãos, Márcio Vinhal de Carvalho, Hélder Vinhal de Carvalho e Fernando Antônio Vinhal dos Santos, pelo amor incondicional e presença constante em minha vida.

Aos meu sogro, João Clementino de Arruda, pelo exemplo da vida acadêmica, e à minha sogra, Ismênia de Sousa Arruda, minha segunda mãe, pelo apoio afetivo, café e pão de queijo.

Ao meu orientador, professor doutor Nelson Jorge da Silva Júnior, pelo incentivo, profissionalismo e competência na condução dos trabalhos científicos.

À Pontifícia Universidade Católica de Goiás (PUC Goiás) e, em especial, a todos os professores e colaboradores vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Saúde.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa que me permitiu fazer o mestrado.

Ao apoio da empresa Systema Naturae Consultoria Ambiental e de todos os seus colaboradores, especialmente Aline e Anita, que investiram no presente trabalho e acreditam na ciência preservando o meio ambiente e transformando a sociedade.

À Vera Lúcia Morselli, comadre, amiga e grande incentivadora do diálogo interdisciplinar.

À Marcia Cristina de Toledo, por manter a chama acesa para romper barreiras de forma antes inimagináveis.

À professora Lenize Santana Borges pela leitura e auxílio na busca de sentido do discurso científico humanizado.

À Julia da Paixão de Oliveira Mello e Pargeon, pela inspiração acadêmica.

Ao Luiz Augusto da Costa Porto, por fazer da atividade acadêmica algo do cotidiano.

Ao meu amigo-irmão, Jairo Moreira de Miranda Neto (*in memoriam*), pelo legado de compreensão da realidade.

Ao meu amigo-pai, Hugo Eustáquio de Macedo Zorzetti (*in memoriam*), por me ensinar as armas da intelectualidade para o enfrentamento das adversidades.

À Mara Parrela, minha eterna corretora do discurso literal da vida.

Aos Amigos, na pessoa de Tadeu de Abreu Pereira, e às amigas, na pessoa de Sarah Castrillon Rassi, que não medem esforços para renovar cotidianamente nossos votos recíprocos de apoio, respeito e solidariedade.

Aos meus parceiros Osanan Gonçalves Rodrigues, Rosane Rodrigues Vinhal, Silvia Rosa Mendes, Peterson Arruda Ferro, Emílio Pereira Silva Macedo, Alessandro Pereira de Lima e Silva, Leon Gaspar Safatle e Marlene Farinha Lemos.

Aos membros da banca de qualificação e defesa, nas pessoas dos professores Darlan Tavares Feitosa, Wilian Vaz Silva, Luciane Martins de Araújo e Conrado Paulino da Rosa, pelas orientações, atenção e colaboração no aperfeiçoamento da dissertação.

EPIGRAFE

“Up on top of the dam, as the sunset turned from bloodred to black, I took one long last look at the lake before returning to town and on to Boston. Downriver the forest was preparing for the night, the insects and birds and nocturnal animal making the jungle rumble and roar, Upriver, the only sound was the occasional flap of a fish, and the lonely call of an isolated bird in transit.”

(Time is Short and the Water Rises by John Walsh)

“No topo da represa, quando o pôr do sol mudou de vermelho sangue para preto, eu dei uma longa olhada no lago pela última vez antes de retornar à cidade e seguir para Boston. Rio abaixo, a floresta se preparava para a noite, os insetos, pássaros e animais noturnos fazendo a selva roncar e rugir. Rio acima, o único som era o bater ocasional de um peixe e o canto solitário de um pássaro isolado em trânsito.”

(O tempo é curto e a água sobe por John Walsh)

RESUMO

O presente estudo buscou identificar informações sobre os aspectos ambientais, sociais, econômicos e jurídicos que condicionam a sustentabilidade das usinas hidrelétricas instaladas na bacia do rio Tocantins. O objetivo foi o de contribuir na formulação de políticas públicas sustentáveis de manutenção, modernização ou descomissionamento das grandes usinas hidrelétricas instaladas na bacia do rio Tocantins. Foi realizada uma revisão da literatura que trata do surgimento do conceito de sustentabilidade e sua influência na legislação e práticas relacionadas à instalação e funcionamento das grandes usinas hidrelétricas ao longo da bacia do rio Tocantins. De acordo com os dados gerados pela pesquisa foram elaborados mapas, gráficos e tabelas que serviram de análise do uso e ocupação do solo. Na discussão foram apresentadas reflexões relacionadas aos aspectos ambientais, entendidos como a interação de fatores bióticos e abióticos; os aspectos sociais, com enfoque no impacto das instalações e desinstalações das grandes usinas; os aspectos econômicos decorrentes do aproveitamento, modernização e descomissionamento de barragens diante de novas matrizes energéticas; e, finalmente, os consequentes aspectos jurídicos que definiram critérios legais de licenciamento de usinas de grande porte. Em que pese a grande experiência brasileira na geração de energia hidráulica, ainda existe um grande descompasso entre a uniformidade da legislação ambiental aplicável aos diversos níveis de complexidade desse sistema. Ficam evidentes as discrepâncias de exigências e acompanhamentos dos processos de instalação de usinas hidrelétricas no Brasil.

Palavras-chave: Rio Tocantins, usinas hidrelétricas, sustentabilidade e licenciamento.

ABSTRACT

The present study sought to identify information on the environmental, social, economic and legal aspects that condition the sustainability of hydroelectric plants installed in the Tocantins River basin. The objective was to contribute to the formulation of sustainable public policies for the maintenance, modernization or decommissioning of large hydroelectric plants installed in the Tocantins River basin. A literature review was carried out dealing with the emergence of the concept of sustainability and its influence on legislation and practices related to the installation and operation of large hydroelectric plants along the Tocantins River basin. According to the data generated by the research, maps, graphs and tables were prepared to analyze the use and occupation of the land, as well as demographic and socioeconomic indices of the areas of influence of the hydroelectric plants. In the discussion, reflections related to environmental aspects were presented, understood as the interaction of biotic and abiotic factors; the social aspects, focusing on the impact of installations and removals of large plants; the economic aspects resulting from the use, modernization and decommissioning of dams in the face of new energy matrices; and, finally, the consequent legal aspects that defined legal criteria for licensing large-scale plants. In spite of the great Brazilian experience in the generation of hydraulic energy, there is still a great mismatch between the uniformity of the environmental legislation applicable to the different levels of complexity of this system. The discrepancies in requirements and monitoring of the installation processes of hydroelectric plants in Brazil are evident.

Key words: Tocantins River, hidroelectric plants, sustainability and licensing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diagrama esquemático de usinas hidrelétricas da bacia do Rio Tocantins

Figura 2 - Perfil de instalação de barragens de usinas hidrelétricas da bacia do Rio Tocantins

Figura 3 - Matriz elétrica brasileira em 2019

Figura 4 - Localização dos empreendimentos hidrelétricos instalados na bacia do Rio Tocantins abordados neste estudo

Figura 5 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 1985

Figura 6 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 1998

Figura 7 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 2002/2006

Figura 8 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 2009/2011

Figura 9 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 2019

Figura 10 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE Tucuruí entre 1989 e 2019

Figura 11- Área de territórios indígenas e unidades de conservação no entorno da UHE Tucuruí

Figura 12 - Áreas de uso e cobertura do solo da UHE Serra da Mesa entre 1989 e 2019

Figura 13 - Áreas de territórios indígenas e unidades de conservação no entorno da UHE Serra da Mesa

Figura 14 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE Cana Brava nos anos de 1989 e 2019

Figura 15 - Áreas de territórios indígenas e unidades de conservação no entorno da UHE Cana Brava

Figura 16 - Áreas de uso e cobertura do solo da UHE Luiz Eduardo Magalhães nos anos de 1989, 1999, 2009 e 2019

Figura 17 - Área de influência do reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães, áreas de proteção ambiental e territórios indígenas

Figura 18 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE Peixe Angical entre 1989 e 2019

Figura 19 - Área de influência do reservatório da UHE Peixe Angical da APA Lago de Peixe Angical

Figura 20 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE São Salvador entre 1989 e 2019

Figura 21 - Área influência da UHE São Salvador, áreas de proteção ambiental e territórios indígenas

Figura 22 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE Estreito entre 1989 e 2019

Figura 23 - Área influência da UHE Estreito, áreas de proteção ambiental e territórios indígenas

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Uso e cobertura do solo na área da UHE Tucuruí por categoria entre 1989 e 2019

Tabela 2 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Serra da Mesa por categoria entre 1989 e 2019

Tabela 3 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Cana Brava por categoria entre 1989 e 2019

Tabela 4 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Luiz Eduardo Magalhães (Lajeado) por categoria entre 1989 e 2019

Tabela 5 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Peixe Angical por categoria entre nos anos de 1989 e 2019

Tabela 6 - Uso e cobertura do solo na área da UHE São Salvador por categoria entre 1989 e 2019

Tabela 7 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Estreito por categoria entre 1989 e 2019

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Tucuruí entre 1989 e 2019

Gráfico 2 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Serra da Mesa entre 1989 e 2019

Gráfico 3 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Cana Brava entre 1989 e 2019

Gráfico 4 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Luiz Eduardo Magalhães entre 1989 e 2019

Gráfico 5 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Peixe Angical entre 1989 e 2019

Gráfico 6 - Projeção temporal de uso e cobertura do solo no entorno da UHE de São Salvador entre de 1989 e 2019

Gráfico 7 - Projeção temporal de uso e cobertura do solo no entorno da UHE Estreito entre 1989 e 2019

TABELA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAI - Avaliação Ambiental Integrada
ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRH - Associação Brasileira de Recursos Hídricos
AI - Área Indígena
AIA - Avaliação de Impacto Ambiental
AMFORP - American Foreign Power Company
ANA - Agência Nacional de Águas
ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica
APA - Área de Proteção Ambiental
APP - Área de Proteção Permanente
CELTINS - Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins
CHESF - Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CMA - Comissão do Meio Ambiente
CMMAD – Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
CNDH - Conselho Nacional dos Direitos Humanos
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CRA - Comissão de Agricultura e Reforma Agrária
CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente
CONFLORA - Consultoria, Planejamento e Assessoria Florestal Ltda.
COP26 - Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima
DNAEE - Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica
EIA - Estudo de Impacto Ambiental
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
FUNAI - Fundação Nacional do Índio GEE – Gases de Efeito Estufa
IBAMA - Instituto Nacional do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
DHN - Divisão Hidrográfica Nacional
DNAEE - Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica
ELETRORÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ELETRONORTE - Centrais Elétricas do Norte
ELETROSUL - Centrais Elétricas do Sul
GEE - Gases de Efeito Estufa

LIGHT - Light and Power Company Limited
LI - Licença de Instalação
LO - Licença de Operação
LP - Licença Prévia
MME - Ministério das Minas e Energia
MONA - Monumento Natural
NATURATINS - Instituto Natureza do Tocantins
NEPA - National Environmental Policy Act
OIT - Organização Internacional do Trabalho
ONU - Organização das Nações Unidas
PARNA - Parque Nacional
PARES - Parque Estadual
PNMA - Política Nacional do Meio Ambiente
PNPSA - Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais
PNRH - Política Nacional de Recursos Hídricos
PNSB – Política Nacional de Segurança de Barragens
RDS - Reserva de Desenvolvimento Sustentável
RH - Regiões Hídricas
RIMA - Relatório de Impacto Ambiental
SEPLAN - Secretaria Estadual de Planejamento e Meio Ambiente
SIN - Sistema Interligado Nacional
SISNAMA - Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNGRH - Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação
TR - Termo de Referência
TVA - Tennessee Valley Authority
UHE - Usina Hidrelétrica
UNITINS - Universidade Estadual do Tocantins

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS	18
2.1	Objetivo geral	18
2.2	Objetivos específicos	18
3	REFERENCIAL TEÓRICO	19
3.1	A produção hidrenergética no Brasil	19
3.2	A sustentabilidade de usinas hidrelétricas	22
3.3	Aspectos ambientais	24
3.4	Aspectos sociais.....	26
3.5	Aspectos econômicos	27
3.6	Aspectos jurídicos.....	28
4	MATERIAL E MÉTODOS	39
4.1	Empreendimentos analisados	39
4.2	Abrangência do estudo	39
4.3	Ocupação e uso do solo	41
4.4	Análise dos dados	41
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	42
5.1	Instalação das usinas hidrelétricas	42
5.2	Caracterização dos empreendimentos	48
5.2.1	UHE Tucuruí	48
5.2.1.1	Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo.....	48
5.2.1.2	Aspectos sociais.....	54
5.2.1.3	Aspectos econômicos	56
5.2.1.4	Aspectos jurídicos.....	57
5.2.2	UHE Serra da Mesa	59
5.2.2.1	Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo.....	59
5.2.2.2	Aspectos sociais.....	65
5.2.2.3	Aspectos econômicos	66
5.2.2.4	Aspectos jurídicos.....	67
5.2.3	UHE Cana Brava	68

5.2.3.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo.....	68
5.2.3.2 Aspectos sociais.....	72
5.2.3.3 Aspectos econômicos	74
5.2.3.4 Aspectos jurídicos.....	74
5.2.4 UHE Luiz Eduardo Magalhães (Lajeado)	75
5.2.4.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo.....	75
5.2.4.2 Aspectos sociais.....	79
5.2.4.3 Aspectos econômicos	82
5.2.4.4 Aspectos jurídicos.....	84
5.2.5 UHE Peixe Angical	85
5.2.5.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo.....	85
5.2.5.2 Aspectos sociais.....	90
5.2.5.3 Aspectos econômicos	90
5.2.5.4 Aspectos jurídicos.....	91
5.2.6 UHE São Salvador.....	91
5.2.6.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo.....	91
5.2.6.2 Aspectos sociais.....	96
5.2.6.3 Aspectos econômicos	96
5.2.6.4 Aspectos jurídicos.....	96
5.2.7 UHE Estreito.....	97
5.2.7.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo.....	97
5.2.7.2 Aspectos sociais.....	102
5.2.7.3 Aspectos econômicos	102
5.2.7.4 Aspectos jurídicos.....	103
6 ANÁLISE COMPARATIVA	105
6.1 Aspectos ambientais	105
6.2 Aspectos sociais.....	108
6.3 Aspectos econômicos	109
6.4 Aspectos jurídicos.....	112
7 CONCLUSÕES	115
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	117

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica produzida no Brasil é predominantemente realizada pela transformação da energia mecânica, empregando processos hidráulicos. São esses sistemas geradores que devem ser estudados em seus efeitos sobre as pessoas e a natureza sob o prisma dos princípios do desenvolvimento sustentado, além da avaliação dos níveis de aceitação e das inevitáveis modificações que os projetos provocam (MÜLLER, 1995).

Tal energia pode ser gerada por meio de fontes renováveis de energia (a força das águas e dos ventos, o sol e a biomassa) ou não renováveis (combustíveis fósseis e nucleares). No Brasil, devido às condições hidrológicas naturais, a maior parte da eletricidade é produzida (mais de 90%) por geração hidrelétrica, mas é gerada também em termelétricas que utilizam a fissão nuclear, carvão mineral ou derivados de petróleo (ONS, 2021).

Essa aptidão é exercida pelo entendimento geral que as bacias hidrográficas devem ser sempre estudadas e aproveitadas para o uso múltiplo de suas águas, o que inclui a geração de energia elétrica, a navegação, o transporte, a irrigação agrícola, o abastecimento de água das cidades, o turismo etc. (NASCIMENTO, 2019).

No Brasil, a Divisão Hidrográfica Nacional (DHN), instituída pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), estabelece doze Regiões Hidrográficas (RH) brasileiras: Amazônica, Atlântico Leste, Atlântico Sudeste, Atlântico Nordeste Ocidental, Atlântico Nordeste Oriental, Tocantins-Araguaia, Parnaíba, São Francisco, Atlântico Sul, Paraguai, Paraná e Uruguai (ANA, 2021a).

A bacia do rio Tocantins, com aproximadamente 2.400 quilômetros de extensão é a segunda maior bacia hidrográfica do Brasil, incluída na RH Tocantins-Araguaia, ficando atrás somente dos cerca de 2.800 quilômetros do rio São Francisco, e corresponde a 10,8% do território brasileiro, abrangendo seis Estados: Goiás, Tocantins, Pará, Maranhão, Mato Grosso e Distrito Federal (ANA, 2021a).

Em 2000, cerca de 7,2 milhões de pessoas viviam na região, com uma densidade demográfica de 7,8 habitantes/km², bem menor que a densidade demográfica do país em 2000 (19,94 habitantes/km²). Estima-se que em 2025 a população alcance 10,5 milhões de habitantes por km² (ANA, 2021b).

Desde a década de 1970, foram desenvolvidos vários projetos de instalação de usinas hidrelétricas (UHEs) na bacia do Rio Tocantins e, até o momento, foram instaladas e encontram-se em funcionamento sete UHEs: 1) Usina Hidrelétrica Tucuruí, localizada no município de Tucuruí, no sul do Estado do Pará, construída no período de 1974 a 1984; 2) Usina

Hidrelétrica Serra da Mesa, localizada no alto Tocantins, no Estado de Goiás, que entrou em operação em 1998; 3) Usina Hidrelétrica Cana Brava, localizada nos municípios de Minaçu, Cavalcante e Colinas do Sul, no Estado de Goiás, que entrou em operação em 2002; 4) Usina Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães (Lajeado), localizada nos municípios de Miracema do Tocantins e Lajeado, no Estado do Tocantins, entrou em operação em 2002; 5) Usina Hidrelétrica Peixe Angical, localizada entre os municípios de Peixe, São Salvador do Tocantins e Paranã, na região Sul do Estado do Tocantins, inaugurada em 2006; 6) Usina Hidrelétrica São Salvador, localizada entre os municípios de São Salvador do Tocantins e Paranã, ambos no Estado do Tocantins, que entrou em operação em 2009; 7) Usina Hidrelétrica Estreito, localizada no município de Estreito (MA), na divisa entre os estados do Tocantins e Maranhão, que entrou em operação em 2011 (Figuras 1 e 2) (Fonte: ANA, 2020).

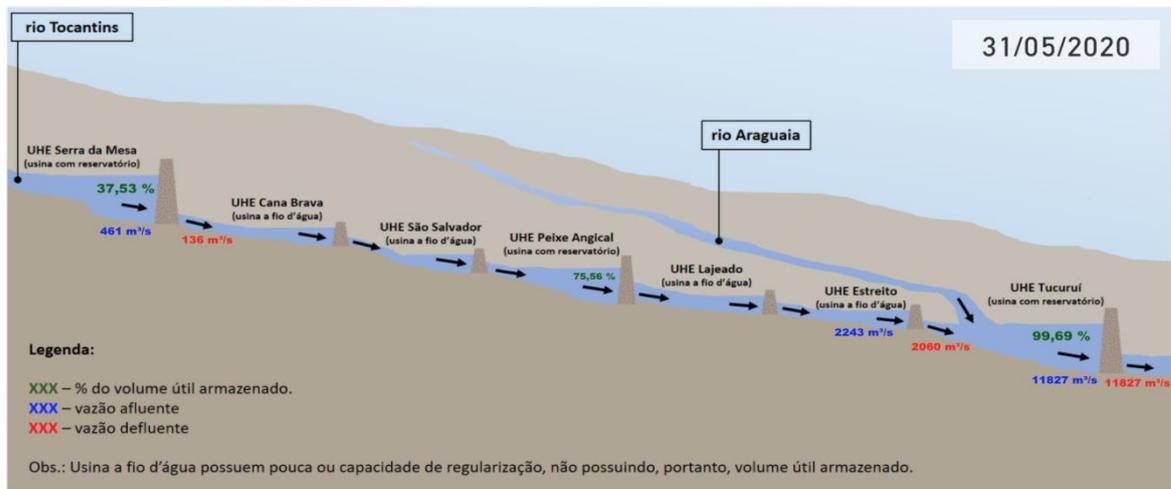
Figura 11- Diagrama esquemático de usinas hidrelétricas da bacia do Rio Tocantins



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA, 2020).

O Brasil terminou o ano de 2020 com a capacidade instalada de 174.412,6 MW de potência fiscalizada (ANEEL, 2021). O potencial de geração de energia elétrica no Rio Tocantins é de aproximadamente 11.500 MW, o que corresponde ao terceiro maior do Brasil (ANA, 2020).

Figura 2 - Perfil de instalação de barragens de usinas hidrelétricas da bacia do rio Tocantins



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA, 2020).

O presente trabalho trata dos fatores que, direta ou indiretamente, influenciam na sustentabilidade das usinas hidrelétricas que foram instaladas na bacia do Rio Tocantins, através de uma revisão narrativa dos aspectos ambientais, sociais, econômicos e jurídicos que condicionam a instalação e funcionamento desses empreendimentos.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Caracterizar os aspectos ambientais, sociais, econômicos e jurídicos que condicionam a sustentabilidade das usinas hidrelétricas instaladas na bacia do Rio Tocantins.

2.2 Objetivos específicos

- a) Identificar os principais fatores ambientais, sociais, econômicos e jurídicos relacionados às grandes usinas hidrelétricas instaladas na bacia do Rio Tocantins;
- b) ordenar cronologicamente os aspectos ambientais, sociais, econômicos e jurídicos relacionados às grandes usinas hidrelétricas instaladas na bacia do Rio Tocantins;
- c) analisar as principais questões ambientais, sociais, econômicas e jurídicas que condicionam a sustentabilidade das grandes usinas hidrelétricas instaladas na bacia do Rio Tocantins;
- d) analisar criticamente os aspectos da formulação de políticas públicas sustentáveis de manutenção, modernização ou descomissionamento desses empreendimentos.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 A produção hidreenergética no Brasil

O uso da água como potencial para geração de energia tem seus primeiros registros na Grécia, quando os povos antigos descobriram a força de atração e repulsão que duas varas de âmbar friccionadas têm entre si. No século XIX, Alessandro Volta inventou a pilha, Michael Faraday desenvolveu o dínamo, Thomas Edison inventou a lâmpada e, com isso, eles deram início à história da energia elétrica. Imediatamente, a energia elétrica passou a ser sinônimo de desenvolvimento tecnológico e econômico. Era necessário o investimento em geração de energia elétrica e a opção que resistiu ao longo do século XX foi a construção de usinas hidrelétricas. A primeira usina hidrelétrica do mundo foi inaugurada nos Estados Unidos, em Appleton, Wisconsin, em 1882 (MÜLLER, 1995).

No Brasil, a primeira usina hidrelétrica foi a barragem de Ribeirão do Inferno, no rio Jequitinhonha em Minas Gerais, no ano de 1883, sendo que a primeira usina de grande porte na América do Sul, Marmelos, foi inaugurada no rio Paraibuna, em Minas Gerais, em 1889. No início do século XX as usinas hidrelétricas eram de pequeno porte e serviam a fazendeiros, industriais e comerciantes locais (OLIVEIRA, 2018).

No final da década de 1920, as empresas The São Paulo Railway, Light and Power Company Limited (Light) e a American Foreign Power Company (AMFORP) eram as principais investidoras nos projetos de eletrificação do país (REIS & SILVEIRA, 2001).

A quebra da bolsa de valores de New York em 1929 provocou forte recessão, com retração de mercados e desemprego. Diante da crise, o presidente norte-americano Franklin Delano Roosevelt teve a iniciativa de implementar vários programas de restabelecimento da economia por meio do Plano *New Deal*. Dentre os projetos de fomento à economia, objetivando geração de emprego e incremento da indústria norte-americana, implantou a Tennessee Valley Authority (TVA), empresa estatal encarregada de construir várias hidrelétricas do vale do rio Tennessee, proporcionando a criação de empregos, o controle dos níveis de água, evitando enchentes e desenvolvendo a agricultura local, a geração de energia elétrica e, conseqüentemente, o desenvolvimento da indústria norte-americana (NASCIMENTO, 2019).

No Brasil, em 1934, o presidente Getúlio Vargas instituiu o Código das Águas, atribuindo à União o poder de autorizar ou conceder o aproveitamento de energia hidráulica e controlar a atividade das empresas do setor através da fiscalização técnica, contábil e financeira (MÜLLER 1995).

Na década de 1940, o governo brasileiro constituiu a Companhia Hidrelétrica do São

Francisco (CHESF) para administrar e financiar diversas iniciativas hidrelétricas como a UHE São Francisco e a UHE Funil, no Estado de Minas Gerais. Em 1946, o engenheiro americano Oren Reed, visitou o Brasil e a bacia do Rio São Francisco promovendo o modelo americano da TVA. Uma nova missão técnica ocorreu em 1948, a chamada “Missão Abbink”, que veio ao Brasil objetivando estudar os fatores que promoveriam o desenvolvimento econômico e sugerir um programa mais detalhado de expansão do parque elétrico nacional. No escopo desse programa os engenheiros do *Bureau of Reclamation* realizaram inventários das bacias dos rios Tocantins e Araguaia e do Rio São Francisco (OLIVEIRA, 2018).

Na década de 1950, ocorreu uma notável alteração no padrão de expansão do parque gerador de energia elétrica no Brasil em razão do crescimento da participação estatal, que ocupou um espaço até então controlado por grupos estrangeiros. Em 1957, teve início a construção da usina de Furnas, no Rio Grande, em apoio aos investimentos industriais do Programa de Metas de Juscelino Kubitschek (1956-1961). Gestado no âmbito da engenharia e da política do estado de Minas Gerais, o projeto apresentava-se como essencial a todo o país e, sobretudo, ao desenvolvimento da chamada região Centro-Sul (PAULA & CORRÊA, 2014).

Entre as décadas de 1950 e 1970 ocorreu a instalação do Complexo Hidrelétrico Urubupungá, segundo maior complexo do mundo no período, e que foi representado como marco da engenharia nacional e elemento de integração territorial e econômica (MARTIN, 2018).

Para coordenar as atividades de planejamento, financiamento e execução da política de energia elétrica do Brasil, foi criada a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. (Eletrobrás), em abril de 1961, como empresa de economia mista. Em 1968, foi criada a Centrais Elétricas do Sul do Brasil (Eletrosul), com atuação no Sul e Sudeste e, em 1972, foi criada a Centrais Elétricas do Norte do Brasil (Eletronorte) com atuação em nove estados do Norte e Nordeste do país (MÜLLER, 1995).

No período entre 1964 e 1985 houve a construção de 61 grandes barragens de geração hidrelétrica, sendo que quase todas essas construções foram realizadas sob a responsabilidade da Eletrobrás ou das outras concessionárias estatais estaduais. A expansão hidrelétrica foi baseada em dois pilares institucionais. Por um lado, o Departamento Nacional de Água e Energia Elétrica (DNAEE), criado para substituir a Divisão das Águas após 1965 como órgão normativo e regulatório do setor elétrico. De outro lado, a Eletrobrás como a empresa responsável pelo planejamento e execução da política nacional de energia elétrica. Ambos sob a responsabilidade da presidência por meio do Ministério de Minas e Energia (MME). Na década de 1980, todos os recursos foram canalizados em três grandes projetos, as UHEs de

Itaipu e Tucuruí (Tucuruí – PA) e as centrais nucleares em Angra dos Reis (Angra dos Reis – RJ) (OLIVEIRA, 2018).

Com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada no ano de 1972 em Estocolmo, as questões ecológicas nos planos desenvolvimentistas fizeram surgir diversas legislações ambientais que regulamentaram a construção de várias barragens no Brasil, como a de Água Vermelha (Iturama – MG), Marimbondo (entre os municípios de Icém-SP e Fronteira – MG), Salto Osório (São Jorge d'Oeste – PR), Itaipu (fronteira entre Brasil e Paraguai), Coaracy Nunes (Ferreira Gomes – AP), Capivara (Taciba – SP) e também Tucuruí (Tucuruí – PA) (OLIVEIRA, 2018).

Em 1981 foi promulgada a Lei nº 6.938/81 que estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) e instituiu a obrigação dos grandes empreendimentos obterem licenças ambientais por meio da realização de estudos de impacto ambiental (BRASIL, 1981).

Dentre os acontecimentos históricos que fomentaram o debate sobre o desenvolvimento econômico e seus reflexos sociais e ambientais se destacam o relatório do Clube de Roma (1972); a Conferência sobre o Homem e o Meio Ambiente, ou Conferência de Estocolmo (1972); o Relatório Brundtland, intitulado “Nosso Futuro Comum” (1987); e a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou RIO-92 (1992); bem como a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Natural, ou Rio+20 (2012) (LARA & OLIVEIRA, 2017).

O Brasil se comprometeu a reduzir suas emissões e instituiu, em 2009, com a Política Nacional sobre Mudança do Clima pela Lei nº 12.187/09. O plano brasileiro apresentado ao Acordo de Paris possui uma meta em longo prazo de transição para sistemas energéticos baseados em energias renováveis e na descarbonização da economia global, alcançando 45% de renováveis até 2030 (MMA, 2020).

As metas do objetivo 7 de desenvolvimento sustentável da Organização das Nações Unidas, até 2030, têm como foco principal *"assegurar o acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável para todos"*, reflete a preocupação com a população de baixa renda e com áreas não atendidas por serviços de energia, que são atacadas pelas políticas de energia do governo brasileiro (IPEA, 2021).

Na Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças do Clima - COP26, realizada entre 31 de outubro e 12 de novembro de 2021, em Glasgow (Escócia), resoluções importantes foram tomadas, como a regulamentação de mecanismos de mercado de carbono, desmatamento zero e redução de 30% nas emissões de metano, entre outras medidas. O objetivo é atingir a meta

estabelecida no Acordo de Paris de manter a temperatura do planeta abaixo dos 2 graus Celsius ao longo deste século (FAPESP, 2021).

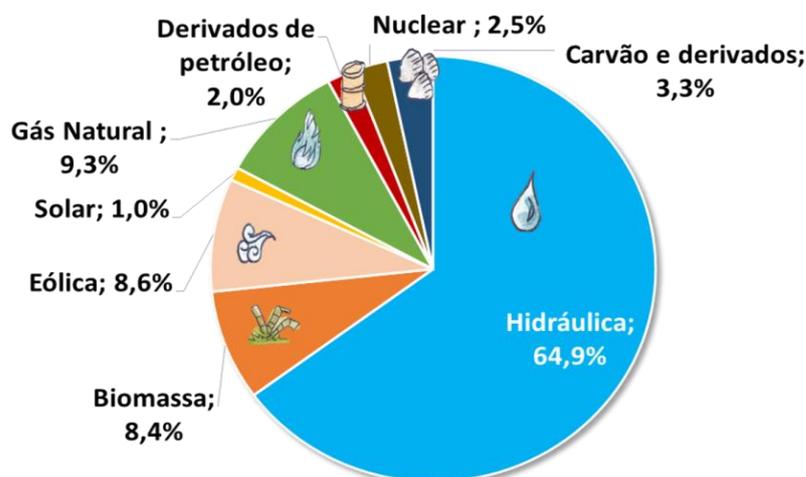
Ao longo dos últimos 50 anos ocorreram várias transformações no meio ambiente local e regional, no ordenamento legal que regulamenta o licenciamento de usinas hidrelétricas, nas comunidades afetadas e nos projetos de desenvolvimento estratégico econômico e social do Brasil. Nesse período, o conceito de sustentabilidade foi ganhando contornos e atualmente a ideia de desenvolvimento está ligada ao ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo e culturalmente diverso (FOGAÇA, 2020).

3.2 A sustentabilidade de usinas hidrelétricas

Dentre os conceitos de desenvolvimento sustentável propostos ao longo desses anos, o mais aceito, ou difundido, é o descrito no Relatório Brundtland (CMMAD, 1988), que o define como aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem às suas próprias necessidades. Nesse contexto, o conceito de sustentabilidade de usinas hidrelétricas se faz verificar principalmente quando se estuda a relação da área alagada com a potência instalada, da utilização da tecnologia com menor impacto ambiental, da devastação ambiental com os conflitos sociais (NERES; FERREIRA; SILVA JR., 2012).

Como enfatizado, atualmente, a maior parte da energia elétrica gerada no Brasil vem de usinas hidrelétricas, mas a energia eólica vem crescendo bastante, juntamente com a biomassa e energia solar, contribuindo para que a nossa matriz elétrica continue sendo, em sua maior parte, renovável (EPE, 2020a) (Figura 3).

Figura12 - Matriz elétrica brasileira em 2019



Fonte: (EPE, 2020b).

Alves (2006) alerta que é urgente uma revisão crítica do mapeamento do potencial hidrelétrico no Brasil, alterando-se radicalmente as próprias noções de inventário e de potencial, levando agora em consideração os problemas econômicos, sociais e ambientais decorrentes.

Segundo Faria et al. (2012), a oferta de energia tem que aumentar significativamente e isso deve ser feito de forma sustentável. A matriz energética brasileira, que hoje é considerada limpa e renovável, é composta em sua maioria por hidrelétricas. As térmicas a gás, carvão ou petróleo são grandes geradoras de gases do efeito estufa e a energia que geram é muito onerosa devido ao gasto com os combustíveis.

Silveira (2018) atenta que a matriz energética brasileira é insustentável, sendo necessário que os tomadores de decisão e a sociedade realizem uma transição energética para fontes alternativas renováveis, bem como políticas públicas de diminuição do consumo. O autor afirma que não deve haver escolha por uma fonte única, mas sim realização de estudos ambientais para determinar os impactos das fontes renováveis e avaliação de seus benefícios e malefícios.

Estudos do setor hidrelétrico mundial indicam que por volta de 2030 mais da metade da capacidade hidrelétrica instalada terá passado por repotenciação ou modernização de suas instalações. Em 2050, todas as atuais usinas deverão ter realizado alguma ação do tipo. As intervenções poderão ser: a) Restauração/Reabilitação/Retrofit – promoção de intervenções no maquinário no intuito de recuperação da performance original do projeto; b) Repotenciação/Recapitação/Reprojeto/Recondicionamento – promoção de intervenções no maquinário das usinas que resultem em aumento de potência instalada e/ou aumento na eficiência das máquinas; c) Modernização - promoção de intervenções que resultem em aumento de produtividade e eficiência, podendo trazer aumento de potência instalada, recuperação da capacidade original dos equipamentos, ou, exclusivamente, melhorias nos equipamentos de controle e automatização da usina, melhorando os índices de disponibilidade de geração; ou d) Ampliação – compreende a instalação, substituição ou reforma de equipamentos em instalação de geração existente ou a adequação dessa instalação visando aumento da capacidade de geração (EPE, 2020b).

A literatura técnica menciona a idade como parâmetro inicial para triagem de usinas candidatas a um programa de repotenciação. Contudo, o tempo não é por si o fator definitivo, visto que fatores físicos como abrasão, corrosão, operação frequente em pontos de cavitação,

dentre outros, aceleram o desgaste da máquina hidráulica. No caso dos geradores a operação em sobrecarga reduz a vida útil dos seus isoladores. Ressalta-se que esses fatores podem ser mais acentuados em algumas usinas do que em outras (EPE, 2022).

A dimensão ambiental presume o desenvolvimento equilibrado com as dimensões social e econômica do 3BL (*triple bottom line* ou social, ambiental e financeiro). Nota-se que existe forte influência das correntes de pensamento antropocentristas na construção de sentidos para essa dimensão. Chega-se a essa constatação por causa da naturalização da supremacia humana sobre a natureza, objetivada e subalterna às transformações resultantes dos modos de produção e dos padrões de consumo, na busca do crescimento econômico (LARA & OLIVEIRA, 2017).

A importação do modelo norte americano de usinas hidrelétricas necessita ser discutido e adaptado à realidade brasileira. Aspectos ambientais brasileiros como relevo, solo, clima, fauna, flora são completamente distintos. Da mesma forma, as questões sociais que envolvem as populações ribeirinhas, indígenas e quilombolas possuem peculiaridades regionais e locais. Os fatores econômicos também são ligados a realidade de cada empreendimento e não podem ser padronizados ou generalizados. Esse conjunto de fatores fez surgir o ordenamento jurídico ambiental brasileiro com suas nuances e especificidades.

Os estudos sobre a sustentabilidade e vida útil das grandes usinas hidrelétricas que foram instaladas na bacia do Rio Tocantins, além de considerar questões como acúmulo de sedimentos, alteração de ecossistemas, aproveitamento de instalações, descomissionamento ou desinstalação, dentre outros, passa pela análise do cumprimento de condicionantes ambientais, econômicas, sociais e jurídicas que condicionam a instalação e funcionamento de tais empreendimentos.

3.3 Aspectos ambientais

A geração de energia hidrelétrica já foi considerada limpa e menos danosa ao meio ambiente, porém, sabe-se que as grandes usinas provocam mudanças na fauna e da flora ribeirinhas; causam destruição do meio ambiente e da biodiversidade em áreas submersas; e emitem gás metano que contribui para o aquecimento global, além da destruição de áreas de subsistência, tais como aráveis, pastos e florestas (REIS; SILVEIRA, 2001)

A construção de barragens para a produção hidrelétrica no Brasil altera radicalmente paisagens, muda estruturas produtivas, destrói habitats, desloca milhares de pessoas e lança um processo de degradação ambiental que continua a assombrar a sociedade brasileira. Mas também contribui para a emergência de novos movimentos sociais e para a constituição de um

enquadramento socioambiental no âmbito legal e institucional para a construção de infraestruturas no país. A história da expansão hidrelétrica brasileira evidencia os condicionamentos e tendências a longo prazo dessa implantação e nos permite imaginar rumos futuros para uma exploração hidrelétrica que leve em consideração as demandas ambientais da sociedade e os direitos e reivindicações das populações afetadas do país (OLIVEIRA, 2018).

Os impactos advindos da implantação de usinas de grande porte se manifestam em diferentes áreas e de acordo com as diversas fases de implantação do empreendimento, desde a época do anúncio de intenção da instalação da UHE, passando pela construção da infraestrutura de apoio e das obras principais, pelo enchimento do lago, até a operação da usina (BATISTELLO, 2003).

A construção de UHEs não é garantia de benefícios sociais, apesar de verificarmos uma associação delas com o desenvolvimento local dos municípios. Deve-se considerar, ainda, que esses empreendimentos trazem sérios impactos ambientais, como a criação de grandes áreas alagadas e a mudança no ciclo de vida desses rios represados, ressaltando ainda a emissão de metano, um gás de efeito estufa. Em termos econômicos, as usinas hidrelétricas trazem *royalties* para os municípios, o que pode acelerar (mas não necessariamente) as melhorias sociais para a população local, tais como o acesso à educação, saúde e, por que não, energia elétrica (NERES; FERREIRA; SILVA JR., 2012).

Objetivando fazer um melhor aproveitamento dos recursos hídricos e das instalações da UHE Balbina as universidades federais do Amazonas e de Pernambuco, estão desenvolvendo estudos com a instalação de placas fotovoltaicas no reservatório da usina. Após a conclusão das pesquisas o sistema em Balbina poderá ser ampliado de 5 MW para até 300 MW, superando a própria capacidade hidrelétrica da usina e beneficiando cerca de 540 mil residências. (ELETRONORTE, 2016).

A UHE Belo Monte possui um reservatório a fio d'água que, em tese, deveria causar menos impactos ambientais e sociais, no entanto, provocou diminuição do fluxo da água a jusante, conflitos com terras indígenas, problemas sociais, perda de conectividade do rio e baixa capacidade efetiva de geração (BAIMA, 2021).

Vários impactos ambientais e sociais podem ser evitados com programas de mitigação que compreendem: relocação de infraestrutura, relocação de propriedades e povoados, mitigação da previsão sobre o mercado de trabalho, riscos à saúde, atividade minerária, desmatamento, recuperação do canteiro de obras, recuperação de ecossistemas, manejo da fauna terrestre e aquática, manejo das bacias hidrográficas. Além disso, medidas compensatórias, que compreendem: implantação de áreas de conservação, projetos de desenvolvimento sustentável

e programas decentes de benefícios para a população afetada (NERES; FERREIRA; SILVA JR., 2012).

Analisar os aspectos ambientais relacionados ao clima, relevo, fauna e flora das sete grandes usinas instaladas na bacia do rio Tocantins pode servir como importante contribuição para se evitar e/ou mitigar problemas ambientais como os da UHE Balbina (AM), e as barragens de rejeitos de Mariana (MG), Brumadinho (MG) ou, recentemente, em Capitólio (MG). O aproveitamento das instalações de barragens, seja para a geração de energia elétrica, para a contenção de rejeitos sólidos ou até para os fins turísticos devem obedecer ao primado da segurança ambiental e reflete diretamente no licenciamento de tais empreendimentos.

3.4 Aspectos sociais

Segundo Goldemberg & Villaneva (2003), a alternativa ambiental para os países em desenvolvimento seria permanecer em um nível baixo de desenvolvimento que, ironicamente, geraria mais desmatamento, degradação do solo e um crescimento populacional descontrolado, agravando os problemas de sustentabilidade. O desenvolvimento pode ser a causa de sérios problemas ambientais, mas o mesmo acontece com o subdesenvolvimento.

Economistas e ambientalistas concordam que os projetos hidrelétricos precisam associar os interesses do Estado, dos empresários e das populações afetadas. Vários estudos descrevem as características explícitas e inseparáveis das UHEs como desencadeadoras de graves impactos socioeconômicos, ambientais, culturais, individuais e coletivos, dentre eles podemos citar: perturbação familiar; terras aráveis diminuídas; aumento da violência; subsistência difícil e insegurança alimentar; mudanças no ecossistema aquático; sobrecarga nos serviços públicos locais, principalmente nos serviços de saneamento e saúde, entre outros (QUEIROZ & MOTTA-VEIGA, 2012).

Nos projetos hidrelétricos, a sociedade deve ser encarada em dois níveis. O primeiro é o macro: o desenvolvimento econômico propiciado pelo suprimento da energia gerada tem alcance nacional. A sociedade aqui é difusa. O outro nível é o pontual: os impactos causados pelo empreendimento gerador de energia são regionais, na área da obra, do reservatório e suas adjacências. Há, portanto, um conflito potencial entre os interesses nacionais e os locais (MÜLLER, 1995).

O aspecto social do planejamento em projetos hidrelétricos é bastante abrangente, pois abarca desde a desapropriação das terras e o remanejamento de populações até estudos sobre a recomposição econômica dos municípios afetados, levando em conta até mesmo problemas de

saneamento e saúde pública. Também são considerados os estudos de salvamento do patrimônio histórico e cultural e, ainda, a realocação de obras de infraestrutura situadas na área do empreendimento (REIS & SILVEIRA, 2001).

Tundisi entende que os programas sociais necessitam de orientação prática e devem ser apropriados para cada comunidade, enfatizando sempre os problemas e processos locais. É importante também registrar os dados e informações sobre o ciclo da água e a quantidade e qualidade da água disponíveis para a população. A estrutura político-social-econômica local deve ser envolvida no processo, pois, conseqüentemente, essa visão amplia a capacidade de decisão e de interferência da comunidade no processo de gerenciamento das bacias hidrográficas e dos recursos hídricos.

Koifman (2001) alerta que em futuro imediato confrontaremos, por um lado, os benefícios trazidos pela ampliação de recursos energéticos para o país, a industrialização da região norte, o crescimento da oferta de emprego e os benefícios sociais acarretados por esse processo; por outro lado, a experiência recente das últimas décadas tem revelado a séria ameaça acarretada sobre a perda da biodiversidade, bem como sobre as condições de vida, saúde, cultura e sobrevivência daquelas populações diretamente afetadas, sobretudo das comunidades indígenas.

Ao abordar a questão da sustentabilidade social das usinas hidrelétricas, Lara & Oliveira (2017) entenderam que sustentabilidade social é significada como filantropia, cumprimento da legislação, investimentos culturais, compensação à comunidade por danos causados, cumprimento das leis trabalhistas e promoção da saúde ocupacional. A responsabilidade social chega a se confundir com o cumprimento de obrigações legais, como as ações de prevenção de acidentes de trabalho e exames de saúde ocupacional.

3.5 Aspectos econômicos

Segundo Lara & Oliveira (2017), o desenvolvimento sustentável é mais dependente da prosperidade econômica do que da minimização dos impactos socioambientais, pois tais impactos são passíveis de compensações posteriores subsidiadas pelo capital dentro de sua própria análise de viabilidade econômica. Assim, o discurso do crescimento sustentável reforça o argumento de que no 3BL (*triple bottom line*) deve haver harmonia entre as dimensões sociais, ambientais e financeiras.

No Brasil, dada a sua hidrologia privilegiada, o uso econômico dos recursos hídricos tem muitas dimensões, como a energia hidrelétrica, a agricultura e o abastecimento humano. Nesse sentido, a energia hidrelétrica tem enfrentado e enfrentará cada vez mais avaliações de

impacto social e ambiental rigorosas (SOUZA-CRUZ-BUENAGA et al., 2019).

A construção de barragens para a geração hidrelétrica é justificada por sua contribuição para o desenvolvimento pela oferta de eletricidade, insumo básico para o bem-estar da produção na sociedade contemporânea; pelo incremento da produção de alimentos e produtos agrícolas de modo geral graças a irrigação; pelo controle de enchentes cujas perdas econômicas e de vidas são dramáticas; pelas hidrovias que propiciariam enormes ganhos para as populações ribeirinhas; e para as economias regionais e nacionais. Os defensores dessas barragens, sobretudo para uso energético, acionam também argumentos ambientais, ao lembrarem que a geração hidrelétrica utiliza um recurso renovável – a água. Por outro lado, as barragens são criticadas por seus impactos ambientais e mudanças sociais negativas, como, entre outros, a inundação de terras férteis, a destruição de florestas e de patrimônio genético, o alagamento de cidades e infraestruturas, o deslocamento compulsório de pessoas e a degradação das condições de reprodução sociocultural de populações tradicionais (CDDPH, 2011).

Segundo Müller (1995) os usos não consuntivos que primam pela qualidade das águas, estão assumindo cada vez maior importância. Entre eles estão a recreação, o lazer, o turismo e os esportes náuticos, vinculados ou não com a preservação paisagística; a pesca e a hidroicultura ou aquicultura, relacionados ou não com a proteção de locais e épocas de desovas e a navegação hidroviária.

O uso múltiplo da bacia do Rio Tocantins deve considerar o potencial hidrelétrico somado aos recursos minerais, potencial de produção agropecuária e atividades industriais correlatas. Além disso, em função de sua disposição geográfica, no sentido Sul-Norte, deve ser considerada a perspectiva do uso de seus cursos d'água principais com eixo para o transporte hidroviário. Não por acaso, todos os barramentos nos trechos médio e baixo do rio Tocantins compreendemclusas (EPE, 2022).

3.6 Aspectos jurídicos

A evolução da legislação ambiental brasileira é resultado de fatores ambientais, sociais e econômicos. A primeira lei ambiental no País foi o Regimento do Pau-Brasil, instituído em 1605 e tratava da proteção das florestas. Em 1797, a Coroa Portuguesa formulou a Carta Régia que afirmava a necessidade de proteção a rios, nascentes e encostas que passavam a ser de sua propriedade. No ano de 1799, foi criado o Regimento de Cortes de Madeiras estabelecendo rigorosas sanções para a derrubada de árvores. A primeira Lei de Terras do Brasil foi a Lei nº 601/1850 que disciplinava a ocupação do solo e estabelecia sanções para atividades predatórias.

Após a Proclamação da República, por meio do Decreto nº 8.843/1911, foi criada no território do Acre a primeira reserva florestal do Brasil. O Código Civil de 1916 refletia uma visão individualista e patrimonial e limitava-se a uma regulamentação cujo fundamento básico era o direito de vizinhança e a utilização das águas como bem essencialmente privado e de valor econômico limitado (BRASIL, 2012).

O Código de Águas (Decreto 24.643, de 10.07.1934) foi o primeiro diploma legal que possibilitou ao Poder Público disciplinar o aproveitamento industrial das águas e, de modo especial, o aproveitamento e exploração da energia hidráulica no Brasil (MILARÉ, 2004). Para o Código de Águas, as águas eram um dos elementos básicos do desenvolvimento, pois a eletricidade era um subproduto essencial para a industrialização do país. Ao mesmo tempo, a lei das águas estabelecia um mecanismo de intervenção governamental com vistas a garantir a qualidade e a salubridade dos recursos hídricos. A diferença fundamental entre a normatividade estabelecida pelo Código Civil brasileiro e pelo Código de Águas estava no fato de que o Código de Águas enfocava as águas como recursos dotados de valor econômico para a coletividade e, por isso, merecedores de atenção especial do Estado (ANTUNES, 2014).

Em 1934, foram sancionados o Código Florestal. Uma nova versão do Código Florestal entrou em vigor em 1965, ampliando políticas de proteção da flora e estabelecendo proteção das áreas de proteção permanente. A Lei nº 4.504, promulgada em 1964, instituiu o Estatuto da Terra, regulando o uso da terra no Brasil (BRASIL, 2012).

Em 1967, foram editados os Códigos de Caça, Pesca e de Mineração, bem como a Lei de Proteção à Fauna. Naquele mesmo ano a nova constituição atribuiu à União competência para legislar sobre jazidas, florestas, caça, pesca e águas, cabendo aos estados tratar de matéria florestal (MILARÉ, 2004).

A primeira política institucional relativa ao impacto ao meio ambiente se deu em 1969, nos Estados Unidos, com a criação do NEPA (National Environmental Policy Act), ao instituir, em 1970, o processo de Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), instrumento legal que dispunha sobre as finalidades e fundamentos da política ambiental norte-americana (DUTRA et al., 2017).

Um importante marco regulatório de monitoramento da qualidade do meio ambiente foi o Decreto-Lei nº 1.413/1975, que iniciou o controle da poluição provocada por atividades industriais, determinando a obrigação de prevenir e corrigir os prejuízos da contaminação do meio ambiente (BRASIL, 1975).

O estabelecimento de um sistema de classificação das águas é essencial para que se possa organizar o sistema administrativo destinado a exercer a fiscalização do controle de

qualidade das águas interiores. A primeira classificação das águas realizada no Brasil foi estabelecida pela Portaria nº 13/76 do Ministério do Interior que, na época, era o órgão ao qual estava vinculada a antiga SEMA – Secretaria Especial do Meio Ambiente (ANTUNES 2014).

Inspirada pelas legislações internacionais de proteção ao meio ambiente e pela Conferência de Estocolmo, a Lei nº 6.938, de 31/08/1981, instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente no Brasil determinando ações governamentais de manutenção do equilíbrio ecológico; racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar; planejamento de fiscalização do uso dos recursos ambientais; proteção dos ecossistemas; controle e zoneamento das atividades potencial ou efetivamente poluidoras; incentivos ao estudo e a pesquisa de tecnologias orientadas para o uso racional e a proteção dos recursos ambientais; acompanhamento do estado da qualidade ambiental; recuperação de áreas degradadas; proteção de áreas ameaçadas de degradação; e educação ambiental objetivando a participação ativa na defesa do meio ambiente (BRASIL, 1981).

O artigo 6º da Lei nº 6.938/81 criou o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) instituindo os seguintes órgãos: Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) – órgão superior; Secretaria Especial do Meio Ambiente (SEMA) – órgão central; Órgãos Setoriais; Órgãos Seccionais; e Órgãos Locais (BRASIL, 1981).

O Brasil adotou uma Gestão Ambiental Compartilhada, que compreende um conjunto de órgãos e instituições do poder público organizadas de forma a assegurar a qualidade ambiental necessária à manutenção e melhoria da qualidade de vida e ao desenvolvimento sustentável, e que se concretiza no SISNAMA (DUTRA et al., 2017).

Segundo Milaré (2004), o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que veio no bojo da Política Nacional, representa a articulação dos órgãos ambientais existentes e atuantes em todas as esferas da Administração Pública. Recorrendo a uma analogia compatível com a linguagem ambiental, poder-se-ia dizer que o SISNAMA é uma ramificação capilar que, partindo do sistema nervoso central da União, passa pelos feixes nervosos dos estados e atinge as periferias mais remotas do organismo política-administrativo brasileiro, através dos municípios.

A Lei nº 6.938/1981 estabeleceu o regramento básico para o licenciamento de atividades econômicas potencialmente poluidoras. As principais modalidades de licenciamento ambiental que estão previstas no artigo 19 do Decreto nº 99.274/1990 são: Licença Prévia (LP), na fase preliminar do planejamento de atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo; Licença de Instalação (LI), autorizando o início da implantação, de

acordo com as especificações constantes do Projeto Executivo aprovado; e Licença de Operação (LO), autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto nas Licenças Prévia e de Instalação (BRASIL, 1981).

O artigo 17 do Decreto nº 99.274/1990 que regulamenta a Lei nº 6.938/1981 dispõe que “a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimento de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem assim os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão estadual competente integrante do SISNAMA, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis” (BRASIL, 1981).

O licenciamento ambiental para a construção de usinas hidrelétricas foi definida pelo art. 4 da Resolução CONAMA 006/1987, tendo como base a Lei nº 6.938/1981, e estabeleceu que a Licença Prévia (LP) deve ser requerida no início do estudo de viabilidade da usina; a Licença de Instalação (LI) deve ser obtida antes da realização da Licitação para construção do empreendimento, e a Licença de Operação (LO) deve ser obtida antes do fechamento da barragem (BRASIL, 1981).

O licenciamento ambiental é um procedimento administrativo do qual dispõe o Poder Público para assegurar que os empreendimentos produtivos levem em consideração os riscos inerentes ao meio ambiente dada à atividade que exercem e apresenta como principais dispositivos legais: a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, que estabeleceu diretrizes gerais para a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) nos processos de licenciamento ambiental; e a Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997, que reafirmou os princípios de descentralização presentes na Política Nacional de Meio Ambiente e na Constituição Federal de 1988 (DUTRA et al., 2017).

As licenças ambientais, conforme definido pela Resolução CONAMA nº 237/1997, são atos administrativos pelos quais o órgão ambiental competente estabelece as condições, restrições e medidas de controle ambiental que deverão ser obedecidas pelo empreendedor, pessoa física ou jurídica, para localizar, instalar, ampliar e operar empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar degradação ambiental (PNLA, 2021).

O período de licenciamento está diretamente ligado com a movimentação nos municípios. A partir da licença de instalação, as expectativas tomam uma proporção maior, já

que existe valorização fundiária, geração de emprego, fluxo financeiro, oportunidade para novos empreendimentos, dentre outros. Dessa forma, atrai muitas pessoas em busca de trabalho e pequenos investidores para negócios locais. O processo se repete em quase todas as localidades (LIMA, 2020).

A atual Constituição Federal, promulgada em 1988, estabeleceu, no seu artigo 21, que compete à União explorar diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão os serviços e instalações de energia elétrica e o aproveitamento energético dos cursos de água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidrenergéticos. No artigo 22 o legislador constituinte estabeleceu que compete privativamente à União legislar sobre águas e energia. Determinou, ainda que é competência administrativa comum da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios proteger o meio ambiente, combater a poluição, preservar as florestas, a fauna e a flora (BRASIL, 1988).

Os recursos naturais com potencial energético, regra geral, são considerados bens da União em decorrência de sua relevância econômica para o país. Os potenciais de energia hidráulica são sempre bens da União, onde quer que se situem: em águas da União ou em águas dos Estados (SILVA, 2014).

O legislador constituinte impôs ao Poder Público e à coletividade em seu art. 225, o dever de defender e preservar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras albergando, dentre outros, os princípios da dignidade da pessoa humana na sua dimensão ecológica; princípio da integridade ecológica; princípio da solidariedade (intrageneracional, intergeracional e interespecies); princípio da responsabilidade em face das presentes e futuras gerações; princípio do poluidor-pagador; princípio da função ambiental ou ecológica da propriedade; princípio da participação pública; princípio da prevenção; princípio da precaução; e princípio do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1988).

Fundamentado na Política Nacional do Meio Ambiente e nas diretrizes constitucionais o legislador brasileiro passou a estabelecer diversos diplomas legais relacionados a questão ambiental. Nesse sentido, em 1989, foi criado o IBAMA e em 1991, a Lei nº 8.171 passou a dispor sobre a Política Agrícola, obrigando o proprietário rural a recompor sua propriedade com reserva florestal obrigatória (BRASIL, 2012).

A Lei Complementar nº 140/2011 criou normas de cooperação entre a União, os Estados, o Distrito Federal e os Municípios relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição e à preservação das florestas, da fauna e flora (BRASIL, 2011).

Ao regulamentar os dispositivos constitucionais relativos ao exercício da competência administrativa comum de todos os entes federativos em matéria ambiental, a Lei Complementar nº 140/2011 tratou de forma específica sobre diversos aspectos do licenciamento ambiental, por exemplo, a delimitação da competência de cada ente federativo na matéria e é hoje o principal diploma a regulamentar a matéria do licenciamento ambiental (SARLET & FENSTERSEIFER, 2021).

O conceito, a aplicação e os critérios de licenciamento podem variar de estado para estado, devendo ser observada a legislação estadual, ou municipal, que as regulamentam na esfera de localização do empreendimento ou atividade.

Outro importante marco legislativo foi a edição da Lei nº 9.985/00, criando o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) que regulamenta o art. 225, §1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal e estabelece mecanismos para a defesa dos ecossistemas naturais e de preservação dos recursos naturais neles contidos e ainda, estabeleceu os conceitos de Plano de Manejo, Zona de amortecimento, Corredores ecológicos, Compensação ambiental e Reserva da Biosfera (BRASIL, 2000b).

A Lei nº 9.433/97 regulou o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e estabeleceu a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), sob os fundamentos de que a água é um bem de domínio público; dotado de valor econômico; o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e dessedentação de animais; a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas; a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH); a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades. Determinou, ainda que estão, necessariamente, sujeitos à outorga pelo Poder Público o aproveitamento dos potenciais hidroelétricos (BRASIL, 1997a).

A inclusão do aproveitamento das águas para fins hidrelétricos na outorga decorre do uso múltiplo das águas ter sido eleito como um dos fundamentos da PNRH. Por isso, o § 2º do art. 12 subordina o uso das águas para fins energéticos ao Plano Nacional de Recursos Hídricos (MILARÉ, 2004).

Outra importante inovação da lei que instituiu a PNRH foi a criação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SNGRH), os seguintes objetivos: coordenar a gestão integrada das águas; arbitrar administrativamente os conflitos relacionados com os recursos hídricos; implementar a PNRH; planejar, regular e controlar o uso, a preservação e a recuperação dos recursos hídricos; e promover a cobrança pelo uso de recursos hídricos. O

SNGRH é integrado pelos seguintes órgãos: Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH); Agência Nacional de Águas; Conselhos de Recursos Hídricos dos Estados e do Distrito Federal; Comitês de Bacia Hidrográfica; órgãos dos poderes públicos federal, estaduais, do Distrito Federal e municipais cujas competências se relacionem com a gestão de recursos hídricos; Agências de Água (BRASIL, 1997a).

A reestruturação do setor elétrico brasileiro ampliou expressivamente a participação de empresas privadas na geração e distribuição de energia elétrica e, notadamente, na implantação e operação de barragens para aproveitamentos hidrelétricos. Cada empreendimento passou, então, a ser objeto de licitação específica. Num segundo momento, com a aprovação do chamado Novo Modelo do Setor Elétrico (Leis 10.847 e 10.848 de 2004), os estudos de viabilidade, inclusive o Estudo e Relatório de Impacto Ambiental, não são mais de responsabilidade do empreendedor, que somente será conhecido após a licitação do aproveitamento, que passa a ocorrer apenas após aprovação da licença prévia (CDDPH, 2011).

A PNRH rompe com a antiga e errônea concepção de que os problemas referentes aos recursos hídricos podem ser enfrentados em desconsideração das realidades geográficas. A adoção da gestão por bacias é um passo fundamental para que se consiga um padrão ambientalmente aceitável para os nossos recursos hídricos. Igualmente relevante é a adoção do critério de que a gestão dos recursos hídricos é um elemento de interesse de toda a sociedade e que, portanto, somente em ações conjuntas é que se conseguirá obter resultados favoráveis (ANTUNES, 2014).

Algumas iniciativas estão em estudo como a Sugestão nº 175/2018, da Associação Energia Solar Ocidental-Asfour ES0-A, que sugere projeto de lei que dispõe sobre "logística reversa das hidrelétricas no fim de sua vida útil e providências gerais para o ciclo de vida útil, manutenção, monitoramento, reflorestamento, piscicultura e reassentamentos (Relator: Deputado Carlos Zarattini). A justificativa é de que os indígenas, ribeirinhos e pescadores ficam sem serem reassentados, a maioria deles, e sem uma justa indenização, porque não há seguro que cubra as perdas de suas terras férteis com biomas, já que não há novas terras com biomas para eles serem reassentados, e esses povos ficam desabrigados. Além disso, não há a reposição de matas ciliares com nativas nas duas margens de todos os rios e afluentes e subafluentes, e em volta dos mega aquírios reservatórios, que necessitam ser reflorestados e até hoje nada vem sendo feito para o reflorestamento dos corpos hídricos (BRASIL, 2018).

A Lei nº 11.445/2007, com as alterações da Lei nº 14.026/2020, definiu as diretrizes nacionais da política federal de saneamento básico buscando a efetividade em: abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos; disponibilidade,

nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais; integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos; redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reuso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva; e prestação concomitante dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário (BRASIL, 2020).

A Lei nº 12.334/2010 instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens (PNSB) destinadas à acumulação de água para quaisquer usos e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (BRASIL, 2010). Segundo Antunes (2014), para o exercício do poder de polícia, a Lei da PNSB prevê uma classificação das barragens segundo o grau de risco de cada uma delas, de acordo com o dano potencial e pelo volume, conforme critérios gerais estabelecidos pelo CNRH. As categorias de risco são: (i) alto, (ii) médio ou (iii) baixo e é feito conforme as (i) características técnicas, o (ii) estado de conservação do empreendimento e o (iii) atendimento ao Plano de Segurança da Barragem. Para a classificação do grau de risco (dano potencial), a Administração deverá levar em conta o (i) potencial de perdas de vidas humanas e dos (ii) impactos econômicos, sociais e ambientais decorrentes da ruptura da barragem (ANTUNES, 2014).

Além das questões que envolvem o licenciamento e a segurança das instalações de usinas hidrelétricas a situação das populações afetadas por tais empreendimento receberam a tutela do legislador. A situação jurídica dos índios e das comunidades indígenas, por exemplo, foi assegurada pela Lei nº 6.001/1973, denominada Estatuto dos Índios, tendo como propósito a preservação cultural e a integração progressiva e harmoniosa daquelas comunidades, estendendo a proteção das leis do país, nos mesmos termos em que se aplicam aos demais brasileiros, resguardados os usos, costumes e tradições indígenas (BRASIL, 1973).

Em 2007, o Decreto nº 6.040 instituiu a Política Nacional do Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, definindo os conceitos de povos e comunidades tradicionais, territórios tradicionais e desenvolvimento sustentável dos povos e comunidades tradicionais (BRASIL, 2007).

A Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas configura um relevante compromisso da comunidade internacional com a promoção e proteção dos povos indígenas no mundo todo. Por seu intermédio pretende-se também promover os direitos dos povos indígenas já assegurados em tratados, acordos e outros pactos construtivos com os Estados, conforme disposto expressamente em seu preâmbulo. Destina-se, pois, a funcionar como verdadeira “interpretação autêntica” para esses e outros documentos do direito

internacional dos direitos humanos voltados à proteção desses grupos (NAÇÕES UNIDAS, 2008).

Cabe ressaltar que o Brasil é signatário da Convenção 169 da OIT que estabelece a responsabilidade dos governos em desenvolver, com a participação dos povos interessados, ações coordenadas e sistemáticas com vistas a proteger os direitos desses povos e garantir o respeito por sua integridade, bem como do direito a oitiva indígena nos assuntos governamentais e políticas que afetem os povos e terras indígenas e/ ou tribais (FUNAI, 2012).

O Estado brasileiro tem sido responsabilizado pelas violações de direitos verificadas em comunidades quilombolas, afetadas por empreendimentos de produção de larga escala (agrícola, pecuária e minerária) e de infraestrutura. Chama atenção que, apesar do Brasil ratificar a Convenção nº 169 da OIT, as posições das comunidades quilombolas frente a ações e projetos que afetam seus territórios, suas vidas e planos de futuro têm sido sistematicamente desconsideradas, em flagrante descumprimento das determinações da Convenção (CNDH, 2017).

A Lei nº 12.986, de 2 de junho de 2014, instituiu o Conselho Nacional de Direitos Humanos (CNDH) e a Resolução nº 13, de 3 de dezembro de 2015, criou, na estrutura do CNDH, a Comissão Permanente dos Direitos dos Povos Indígenas, dos Quilombolas, dos Povos e Comunidades Tradicionais, de Populações Afetadas por Grandes Empreendimentos e dos Trabalhadores e Trabalhadoras Rurais envolvidos em Conflitos Fundiários (CNDH, 2017).

Recentemente, a Lei nº 14.119/2021 instituiu a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais (PNPSA) cujos objetivos são, dentre outros: orientar a atuação do poder público, das organizações da sociedade civil e dos agentes privados em relação ao pagamento por serviços ambientais, de forma a manter, recuperar ou melhorar os serviços ecossistêmicos em todo o território nacional; valorizar econômica, social e culturalmente os serviços ecossistêmicos; evitar a perda de vegetação nativa, a fragmentação de habitats, a desertificação e outros processos de degradação dos ecossistemas nativos e fomentar a conservação sistêmica da paisagem; incentivar medidas para garantir a segurança hídrica em regiões submetidas a escassez de água para consumo humano e a processos de desertificação; contribuir para a regulação do clima e a redução de emissões advindas de desmatamento e degradação florestal; reconhecer as iniciativas individuais ou coletivas que favoreçam a manutenção, a recuperação ou a melhoria dos serviços ecossistêmicos, por meio de retribuição monetária ou não monetária, prestação de serviços ou outra forma de recompensa, como o fornecimento de produtos ou equipamentos; incentivar o setor privado a incorporar a medição das perdas ou ganhos dos serviços ecossistêmicos nas cadeias produtivas vinculadas aos seus negócios; incentivar a

criação de um mercado de serviços ambientais; fomentar o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2021).

Dentre os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável estabelecidos na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), o objetivo 7 tem como meta assegurar o acervo confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todas e todos. O objetivo busca, ainda, aumentar a participação de energias renováveis na matriz energética global e promover o investimento em infraestrutura de energia e em tecnologias de energia limpa (NAÇÕES UNIDAS, 2021).

Importante destacar que as sete grandes usinas da bacia do Rio Tocantins começaram a ser instaladas na década de 1970 quando ainda não existia uma legislação ambiental sistêmica e consolidada. Naquela época os empreendedores possuíam uma visão desenvolvimentista e se preocupavam, prioritariamente, com a viabilidade econômica do empreendimento. Conforme ficou demonstrado somente no ano de 1981, por meio da Lei nº 6.938/81, foi instituída a Política Nacional do Meio Ambiente, criando o Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA) e definindo o regramento básico para o licenciamento de atividades econômicas potencialmente poluidoras. Assim, a localização, instalação, ampliação e operação das grandes usinas instaladas na bacia do rio Tocantins passaram a obedecer a critérios estabelecidos na legislação ambiental e às condicionantes estabelecidas pela gestão ambiental compartilhada entre os órgãos e entidades da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos municípios.

Conforme já mencionado, além da PNMA, instituída pela Lei nº 6.938/81, vários diplomas legais influenciaram diretamente as condicionantes dos licenciamentos das grandes usinas instaladas na bacia do rio Tocantins. O marco legal mais importante foi a promulgação da Constituição Federal de 1988 que definiu as competências dos entes federativos para explorar, legislar e proteger o meio ambiente; impôs ao Poder Público e à coletividade o dever de defender e preservar o meio ambiente e garantiu que o aproveitamento dos recursos hídricos, incluídos os potenciais energéticos em terras indígenas só podem ser efetivados com autorização do Congresso Nacional, ouvidas as comunidades afetadas.

Os licenciamentos para instalação e funcionamento das sete usinas hidrelétricas de grande porte que foram instaladas na bacia do rio Tocantins ocorreram em momentos distintos da política de investimentos no setor hidrelétrico do Brasil. Desde a UHE Tucuruí (PA), que iniciou suas instalações no início da década de 1970, até a UHE Estreito (MA), que entrou em operação em 2011, o meio ambiente, a sociedade, as atividades econômicas e a legislação ambiental sofreram profundas alterações.

Mazzei *et al.* (2018) observa que a quantidade e o tipo dos parâmetros abordados nos estudos de impacto ambiental, com o passar dos anos, ocorreram de forma aleatória, influenciados, talvez, pela falta de uma resolução que exija do licenciado a adoção rígida dos parâmetros hidrológicos e a subdivisão para a elaboração do EIA. Apesar disso, a observação dos dados e o estudo das publicações ambientais normativas permitiram verificar que há uma tendência de se adotar as mesmas classificações. Essa abordagem facilita a comparação entre as obras, de acordo com o seu porte e seu respectivo impacto.

A adoção do Planejamento Interligado de Recursos permite privilegiar aspectos sociais, políticos, ambientais e de decisão participativa, que são também requisitos necessários para orientar o desenvolvimento sustentável (REIS & SILVEIRA 2001). Atualmente, a crise hídrica causada pela escassez de chuvas, pelos desmatamentos e pelo assoreamento dos afluentes do Rio Tocantins tem levado a ANA a estabelecer condições de operação para os reservatórios do Sistema Hídrico do Rio Tocantins, como é caso da Resolução nº 70/2021 (ANA, 2021b).

Após promoverem seis audiências públicas conjuntas, o Senado Federal, por meio das Comissões de Meio Ambiente (CMA) e a de Agricultura e Reforma Agrária (CRA) têm como compromisso para 2022 votar os projetos de lei nº 2.159/2021 que institui a lei geral do licenciamento ambiental e os projetos de lei nºs 2.633/2020 e 510.2021 que tratam do novo marco da regularização fundiária. Os projetos de lei abordam questões que envolvem tipos de licenciamento, autodeclaração, prazos, responsabilidades, entre outras particularidades extensíveis a todos os entes da Federação. A atual proposta do marco legal do licenciamento esbarra em uma série de discordâncias ao ampliar e abranger em esfera federal questões polêmicas como dispensas licenciatórias (SENADO FEDERAL DO BRASIL, 2022).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho se baseou em uma revisão bibliográfica e análise documental. A revisão bibliográfica foi feita pela busca e análise de livros e artigos de periódicos com o uso das bases SciELO, Capes Periódicos e Google Acadêmico. As buscas foram feitas com base em fichamento/tabela sobre as seguintes palavras-chave: Rio Tocantins; usinas hidrelétricas; sustentabilidade; licenciamento.

Foram levantados e analisados documentos publicados nos sites dos seguintes órgãos públicos: Ministério das Minas e Energia, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério da Justiça, Ministério da Saúde, Ministério da Ciência e Tecnologia, Ministério das Cidades, Ministério Público, Agência Nacional de Águas, IBAMA, agências estaduais do meio ambiente, FUNAI, Poder Judiciário federal, distrital e estaduais, Poderes Legislativos federais, distritais e estaduais.

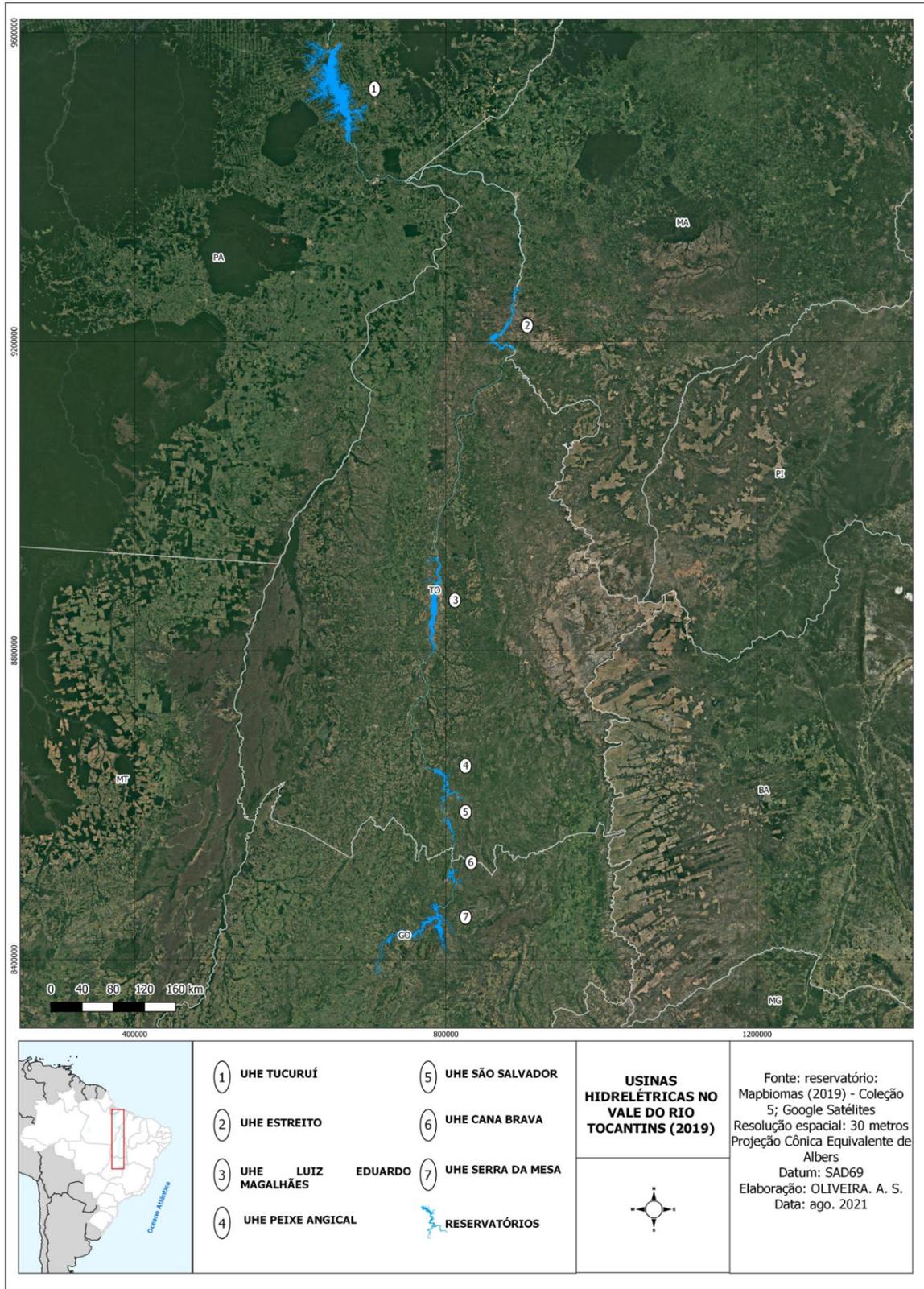
4.1 Empreendimentos analisados

Levando em consideração o porte (UHE) e a localização na bacia do Rio Tocantins (de montante à jusante), para este trabalho foram analisados os seguintes empreendimentos (Figura 4): 1) Usina Hidrelétrica Tucuruí, localizada no sul do Estado do Pará; 2) Usina Hidrelétrica Serra da Mesa, localizada no alto Tocantins, no Estado de Goiás; 3) Usina Hidrelétrica Cana Brava, localizada nos municípios de Minaçu, Cavalcante e Colinas do Sul, no Estado de Goiás; 4) Usina Hidrelétrica Luiz Eduardo Magalhães (Lajeado), localizada nos municípios de Miracema do Tocantins e Lajeado, no Estado do Tocantins; 5) Usina Hidrelétrica Peixe Angical, localizada no município de Peixe, no Estado do Tocantins; 6) Usina Hidrelétrica São Salvador, localizada entre os municípios de São Salvador do Tocantins e Paranã, ambos no Estado do Tocantins; e 7) Usina Hidrelétrica Estreito, localizada na divisa entre os Estados do Tocantins e Maranhão.

4.2 Abrangência do estudo

Esse estudo compreende a descrição e análise dos aspectos ambientais, sociais, econômicos e jurídicos relacionados à sustentabilidade das sete grandes usinas hidrelétricas instaladas nos últimos 50 anos na bacia do Rio Tocantins, abrangendo quatro unidades da Federação: Pará, Maranhão, Tocantins e Goiás.

Figura 13 - Localização dos empreendimentos hidrelétricos instalados na bacia do Rio Tocantins abordados neste estudo



Mapa: Oliveira, A.S.; ago. 2021 (Systema Naturae).

Foi estabelecido como critério de inclusão no estudo, as sete usinas hidrelétricas instaladas na bacia do Rio Tocantins, com potência instalada superior a 50.000 kW, segundo classificação da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2020).

4.3 Ocupação e uso do solo

As imagens de satélite utilizadas para a elaboração dos mapas de localização das UHEs do Rio Tocantins foram obtidas no site do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Foram utilizadas imagens dos satélites Landsat, sensores TM e OLI, com resolução espacial de 30 metros e com composição falsa-cor com as bandas RGB infravermelho médio, infravermelho próximo e vermelho, respectivamente, para o período entre 1985 e 2019.

Os dados utilizados para a elaboração dos mapas das alterações do uso e ocupação do solo no entorno dos reservatórios foram obtidos na plataforma do MapBiomas e utilizou-se os produtos da coleção 5.0 para os anos de 1989, 1999, 2009 e 2019. Esses dados foram elaborados para todo o Brasil, com resolução espacial de 30 metros, utilizando as imagens dos satélites Landsat (MAPBIOMAS, 2021).

Os mapas foram elaborados utilizando o *software open source* e gratuito QGIS. Os dados foram projetados no datum SIRGAS2000 e na Projeção Cônica Equivalente de Albers.

Buscando detalhar o histórico do uso e cobertura do solo, foram feitas sete figuras, tabelas e gráficos demonstrando, nos anos de 1989, 1999, 2009 e 2019, a perda de cobertura vegetal, o crescente processo de urbanização e a área de ocupação dos reservatórios, após a instalação de cada usina hidrelétrica na bacia do Rio Tocantins, com destaque para a formação florestal, savânica, campestre, pastagens, infraestrutura urbana, outras áreas não vegetadas, massa d'água e outras lavouras temporárias.

4.4 Análise dos dados

A ocupação da bacia do rio Tocantins foi avaliada de acordo com a formação dos reservatórios das sete usinas hidrelétricas do estudo. Nesse sentido, foram elaborados mapas temáticos que revelam as diversas realidades em períodos de aproximadamente dez anos cada. O estudo do uso e ocupação do solo foi realizado buscando demonstrar a formação florestal, a formação savânica, a formação campestre, as pastagens, a infraestrutura urbana, as outras áreas não vegetadas, a massa d'água, a plantação de soja e outras lavouras temporárias de cada uma das grandes usinas hidrelétricas. Essas análises foram feitas tendo como base os dados de georreferenciamento gerados para este trabalho (ver item 4.3).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

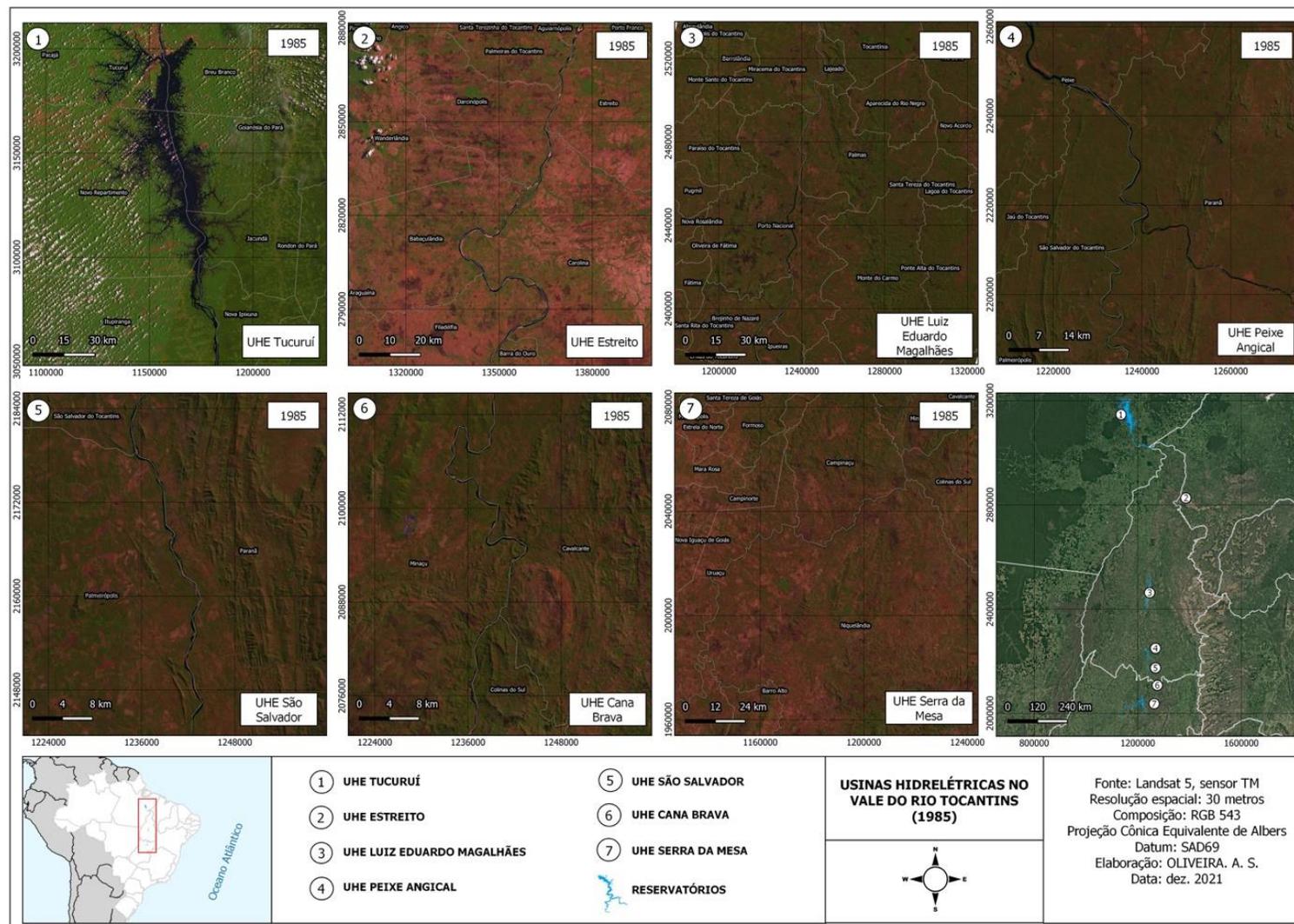
5.1 Instalação das usinas hidrelétricas

Com base nas imagens de satélite foram elaborados cinco mapas, representando cinco cenários, destacando a bacia do Rio Tocantins e, especificamente, cada uma das regiões onde foram instaladas as UHEs Tucuruí, Serra da Mesa, Cana Brava, Luiz Eduardo Magalhães, Peixe Angical, São Salvador e Estreito:

1. Todos os ambientes no ano de 1985, com a instalação da UHE Tucuruí (Figura 5);
2. No ano de 1998, com a instalação das UHEs Tucuruí e Serra da Mesa (Figura 6);
3. Nos anos de 2002/2003, com a instalação das UHEs Tucuruí, Serra da Mesa, Cana Brava, Luiz Eduardo Magalhães e Peixe Angical (Figura 7);
4. No ano de 2009, com a instalação das UHEs Tucuruí, Serra da Mesa, Cana Brava, Luiz Eduardo Magalhães, Peixe Angical, Estreito e São Salvador (Figura 8); e
5. Todas as UHEs instaladas no ano de 2019, dez anos após o término da instalação de todos os aproveitamentos hidrelétricos e a potencial estabilização dos reservatórios (Figuras 5 a 9).

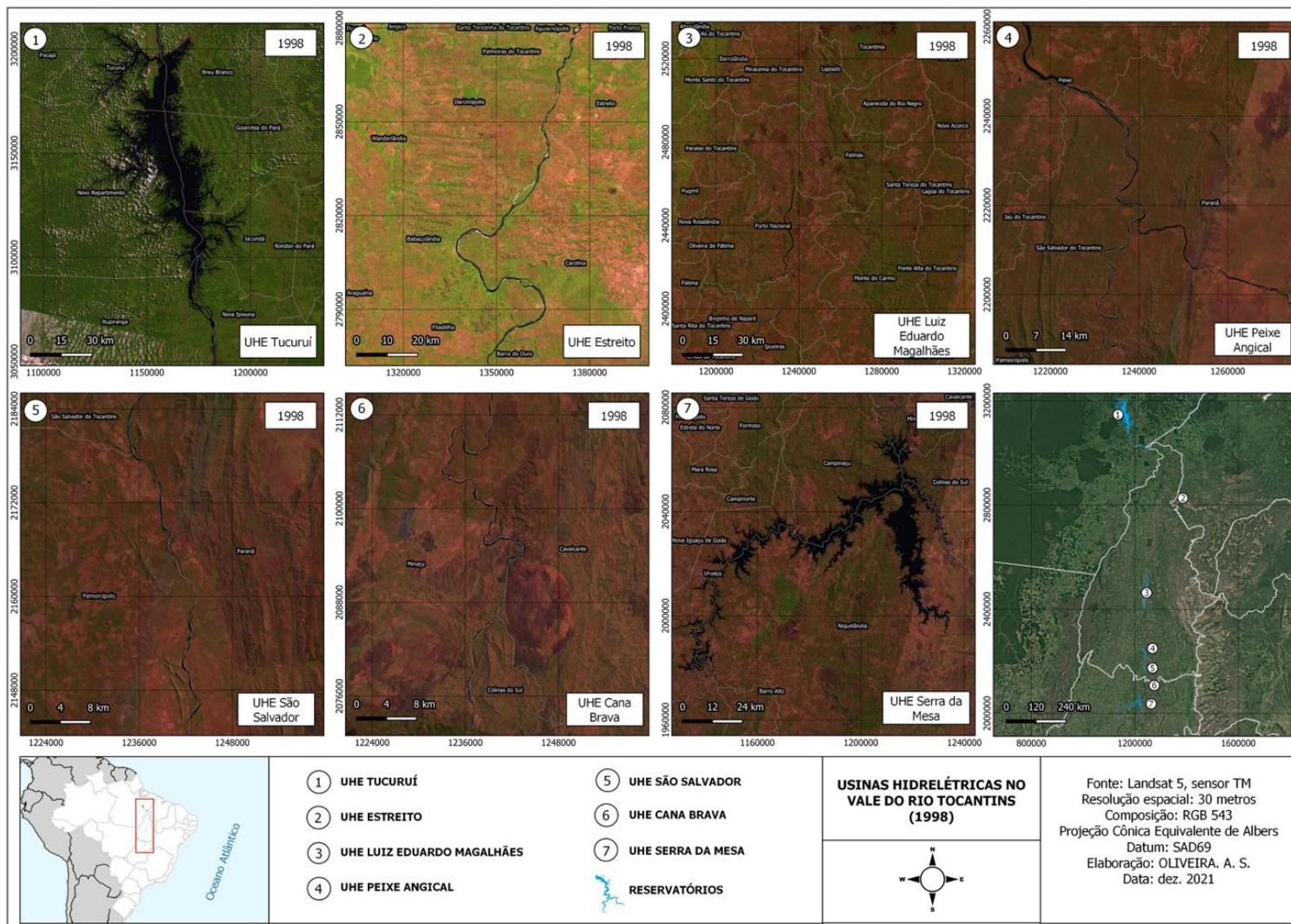
No ano de 1985, a única usina hidrelétrica de grande porte instalada na bacia do Rio Tocantins era a UHE Tucuruí no Estado do Pará (Figura 5). No ano de 1989, o cenário apresenta um início de desmatamento no entorno da UHE Tucuruí e a UHE Serra da Mesa já estava instalada com baixa taxa de ocupação no entorno do reservatório (Figura 6). No ano de 2003, a bacia do Rio Tocantins já estava ocupada por cinco usinas hidrelétricas: Tucuruí, Serra da Mesa, Cana Brava, Luiz Eduardo Magalhães e Peixe Angical. É possível verificar uma forte expansão na ocupação e degradação no entorno dos reservatórios de todas as UHEs (Figura 7). Nos anos 2009 a 2011 foram instaladas, ainda, as UHEs São Salvador e Estreito, totalizando as sete grandes usinas hidrelétricas instaladas ao longo da bacia do Rio Tocantins (Figura 8). No ano de 2019, as sete usinas hidrelétricas já estavam instaladas e a formação dos respectivos reservatórios já definidos. Foi verificado um aumento da expansão urbana, principalmente na região do entorno das usinas hidrelétricas (Figura 9).

Figura 14 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 1985



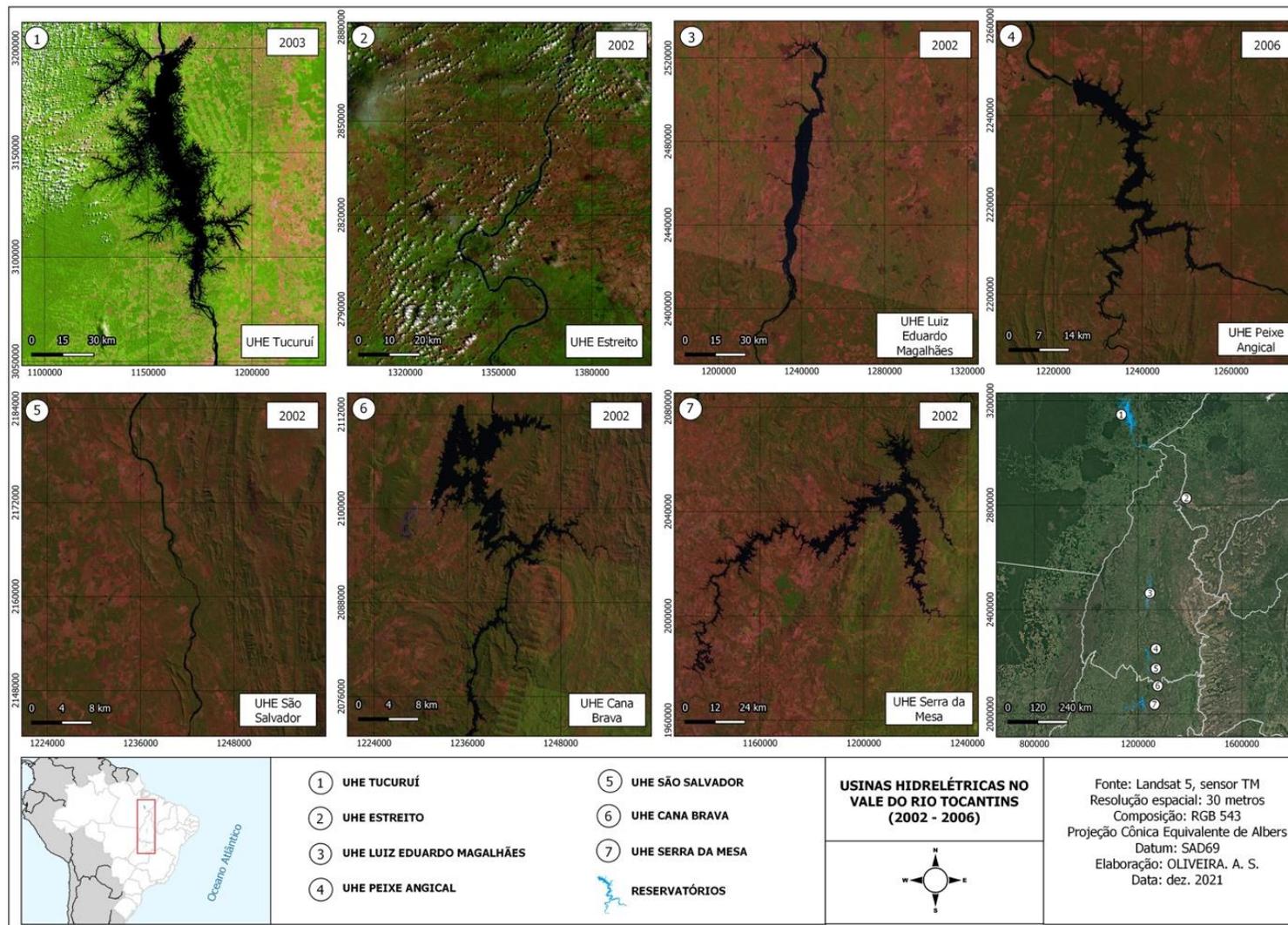
Arranjo e desenhos: Oliveira, A.S.; ago. 2021 (Systema Naturae).

Figura 15 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 1998



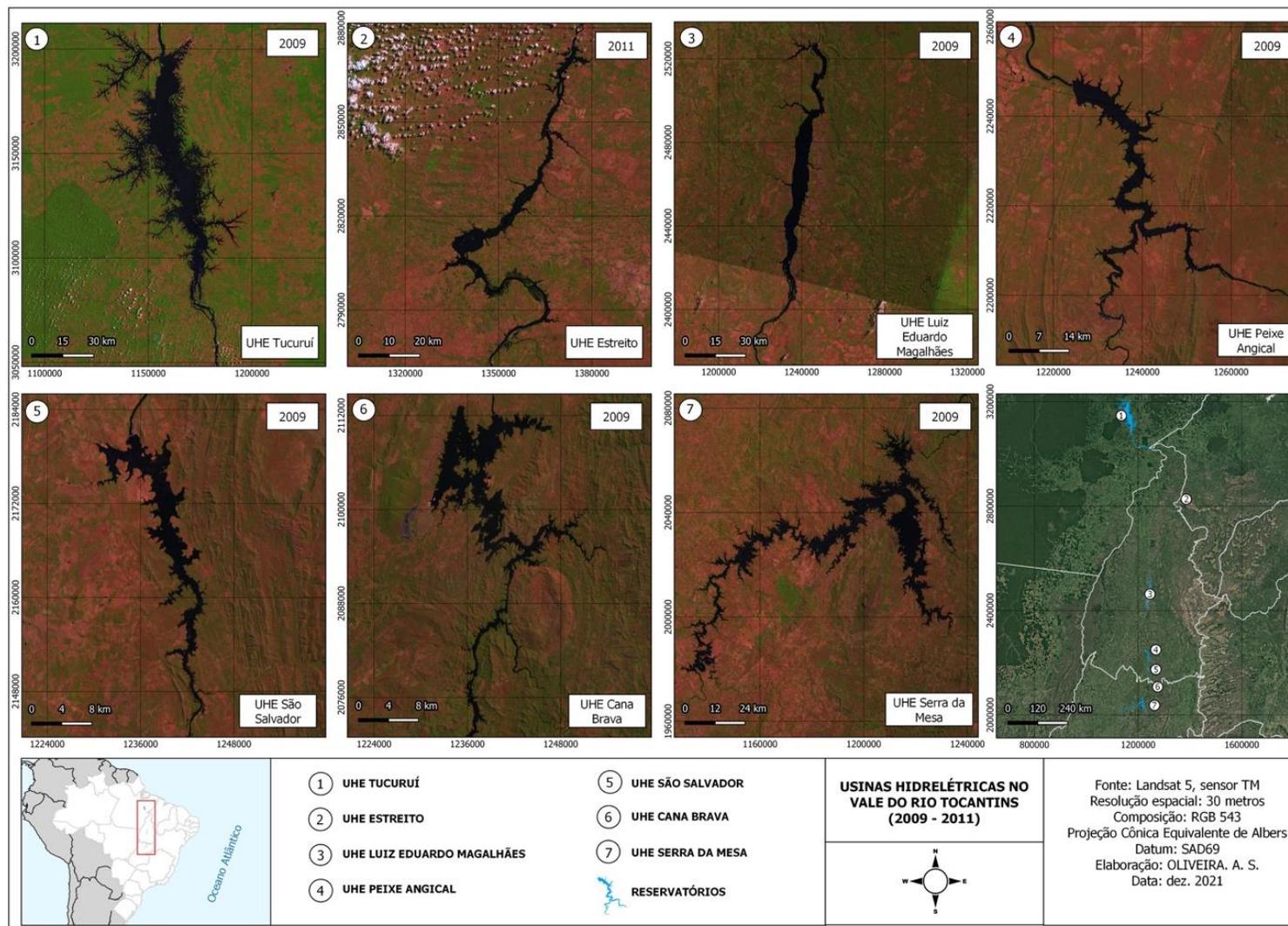
Arranjo e desenhos: Oliveira, A.S.; ago. 2021 (Systema Naturae).

Figura 16 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 2002/2006



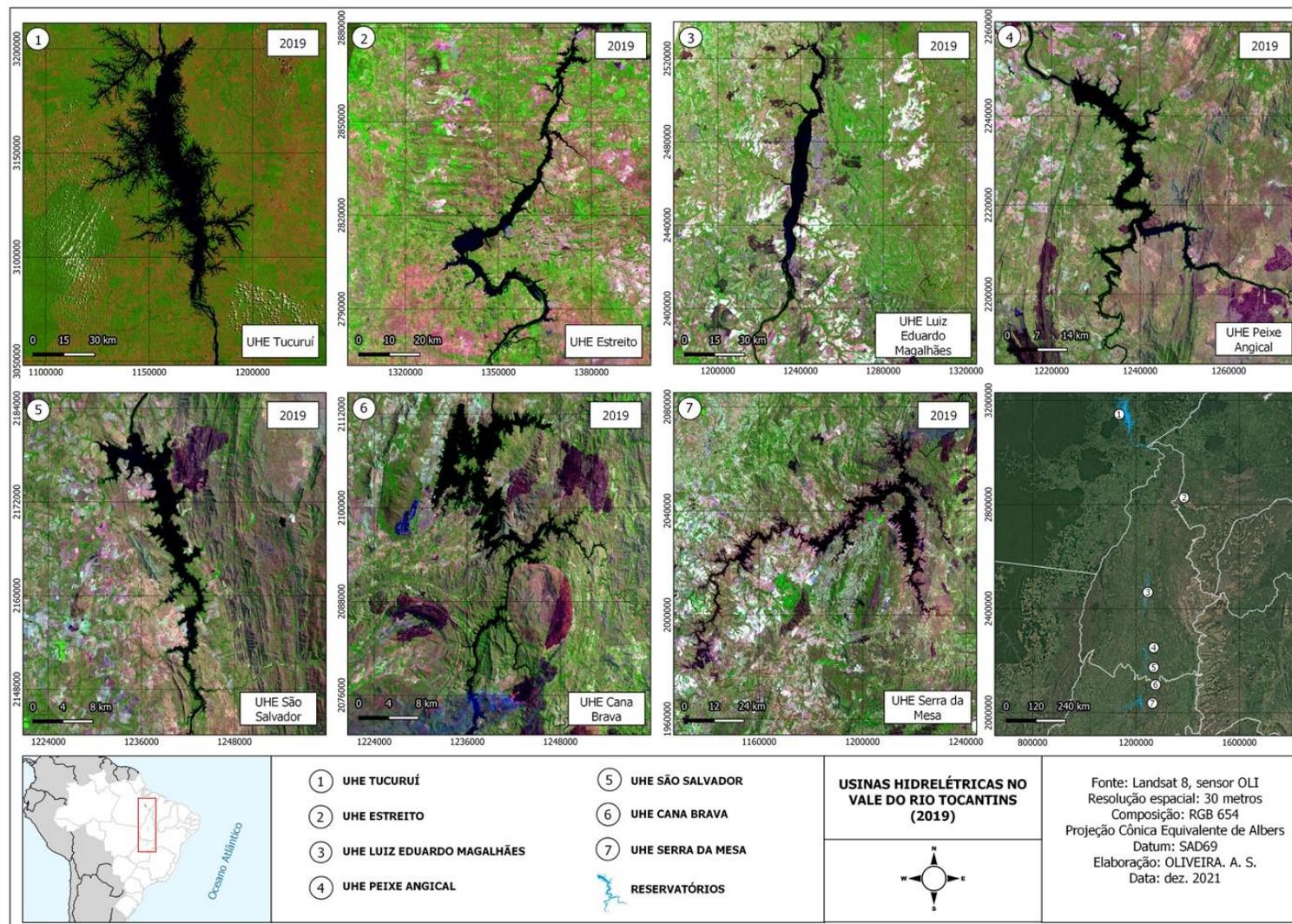
Arranjo e desenhos: Oliveira, A.S.; ago. 2021 (Systema Naturae).

Figura 17 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 2009/2011



Arranjo e desenhos: Oliveira, A.S.; ago. 2021 (Systema Naturae).

Figura 18 - Áreas de influência de usinas hidrelétricas na bacia do Rio Tocantins em 2019



Arranjo e desenhos: Oliveira, A.S.; ago. 2021 (Systema Naturae).

5.2 Caracterização dos empreendimentos

Seguindo a ordem cronológica da instalação das UHEs no Rio Tocantins, os empreendimentos são apresentados individualmente no intuito de se estabelecerem os devidos parâmetros temporais em contraste com a dinâmica legislação ambiental brasileira.

5.2.1 UHE Tucuruí

5.2.1.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo

Localizada no município de Tucuruí (PA), a UHE Tucuruí é a segunda maior usina hidrelétrica brasileira, sendo superada apenas pela UHE Belo Monte, localizada na bacia do Rio Xingu. A UHE Tucuruí é a principal usina do Subsistema Norte do Sistema Interligado Nacional (SIN). Ela começou a ser construída no ano de 1974, e foi inaugurada em 22 de novembro de 1984 sendo que, inicialmente, tinha capacidade de 4000 MW e em 2010 foi ampliada para 8.370 MW. Em 2010, foram inauguradas duas eclusas que possibilitam a navegação fluvial entre Belém e Santa Isabel (ACSELRAD, 2019). O reservatório tem 200 km de comprimento e 2.850 km² de área inundada, ou seja, 0,341 km² por MW instalado (MEMORIAL DA ELETRICIDADE, 2021).

A Região de Integração do Lago de Tucuruí abrange os municípios de Breu Branco, Goianésia do Pará, Novo Repartimento, Nova Ipixuna, Jacundá, Itupiranga e Tucuruí. Ocupa uma área territorial de 39.937,89 quilômetros quadrados. Segundo o Censo Demográfico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), a região abriga uma população de 359.445 habitantes e tem uma densidade demográfica de 8,11 habitantes por quilômetros quadrados. No contexto demográfico do Estado do Pará, a Região de Integração do Lago de Tucuruí é a 9ª região em número de população (ROCHA, 2015).

Com a instalação da UHE de Tucuruí, comparando a perda da cobertura vegetal original (formação florestal, formação savânica e formação campestre) e o aumento de outros usos do solo como pastagens e infraestrutura urbana (Figura 10; Tabela 1; Gráfico 1), observa-se que:

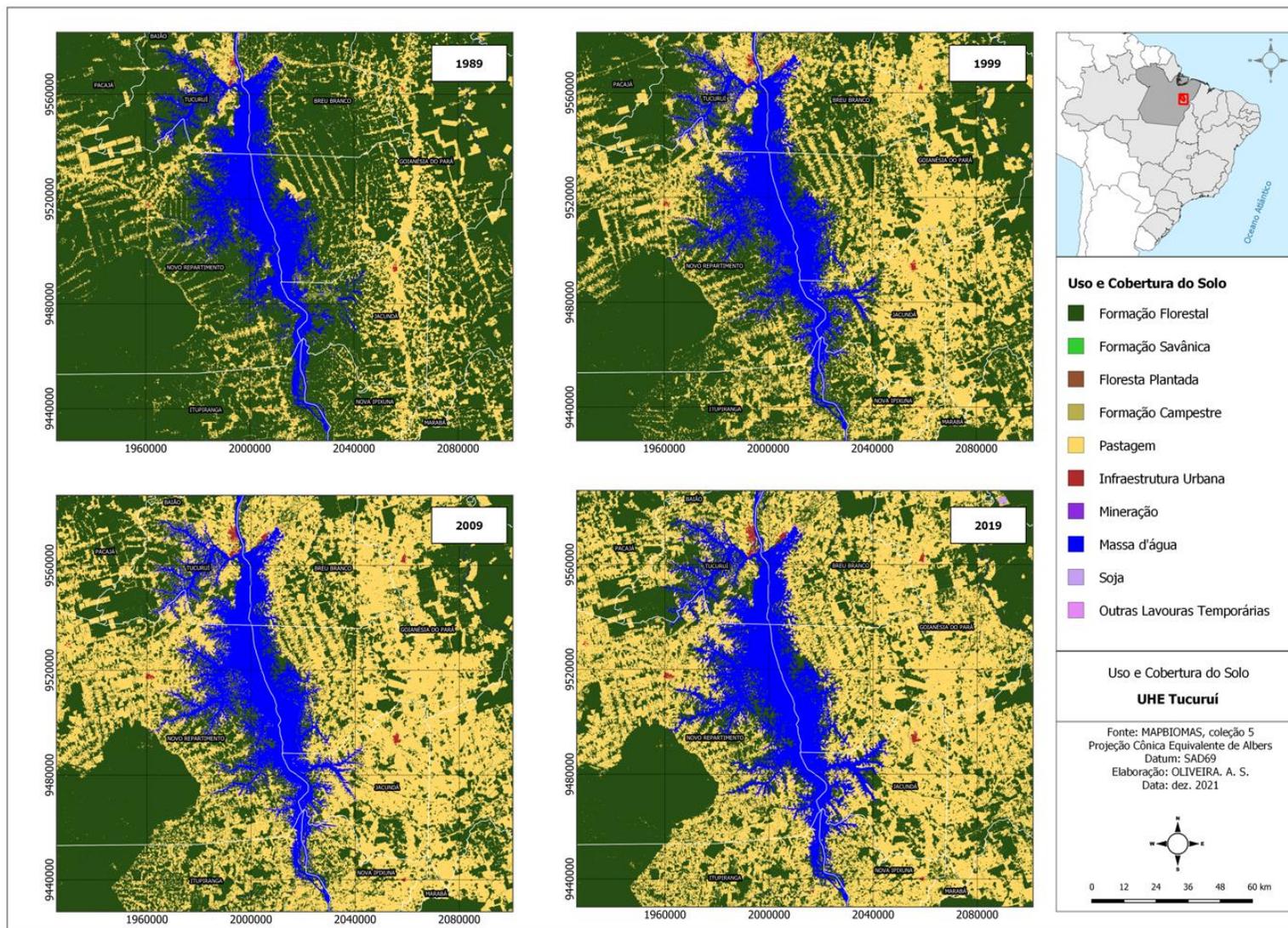
- a) No ano de 1989 a vegetação natural era prevalente, sendo que a formação florestal representava 74,7%, a formação savânica 0,02% e a formação campestre 0,37% do quadrilátero analisado (Tabela 1). Nesse ano, a área de pastagem representava apenas 18,17% da área analisada e a infraestrutura urbana representava apenas 0,11% da área.

- b) No ano de 1999 a vegetação natural sofreu uma redução significativa, passando a formação florestal representar 58,12%, a formação savânica 0.01% e a formação campestre 0,07%. A área de pastagem subiu para 34,59% e a infraestrutura urbana aumentou para 0,17% da área.
- c) No ano de 2009 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 43,61%, a formação savânica 0.01% e a formação campestre 0,07%. A área de pastagem subiu para 48,67% do quadrilátero analisado. A infraestrutura urbana aumentou para 0,24% da área. Entre 1989 e 1999 a área de vegetação natural continuou a diminuir em contraste com o aumento da área de pastagens. Nesse ano é possível verificar que houve uma inversão de prevalência no uso do solo onde a área de pastagem passou a ser superior à área de vegetação nativa.
- d) No ano de 2019 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 40,42%, a formação savânica 0.00% e a formação campestre 0,05%. A área de pastagem chegou a 51,02% do quadrilátero analisado e a infraestrutura urbana aumentou para 0,30%.

Entre 1989 e 2019, as características espaciais desse empreendimento evidenciam a perda das áreas naturais no entorno do reservatório (Figura 10). As áreas naturais (formação florestal, formação savânica e formação campestre) sofreram um decréscimo significativo de 29.493,91 km² (75,09% do quadrilátero) para 15.899,53 km² (40,47% do quadrilátero). Outras culturas temporárias não tiveram um aumento significativo, chegando a somente 18,25 km² (0,05%) em 2019. A cultura de soja se manteve discreta, com 13,53 km² (0,03% do quadrilátero), bem como atividades não significativas ligadas à mineração. Em contraste, as áreas de pastagem cresceram expressivamente de 7.138,37 km² (18,17% do quadrilátero) em 1989 para 20.040,88 km² (51,02% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância dessas atividades no estado do Pará (Tabela 1).

Em uma projeção temporal (entre 1989 e 2019) as características de contraste entre as áreas naturais e as áreas de pastagem se evidenciam acentuadamente entre 1989 e 2009, passando por uma possível saturação a partir de então, até 2019 (Gráfico 1). Essas características estão muito bem documentadas, na realidade de controle espacial por geoprocessamento implementada pelos órgãos ambientais e produtivos brasileiros (ver Figura 10).

Figura 19 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE Tucuruí entre 1989 e 2019



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: ago. 2021 (Systema Naturae).

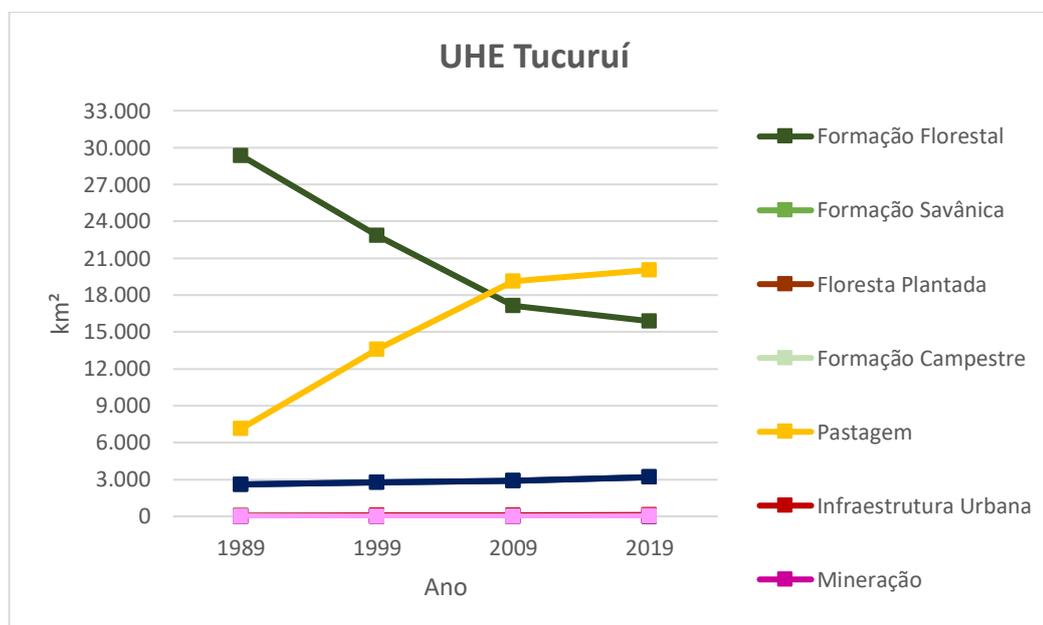
A relevância dessas duas características (perda das formações florestais e aumento das áreas de pastagem) chega a mascarar as demais. Semelhantemente, é importante ressaltar o fato que a expansão da infraestrutura urbana variou de 65,47 km² (44,41% do quadrilátero) para 119,33 km² (119,33% do quadrilátero), podendo ser considerado como um aumento discreto, ou limitado (Figura 10; Tabela 1; Gráfico 1).

Tabela 1 – Uso e cobertura do solo na área da UHE Tucuruí por categoria entre 1989 e 2019

Uso e Cobertura do Solo	1989		1999		2009		2019	
	km ²	%						
Formação Florestal	29.342,02	74,70	22.829,74	58,12	17.128,59	43,61	15.877,88	40,42
Formação Savânica	7,03	0,02	3,84	0,01	4,29	0,01	0,61	0,00
Floresta Plantada	0,03	0,00	0,00	0,07	0,01	0,00	0,58	0,00
Formação Campestre	144,22	0,37	26,49	34,59	28,32	0,07	20,46	0,05
Pastagem	7.138,37	18,17	13.585,57	0,17	19.118,10	48,67	20.040,88	51,02
Infraestrutura Urbana	44,41	0,11	65,47	0,00	94,08	0,24	119,33	0,30
Mineração	0,34	0,00	0,42	7,04	0,60	0,00	0,92	0,00
Massa d'água	2.603,24	6,63	2.767,18	0,00	2.896,01	7,37	3.187,24	8,11
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33	0,00	13,53	0,03
Outras Lavouras Temporárias	0,00	0,00	0,96	0,00	9,35	0,02	18,25	0,05
Total	39.279,68	100,00	39.279,67	100,00	39.279,68	100,00	39.279,68	100,00

Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 10. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Gráfico 1 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Tucuruí entre 1989 e 2019



Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 10. Data: ago. 2021 (Systema Naturae).

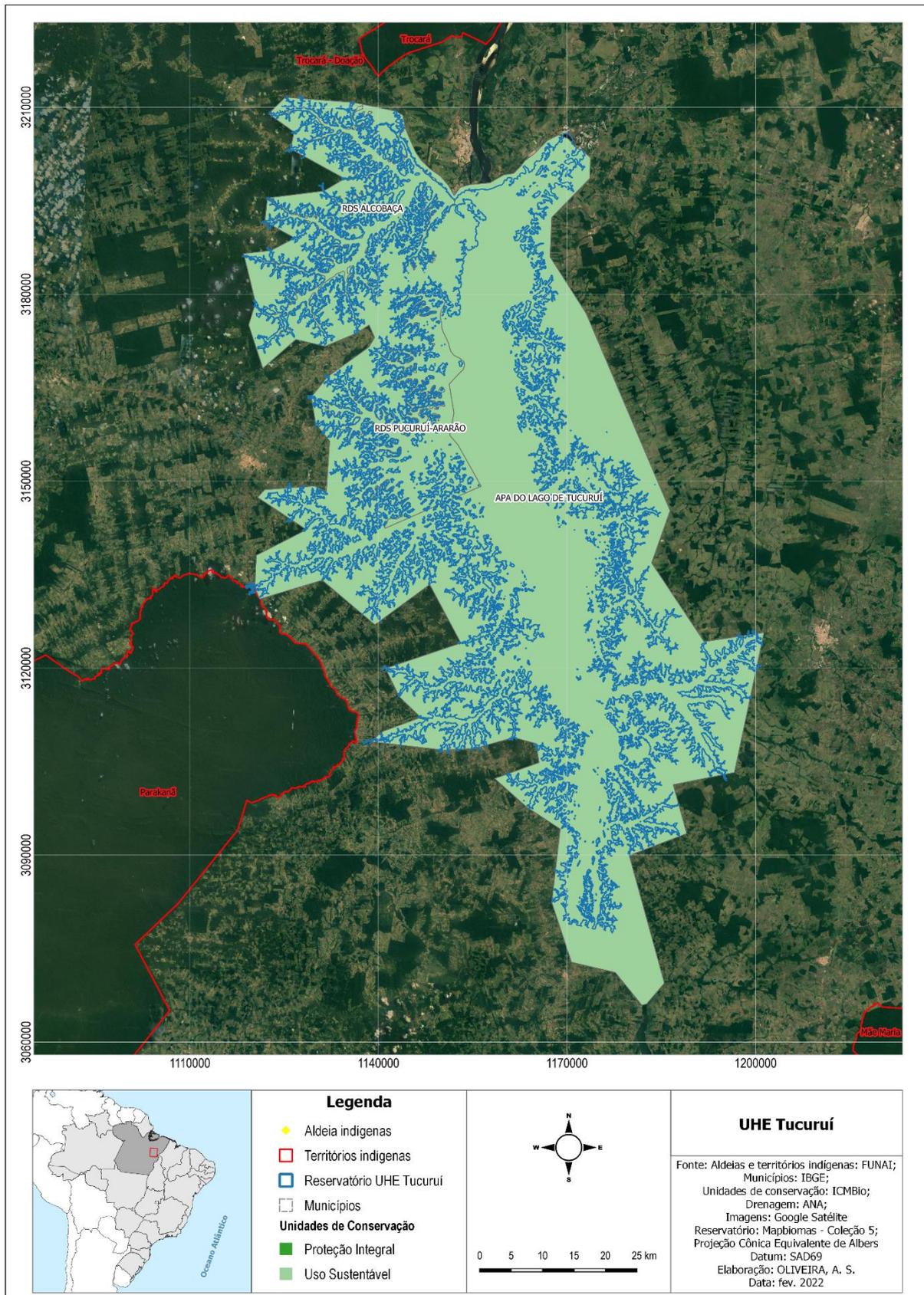
Os impactos ambientais provocados com a instalação da UHE de Tucuruí foram diversos. Além de declínios na captura de peixes, diminuíram também a pesca de camarão-de-

água-doce e a produção local no baixo Tocantins caiu 66%. A situação se agravou, uma vez que não foi construída escada para peixes e a pesca a jusante diminuiu de 1.000 para 500 toneladas por ano, afetando também a diversidade taxonômica original. Por outro lado, a região do reservatório aumentou de 300 para mais de 3.000 toneladas por ano entre 1981 e 1998, causando um desequilíbrio socioambiental (ACSELRAD, 2019).

Dentro do quadrilátero, somente a área de influência direta do reservatório tem algum tipo de proteção ambiental, passível de ações mitigadoras de recuperação das áreas florestais originais (uso sustentável), aliado às áreas indígenas (Figura 11).

As unidades de conservação Área de Proteção Ambiental (APA) do Lago de Tucuruí (com área total de 5.682,248 km²) e as Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) Alcobaça (com área total de 224,614 km²) e Pucuruí-Ararão (com área total de 291,65 km²), abrangem todo o reservatório da UHE Tucuruí. Essas áreas fazem parte do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e servem para assegurar a qualidade de vida da população local; realizar estudos técnico-científicos; desenvolver projetos de uso sustentável dos recursos naturais; proteger e restaurar a diversidade biológica e recuperar as áreas afetadas (Figura 11).

Figura 11- Área de territórios indígenas e unidades de conservação no entorno da UHE Tucuruí



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: ago. 2021 (Systema Naturae).

5.2.1.2 Aspectos sociais

Os aspectos sociais decorrentes da instalação de grandes usinas podem ser verificados no deslocamento de populações, na crescente e desordenada urbanização, no aumento de doenças zoonóticas e nas falhas na política de diálogo com as populações diretamente afetadas. Sequeira lembra que a UHE Tucuruí foi emblemática, pois os movimentos sociais que eclodiram durante e após a construção da usina apontaram para todo o mundo os perigos de um modelo de usina que explora energia hidrelétrica e ignora problemas socioambientais (SEQUEIRA, 2017).

Fearnside (2015) informa que 23.871 pessoas foram deslocadas na instalação da UHE Tucuruí. O autor lembra que o problema com o restabelecimento dessas populações levou o governo brasileiro a ser condenado pelo Tribunal Internacional das Águas em 1991.

Tendo como base os censos demográficos do IBGE (1970, 1980, 1991, 2000 e 2010), Rocha (2015) ressalta que houve aumento da população urbana de todos os municípios do Lago Tucuruí, Breu Branco, Goianésia do Pará, Itupiranga, Jacundá, Nova Ipixuna, Novo Repartimento e Tucuruí. O mesmo padrão não foi seguido com a população rural. No período imediatamente anterior (2-3 anos) e na implantação da UHE Tucuruí, era de se esperar uma variação na densidade populacional do entorno do empreendimento.

Esse caso da UHE Tucuruí é importante para ilustrar essa dinâmica da movimentação da população rural e urbana. Em todo o processo de construção, o aquecimento de empregos gerados pela construção civil provocou um aumento populacional que, nesse tipo de empreendimento, desaquece após o comissionamento das unidades geradoras. De outro lado, favorece o estabelecimento e crescimento de outros municípios, ora discretamente (e.g. Novo Repartimento), ora acentuadamente (e.g. Lago Tucuruí e Tucuruí).

Acrescenta-se a essas características, o fato importante da opção produtiva da região, que é o gado de corte, onde a mão-de-obra rural é menos requerida que a de grandes monoculturas, como a soja ou milho, daí uma possível explicação para essa distribuição populacional e o crescimento mais discreto da infraestrutura urbana.

Segundo Silva et.al. (2020), a construção da UHE Tucuruí implicou em diversos agravos de saúde, tais como: elevação de mosquitos transmissores de doenças zoonóticas, deslocamento da população por questões socioeconômicas, aumento na ocorrência de malária, dentre outros fatores que influenciaram diretamente na vida da população local.

Ao analisar os impactos sociais e à saúde resultantes da construção da UHE Tucuruí, Queiroz & Mota-Veiga (2012) observa um desencadeamento sucessivo de impactos sociais nas

categorias de trabalho e renda, educação, saneamento, ambiente físico e cultura, associados aos agravos à saúde como estresse, distúrbios nutricionais, distúrbios psicossociais, cardiopatias, doenças respiratórias e digestivas.

O reservatório da UHE Tucuruí inundou parte de três reservas indígenas (Parakanã, Pucuruí e Montanha), e sua linha de transmissão cortou outras quatro (Mãe Maria, Trocará, Krikati e Cana Brava). A Área Indígena (AI) Trocará, habitada pelos Assuriní do Tocantins, está situada a 24 km a jusante do reservatório, portanto, sofrendo os efeitos da variação na qualidade da água e a perda de recursos pesqueiros que afetam todos os residentes a jusante da barragem (FEARNSIDE, 2015).

Nesse caso, é importante (e visível) essa proximidade com as AIs Mãe Maria, (com área total de 628,087 km²), Parakanã (com área de 3.503,395 km²), Trocará (com área total de 216,927 km²) e Trocará-Doação (com área total de 0,14 km²), com um bom nível de preservação das formações vegetais naturais o que, em parte, pode contribuir com a diversidade faunística e florística local e regional (Figura 21). Essa hipótese tem que ser abordada diferentemente, uma vez que as AIs não fazem parte do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e as políticas indigenistas (FUNAI) podem não ser completamente congruentes com as políticas ambientais brasileiras. Entretanto, serve de alento se essas áreas puderem se comportar como um *buffer* ambiental para a fauna e flora, desde que o quadrilátero sofreu uma perda de mais de 30% das suas áreas verdes originais fazendo com que as AIs se apresentem como opção de preservação ambiental (Figura 10 e 11; Tabela 1).

Eduvirgem (2018) observa que o princípio do desenvolvimento sustentável não foi respeitado com a instalação da UHE Tucuruí, de modo que o ambiente foi inundado e desmatado, degradando a flora e culturas que os grupos indígenas cultivavam para sua subsistência e comércio para auxílio na renda. Essas atitudes não representam o propósito, o qual condiz com a utilização dos bens da natureza de modo que ocorra o máximo de preservação, conjuntamente com a reposição do que foi retirado da natureza, para que se estabeleça o equilíbrio, e as gerações futuras possam usufruir dos bens naturais.

Dambrós (2019) observa que dentre os investimentos que estão ameaçando a integridade dos povos indígenas, bem como de pequenos agricultores, ribeirinhos, quilombolas, assentados de reforma agrária, entre outros, está a instalação de usinas hidrelétricas, a construção de rodovias e ferrovias, e o incentivo ao agronegócio e à mineração.

Acselrad (2019) revela as graves distorções entre o planejado e o efetivamente realizado. No final da década de 1970, enquanto o estudo de viabilidade da UHE Tucuruí previa inicialmente desmatar 27% da área onde seria formado o reservatório, o projeto básico elevou

esse percentual a 55%, porém o desmatamento efetivamente realizado restringiu-se a 7% dessa área. Da mesma forma, a área prevista para o reservatório foi calculada inicialmente em 1.616 hectares, em seguida em 2.340 hectares, e efetivou-se em 2.850 hectares.

5.2.1.3 Aspectos econômicos

O estudo de viabilidade da UHE Tucuruí estabeleceu a necessidade de desmatar 27% da área onde seria formado o reservatório, o projeto básico elevou esse percentual a 55% e o desmatamento efetivamente realizado restringiu-se a 7% dessa área. A área prevista para o reservatório, calculada a princípio em 1.616 hectares, em seguida em 2.340 hectares, efetivou-se em 2.850 hectares. Por fim, o custo da obra inicialmente orçado em 1,2 bilhão de dólares foi, segundo o estudo da Comissão Mundial de Barragens, multiplicado por 3,8 (ACSELRAD, 2019). O desmatamento da bacia de inundação de qualquer UHE é exigido pela legislação pertinente, após estudos e modelagens matemáticas, visando manter a qualidade da água do reservatório. Entretanto, essa exigência sempre foi cumprida com ressalvas, devido aos custos e operacionalização dessas atividades.

Um exemplo de empreendimento que causou grave impacto ambiental é a UHE Balbina, instalada no final da década de 1980, na região de Presidente Figueiredo, ao norte da capital do Amazonas, que inundou 2.360 km², a maior parte de floresta. A potência instalada foi de apenas 250 MW. A UHE Balbina é considerada um desastre ambiental pela emissão de gases do efeito estufa e pelo mau aproveitamento de potencial hídrico. Já a UHE Tucuruí, apesar de ter um lago que cobre 2.850 km², tem uma potência instalada de 8.370 MW, mais de 33 vezes a de Balbina (BAIMA, 2021).

Segundo Baima (2021), as falhas cometidas na instalação da UHE Tucuruí também provocaram enormes danos ao meio ambiente, atingindo a qualidade da água e, conseqüentemente, as populações do entorno da usina. Tais erros demonstram que naquela época não havia uma preocupação e um controle em relação aos impactos ambientais que esses grandes empreendimentos poderiam causar.

O Censo Agropecuário do IBGE, realizado entre 1970 e 2006, aponta que existe uma vocação natural para o desenvolvimento de atividade agropecuária no estado do Pará, sendo que a principal atividade é a pecuária, seguida pela agricultura. Essas características agropecuárias justificam o crescimento das áreas de pastagens e lavouras (IBGE, 2006).

A cultura de soja e outras lavouras temporárias, que era inexistente em 1989, passou a ser de 31,78 km² (0,08% do quadrilátero) em 2019. A atividade de mineração se manteve

discreta com 0,92 km² em 2019, também representando menos de zero por cento do quadrilátero. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 7.138,37 km² (18,17% do quadrilátero) em 1989 para 20.040,88 km² (51,02% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância da atividade pecuária no entorno do (Figura 10; Tabela 1; Gráfico 1).

Importante destacar que a UHE Tucuruí passou por processo de modernização do sistema de aproveitamento dos recursos hídricos. O seu reservatório que inicialmente tinha capacidade de 4000 MW, em 2010 foi ampliada para 8.370 MW, ocupando 2.850 km² de área, ou seja, o aproveitamento que era de aproximadamente 0,71 Km² por MW passou a ser de aproximadamente 0,341 km² por MW instalado (MEMORIAL DA ELETRICIDADE, 2021).

5.2.1.4 Aspectos jurídicos

Na primeira etapa da construção da UHE Tucuruí não havia legislação ambiental consolidada, assim o funcionamento da usina só veio a ser regularizado na segunda etapa, por meio do licenciamento (renovações de LOs). Em função de não ter havido um estudo prévio dos impactos ambientais, principalmente no âmbito antrópico, observa-se a dificuldade para se controlar os fatores intervenientes dos impactos negativos cumulativos e sinérgicos ocorridos (QUEIROZ; MOTTA-VEIGA, 2012).

Sánchez (2008) lembra que os primeiros EIAs brasileiros foram realizados para as barragens de Sobradinho (1972) e Tucuruí (1977), como exigência do Banco Mundial para custear as construções. No Brasil, com a criação da Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em 1986 (BRASIL, 1986), foi exigida a apresentação do EIA e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para a emissão da Licença Prévia (LP) de Plano, Programa ou Política (PPP) que pudesse causar impacto ambiental significativo (MAZZEI; MARANGONI; OLIVEIRA, 2018).

Segundo o IPEA (2013) o processo decisório de Tucuruí foi rápido – os estudos começaram em 1973 e a construção da usina se iniciou em 1974 –, o que pode ser explicado pelo pequeno número de atores envolvidos – setor elétrico e Executivo Federal – e pela inexistência de uma legislação ambiental rigorosa. A preocupação ambiental teve pouca relevância no processo decisório, já que os estudos ambientais só foram elaborados após o início das obras, o que impediu que medidas compensatórias e corretivas fossem adotadas a partir das consequências previstas pelos estudos. Outras críticas a esses estudos se referem à falta de participação pública e ao seu perfil técnico-científico; à grande ênfase dada apenas aos impactos diretos da obra; à análise dos impactos causados somente na área da barragem, ignorando as consequências da construção da hidrelétrica nas áreas acima e abaixo da área alagada; ao fato

de muitos impactos ecológicos não terem sido previstos, como a mudança climática regional causada pelo desflorestamento (IPEA, 2013).

A segunda fase da UHE Tucuruí iniciou-se em 1998, estendendo-se até 2006, quando entrou em operação a 23ª turbina. Nesse momento, já estava em vigor a Lei nº 6.938/81, que introduziu a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento ambiental como instrumentos da política nacional do meio ambiente. Ademais, a Resolução nº 1 do CONAMA, de 1986, estabeleceu normas para a realização da avaliação de impactos ambientais e a Resolução 06/87 o fez para obras de grande porte, como as ligadas à geração de energia. A Constituição Federal de 1988 tornou o EIA/RIMA condição prévia necessária ao licenciamento ambiental de empreendimentos potencialmente causadores de significativos impactos ambientais. Importante considerar, ainda, a edição da Resolução 237/97 do CONAMA, dispondo sobre o licenciamento ambiental (NASCIMENTO, 2019).

Em 1991, o Tribunal Internacional das Águas condenou o governo brasileiro pelos impactos de Tucuruí, colocando o Brasil no foco da atenção mundial sobre a existência de um padrão subjacente de problemas sociais e ambientais causados por esse empreendimento. Ainda assim, o empreendimento Tucuruí II foi aprovado sem a elaboração de RIMA, que só foi feito em 1998 por ocasião da liberação de verbas para a construção (QUEIROZ & MOTA-VEIGA, 2012).

A Lei Estadual nº 6.451 de 08 de abril de 2002 constituiu três Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí: a Área de Proteção Ambiental do Lago de Tucuruí e duas Reservas de Desenvolvimento Sustentável (RDS) – RDS Alcobaça e RDS Pucuruí Ararão. Segundo a Secretaria de Meio Ambiente e Sustentabilidade do Estado do Pará, no interior da APA do Lago de Tucuruí, além das RDS's, encontram-se duas Zonas de Preservação de Vida Silvestre (ZPVS 3 e ZPVS 4), criadas com o objetivo de resguardar áreas relevantes à conservação da biodiversidade local, incentivo a pesquisa científica e a educação ambiental (PARÁ, 2002).

A UHE Tucuruí foi instalada inicialmente sem maiores exigências de preservação ambiental uma vez que naquele momento o enfoque principal era o desenvolvimento econômico. Já no final da década de 1990, quando passou pelo processo de expansão de sua capacidade instalada, o empreendimento teve que se submeter às condicionantes da PNMA, instituída pela Lei nº 6.938/81, as resoluções 01/1986, 06/1987 e 237/97 do CONAMA, a Constituição Federal de 1988 e as diversas normas estabelecidas pelos legisladores infraconstitucionais e pelos órgãos de controle e fiscalização.

5.2.2 UHE Serra da Mesa

5.2.2.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo

Construída em parceria entre FURNAS e a empresa privada Serra da Mesa Energia S.A., a entrada em operação das três unidades geradoras da UHE Serra da Mesa, totalizou 1.275 MW em 1998 e significou o reforço da transmissão entre o Centro-Oeste e o Norte e Nordeste do país (sistema Tucuruí e sistema CHESF) e o atendimento de interesses eletrointensivos localizados nos territórios de Goiás, Tocantins, do Distrito Federal e Bahia (ALVES, 2006).

Com uma área de 1.784km², o reservatório da hidrelétrica é o maior do Brasil em volume de água com 54,4 bilhões de metros cúbicos (m³), situada no curso principal do rio Tocantins no município de Minaçu (GO), sendo o reservatório com maior capacidade de armazenamento do setor elétrico brasileiro (ANA, 2021c).

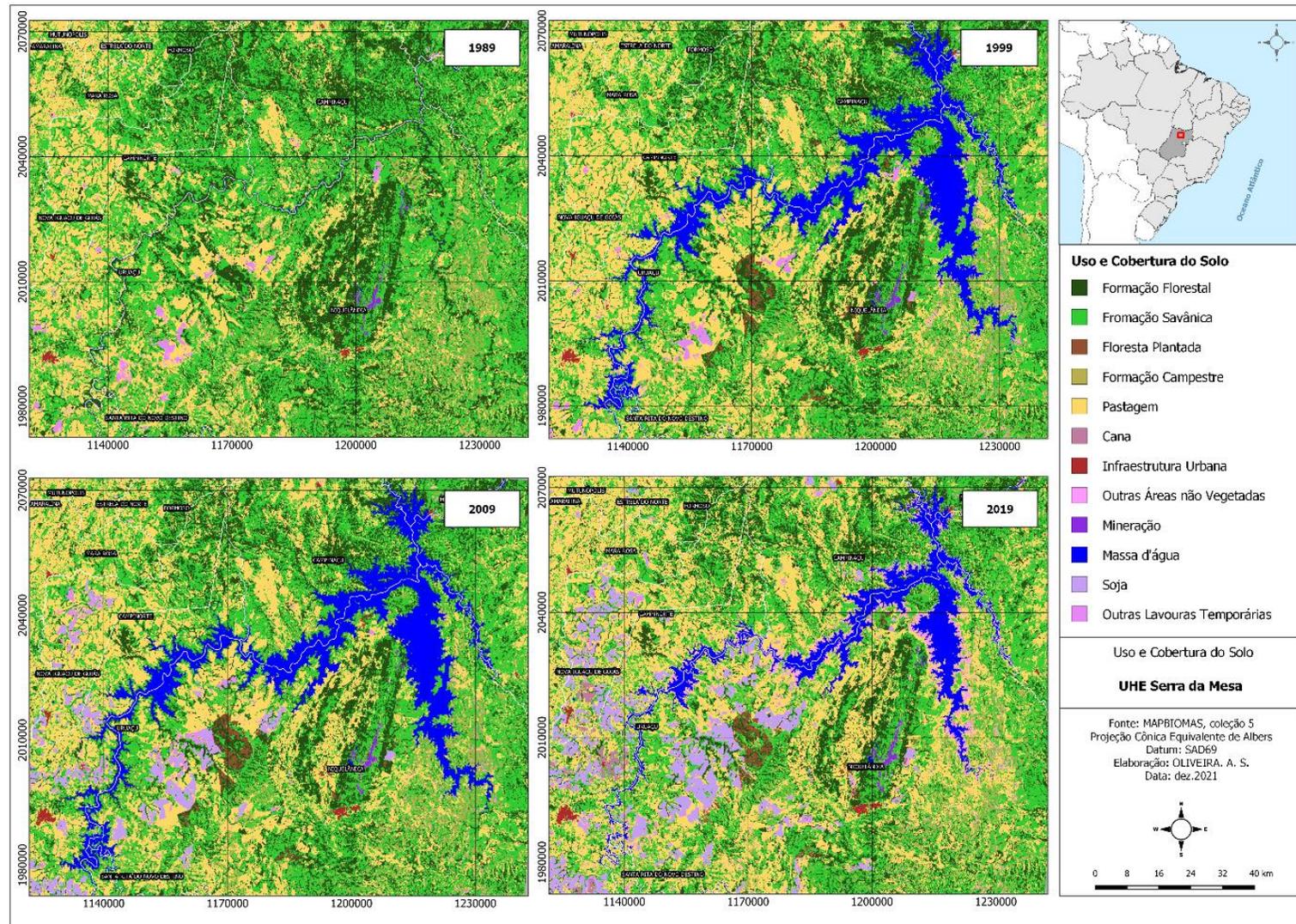
Com a instalação da UHE Serra da Mesa, comparando a perda da cobertura vegetal original (formação florestal, formação savânica e formação campestre) e o aumento de outros usos do solo (Figura 12; Tabela 2; Gráfico 2), observa-se o seguinte:

- a) No ano de 1989 a vegetação natural era prevalente, sendo que a formação florestal representava 24,18%, a formação savânica 44,64% e a formação campestre 4,3%, somando 73,12% da área do quadrilátero. Esse número poderia ser pobremente acrescido de 2 km² (0,01%) de florestas plantadas. Em contraste, as áreas de pastagem já representavam 3.618,8 km², ou 25,30% da área do quadrilátero. A infraestrutura urbana representava apenas 0,01% da área (Tabela 2).
- b) No ano de 1999 a vegetação natural sofreu uma redução significativa, passando a formação florestal representar 18,10%, a formação savânica 38,15% e a formação campestre 3,72%, ou 59,97% da área do quadrilátero. A área de pastagem subiu para 30,38% e a infraestrutura urbana aumentou para 0,16% da área.
- c) No ano de 2009 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 17,59%, a formação savânica 36,21% e a formação campestre 4,24%, ou 58,04% da área do quadrilátero. A área de pastagem subiu para 30,19% do quadrilátero analisado. A infraestrutura urbana aumentou para 0,20% da área.
- d) Entre os anos de 2009 e 2019 a área de vegetação natural continuou a diminuir em contraste com o aumento da área de pastagens. Nesse período é possível verificar que houve uma inversão de prevalência no uso do solo onde a área de pastagem passou a ser superior à área de vegetação nativa. No ano de 2019 a formação florestal representava 16,17%, a formação savânica 32,07% e a formação campestre 3,51%,

ou 51,75% da área do quadrilátero. A área de pastagem chegou a 34,86% do quadrilátero analisado e a infraestrutura urbana aumentou para 0,23%.

Entre 1989 e 2019, as características espaciais desse empreendimento evidenciam a perda das áreas naturais no entorno do reservatório (Figura 12). As áreas naturais (formação florestal, formação savânica, floresta plantada e formação campestre) sofreram um decréscimo significativo de 10.465,75 km² (73,19% do quadrilátero) para 7.402,58 km² (51,75% do quadrilátero). Outras culturas temporárias não tiveram um aumento significativo, chegando a somente 80,57 km² (0,56%) em 2019. A cultura de soja que era inexistente em 1989 passou a ser de 731,90 km² (5,12% do quadrilátero) em 2019, visivelmente notada na comparação das imagens. A atividade de mineração se manteve discreta com 18,93 km² (0,13 % do quadrilátero) em 2019. Em contraste, as áreas de pastagem cresceram expressivamente de 3.618,80 km² (25,30% do quadrilátero) em 1989 para 4.985,67 km² (34,86% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância dessa atividade no estado de Goiás. Muito provavelmente devido à exploração do minério de níquel e a indústria do carvão vegetal, o quadrilátero apresentou um crescimento expressivo de floresta plantada (principalmente eucalipto) de 2 km² (0,01% do quadrilátero) para 74,16 km² (0,52% do quadrilátero) (Tabela 2).

Figura 12 - Áreas de uso e cobertura do solo da UHE Serra da Mesa entre 1989 e 2019



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: dez. 2021 (Systema Naturae)

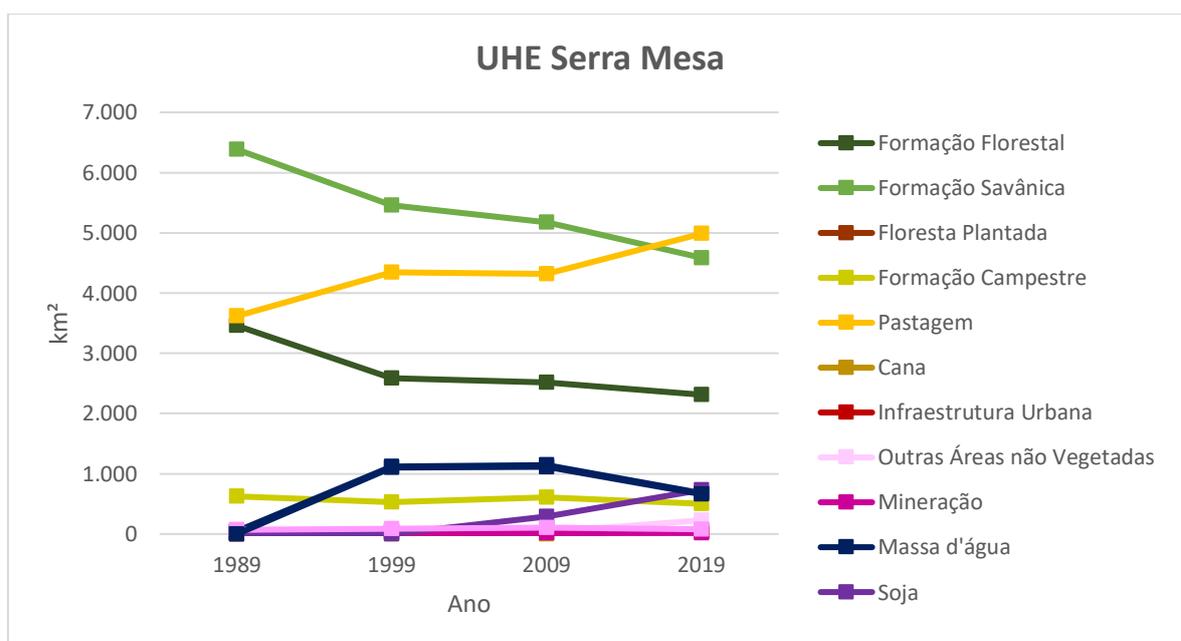
Tabela 2 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Serra da Mesa por categoria entre 1989 e 2019

Uso e Cobertura do Solo	1989		1999		2009		2019	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Formação Florestal	3.457,54	24,18	2.588,29	18,10	2.515,63	17,59	2.312,82	16,17
Formação Savânica	6.383,64	44,64	5.456,20	38,15	5.178,28	36,21	4.587,19	32,07
Floresta Plantada	2,01	0,01	61,68	0,43	69,46	0,49	74,16	0,52
Formação Campestre	624,57	4,37	532,26	3,72	606,47	4,24	502,56	3,51
Pastagem	3.618,80	25,30	4.345,07	30,38	4.317,09	30,19	4.985,67	34,86
Cana	0,00	0,00	0,00	0,00	2,31	0,02	65,95	0,46
Infraestrutura Urbana	14,52	0,10	22,42	0,16	27,98	0,20	32,75	0,23
Outras Áreas não Vegetadas	66,79	0,47	65,22	0,46	30,51	0,21	228,76	1,60
Mineração	16,94	0,12	20,08	0,14	16,08	0,11	18,93	0,13
Massa d'água	47,64	0,33	1.119,61	7,83	1.144,22	8,00	680,51	4,76
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	287,23	2,01	731,90	5,12
Outras Lavouras Temporárias	69,34	0,48	90,95	0,64	106,53	0,74	80,57	0,56
Total	14.301,79	100,00	0,00	100,00	287,23	100,00	731,90	100,00

Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 12. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

No período entre 1989 e 2019 as características de contraste entre as áreas naturais e as áreas de pastagem se evidenciam acentuadamente (Gráfico 2). Essas características estão muito bem documentadas, na realidade de controle espacial por geoprocessamento implementada pelos órgãos ambientais e produtivos brasileiros (ver Figura 12).

Gráfico 2 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Serra da Mesa entre 1989 e 2019



Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 12. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

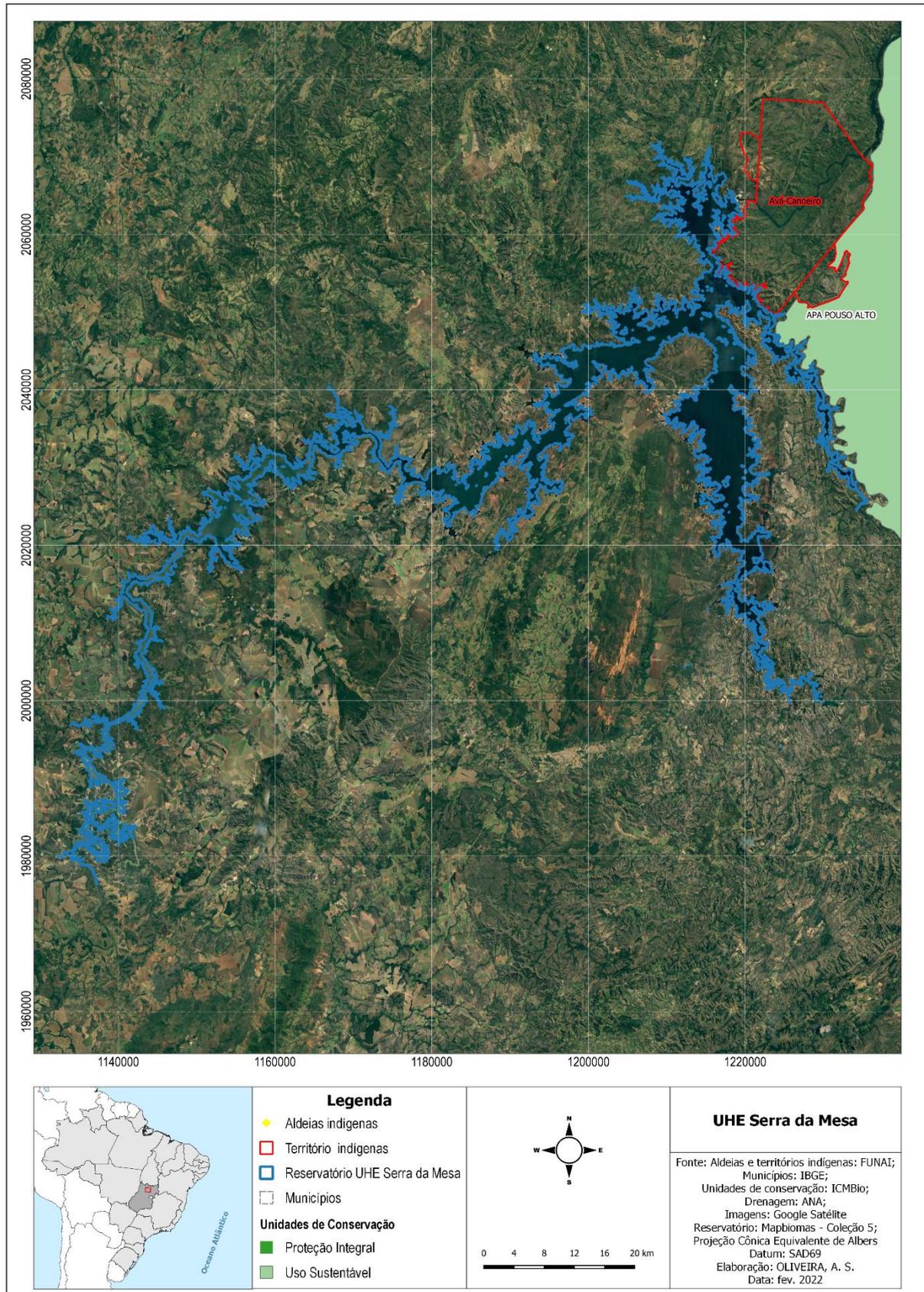
A massa d'água do reservatório que era de 47,6422 km² (0,33% do quadrilátero) em 1989, ficou estável do período de 1999 a 2009, atingindo a ocupação de 1.144,2190 km² (8,00% do quadrilátero) em 2009. A partir de 2009, provavelmente devido à escassez hídrica provocada pela estiagem, o reservatório sofreu uma significativa redução chegando a ocupar apenas 659,1133 km² (4,61% do quadrilátero) (Figura 12; Tabela 2; Gráfico 2).

Apesar de incluído nas áreas naturais, as florestas plantadas representaram um aumento significativo de 2,01km² para 74,16km², muito provavelmente motivado pela presença de plantas minerárias de amianto, que se utilizam de carvão vegetal, ou mesmo devido a atividades carvoeiras clandestinas.

A característica de redução da área do reservatório não é uma peculiaridade única da UHE Serra da Mesa, pois a estiagem estacional no Brasil Central afeta inúmeras outras atividades, empreendimentos do gênero e reservatórios de abastecimento a núcleos urbanos e industriais. Entretanto, se reveste de uma importância sócio-econômica-ambiental por sua localização próxima da grandes centros urbanos. Atraídos pelo potencial turístico do reservatório, o seu entorno foi muito cobiçado por atividades aquáticas e pesca, o que, com certeza foi prejudicado, com o recuo da margem. Como se trata do primeiro reservatório do rio Tocantins (montante), muito dificilmente chegaria a um nível de água confortável para produção de energia e uso múltiplo, pois a sua posição inicial (geograficamente) não permite o controle total da vazão do Rio Tocantins sem afetar as demais UHEs à jusante. Esse recuo do nível do reservatório é expressivo (Figura 12; ano de 2019), confundível com a categoria de “área não vegetada”. Com certeza, nunca atingiu, e nunca atingirá, o nível projetado de geração de 1.275 MW. Variações sazonais permitem um melhor ou pior funcionamento desse empreendimento, que pode ser acompanhado no Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) da Agência Nacional de Águas.

A unidade de conservação APA Pouso Alto fica a nordeste do entorno do reservatório da UHE Serra da Mesa e possui uma área total de 8.394,908 km². Essa área localiza-se na microrregião da Chapada dos Veadeiros, e tem como objetivo fomentar o desenvolvimento sustentável, preservar a flora, a fauna, os mananciais, a geologia e o paisagismo da região (Figura 12).

Figura 13 - Áreas de territórios indígenas e unidades de conservação no entorno da UHE Serra da Mesa



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: fev. 2022 (Systema Naturae)

Conforme já mencionado no caso da UHE Tucuruí as AIs não fazem parte do SNUC e as políticas indigenistas (FUNAI) podem não ser completamente congruentes com as políticas ambientais brasileiras. Entretanto, as AIs talvez se apresentem como opção de preservação ambiental (Figura 12 e 13; Tabela 2).

5.2.2.2 Aspectos sociais

A distribuição geográfica dos municípios lindeiros ao reservatório de Serra da Mesa compreende três regiões de planejamento do estado de Goiás. cinco municípios (Uruaçu, Campinorte, Campinaçu, Minaçu e Niquelândia) estão localizados na região de planejamento “Norte Goiano”, cujos municípios socioeconomicamente mais dinâmicos são Niquelândia, Uruaçu, Minaçu e Porangatu. Dois municípios (Barro Alto e Santa Rita do Novo Destino) estão localizados na região de planejamento “Centro Goiano”, diretamente polarizada por Anápolis e Goianésia. Finalmente, apenas o município de Colinas do Sul está localizado na região “Nordeste Goiano”, que tem Cavalcante como um dos principais municípios. Esta última região é uma das mais deprimidas sob o ponto de vista socioeconômico, e por vezes denominada como “corredor da miséria” (FERNANDES, 2010).

Alves (2006) registra que os impactos sociais começaram no final dos anos noventa do século XX, quando se deu o represamento dos rios Maranhão, Tocantinzinho e Almas, para formar o reservatório da UHE Serra da Mesa, um dos maiores lagos artificiais do mundo. Segundo ele, o empreendimento, a princípio trouxe esperança para a população dos treze municípios envolvidos, mas o que deveria trazer riqueza, em apenas sete anos, acabou acumulando pobreza. O grande sonho do turismo nunca se concretizou. Os ribeirinhos perderam suas terras e tiveram de ir morar nas periferias das cidades. Os comerciantes que investiram na ampliação de seus estabelecimentos ficaram com dívidas, depois que os turistas praticamente desapareceram.

As expectativas locais em relação ao desenvolvimento proporcionado pela UHE Serra da Mesa não foram totalmente realizadas, quando da conclusão desse empreendimento porque houve uma priorização dos interesses do setor elétrico. Apenas a realocação e a indenização financeira não foram suficientes para garantir o bem-estar psicossocial e material das populações atingidas, porque não houve uma assistência continuada a essas populações por parte das grandes empresas do setor elétrico e pelo Estado, no sentido de mitigar os impactos socioeconômicos e psicológicos sofridos (FERNANDES, 2010).

Segundo Araújo (2003), os últimos Avá-Canoeiros foram impactados com a construção da UHE Serra de Mesa. A estimativa dos órgãos ambientais eram de que dos 38 mil hectares de terras dessa tribo o lago cobriria cerca de 10% da área.

O reservatório da UHE Serra da Mesa inundou cerca de dez 10% da AI Avá-Canoeiro que possui uma área total de 353,44 km². O local onde a AI Avá-Canoeiro está localizada apresenta bom nível de preservação das formações vegetais naturais o que, em parte, pode contribuir com a diversidade faunística e florística local e regional (Figuras 12 e 13).

5.2.2.3 Aspectos econômicos

No ano de 2003, ocorreu uma queda no PIB do município de Minaçu, cuja causa foi as oscilações nas atividades da indústria extrativa mineral que no período era sua principal atividade econômica. Até o ano de 2004, o município de Minaçu era responsável pelo maior PIB entre os municípios limítrofes ao reservatório de Serra da Mesa, posição que foi ultrapassada pelo município de Niquelândia a partir do ano de 2005. No ano de 2006, Niquelândia apresentava o 11º maior PIB entre os municípios do estado de Goiás, enquanto Minaçu apresentava o 14º (FERNANDES, 2010).

Mesmo com o aumento do PIB dos municípios no entorno do reservatório da UHE Serra da Mesa, segundo Fernandes (2010), a tendência é que as grandes hidrelétricas não contribuam para o desenvolvimento sustentável nos municípios porque o Estado ainda é deficiente para promover a governança dos usos múltiplos das águas dos reservatórios, bem como a gestão socioambiental equilibrada das áreas limítrofes (FERANANDES, 2010).

A cultura de soja, que era inexistente em 1989, passou a ser de 287,23 km² (2,01% do quadrilátero) em 2009 e 731,90 km² (5,12% do quadrilátero). A atividade de mineração se manteve discreta com 18,93 km² (0,13% do quadrilátero) em 2019. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 3.618,80 km² (25,30% do quadrilátero) em 1989 para 4.985,67 km² (34,86% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância dessas atividades no estado de Goiás (Figura 12; Tabela 2; Gráfico 2).

A UHE Serra da Mesa possui um reservatório que ocupa uma área de 1.784 km² e uma capacidade de geração de 1.275 MW, ou seja, 1,40 km² por potencial instalado (km²/MW) (FURNAS, 2022).

5.2.2.4 Aspectos jurídicos

Em 1981, FURNAS obteve a concessão para a exploração do potencial hidrelétrico do rio Tocantins. Cinco anos depois ela apresentou como prioritário o projeto de construção da UHE Serra da mesa. As obras foram iniciadas mediante um contato entre FURNAS e o Grupo Camargo Corrêa. A construção foi paralisada no Governo Collor e retomada no início da década de 1990, dessa vez com a VBC Energia. Posteriormente, em novembro de 2000, a CPFL Geradora (Companhia Paulista de Força e Luz) comprou a VBC (ALVES, 2006).

O processo de acompanhamento da retomada do projeto da UHE Serra da Mesa até a sua conclusão foi aberto inicialmente na Procuradoria da República (PR-TO), em Palmas, e um dos primeiros documentos se refere a uma reunião realizada no dia 22/03/1996 na Diretoria de Política e Gestão Ambiental da Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente (SEPLAN), para “tratar de assuntos relacionados ao barramento do rio Tocantins no Aproveitamento Hidrelétrico Serra da Mesa”. Quatro meses depois, a Fundação Estadual de Meio Ambiente de Goiás - FEMAGO concedeu, no dia 20/07/1996 para Furnas Centrais Elétricas S/A, a Licença de Funcionamento, com obrigação de cumprir vários itens de compensação e monitoramento ambiental. (ARAÚJO, 2003).

Diante dos diversos impactos ambientais, sociais e econômicos provocados pela instalação da UHE Serra da Mesa, Alves (2006) lembra que aproximadamente duas mil famílias, segundo dados fornecidos pelo Movimento dos Atingidos por Barragens (MAB), recorreram ao Poder Judiciário em busca de reaver pelo menos parte do que perderam com a instalação da UHE Serra da Mesa. Ao mesmo tempo os prefeitos dos municípios atingidos protestam por jamais terem recebido as verbas prometidas e reclamam da falta de projetos de desenvolvimento na região, onde só o que avança é a malária, a raiva bovina e a leishmaniose.

No dia 22 de abril de 2021, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) publicou a Resolução nº 70/2021 com as novas condições de operação do Sistema Hídrico do Rio Tocantins, que entraram em vigor a partir de 1º de dezembro de 2021. O documento define tanto o nível d'água máximo operacional quanto o nível mínimo normal para os sete reservatórios de hidrelétricas que integram o sistema: Serra da Mesa (GO), Cana Brava (GO), São Salvador (TO), Peixe Angical (TO), Lajeado (TO), Estreito (MA/TO) e Tucuruí (PA) (ANA, 2021c).

Todas essas questões apresentadas fazem emergir os conflitos e a judicialização é, muitas vezes, inevitável. Talvez o problema pudesse ser evitado ou minimizado com a

realização de audiências públicas e planejamento estratégico voltado ao conhecimento e desenvolvimento da comunidade local.

5.2.3 UHE Cana Brava

5.2.3.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo

O projeto da UHE Cana Brava consistiu na construção e operação de uma usina hidrelétrica de 450 MW de potência instalada, utilizando três unidades geradoras de 150 MW, e na construção de uma linha de transmissão de 230 kV e 59 km de extensão ligando a UHE Cana Brava a UHE Serra da Mesa, por meio da qual a energia é inserida no sistema nacional interligado. A usina está localizada no Rio Tocantins, entre os municípios de Minaçu e Cavalcante, no território goiano, aproximadamente 250 km ao norte de Brasília e 380 km ao norte de Goiânia, na região Centro-Oeste do Brasil. A UHE Cana Brava é uma usina que opera em conjunto com o reservatório da UHE Serra da Mesa. O reservatório cobre uma área de 139 km². De acordo com o relatório do empreendimento, o esquema adotado em seu projeto proporcionou a obtenção, pelo menor custo, do máximo ganho em energia firme no sistema nacional interligado (ALVES, 2006).

Comparando a perda da cobertura vegetal original (formação florestal, formação savânica e formação campestre) e o aumento de outros usos do solo na instalação da UHE Cana Brava (Figura 24; Tabela 3; Gráfico 3), observa-se o seguinte:

- a) No ano de 1989 a vegetação natural era prevalente, sendo que a formação florestal representava 28,31%, a formação savânica 57,64% e a formação campestre 3,95% do quadrilátero analisado. Nesse ano, a área de pastagem representava apenas 8,25% da área analisada e a infraestrutura urbana representava apenas 0,10% da área.
- b) No ano de 1999 a vegetação natural sofreu uma redução significativa, passando a formação florestal representar 23,09%, a formação savânica 57,51% e a formação campestre 3,46%. A área de pastagem subiu para 14,11% e a infraestrutura urbana aumentou para 0,35% da área.
- c) No ano de 2009 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 21,91, a formação savânica 50,51% e a formação campestre 3,69%. A área de pastagem subiu para 15,40% do quadrilátero analisado. A infraestrutura urbana aumentou para 0,42% da área.
- d) No ano de 2019 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 21,63%, a formação savânica 47,22% e a formação campestre

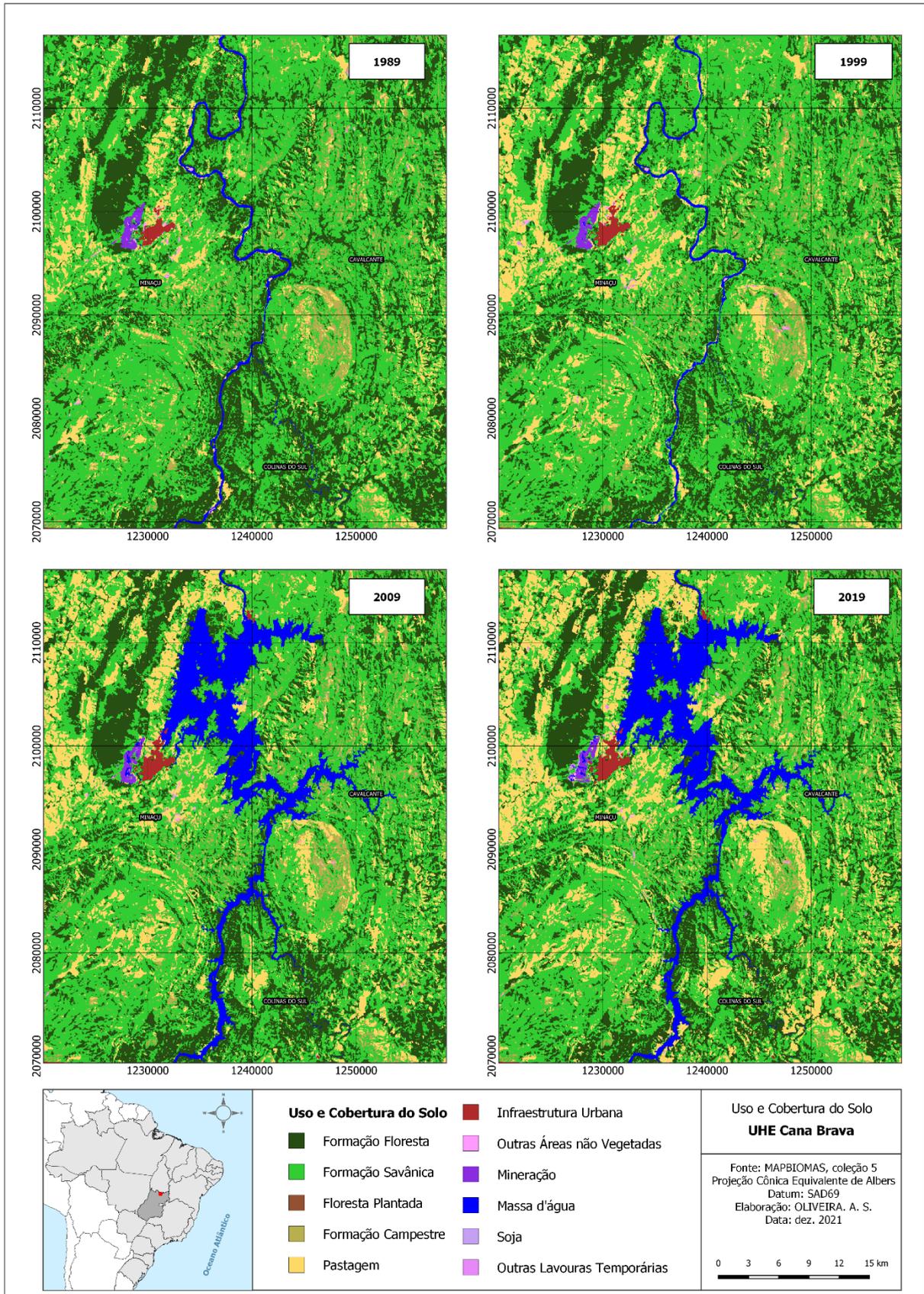
2,73%. A área de pastagem chegou a 19,83% do quadrilátero analisado e a infraestrutura urbana aumentou para 0,45%.

Entre 1989 e 2019, as características espaciais da UHE Cana Brava evidenciam a perda das áreas naturais no entorno do reservatório (Figura 13). As áreas naturais (formação florestal, formação savânica, floresta plantada e formação campestre) sofreram um decréscimo de 1.437,28 km² (89,9% do quadrilátero) para 1.144,28 km² (71,58% do quadrilátero). Outras culturas temporárias não tiveram um aumento significativo, chegando a somente 0,39 km² (0,02% do quadrilátero) em 2019. A atividade de mineração apresentou sinais de declínio a partir do ano de 1999, quando representou 4,56 km² (0,28%) do quadrilátero. O plantio de soja se manteve discreto, ou irrelevante (0,04% do quadrilátero). Em contraste, as áreas de pastagem cresceram expressivamente, de 131,91 km² (8,25% do quadrilátero) em 1989 para 316,97 km² (19,83% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância da pecuária no estado de Goiás (Tabela 3).

Observa-se que na UHE Cana Brava, no período de 1999 a 2019, houve, da mesma forma que ocorreu na UHE Tucuruí e na UHE Serra da Mesa, uma significativa perda de cobertura vegetal original (Formação floresta, Formação Savânica e Formação Campestre) e um aumento contínuo de outros usos do solo, como a pastagem (Tabela 3 e Gráfico 3). A infraestrutura urbana do entorno da UHE Cana Brava, que em 1989 representava 0,27% da área analisada, aumentou para 0,45% em 2019 (Tabela 3). Essas características estão documentadas na realidade de controle espacial por geoprocessamento implementada pelos órgãos ambientais e produtivos brasileiros (Figura 14).

No ano de 2009 o reservatório da UHE Cana Brava já estava formado e a sua massa d'água se manteve perene no período de 2009 a 2019 ocupando 122,54 km² (7,67% do quadrilátero) em 2009 e 122,59 km² (7,67% do quadrilátero) em 2019 (Figura 14; Tabela 3; Gráfico 3).

Figura 14 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE Cana Brava nos anos de 1989 e 2019

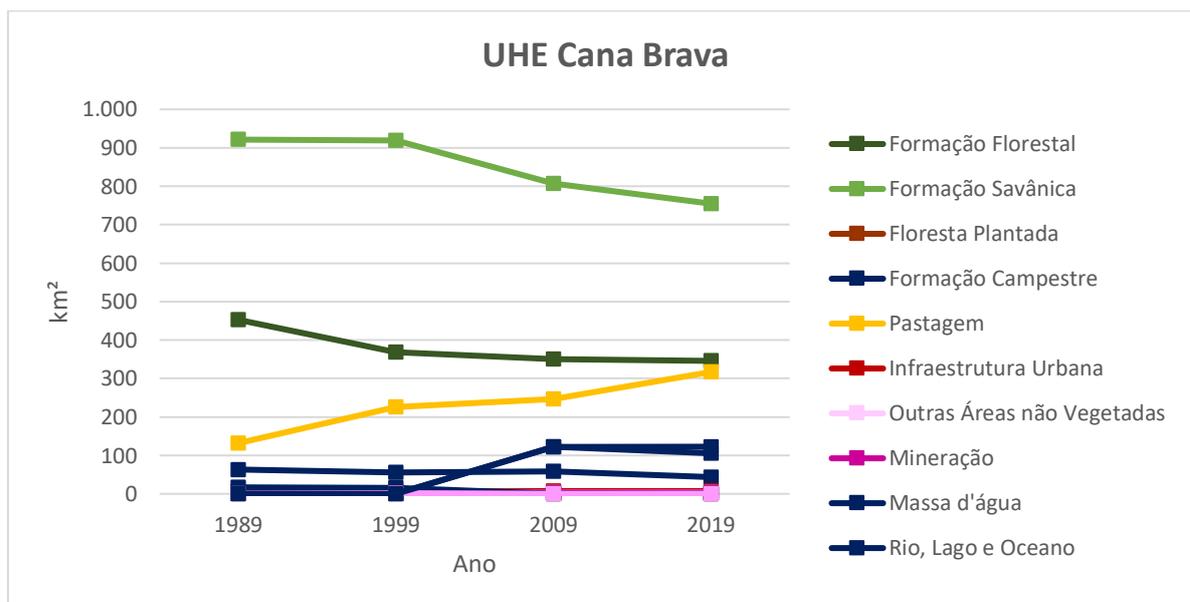


Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Tabela 3 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Cana Brava por categoria entre 1989 e 2019

Uso e Cobertura do Solo	1989		1999		2009		2019	
	km ²	%						
Formação Florestal	452,61	28,31	369,07	23,09	350,32	21,90	345,85	21,63
Formação Savânica	921,45	57,64	919,32	57,51	807,52	50,48	754,85	47,22
Floresta Plantada	63,22	3,95	0,01	0,00	0,05	0,00	0,05	0,00
Formação Campestre	131,91	8,25	55,27	3,46	58,99	3,69	43,57	2,73
Pastagem	4,34	0,27	225,59	14,11	246,25	15,40	316,97	19,83
Infraestrutura Urbana	2,81	0,18	5,56	0,35	6,64	0,42	7,27	0,45
Outras Áreas não Vegetadas	4,40	0,28	2,27	0,14	2,67	0,17	3,60	0,23
Mineração	16,93	1,06	4,46	0,28	3,62	0,23	3,41	0,21
Massa d'água	0,00	0,00	15,16	0,95	122,54	7,66	122,59	7,67
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
Outras Lavouras Temporárias	0,93	0,06	1,89	0,12	0,93	0,06	0,39	0,02
Total	1.598,60	100,00	1.598,60	100,00	1.599,53	100,00	1.598,59	100,00

Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 14. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Gráfico 3 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Cana Brava entre 1989 e 2019

Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 13. Data: ago. 2021 (Systema Naturae).

Muito provavelmente devido às características de relevo extremamente acidentado, a região não apresenta características agressivas de ocupação do espaço por novas áreas urbanas, exceto a cidade de Minaçu. Assim, as áreas naturais tenderam a se manter mais preservadas, com as margens do reservatório estáveis.

No entorno da UHE Cana Brava foram estabelecidas três unidades de conservação: Área de Proteção Ambiental (APA) Pouso Alto (com área de 8.394,91 km²); Reserva Particular do Patrimônio Natural do Tombador (RPPN) (com 87,17 km²); e APA Lago de São Salvador

do Tocantins, Paranã e Palmeirópolis (com 142,25 km²). Conforme já observado, tais reservas podem servir como um importante mecanismo de proteção e conservação do meio ambiente na região (Figura 15).

5.2.3.2 Aspectos sociais

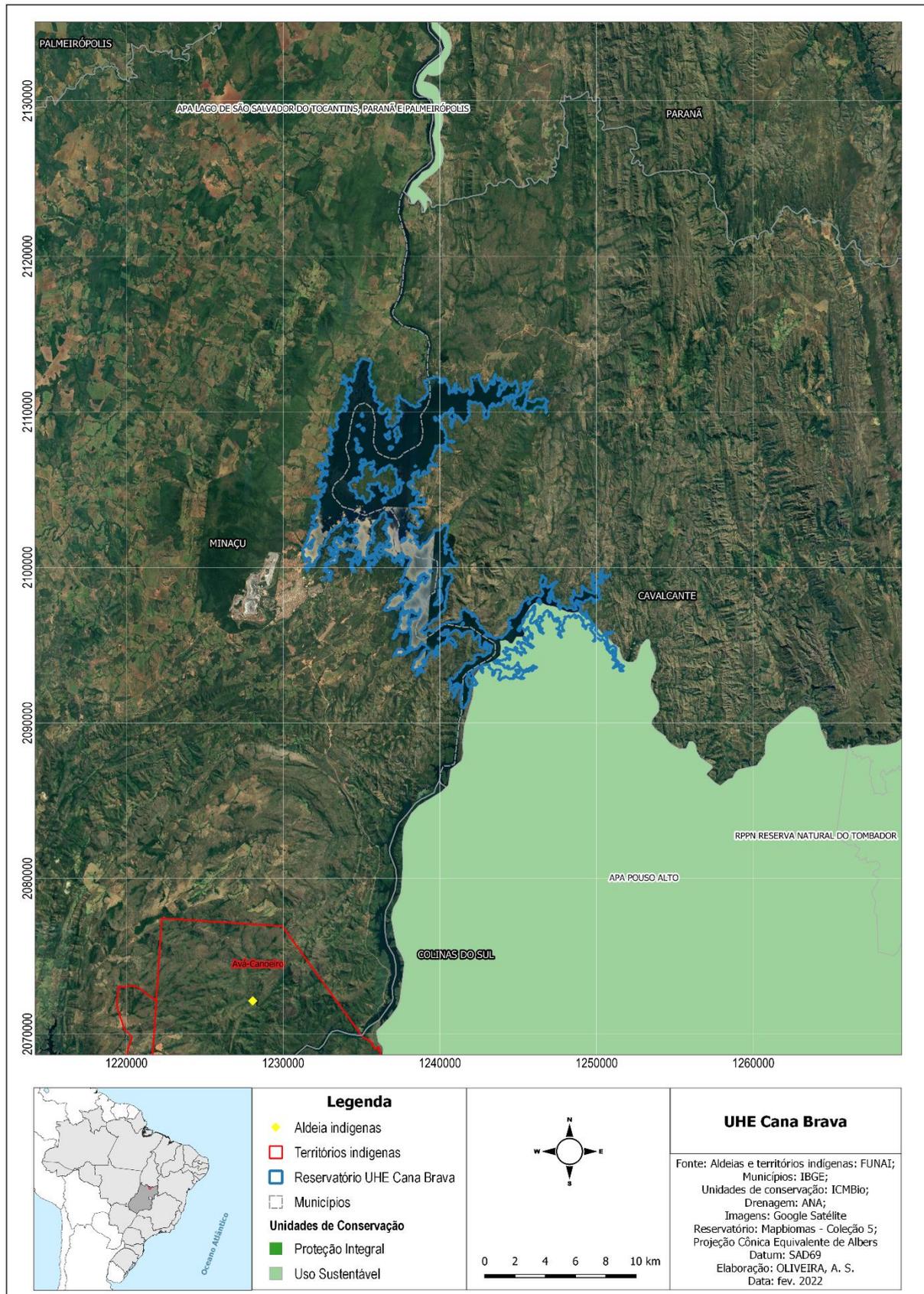
Além dos impactos ambientais provocados na região, o lago de Cana Brava também provocou conflitos sociais traumáticos envolvendo as famílias afetadas pela área inundada (CARDOSO JÚNIOR & LUNAS, 2018). Nos municípios que tiveram suas terras atingidas pelo empreendimento, foram afetadas 252 propriedades, total ou parcialmente: 88,1% na zona rural e os 11,9% restantes na zona urbana de Minaçu (BATISTELO, 2003).

Segundo Alves (2006), as populações de Goiás e do Distrito Federal começaram a vivenciar problemas, os quais atingiram não só os locais onde os projetos hidrelétricos foram instalados, como também alcançaram a circunvizinhança, na medida em que essas obras vão se espalhando e os vales dos rios e sítios hidrográficos vão sendo degradados e ribeirinhos vão sendo expulsos de suas terras (ALVES, 2006).

Batistelo (2003) explica que como a rede de infraestrutura viária, elétrica e telefônica era quase inexistente, não houve interferência que ocasionassem relocações significativas. O autor cita como interferências de natureza não-mensurável aquelas que passaram pelo processo de relacionamento entre empreendedor e a população, destacando os seguintes: a) o aumento da tensão social – alterações nas formas de organização e nas relações socioculturais da população pelo processo de desocupação; b) o corte ou alteração das relações espaciais; c) interferência sobre as relações sociais e a fragilização das comunidades; e d) as perdas relativas aos patrimônio histórico, cultural, paisagístico e arqueológico.

Além da APA Pouso Alto, chama a atenção da proximidade com a AI Avá-Canoeiro que apresenta bom nível de preservação das formações vegetais naturais o que, em parte, pode contribuir com a diversidade faunística e florística local e regional (Figuras 14 e 15). Conforme já mencionado, essa hipótese talvez se apresente como opção de preservação ambiental.

Figura 15 - Áreas de territórios indígenas e unidades de conservação no entorno da UHE Cana Brava



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: fev. 2022 (Systema Naturae).

5.2.3.3 Aspectos econômicos

Os três municípios afetados pela UHE Cana Brava (Cavalcante, Colinas do Sul e Minaçu) representavam 67% da população total da área atingida no ano de 2010. Essa proporção manteve-se em relação ao ano de 2000, evidenciando que, apesar do decréscimo das taxas por município, a população pobre ainda se concentra nesses três municípios, contradizendo o discurso do desenvolvimento defendido pela concessionária da usina hidrelétrica e pelo governo (CARDOSO JÚNIOR & LUNAS, 2019).

A formação do reservatório da UHE Cana Brava alagou terras produtivas, onde muitas propriedades atingidas não tiveram condições de manter o tipo de exploração agropecuária predominante na região. Com isso, alguns postos de trabalho no setor agropecuário, comercial, industrial e de serviço foram extintos (BATISTELO, 2003).

Cardoso Júnior & Lunas (2019) ao comparar indicadores sociais dos municípios próximos ao reservatório da UHE cana Brava, observa-se que apesar do município de Minaçu possuir a maior economia entre o grupo analisado, teve a terceira menor redução da taxa de vulnerabilidade à pobreza, reduzindo esse indicador em 20,83 pontos percentuais no período de 2000 a 2010. No mesmo sentido, aponta que o município de Cavalcante apresentou a segunda menor taxa de redução, 14,67 pontos percentuais.

A atividade de mineração apresentou sinais de declínio a partir do ano de 1999, chegando a representar 3,41 km² (0,21% do quadrilátero) em 2019. O plantio de soja se manteve discreto, com 13,53 km² (0,03% do quadrilátero). Em contraste, as áreas de pastagem cresceram expressivamente de 131,91 km² (8,25% do quadrilátero) em 1989 para 316,97 km² (19,83% do quadrilátero) em 2019, evidenciando novamente a importância dessas atividades no estado de Goiás (Figura 14; Tabela 3, Gráfico 3).

A UHE Cana Brava possui um reservatório que ocupa uma área de 139 km² e uma capacidade de geração de 450 MW, 0,35 km² por MW instalado por potencial instalado (ENGIE, 2022).

5.2.3.4 Aspectos jurídicos

O projeto da UHE Cana Brava foi concedido ao consórcio Tractebel Brasil Ltda. como resultado de uma licitação internacional promovida pela ANEEL, em março de 1998, tendo atualizado as informações do EIA/RIMA e preparado o Plano Básico Ambiental (PBA). As exigências ambientais foram incorporadas ao PBA, o que resultou no Environmental and Social Management Plan (ESMP). O Contrato de Concessão nº 185/1998, de 7 de agosto de 1989, foi

assinado entre a ANEEL e a Companhia Energética Meridional – CEM (subsidiária da Tractebel) que passou a regular o direito de uso do potencial hidráulico no rio Tocantins pela UHE Cana Brava por um período de 35 anos (ALVES, 2006).

O problema indígena em Cana Brava foi contemplado com uma das medidas condicionantes da Licença Prévia. O processo consultado mostra que em 23 de junho de 1999, o Empreendedor relacionou todos os licenciamentos concedidos até então, com cópia, “*e juntou cópia das condicionantes da LP - item 17: apresentar documento da FUNAI sobre condições com relação aos índios Avá*” (ARAÚJO, 2003).

A construção da UHE Cana Brava teve início no ano de 1990 com a aprovação do Estudo de Impacto Ambiental (EIA), expedido pela Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEMAGO) e a licença prévia foi concedida à estatal Furnas Centrais Elétricas S.A. Após a análise de viabilidade legal do projeto, a FEMAGO concedeu a licença de instalação em 1998. Concluída as obras, a UHE Cana Brava entrou em operação em maio de 2002 (CARDOSO JÚNIOR & LUNAS, 2019).

A UHE Cana Brava é um dos primeiros projetos privados desenvolvidos após o novo marco regulatório e institucional estabelecido a partir de 1995, sendo o primeiro projeto de PIE – Produção de Produção Independente de Energia (Independent Power Producer – IPP) no Brasil (ALVES, 2006).

5.2.4 UHE Luiz Eduardo Magalhães (Lajeado)

5.2.4.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo

A UHE Luiz Eduardo Magalhães foi a primeira hidrelétrica do país construída pela iniciativa privada após a reestruturação do setor elétrico na década de 1990. A UHE Luiz Eduardo Magalhães tem uma potência instalada de 902,5 MW, sendo que a construção teve início em 1998, teve a licença de operação emitida em 2001 e iniciou a geração de energia no início de 2002. A construção da barragem e a formação do reservatório atingiram seis municípios do Estado do Tocantins: Miracema do Tocantins, Lajeado, Palmas, Porto Nacional, Brejinho de Nazaré e Ipueiras – inundando uma área de 630 km² (LIMA, 2020).

Com a instalação da UHE Luiz Eduardo Magalhães, comparando a perda da cobertura vegetal original (formação florestal, formação savânica e formação campestre) e o aumento de outros usos do solo (Figura 16; Tabela 4; Gráfico 4), observa-se o seguinte:

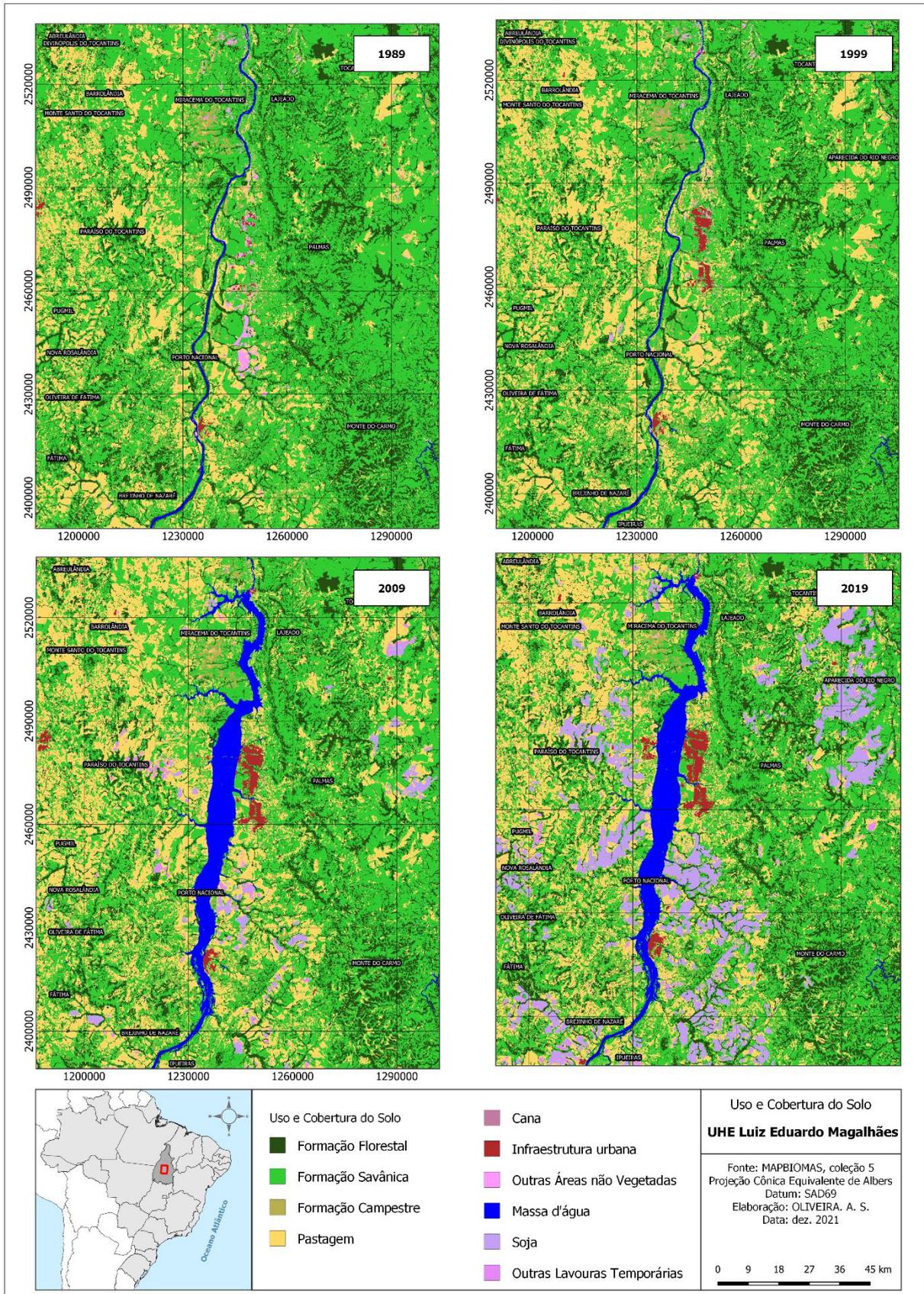
- a) No ano de 1989 a vegetação natural era prevalente, sendo que a formação florestal representava 17,15%, a formação savânica 57,52% e a formação campestre 2,46%

do quadrilátero analisado. Nesse ano, a área de pastagem representava apenas 21,04% da área analisada e a infraestrutura urbana 0,18% da área.

- b) No ano de 1999 a vegetação natural sofreu uma redução significativa, passando a formação florestal representar 16,46%, a formação savânica 53,74% e a formação campestre 2,54%. A área de pastagem subiu para 25,41% e a infraestrutura urbana aumentou para 0,57% da área.
- c) No ano de 2009 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 14,80%, a formação savânica 45,87% e a formação campestre 2,42%. A área de pastagem subiu para 29,17% do quadrilátero analisado. A infraestrutura urbana aumentou para 0,84% da área. Entre 1989 e 1999 a área de vegetação natural continuou a diminuir em contraste com o aumento da área de pastagens.
- d) No ano de 2019 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 14,94%, a formação savânica 39,98% e a formação campestre 2,04%. A área de pastagem chegou a 27,65% do quadrilátero analisado e a infraestrutura urbana aumentou para 1,11%.

Da mesma forma que ocorreu nas demais grandes usinas instaladas na bacia do Rio Tocantins, houve uma significativa perda de cobertura vegetal original e um aumento contínuo de outros usos do solo, como a pastagem, plantação de soja e outras lavouras, em contraste com o aumento da infraestrutura urbana. Entre 1989 e 2019, as características espaciais da UHE Luiz Eduardo Magalhães evidenciam a perda das áreas naturais (formação florestal, formação savânica, floresta plantada e formação campestre) no entorno do reservatório, com um decréscimo significativo de 10.346,97 km² (77,13% do quadrilátero) para 7.641,60 km² (71,58% do quadrilátero). O plantio de soja que não existia na região, surgiu no ano de 2009 com área de 132,11 km² (0,98% do quadrilátero) e intensificou em 2019, chegando a 1.087,62 km² (8,11% do quadrilátero) (Figura 16; Tabela 4).

Figura 16 - Áreas de uso e cobertura do solo da UHE Luiz Eduardo Magalhães nos anos de 1989, 1999, 2009 e 2019



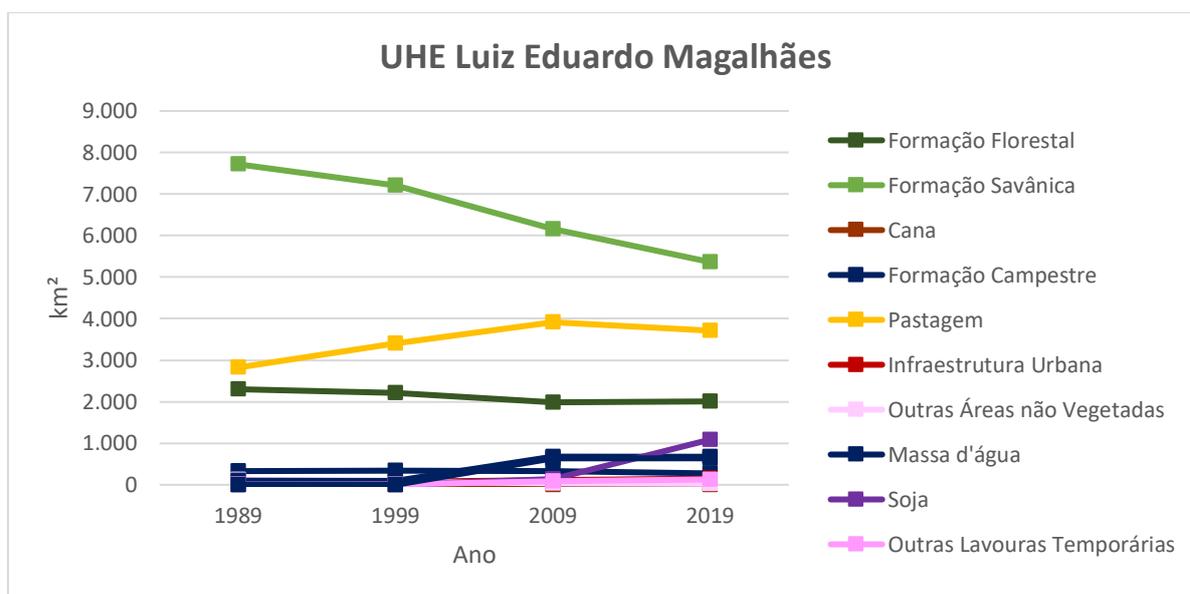
Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Tabela 4 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Luiz Eduardo Magalhães por categoria entre 1989 e 2019

Uso e Cobertura do Solo	1989		1999		2009		2019	
	km ²	%						
Formação Florestal	2.300,34	17,15	2.208,76	16,46	1.985,62	14,80	2.004,54	14,94
Formação Savânica	7.716,96	57,52	7.209,49	53,74	6.153,41	45,87	5.363,35	39,98
Formação Campestre	329,68	2,46	340,15	2,54	325,25	2,42	273,71	2,04
Pastagem	2.823,15	21,04	3.409,28	25,41	3.913,99	29,17	3.710,05	27,65
Cana	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Infraestrutura Urbana	24,10	0,18	76,48	0,57	112,12	0,84	148,32	1,11
Outras Áreas não Vegetadas	121,79	0,91	70,89	0,53	29,02	0,22	23,05	0,17
Massa d'água	94,61	0,71	94,17	0,70	677,45	5,05	675,71	5,04
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	132,11	0,98	1.087,62	8,11
Outras Lavouras Temporárias	5,15	0,04	6,52	0,05	86,79	0,65	129,41	0,96
Total	13.415,78	100,00	13.415,75	100,00	13.415,76	100,00	13.415,76	100,00

Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 16. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Gráfico 4 - Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Luiz Eduardo Magalhães entre 1989 e 2019



Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 14. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

A formação do reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães provocou sérios danos ao meio ambiente terrestre e aquático. Chaves et al. (2021) apontam sérios impactos físico-bióticos com a construção da UHE Luiz Eduardo Magalhães, tais como: redução da fauna e ictiofauna local; redução da vazão à jusante e alagamento de vegetação original agravado pelo fato de que a vegetação do reservatório não foi suprimida integralmente.

As unidades de conservação Área de Proteção Ambiental (APA) Serra do Lajeado (com área total de 638,58 km²), APA Lago de Palmas (com área total de 1.118,82 km²) e a área de proteção integral, Parque Estadual (PARES) do Lajeado (com área total de 107,50 km²) servem para assegurar a qualidade de vida da população local; realizar estudos técnico-científicos; desenvolver projetos de uso sustentável dos recursos naturais; proteger e restaurar a diversidade biológica e recuperar as áreas afetadas (Figura 17).

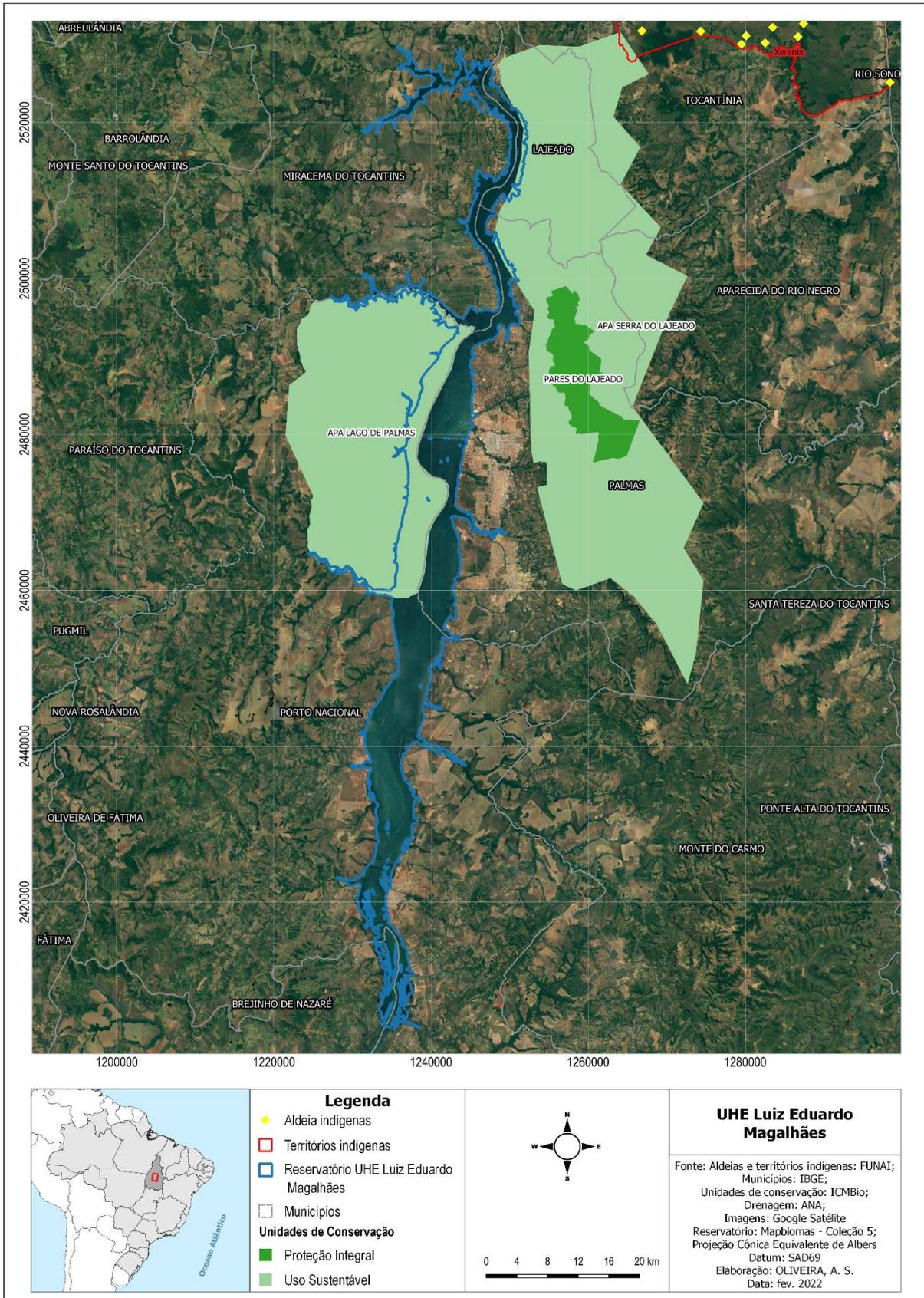
5.2.4.2 Aspectos sociais

A UHE Luiz Eduardo Magalhães afetou 4.777 famílias, cerca de 16.241 pessoas, e reassentou 363 delas na zona rural. Ao realizar uma macroanálise, saindo do universo dos reassentamentos para o dos municípios da região, observa-se que o IDHM dos municípios afetados e o do grupo de controle são semelhantes. De uma forma geral, todos tiveram aumento de IDHM no período do ano 2000, época da construção da usina, para o ano de 2010 (FERREIRA, 2020).

Os estudos de Araújo (2003) apontam que a cidade de Lajeado dobrou de população. Proliferou na pequena cidade a construção de alojamentos, barracos de tijolo, de palha e as empreiteiras alugaram até prédio de colégio para alojar pessoas. Assim, a cidade viveu um caos.

Quanto ao município de Porto Nacional, é relatado que alguns meses após inauguração da UHE Luiz Eduardo Magalhães foram coletadas pela Universidade Estadual do Tocantins (UNITINS), amostras da água daquela área para serem analisadas em laboratório. Os resultados apresentados foram de que a água era de má qualidade e que a praia deveria ficar interdita até tomarem as medidas cabíveis. Segundo o empreendedor e toda a mídia, o complexo turístico no município de Porto Nacional “*seria o maior benefício para a cidade, em consequência do “lago”*”. A praia artificial foi construída a uns 200 metros da margem direita da represa, formando uma ilha, e para chegar lá deve-se tomar uma balsa, ou canoa tipo voadeira. O turismo fracassou na temporada de 2003, principalmente após ser constatada pelos laudos da Unitins que a água estava poluída e que poderia provocar doenças de pele (ARAÚJO, 2003).

Figura 17 – Área de influência do reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães, áreas de proteção ambiental e territórios indígenas



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: fev. 2022 (Systema Naturae).

No ano de 2002 as principais comunidades urbanas atingidas em Porto Nacional pela UHE Luiz Eduardo Magalhães foram as comunidades de Pinheirópolis e Pirraça, que residiam às margens do antigo leito do rio Tocantins, perto da ponte. Eram pequenos agricultores que antes conseguiam vender sua produção de frutas (Pequi, Murici, Bacaba, Mangaba, Caju, Cajuí, mais os legumes e as verduras) e perderam uma importante fonte de renda (ARAÚJO, 2003).

Chaves, Guisti & Struch (2021) lembram que apesar da iniciativa privada ter conseguido a conclusão de procedimentos legais, com a emissão de todas as licenças, permaneceram muitas incoerências nos processos de indenização e reassentamento da população atingida. A título de exemplo, citam-se as inúmeras denúncias acerca das estruturas das casas construídas no reassentamento de Luzimangue, havendo, inclusive, o registro de um desabamento do centro comunitário dos reassentados. Os moradores apontam a baixa qualidade do material usado nas construções, como também a fragilidade e instabilidade das estruturas.

No final do ano de 2002, dados indicam que, no município de Palmas, o setor imobiliário cresceu bastante na margem direita do rio, com vários bairros residenciais se instalando próximo à ponte do Rio Tocantins. O autor lembra que segundo o Governo Estadual e a prefeitura de Palmas, haveria um plano gestor do turismo, que vigoraria após o “lago” ser formado, e dentro dele, um projeto Orla, com previsão de várias obras de infra-estrutura, hotéis, uma avenida Beira Rio com 20km de extensão, praia artificial, praças públicas com jardinagem, playground, clubes náuticos, quadras poliesportivas. Um ano depois, em fevereiro de 2003, podia ser constatado que apenas uma pequena parte do projeto existia, em relação a tudo que estava previsto nos folders e nos sites oficiais e também comparando-se com a maquete do projeto que ficava exposta para o público no escritório central da Investco (ARAÚJO, 2003).

Araújo (2003) lembra, ainda, que outro problema previsível nas áreas de represa - a alteração no nível do lençol d'água sub-superficial, ou freático, que oscila conforme o nível do rio - deve estar ocorrendo em Palmas desde o enchimento definitivo do reservatório em 2002. A Naturatins e a Investco já haviam reconhecido tal risco desde a elaboração dos Programas Básicos Ambientais, um dos quais seria específico para o estudo da elevação do lençol freático sob o solo da capital estadual.

As comunidades rurais em vários municípios foram submersas pela represa: Pinheirópolis, Lajeado, Vila Canela, Pratinha, mais as cachoeiras Ilha da Ema e Carreira Comprida, que se localizavam num afluente do Tocantins, o Núcleo Familiar Brejão são as mais conhecidas (ARAÚJO, 2003).

Venâncio & Chelotti (2021) observam que a barragem de Lajeado acarretou inúmeros efeitos negativos aos Akwê-Xerente (locados na AI Xerente), principalmente no que se refere

à alimentação, pois a alteração do fluxo do rio refletiu negativamente na qualidade e quantidade de roças de várzeas e, também, na quantidade de peixes e outros alimentos disponíveis. A partir de muita luta e com o auxílio do Ministério Público Federal, os Akwê foram reconhecidos como atingidos. Assim, o Programa de Compensação Ambiental Xerente - Procambix foi uma medida compensatória com o objetivo de amenizar as perdas sofridas por esse povo. No entanto, o Procambix não diminuiu tais efeitos. Pelo contrário, aprofundou ainda mais a precarização do território, pois foi implantado de fora para dentro, sem considerar as especificidades culturais desse povo. A AI Xerente (com área de 1.713,83 km²) fica a jusante da UHE Luiz Eduardo Magalhães e vem sofrendo, entre inúmeros outros problemas, todos os efeitos sobre a fauna e flora local provocados, direta ou indiretamente, pela instalação da usina (Figura 17).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) nos municípios envolvidos por empreendimentos hidrelétricos no Rio Tocantins apresentou crescimento nos anos de 1991 e 2000, indicando que houve melhoria na qualidade de vida das populações. No entanto, apesar da constatação da melhoria na qualidade de vida, muitos ainda são os desafios a serem enfrentados e solucionados no que diz respeito às questões de pobreza e desigualdade (NERES et al., 2017).

Mesmo que os indicadores sociais apontem para uma melhora na qualidade de vida da população atingida pela construção da UHE Luiz Eduardo Magalhães não é possível afirmar que essa melhora ocorreu em razão da usina uma vez que os indicadores sociais também registram melhora em outros municípios da região que não foram atingidos pela usina.

O processo de urbanização apresentou um aumento significativo, passando de 24,09km² (0,18% do quadrilátero) em 1989 para 148,32km² (1,11% do quadrilátero) em 2019 (Figura 16; Tabela 4; Gráfico 4).

5.2.4.3 Aspectos econômicos

Analisando os índices de desenvolvimento sustentável, sob o ponto de vista ambiental, social e econômico das populações atingidas com a instalação da UHE Luiz Eduardo Magalhães, Santos (2013) verificou que, das dimensões dos meios de vida analisadas, quatro ficaram mais robustas e uma, a dimensão natural, decresceu. Mesmo assim, a UHE Luiz Eduardo Magalhães não conseguiu impulsionar o Desenvolvimento Sustentável Local, como previsto na divulgação do empreendimento feita pelo Governo do Estado e pelo empreendedor (SANTOS, 2013).

Lima (2020) informa que houve um aumento do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) e do Produto Interno Bruto (PIB) em todos os municípios diretamente atingidos pela UHE Luiz Eduardo Magalhães, mas sem que tenha uma relação direta com a usina. No município de Lajeado, o ICMS começou a aumentar partir de 2010, quase uma década após o início da operação da UHE, aparentemente relacionado ao aumento de serviços. Os valores do PIB decomposto indicam que o setor da indústria onde estariam incluídas as contribuições da UHE foi relativamente baixo em relação a outros setores. Portanto, observa-se que a implementação da UHE Luiz Eduardo Magalhães não foi o fator determinante para o desenvolvimento local nesses municípios analisados, as variáveis econômicas, especialmente o emprego, reafirmam o fenômeno de boom e bust.

Outros impactos socioeconômicos foram observados em decorrência da UHE Luiz Eduardo Magalhães, tais como: condições de trabalho degradantes ou análogas ao trabalho escravo no canteiro de obras; e concorrência pelo uso de recursos naturais ou territórios como, por exemplo, o impedimento da prática da pequena mineração nas áreas alagadas pelo reservatório (CHAVES; GUISTI & STRUCH, 2021).

Sob o ponto de vista econômico, verificou-se que a construção da UHE Luiz Eduardo Magalhães desencadeou uma urbanização desordenada na região do entorno do reservatório. Em Palmas gerou uma especulação imobiliária e uma instabilidade fundiária. Em Porto Nacional o turismo ficou praticamente inviabilizado nos primeiros anos da formação do reservatório (ARAÚJO, 2003).

A cultura de soja, que era inexistente em 1999, passou a ser de 132,11 km² (0,98% do quadrilátero) em 2009 e 1.087,62 km² (8,11% do quadrilátero). Outras culturas temporárias também tiveram um aumento significativo de 5,15 km² (0,04% do quadrilátero) chegando a 129,41 km² (0,96% do quadrilátero) em 2019. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 2.823,15km² (21,04% do quadrilátero) em 1989 para 3.710,04 km² (27,65% do quadrilátero) em 2019. (Figura 16; Tabela 4; Gráfico 4).

O reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães ocupa uma área de 630 Km² com capacidade instalada de 902,5 MW, ou seja, aproximadamente 0,70 km² por MW instalado. (INVESTCO, 2022)

5.2.4.4 Aspectos jurídicos

Segundo Araújo (2003), no dia 20 de dezembro de 1997, foram apresentados o EIA/RIMA da UHE Luiz Eduardo Magalhães, elaborado pela Themag Engenharia e Gerenciamento Ltda. para a Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins - CELTINS; Parecer Técnico nº 092/97, relativo à análise do EIA/RIMA, emitido pelo Instituto Natureza do Tocantins - NATURATINS em 09 de junho de 1997; a Análise do EIA/RIMA, elaborada pela empresa de Consultoria, Planejamento e Assessoria Florestal Ltda. - CONFLORA e apresentado a NATURATINS em maio de 1997. No dia 03 de março de 1998, o empreendedor requereu autorização para construção do canteiro de obras e ensecadeiras, e apresentou aos órgãos ambientais e ao Ministério Público Federal seis Programas Básicos Ambientais PBAs. O autor narra que foi feito um Requerimento de Prorrogação da Licença Prévia em 15 de abril de 1998 e em 29 de junho de 1998 foi expedida a Licença de Instalação pela Secretaria Estadual de Planejamento e Meio Ambiente (SEPLAN) e pelo Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS), conforme o processo NATURATINS nº 0080/96.

Chaves, Guisti & Struch (2021) apontam como principais fatores de conflitos judiciais na instalação da UHE Luiz Eduardo Magalhães os seguintes: Descumprimento das ações previstas no PBA; Falta de informações e inconsistências nos estudos de fauna, flora e questão indígena; Problemas no processo de indenização e reassentamento das populações atingidas; Diagnósticos realizados após a emissão da LP; Atrasos e inconsistências na realização dos estudos étnicos; e Questões fundiárias envolvendo as áreas delimitadas pelo PBA.

Araújo (2003) observa que, em geral, foi bastante curto o tempo total transcorrido desde a primeira iniciativa de obter autorizações e licenças para o projeto Lajeado - pouco mais de cinco anos, do primeiro semestre de 1996, até o seu funcionamento parcial no final de 2001. Diante desta evolução rápida do projeto, problemas ficaram pendentes na área social, fundiária, ambiental, e setores da sociedade começaram a se manifestar preocupados, ou prejudicados, ou simplesmente desinformados do que aconteceria.

Da mesma forma que ocorreu nas demais grandes usinas instaladas na bacia do Rio Tocantins, na instalação da UHE Luiz Eduardo Magalhães as realocações de comunidades ribeirinhas e indígenas foram objeto de demandas judiciais em busca indenização ou compensação pelos danos causados pela instalação da usina.

5.2.5 UHE Peixe Angical

5.2.5.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo

A UHE Peixe Angical tem um potencial instalado de 498,75 MW, começou a ser construída em 2002 e entrou em operação em 2006. Está localizada entre os municípios de Peixe, São Salvador do Tocantins e Paranã, na região sul do Estado do Tocantins. A barragem de Peixe Angical possui um reservatório de 294 km² (FURNAS, 2021).

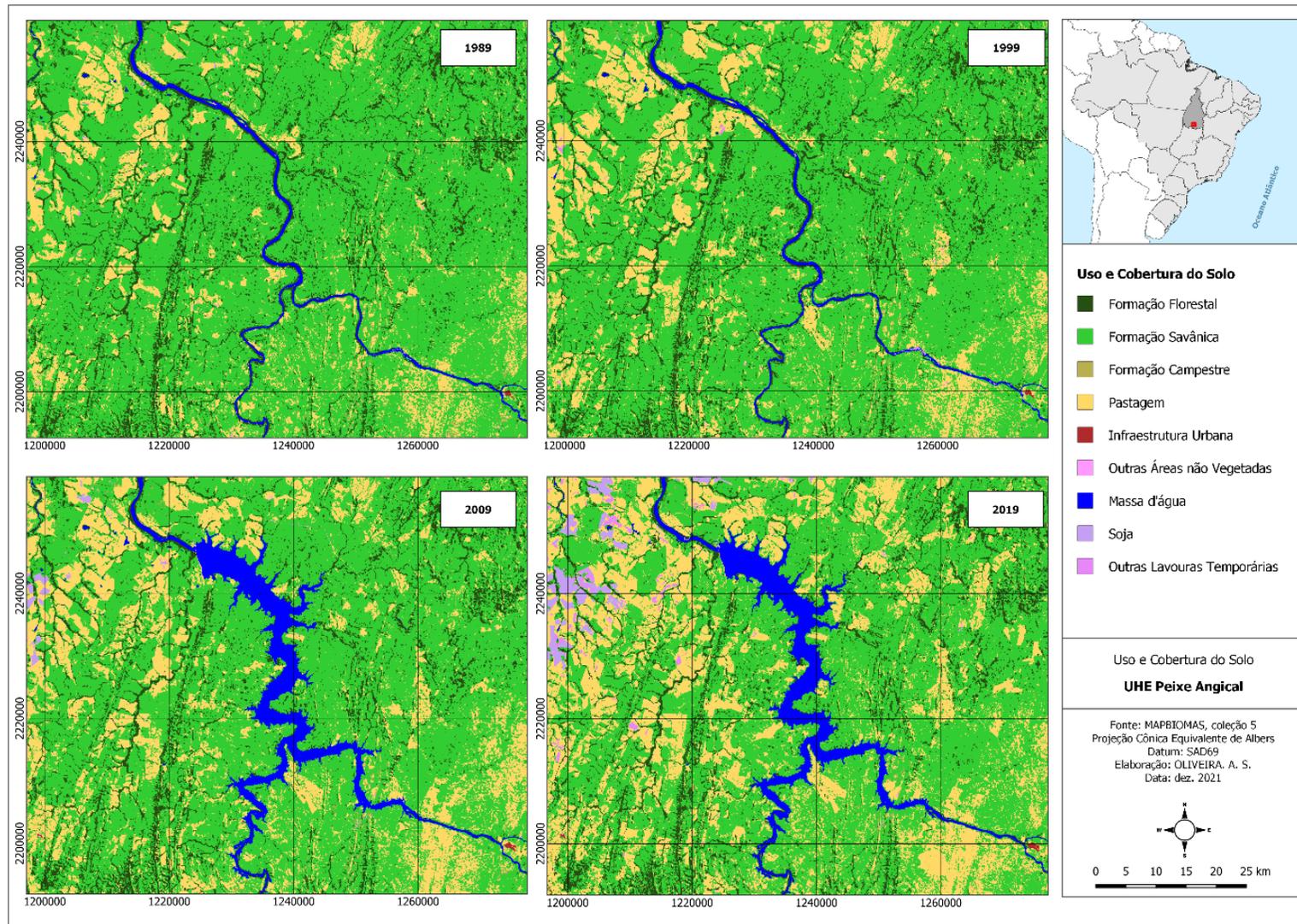
Com a instalação da UHE Peixe Angical, comparando a perda da cobertura vegetal original (formação florestal, formação savânica e formação campestre) e o aumento de outros usos do solo (Figura 18; Tabela 5; Gráfico 5), observa-se o seguinte:

- a) No ano de 1989 a vegetação natural era prevalente, sendo que a formação florestal representava 11,10%, a formação savânica 75,04% e a formação campestre era de 0,42%, totalizando 86,56% do quadrilátero analisado. Nesse ano, a área de pastagem representava apenas 11,78% da área analisada e a infraestrutura urbana era inexistente no entorno do reservatório.
- b) No ano de 1999 a vegetação natural apresentava uma redução, passando a formação florestal representar 11,05%, a formação savânica 72,31% e a formação campestre 0,39%. A área de pastagem subiu para 14,63% e a infraestrutura urbana continuava inexistente no entorno do reservatório.
- c) No ano de 2009 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 8,69%, a formação savânica 65,96% e a formação campestre 0,42%. A área de pastagem subiu para 17,88% do quadrilátero analisado. A infraestrutura urbana apresentava uma ocupação de 0,11 km².
- d) No ano de 2019 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 8,61%, a formação savânica 58,00% e a formação campestre 0,36%. A área de pastagem chegou a 25,34% do quadrilátero analisado e a infraestrutura urbana aumentou para 0,17 km².

Entre 1989 e 2019, as características espaciais da UHE Peixe Angical evidenciam a perda das áreas naturais no entorno do reservatório. As áreas naturais (formação florestal, formação savânica, floresta plantada e formação campestre) sofreram um decréscimo significativo de 3.187,60 km² (86,56% do quadrilátero) para 2.466,30km² (66,97% do quadrilátero). A cultura de soja que não existia antes até o final do ano de 2009, aparece com 16,04 km² em 2019. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 433,63 km² (11,78%

do quadrilátero) em 1989 para 933,08 km² (25,34% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância da atividade de pecuária também na região. Nos quadrantes a W e NW é observável o avanço de atividades relacionadas à outras culturas e/ou atividades que demandam perda de área vegetada natural (cerca de 4km²). Semelhantemente, é importante ressaltar o fato que a expansão da infraestrutura urbana variou de 0,11 km² para 0,17 km², no período de instalação da UHE Peixe Angical, podendo ser considerado como um aumento relevante (Figura 18; Tabela 5; Gráfico 5).

Figura 18 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE Peixe Angical entre 1989 e 2019



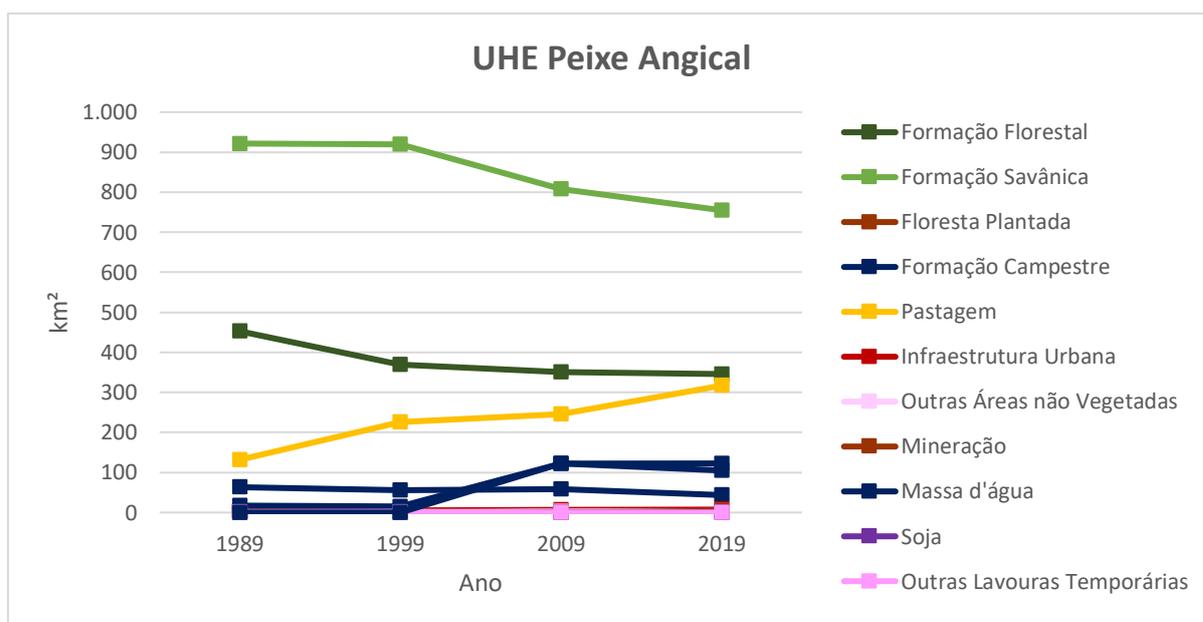
Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Tabela 5 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Peixe Angical por categoria entre nos anos de 1989 e 2019

Uso e Cobertura do Solo	1989		1999		2009		2019	
	km ²	%						
Formação Florestal	408,87	11,10	407,02	11,05	319,90	8,69	317,15	8,61
Formação Savânica	2.763,27	75,04	2.662,66	72,31	2.428,80	65,96	2.135,74	58,00
Formação Campestre	15,46	0,42	14,23	0,39	15,32	0,42	13,41	0,36
Pastagem	433,63	11,78	538,58	14,63	658,45	17,88	933,08	25,34
Infraestrutura Urbana	0,00	0,00	0,03	0,00	0,11	0,00	0,17	0,00
Outras Áreas não Vegetadas	2,21	0,06	1,90	0,05	2,59	0,07	3,18	0,09
Massa d'água	57,36	1,56	55,40	1,50	254,28	6,91	249,54	6,78
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	2,32	0,06	16,04	0,44
Outras Lavouras Temporárias	1,62	0,04	2,58	0,07	0,64	0,02	14,12	0,38
Total	3.682,42	100,00	3.682,40	100,00	3.682,41	100,00	3.682,43	100,00

Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 18. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

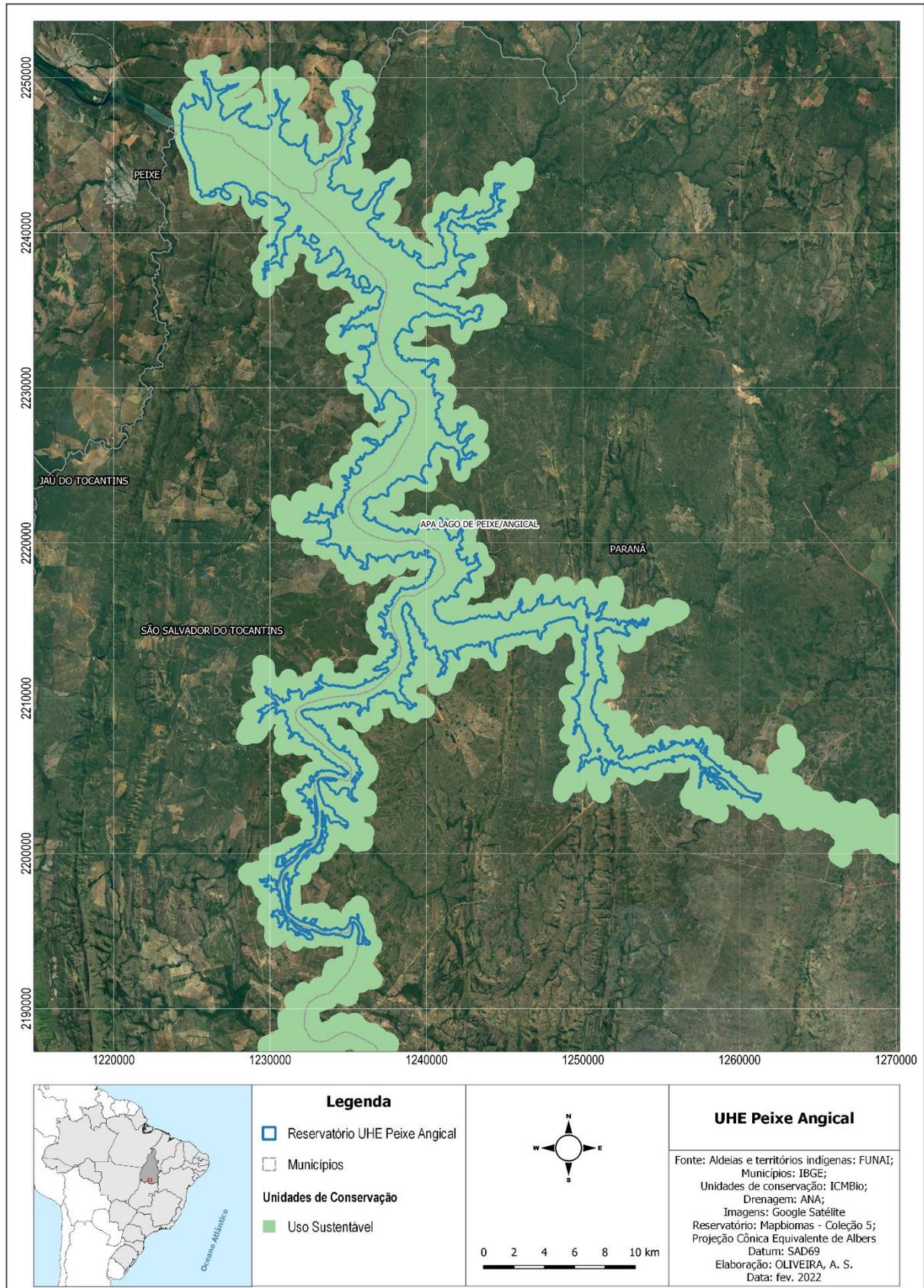
Gráfico 5 – Projeção temporal do uso e cobertura do solo no entorno da UHE Peixe Angical entre 1989 e 2019



Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 16. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

A unidade de conservação APA Lago de Peixe Angical (com área total de 754,51 km²) abrange todo o reservatório da UHE Peixe Angical e serve para assegurar a qualidade de vida da população local; realizar estudos técnico-científicos; desenvolver projetos de uso sustentável dos recursos naturais; proteger e restaurar a diversidade biológica e recuperar as áreas afetadas (Figura 19).

Figura 19 – Área de influência do reservatório da UHE Peixe Angical da APA Lago de Peixe Angical.



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: fev. 2022 (Systema Naturae).

5.2.5.2 Aspectos sociais

Segundo Maldaner et al (2019), através de análise das previsões da Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia do Rio Tocantins, referente ao período compreendido entre 2006 e 2015, foram considerados os cenários de potencialidades no que se refere à socioeconomia dos municípios de Palmeirópolis, Paranã, Peixe e São Salvador do Tocantins, no Estado do Tocantins, impactados diretamente pelas usinas hidrelétricas (UHEs) Peixe Angical e São Salvador. Os resultados apontam que os cenários socioeconômicos previstos foram parcialmente alcançados, especialmente com o aumento da receita municipal. Porém, outros indicadores socioeconômicos revelaram que o índice de desenvolvimento econômico e social nos municípios não corresponde às previsões contempladas no estudo de planejamento da bacia do Rio Tocantins.

Lima (2020), lembra que houve diferentes formas adotadas para se estabelecer o debate entre o Ministério Público, empreendedores, poder público, gestor e representantes dos atingidos (MAB). Essa estratégia foi alvo de críticas, pois muitas vezes as demandas eram resolvidas à medida que surgiam e não tinham sido planejadas antes, assim como as instituições se reuniam, mas às vezes a população não participava, apenas alguns representantes. Ainda assim, foi considerada válida pelos agentes porque garantiam a participação e fiscalização do que haviam decidido.

5.2.5.3 Aspectos econômicos

Nos municípios de Peixe e Paranã, impactados pela hidrelétrica de Peixe Angical, observou-se que a variável “emprego” teve um boom nos anos de 2003 e 2004, no auge da construção da hidrelétrica. No entanto, em 2006 iniciou o decréscimo, com destaque na cidade de Peixe, que teve um número de demissões alarmantes e demorou a se recuperar, pelo menos à condição inicial antes do empreendimento. Isso demonstra claramente uma economia de boom e bust em curto espaço de tempo. Além do déficit no emprego, é necessário ressaltar que em pequenos municípios, com recursos e oportunidades escassas, uma queda brusca de emprego gera problemas de ordem tanto social como econômica, a exemplo, impactos no comércio local, serviços e outros (LIMA, 2020).

Entre 1989 e 2019, a cultura de soja que não existia antes, se manteve discreta até o final do ano de 2009, com 16,04 km², representando menos de zero por cento do quadrilátero. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 433,63 km² (11,78% do quadrilátero) em

1989 para 933,08 km² (25,34% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância da atividade de pecuária também na região (Figura 18; Tabela 5; Gráfico 5).

O reservatório da UHE Peixe ocupa uma área de 294 km² com capacidade instalada de 498,75 MW, ou seja, aproximadamente 0,59 km² por MW instalado (FURNAS, 2022).

5.2.5.4 Aspectos jurídicos

O licenciamento da UHE Peixe Angical foi conduzido pelo IBAMA/TO, e os estudos do EIA e o RIMA foram realizados pela Themag Engenharia, sendo implementados 25 PBAs, com a licença de instalação emitida em 2002 (LIMA, 2020).

A UHE de Peixe Angical ficou interrompida por cerca de um ano até ser retomada em outubro de 2003, com a entrada de FURNAS na Sociedade de Propósito Específico Enerpeixe, hoje formada pela Energias do Brasil (Grupo EDP /Energias de Portugal), com 60% de participação, e FURNAS, com 40%, totalizando investimentos de R\$ 1,6 bilhão (FURNAS, 2022).

Para Peixe Angical e São Salvador, foi adotado o foro de negociação, que foi considerado um avanço com relação a Lajeado. Essa estratégia de negociação foi a melhor dentre as ocorridas no Estado. Teve avanço no sentido de negociar as terras, localização dos reassentamentos, construção de casas etc. No entanto, nem mesmo com essa estratégia é possível dizer que houve a ampla participação dos atores locais e disponibilidade de informações que proporcionasse a esses, a capacitação necessária para resultados totalmente exitosos (LIMA, 2020).

5.2.6 UHE São Salvador

5.2.6.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo

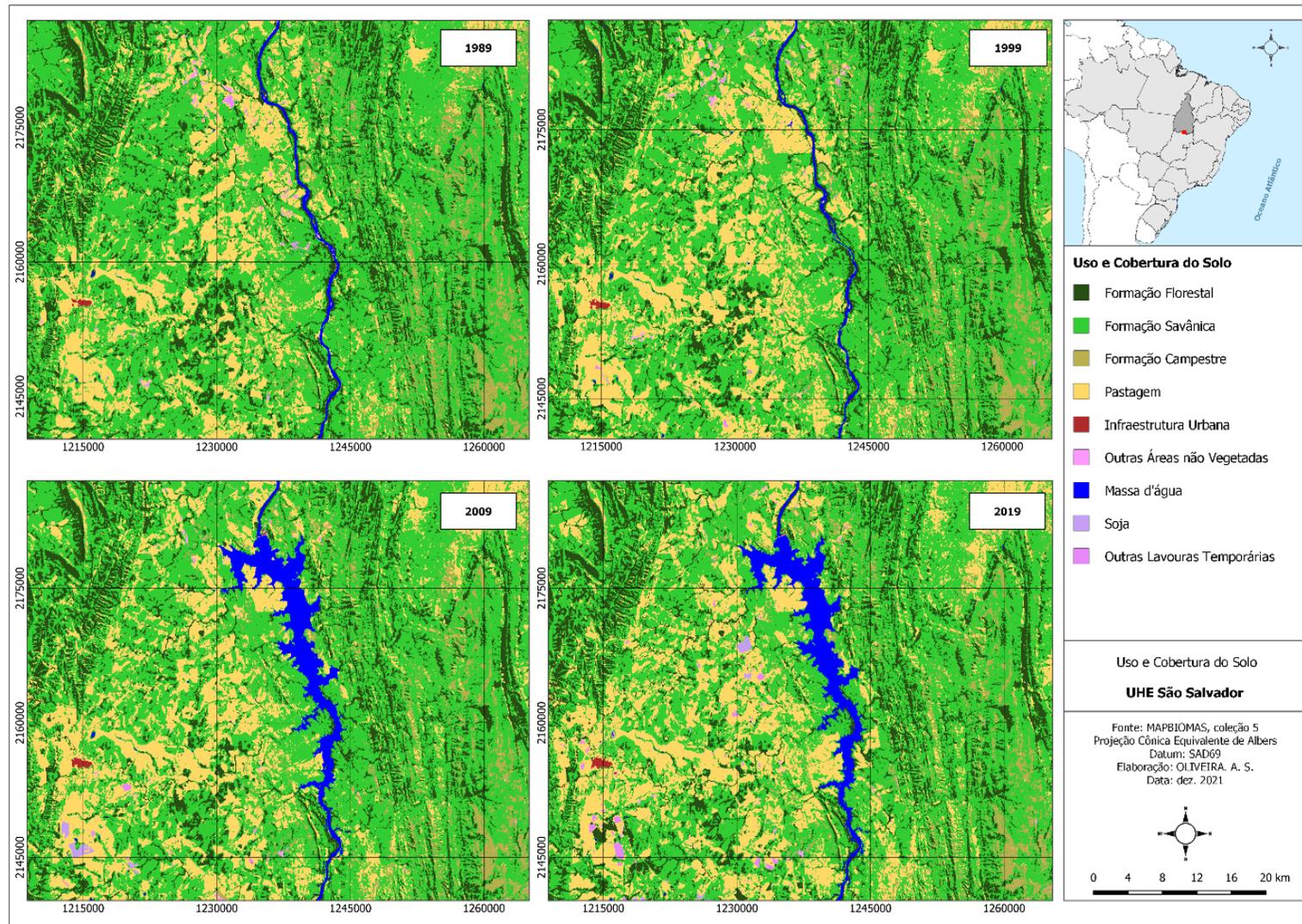
A UHE São Salvador tem um potencial de 243,2 MW, localizada entre os municípios de São Salvador e Paranã, ambos na região sul do Estado do Tocantins. Essa usina teve a construção iniciada em 2005, obteve licença para operação em 2008 e iniciou a geração de energia em 2009. Tem uma área de 104 km² de reservatório, impactando diretamente no estado do Tocantins, nos municípios de Paranã, São Salvador e Palmeirópolis (LIMA, 2020).

Com a instalação da UHE São Salvador, comparando a perda da cobertura vegetal original (formação florestal, formação savânica e formação campestre) e o aumento de outros usos do solo (Figura 20; Tabela 6; Gráfico 6), observa-se o seguinte:

- a) No ano de 1989 a vegetação natural era prevalente, sendo que a formação florestal representava 19,20%, a formação savânica 59,51% e a formação campestre 3,14% do quadrilátero analisado. Nesse ano, a área de pastagem representava apenas 17,06% da área analisada e a infraestrutura urbana representava apenas 0,05% da área.
- b) No ano de 1999 a vegetação natural sofreu uma redução significativa, passando a formação florestal representar 17,85%, a formação savânica 58,04% e a formação campestre 2,69%. A área de pastagem subiu para 20,37% e a infraestrutura urbana aumentou para 0,07% da área.
- c) No ano de 2009 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 16,88%, a formação savânica 54,81% e a formação campestre 2,72%. A área de pastagem subiu para 21,86% do quadrilátero analisado. A infraestrutura urbana aumentou para 0,10% da área. Entre 1989 e 1999 a área de vegetação natural continuou a diminuir em contraste com o aumento da área de pastagens.
- d) No ano de 2019 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 17,64%, a formação savânica 52,23% e a formação campestre 2,43%. A área de pastagem chegou a 23,83% do quadrilátero analisado e a infraestrutura urbana aumentou para 0,11%.

Entre 1989 e 2019, as características espaciais da UHE São Salvador evidenciam a perda das áreas naturais no entorno do reservatório. As áreas naturais (formação florestal, formação savânica, floresta plantada e formação campestre) sofreram um decréscimo significativo de 3.431,23 km² (81,85% do quadrilátero) para 2.020,02km² (72,3% do quadrilátero). A cultura de soja que não existia antes até o final do ano de 1999, se manteve discreta, com 2,48 km² em 2019. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 476,75 km² (17,06% do quadrilátero) em 1989 para 665,99 km² (23,83% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância da atividade de pecuária também na região (Figura 20; Tabela 6; Gráfico 6).

Figura 20 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE São Salvador entre 1989 e 2019



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

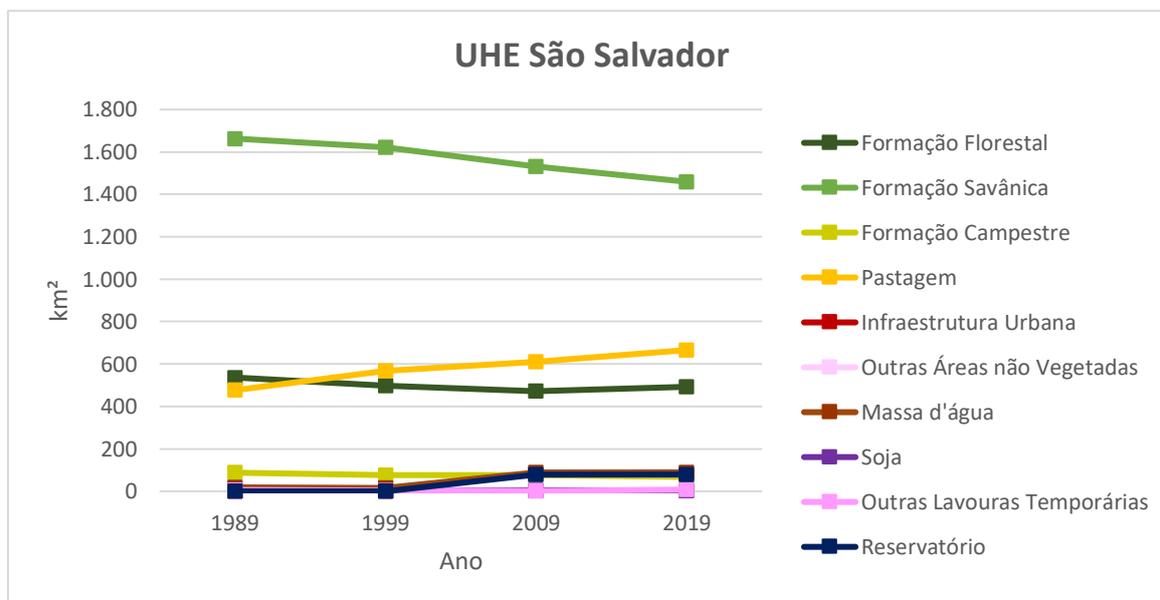
A expansão da infraestrutura urbana variou de 1,45 km² (0,05% do quadrilátero) em 1989 para 3,01 km² (0,11% do quadrilátero), podendo ser considerado como um aumento relevante. O reservatório da UHE São Salvador teve o seu enchimento no período de 1999 a 2009. A massa d'água do reservatório se manteve perene no período de 2009 a 2019 ocupando 2.794,33 km² (2,83% do quadrilátero) (Figura 20; Tabela 6; Gráfico 6).

Tabela 6 - Uso e cobertura do solo na área da UHE São Salvador por categoria entre 1989 e 2019

Uso e Cobertura do Solo	1989		1999		2009		2019	
	km ²	%						
Formação Florestal	536,40	19,20	498,75	17,85	471,74	16,88	492,91	17,64
Formação Savânica	1.662,91	59,51	1.621,79	58,04	1.531,71	54,82	1.459,35	52,23
Formação Campestre	87,67	3,14	75,19	2,69	75,88	2,72	67,77	2,43
Pastagem	476,75	17,06	569,17	20,37	610,81	21,86	665,99	23,83
Infraestrutura Urbana	1,45	0,05	2,09	0,07	2,70	0,10	3,01	0,11
Outras Áreas não Vegetadas	6,78	0,24	8,05	0,29	7,15	0,26	5,91	0,21
Massa d'água	17,38	0,62	15,75	0,56	89,04	3,19	89,44	3,20
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	4,29	0,15	2,48	0,09
Outras Lavouras Temporárias	5,00	0,18	3,54	0,13	1,00	0,04	7,48	0,27
Total	2.794,34	100,00	2.794,33	100,00	2.794,32	100,00	2.794,34	100,00

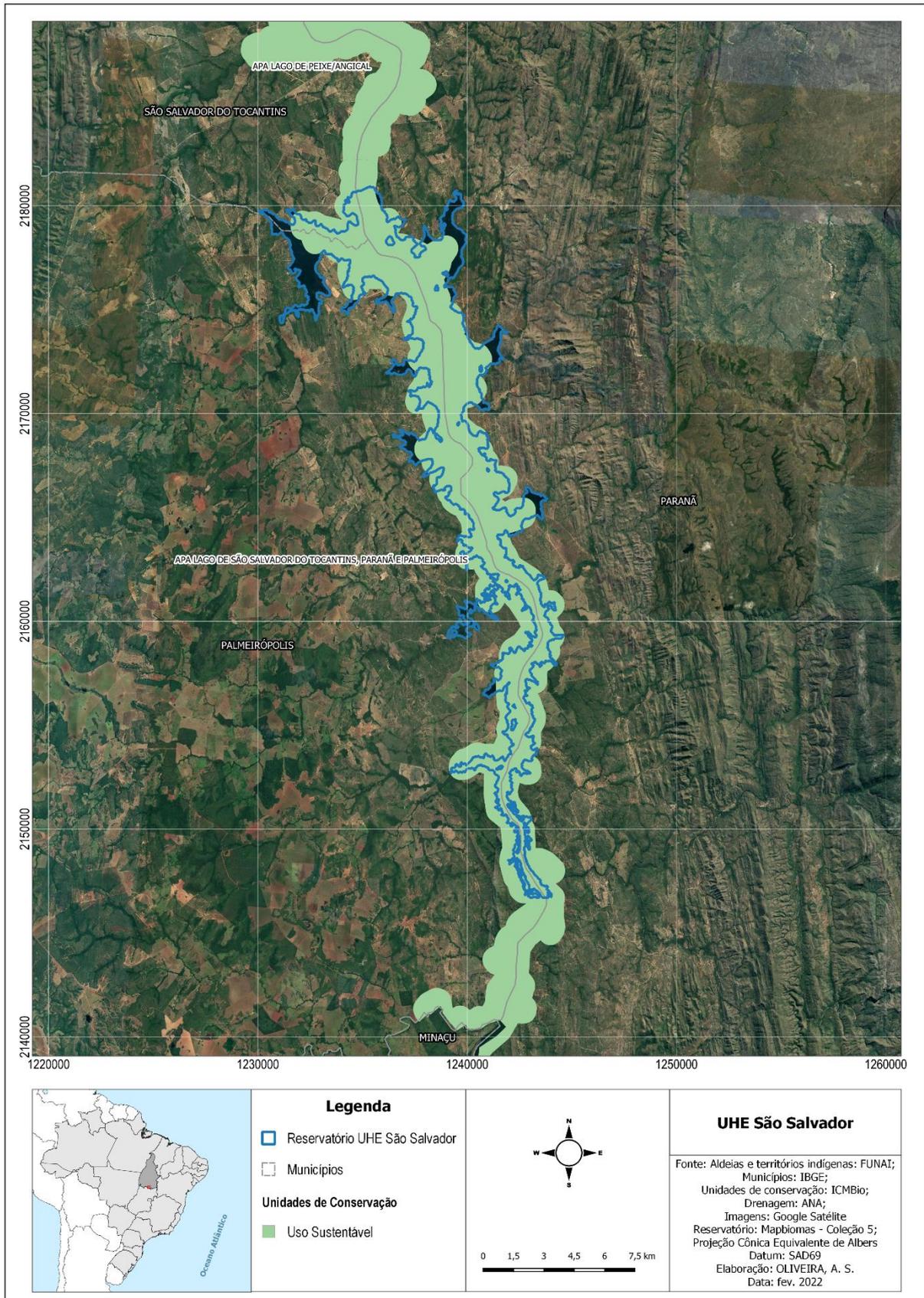
Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 20. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Gráfico 6 – Projeção temporal de uso e cobertura do solo no entorno da UHE de São Salvador entre de 1989 e 2019



Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 20. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Figura 21 - Área influência da UHE São Salvador, áreas de proteção ambiental e territórios indígenas



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: fev. 2022 (Systema Naturae).

5.2.6.2 Aspectos sociais

Segundo Maldaner et al. (2019), a UHE Peixe Angical e a UHE São Salvador contribuíram com o aumento da arrecadação nas localidades pesquisadas. Todavia, esses recursos não se traduziram em melhoria das condições de vida da população local. Um exemplo demonstrado é a taxa de mortalidade infantil, que manteve índices elevados no cenário a médio prazo, em algumas situações acima da média nacional. Esses problemas são indicativos de que déficits socioeconômicos podem ter sido deixados para a gestão municipal resolver após o desmonte das obras das UHEs (MALDANER et al., 2019).

5.2.6.3 Aspectos econômicos

Nos municípios atingidos pela UHE São Salvador ocorreu o mesmo movimento observado no período da implementação da UHE Peixe Angical. A geração de emprego tem um pico no auge da construção, mas após a inauguração do empreendimento, os números despencam, com destaque para a sede da UHE, que fica em São Salvador do Tocantins, no entanto a geração de energia é em Paranã. Ou seja, o que seria um benefício ao município que leva o nome da usina e concentrou o canteiro de obras, não recebe recursos, devido a localização das turbinas, que ficaram no município vizinho (LIMA, 2020).

Entre 1989 e 2019, a cultura de soja era inexistente. Em 2009 apresentou índices de 4,29 km² (0,15% do quadrilátero) e manteve discreta até o final do ano de 2019, com 2,48 km², representando menos de zero por cento do quadrilátero. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 476,75 km² (17,06% do quadrilátero) em 1989 para 665,99 km² (23,83% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância da atividade de pecuária também na região (Figura 20; Tabela 6; Gráfico 6).

O reservatório da UHE São Salvador da UHE ocupa uma área de 104 Km², com capacidade instalada de 243,2 MW, ou seja, aproximadamente 0,43 km² por MW instalado (ENGIE, 2022).

5.2.6.4 Aspectos jurídicos

O licenciamento da UHE São Salvador foi realizado pelo IBAMA/TO. Contudo, o EIA e o RIMA foram elaborados por outra empresa, a ENGEVIX. Foram 21 PBAs executados e a licença de instalação foi emitida em 2005 (LIMA, 2020).

Segundo Lima (2020), os estudos e relatórios de impactos ambiental (EIA/RIMA), os tipos de PBAs e os relatórios de cumprimento, seguiram a mesma lógica de atender ao processo

de licenciamento, mas a real preocupação em trazer projetos e ações que proporcionem o desenvolvimento da região, discutindo políticas a longo prazo, não e foi proposto em nenhum dos documentos. Percebeu que uma vez atendidas as condicionantes do licenciamento, após a licença de operação, os municípios ficaram à deriva dos problemas restantes.

5.2.7 UHE Estreito

5.2.7.1 Aspectos ambientais - uso e cobertura do solo

A UHE Estreito está localizada entre os estados do Maranhão e Tocantins, e possui uma capacidade geradora de 1.087 MW. Sua construção teve início em 2006, teve a licença para operação no final de 2010 e começou a gerar energia em 2011 com uma área de 400 km² de reservatório (LIMA, 2020).

O Consórcio Estreito Energia (CESTE), responsável pela construção da UHE Estreito, ao estudar os efeitos da modificação do curso das águas do médio Tocantins e os programas ambientais implementados nos cinco anos após sua inauguração, reconheceu que a construção de barragens em rios inunda grandes áreas e desencadeia diversas modificações no entorno do ambiente inundado. Dentre as modificações geradas, devem ser consideradas as seguintes possibilidades: alterações no microclima do reservatório, desencadeado pela formação de um espelho d'água; ocorrência de uma categoria especial de sismos denominada terremotos induzidos; erosão; elevação do nível do lençol freático; e, ainda, perda ou modificação de habitat dos recursos genéticos vegetais e das espécies animais terrestres e aquáticos (COELHO NETO, 2012).

Com a instalação da UHE Estreito, comparando a perda da cobertura vegetal original (formação florestal, formação savânica e formação campestre) e o aumento de outros usos do solo (Figura 22; Tabela 7; Gráfico 7), observa-se o seguinte:

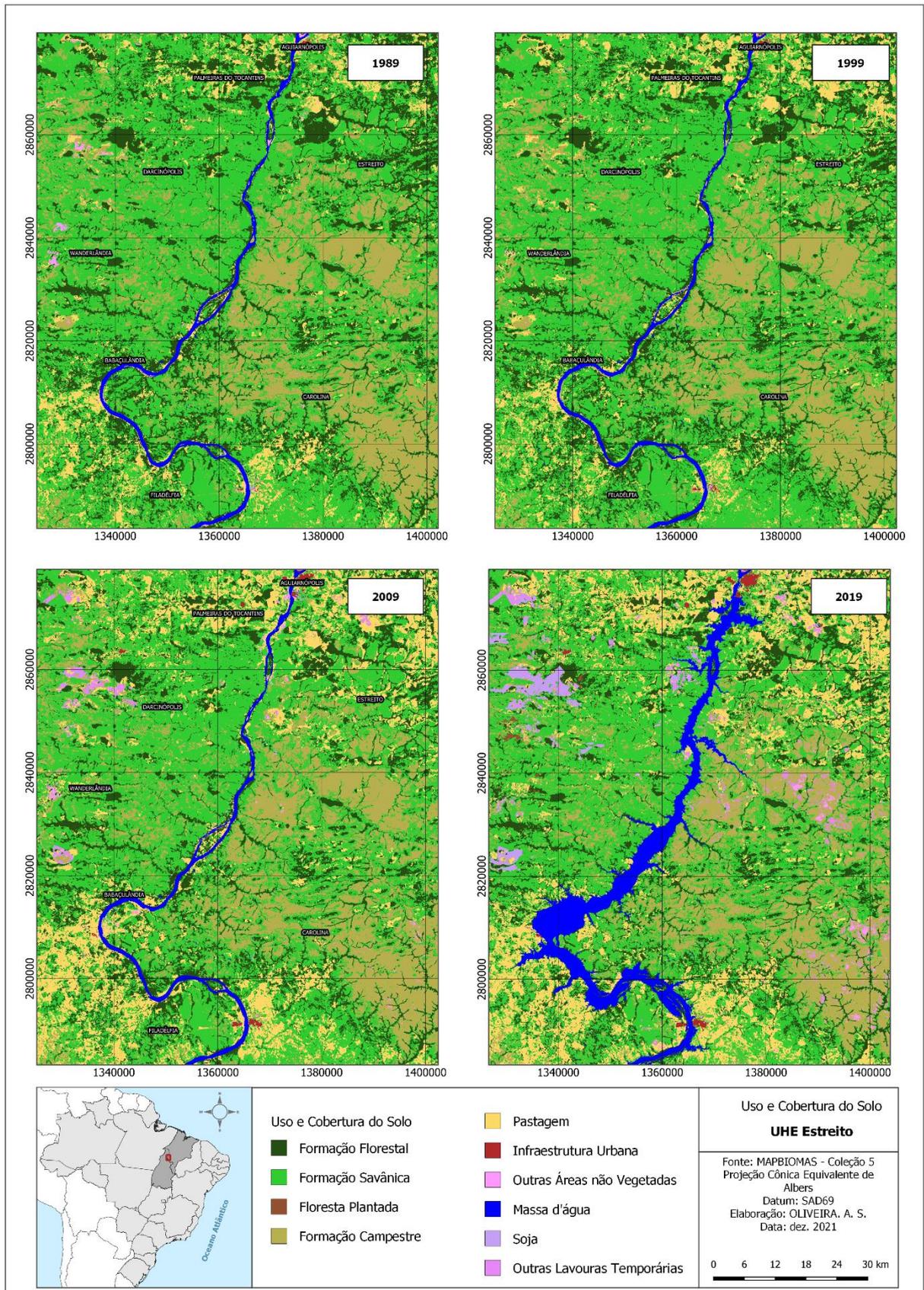
- a) No ano de 1989 a vegetação natural era prevalente, sendo que a formação florestal representava 23,26%, a formação savânica 50,05% e a formação campestre 17,09% do quadrilátero analisado. Nesse ano, a área de pastagem representava apenas 8,08% da área analisada e a infraestrutura urbana representava apenas 0,03% da área.
- b) No ano de 1999 a vegetação natural sofreu uma redução significativa, passando a formação florestal representar 21,10%, a formação savânica 49,98% e a formação campestre 17,40%. A área de pastagem subiu para 10,22% e a infraestrutura urbana aumentou para 0,06% da área.

- c) No ano de 2009 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 17,98%, a formação savânica 46,09% e a formação campestre 15,44%. A área de pastagem subiu para 16,86% do quadrilátero analisado. A infraestrutura urbana aumentou para 0,15% da área. Entre 1989 e 1999 a área de vegetação natural continuou a diminuir em contraste com o aumento da área de pastagens.
- d) No ano de 2019 a vegetação natural continuou a ser reduzida, passando a formação florestal representar 16,72%, a formação savânica 41,75% e a formação campestre 15,44%. A área de pastagem chegou a 18,40% do quadrilátero analisado e a infraestrutura urbana aumentou para 0,19%.

Entre 1999 e 2019, as características espaciais da UHE de Estreito evidenciam a perda das áreas naturais no entorno do reservatório. As áreas naturais (formação florestal, formação savânica, floresta plantada e formação campestre) sofreram um decréscimo significativo 7.618,37 km² (90,4% do quadrilátero) para 6.229,22km² (73,91% do quadrilátero). A cultura de soja que não existia antes até o final do ano de 1999, se manteve discreta, com 74,58 km² em 2019. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 681,17 km² (8,08% do quadrilátero) em 1989 para 1.551,01 km² (18,40% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância da atividade de pecuária também na região. A expansão da infraestrutura urbana variou de 2,91 km² (0,03% do quadrilátero) em 1989 para 15,94 km² (0,19% do quadrilátero), podendo ser considerado como um aumento relevante (Figura 22; Tabela 7; Gráfico 7).

Na UHE Estreito, no período de 1999 a 2019, da mesma forma que ocorreu nas demais grandes usinas instaladas na bacia do Rio Tocantins, houve uma significativa perda de cobertura vegetal original (formação florestal, formação savânica e formação campestre) e um aumento contínuo de outros usos do solo, como a pastagem. A infraestrutura urbana do entorno da UHE Estreito, que em 1989 representava 0,03% da área analisada, aumentou para 0,19% em 2019 (Tabela 22; Tabela 7; Gráfico 7).

Figura 22 - Uso e cobertura do solo na área de influência da UHE Estreito entre 1989 e 2019

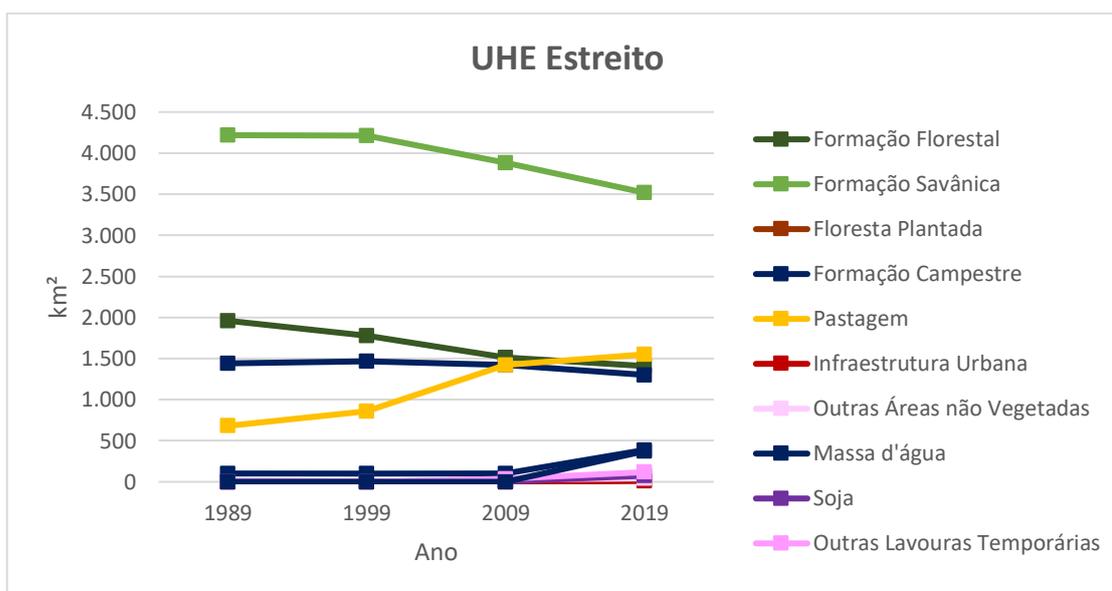


Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Tabela 7 - Uso e cobertura do solo na área da UHE Estreito por categoria entre 1989 e 2019

Uso e Cobertura do Solo	1989		1999		2009		2019	
	km ²	%						
Formação Florestal	1.960,30	23,26	1.778,54	21,10	1.515,19	17,98	1.409,16	16,72
Formação Savânica	4.218,10	50,05	4.211,96	49,98	3.884,08	46,09	3.518,55	41,75
Floresta Plantada	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	10,84	0,13
Formação Campestre	1.439,96	17,09	1.466,38	17,40	1.421,59	16,87	1.301,50	15,44
Pastagem	681,17	8,08	861,18	10,22	1.421,01	16,86	1.551,01	18,40
Infraestrutura Urbana	2,91	0,03	5,41	0,06	12,43	0,15	15,94	0,19
Outras Áreas não Vegetadas	22,42	0,27	3,83	0,05	30,42	0,36	40,65	0,48
Massa d'água	103,10	1,22	100,36	1,19	102,86	1,22	387,59	4,60
Soja	0,00	0,00	0,00	0,00	3,71	0,04	74,57	0,88
Outras Lavouras Temporárias	0,00	0,00	0,29	0,00	36,66	0,43	118,13	1,40
Total	8.427,96	100,00	8.427,95	100,00	8.427,96	100,00	8.427,94	100,00

Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 22. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

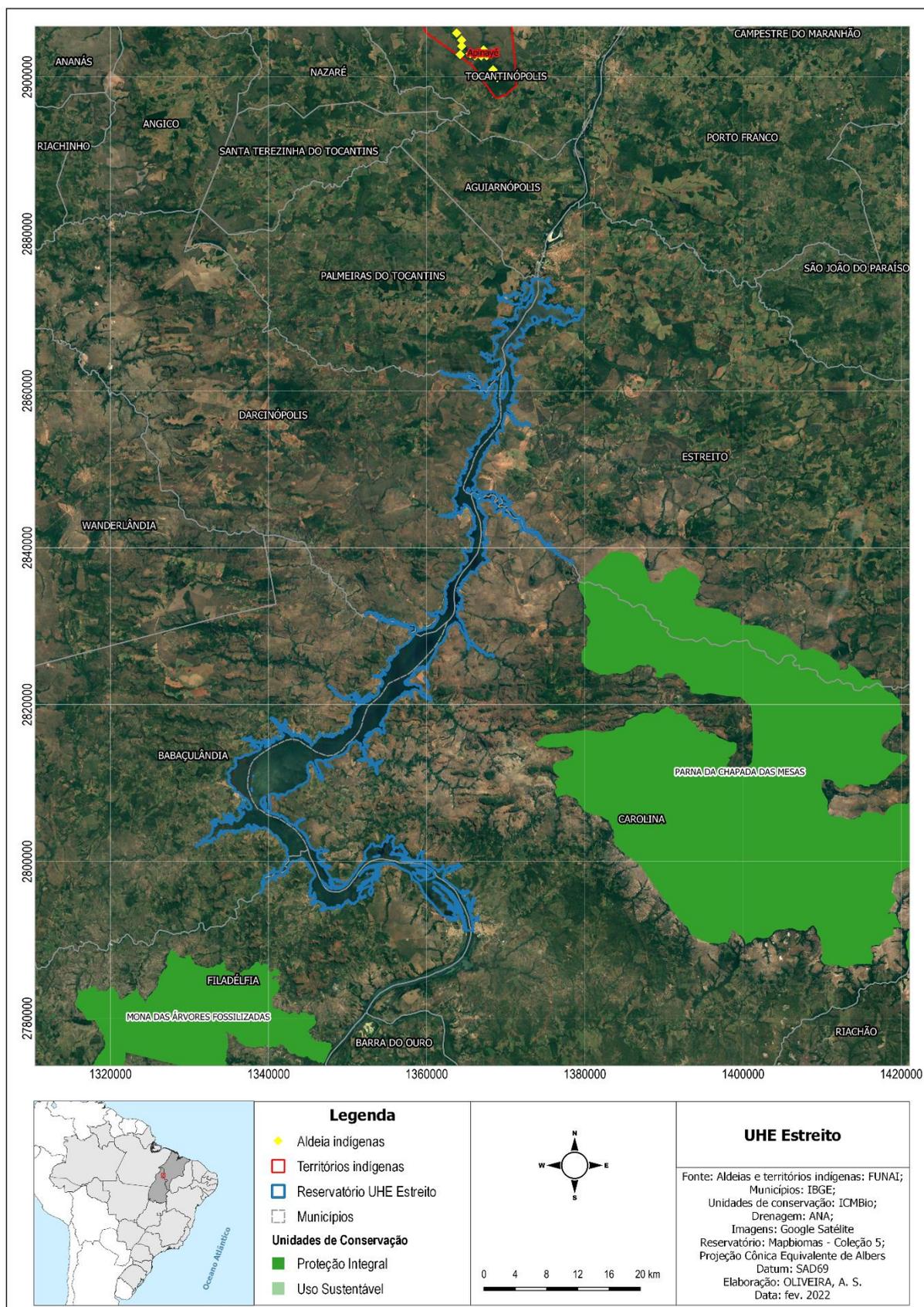
Gráfico 7 – Projeção temporal de uso e cobertura do solo no entorno da UHE Estreito entre 1989 e 2019

Fonte: Derivado de OLIVEIRA, A. S. – Figura 20. Data: dez. 2021 (Systema Naturae).

Segundo Chaves, Guisti & Struch (2021), os impactos físico-bióticos que mais chamam atenção na construção da UHE Estreito são: Redução da fauna e ictiofauna local; desmatamento (direto, causado pela supressão de vegetação para alocação do reservatório) e indireto (causado pelo processo de especulação fundiária impulsionado pela presença da usina); e inundação de Áreas de Proteção Permanente (APPs).

Dentro do quadrilátero foi destacado as unidades de conservação sob a influência direta do reservatório que tem algum tipo de proteção ambiental, passível de ações mitigadoras de recuperação das áreas florestais originais (uso sustentável), aliado às áreas indígenas (Figura 23).

Figura 23 - Área influência da UHE Estreito, áreas de proteção ambiental e territórios indígenas



Arranjo e desenhos: OLIVEIRA, A. S. Data: fev. 2022 (Systema Naturae).

As unidades de conservação Parque Nacional (PARNA) da Chapada das Mesas (com área total de 1.599,52 km²) e o Monumento Natural (MONA) das Árvores Fossilizadas (com área total de 292,45 km²). Essas áreas podem servir para assegurar a qualidade de vida da população local; realizar estudos técnico-científicos; desenvolver projetos de uso sustentável dos recursos naturais; proteger e restaurar a diversidade biológica e recuperar as áreas afetadas. A AI Apinayé (com área total de 1.423,81 km²) fica ao norte da UHE Estreito e é a área indígena mais próxima do reservatório (Figura 23).

5.2.7.2 Aspectos sociais

Chaves, Guisti & Struch (2021) lembram que foi impactada uma população total de 5.937 habitantes, onde 4.789 eram pertencentes à área rural e 1.148 à área urbana. Os municípios de Estreito/MA e Aguiarnópolis/TO, locais de construção da usina, foram os que concentraram maior impacto social, recebendo grande aporte de imigrantes e sobrecarga na infraestrutura de serviços públicos locais.

5.2.7.3 Aspectos econômicos

A arrecadação de ICMS de todos os municípios atingidos pela UHE Estreito apresentaram uma tendência crescente. Destaca-se que o ICMS apresentou maior crescimento em Aguiarnópolis, Babaçulândia e Palmeirante e em Goiatins apresentou altos e baixos, especialmente entre 2013 e 2015. No entanto, apesar desses municípios serem diretamente impactados pela UHE Estreito, a variação no ICMS não está associada à implantação do empreendimento, pois não foram contemplados com os impostos referentes à geração de energia. As alterações observadas advêm de outros investimentos, tais como construção de estradas, casas populares, dentre outras atividades ocorridas na região (LIMA, 2020).

Chaves, Guisti & Struch (2021) observam que os principais impactos socioeconômicos verificados na instalação da UHE Estreito são: concorrência pelo uso de recursos naturais ou territórios (conflitos fundiários entre posseiros imigrantes e populações residentes antes da chegada da usina); concorrência pelo uso de recursos naturais ou territórios (áreas alagadas pelo reservatório incluíam praias e locais de lazer e de atividade turística); e alagamento de sítios arqueológicos.

Segundo Lima (2020), o desenvolvimento local por meio do aumento das variáveis econômicas não foi em decorrência da implementação da UHE Estreito, visto que outros municípios da mesma região que não foram impactados por hidrelétricas também tiveram

resultados equivalentes, demonstrando a mesma tendência em todo o Estado, seja por fatores ligados a outros empreendimentos, seja por investimentos agropecuários, que é uma base econômica muito forte no Estado.

No período de 1999 a 2019 a cultura de soja que não existia antes até o final do ano de 1999, se manteve discreta, com 74,58 km² em 2019. As áreas de pastagem cresceram expressivamente de 681,17 km² (8,08% do quadrilátero) em 1989 para 1.551,01 km² (18,40% do quadrilátero) em 2019, evidenciando a importância da atividade de pecuária também na região (Figura 22, Tabela 7 e Gráfico 7).

A UHE Estreito possui um reservatório que ocupa uma área de 400 Km², com capacidade instalada de 1087 MW, ou seja, aproximadamente 0,37 km² por MW instalado (CESTE, 2022).

5.2.7.4 Aspectos jurídicos

O processo de implantação da UHE Estreito envolveu impactos em dois estados, dessa forma o licenciamento foi conduzido inicialmente pelo IBAMA/TO e IBAMA/MA, no entanto, foi finalizado pelo IBAMA/DF, sede do órgão em Brasília. Os estudos do EIA e do RIMA foram realizados pela CNEC. Foram executados 38 PBAs e a licença de instalação emitida em 2006 (LIMA, 2020).

Em 2002, foi aprovado o estudo de viabilidade do empreendimento e realizada a licitação da UHE Estreito. Em 2005, o IBAMA emitiu a LP do empreendimento e, no ano seguinte, a LI. No mesmo ano, após a conclusão de avaliações complementares se evidenciou a ausência de estudos que incluíssem os impactos em terras indígenas (Krahô, Krikati, Gavião e Apinajé). No final de 2006, a Ceste obteve a aprovação da LI. As obras civis da usina tiveram início, em junho de 2007, nos Municípios de Estreito/MA e Aguiarnópolis/TO, e a construção da barragem em maio de 2010. No final desse mesmo ano, o IBAMA emitiu a LO, dando início ao enchimento do reservatório. Em abril de 2011, a primeira unidade geradora da usina entrou em operação e, em outubro de 2012, a oitava unidade geradora, alcançando a capacidade total instalada (CESTE, 2022).

Chaves, Guisti & Struch (2021) apontam como principais fontes de conflitos judiciais na instalação da UHE Estreito os seguintes: inconsistência ou insuficiência nos estudos de diagnósticos do EIAs; Estudos diagnósticos realizados após a emissão da LP; Inconsistência entre o EIA e o Termo de Referência para elaboração deste; Atraso na realização de audiência pública complementar da fase de licenciamento prévio. Audiência realizada após a emissão das

LP e LI; e Apesar de já ser um instrumento de planejamento previsto para os estudos de viabilidade e impacto ambiental, não foi realizada a Avaliação Ambiental Integrada (AAI), considerando a sinergia com outros projetos de infraestrutura na região.

Da mesma forma que ocorreu nas demais grandes usinas instaladas na bacia do rio Tocantins, as falhas na discussão, no esclarecimento e na participação da população atingida por esses empreendimentos fizeram emergir os conflitos e a judicialização das questões relacionadas a pedidos de indenização ou compensação pelos danos causados pela instalação e funcionamento dessas grandes usinas na Bacia do Rio Tocantins.

6 ANÁLISE COMPARATIVA

6.1 Aspectos ambientais

Partindo de um cenário com a localização das sete grandes usinas instaladas na bacia do Rio Tocantins (Figura 4), foram elaborados mapas temáticos, representando cinco cenários, destacando a bacia do Rio Tocantins e, especificamente, cada uma das regiões onde foram instaladas as UHEs Tucuruí, Serra da Mesa, Cana Brava, Luiz Eduardo Magalhães, Peixe Angical, São Salvador e Estreito. São retratadas a vegetação nativa, a cronologia de instalação das usinas, a degradação ambiental e o aumento da expansão urbana e agropastoril no entorno dos reservatórios.

A análise do uso e cobertura do solo evidenciou um decréscimo significativo das áreas naturais (formação florestal, formação savânica e formação campestre) no entorno de todos os reservatórios, o que era de se esperar. Entretanto, em alguns casos, com perdas extremas (e.g. UHE Tucuruí) e, no outro extremo, perdas menos expressivas (e.g. UHE Cana Brava e UHE São Salvador).

Paralelo a essa perda de cobertura vegetal nativa, verifica-se a expansão do agronegócio no entorno de todos os reservatórios. A pecuária, a agricultura e outras lavouras temporárias que em alguns casos eram inexistentes, passaram a ser expressivos e modificaram o cenário local.

As formações florestadas perderam gradativamente a sua integridade, com uma redução entre 8,55% (UHE São Salvador) e 34,62% (UHE Tucuruí) de sua área no quadrilátero de estudo, incluindo as florestas plantadas, nas áreas de influência das UHEs Serra da Mesa, Cana Brava e Estreito. Entretanto, as perdas foram muito significativas: -20,93% em Serra da Mesa; -20,17% em Luiz Eduardo Magalhães; -19,59% em Peixe Angical; -18,22% em Cana Brava; e -15,95% em Estreito. Esses dados são contrastáveis com o aumento das atividades agropastoris e infraestrutura urbana. Essas perdas ambientais são esperadas e as diferenças ilustram a maior ou menor capacidade de ocupação do espaço motivado pelo relevo extremamente acidentado, ou montanhoso, de alguns empreendimentos, como as UHEs Cana Brava e São Salvador.

Com certeza, a pecuária foi a principal responsável pela modificação do meio ambiente no entorno das UHEs analisadas. Em todos os cenários estudados houve um aumento acentuado das áreas de pastagem, entre 6,61% (UHE Luiz Eduardo Magalhães) e 32,85% (UHE Tucuruí). Áreas com o relevo muito acidentado foram as que tiveram o menor aumento de pastagens, como a UHE São Salvador. É importante notar que, na UHE Luiz Eduardo Magalhães, houve um aumento discreto das áreas de pastagem (+6,61%), mas o maior aumento da cultura de soja entre os demais cenários (+8,11%).

De outro lado, a cultura da soja foi inexpressiva nas áreas das UHEs Tucuruí, Cana Brava e São Salvador, mas muito marcante em Peixe Angical, Estreito, Serra da Mesa e Luiz Eduardo Magalhães (entre 0,44% e 8,11%). Interessantemente, a cultura da cana-de-açúcar não parece ter obtido o sucesso denotado em outras regiões, muito provavelmente pela aptidão do solo e relevo diferenciados dos diversos trechos da bacia do rio Tocantins. Somente na região de Serra da Mesa observamos um aumento discreto de 0,46% no quadrilátero pertinente a essa UHE. Outras culturas (lavouras) também se mantiveram com pouca expressão, variando entre 0,04% (Cana Brava) e 1,4% (Estreito) dos respectivos quadriláteros.

Dentro de “outras áreas não vegetadas” incluem-se uma modificação (talvez sazonal) que denota perda, ou modificação, da área de vegetação nativa, com um aumento de até 1,13% do quadrilátero na UHE Serra da Mesa e uma diminuição nas áreas das UHEs Luiz Eduardo Magalhães (-0,74%) Cana Brava (-0,05%) e São Salvador (-0,03%). Essa diminuição não implica em ganhos nas áreas de preservação, mas uma mudança no uso do solo.

Com respeito às mudanças devido à infraestrutura urbana, somente na área de influência da UHE Luiz Eduardo Magalhães houve um aumento (perda de cobertura vegetal) significativo (+0,93% do quadrilátero), explicado pela inserção da capital do estado do Tocantins sendo ainda insignificante nas UHEs Peixe Angical e São Salvador e discreta nas demais.

Apesar de parecer um fator mitigante, as florestas plantadas aparecem como um elemento ambiental somente nas áreas de influência das UHEs Serra da Mesa, Cana Brava e Estreito. Muito provavelmente essa atividade está relacionada ao cultivo de eucalipto (e similares) para o uso como carvão vegetal na mineração (devidamente licenciadas) e mesmo como atividades carvoeiras ilegais.

No Brasil, as unidades de conservação (UCs) estão divididas entre Unidades de Uso Sustentável (USS) e Unidades de Proteção Integral (UPI). As USSs são áreas para a preservação ambiental aliada à exploração sustentável dos recursos naturais e as UPIs são áreas de preservação somente e incluem Estações Ecológicas, Reservas Biológicas, Parques Nacionais, Monumentos Naturais e Refúgios da Vida Silvestre. Na área de influência de todos os empreendimentos abordados nesse estudo encontramos ambas as modalidades de UCs o que, de certa forma, pode favorecer à manutenção da biodiversidade local/regional. Entretanto, a sua distribuição e atribuições são diferentes, a saber: na UHE Tucuruí a APA do Lago de Tucuruí, RDS Alcobaça e RDS Pucuruí-Ararão (Figura 21); na UHE Serra da Mesa a APA Pouso Alto (Figura 23); na UHE Cana Brava a APA Pouso Alto, a Reserva Natural do Tombador (RPPN) e a APA Lago de São Salvador do Tocantins, Paranã e Palmeirópolis (Figura 25); na UHE Luiz Eduardo Magalhães a APA Serra do Lajeado, a APA Lago de Palmas e a área de proteção

integral, PARES do Lajeado (Figura 27); UHE Peixe Angical a APA Lago de Peixe Angical (Figura 29); na UHE São Salvador a APA Lago de São Salvador do Tocantins, Paranã e Palmeirópolis e a APA Lago de Peixe Angical (Figura 31) e na UHE Estreito a PARNA da Chapada das Mesas e a MONA das Árvores Fossilizadas (Figura 33). Todas essas áreas fazem parte servem para assegurar a qualidade de vida da população local; realizar estudos técnico-científicos; desenvolver projetos de uso sustentável dos recursos naturais; proteger e restaurar a diversidade biológica e recuperar as áreas afetadas.

Por regras de licenciamento ambiental, as margens dos reservatórios deveriam ter um recuo de proteção, o que raramente é observado, em detrimento de atividades esportivas e mesmo de avanço das áreas de cultura agrícola. Uma estratégia interessante tem sido a inclusão de todo o entorno em uma ou ambas (ou uma combinação) as modalidades de UCs, como observado nas UHEs Tucuruí, Peixe Angical e São Salvador (Figuras 21, 29 e 31).

Uma característica ambiental importante a ser observada é a evolução do enchimento dos reservatórios das UHEs, onde a característica de massa d'água é apresentada de forma crescente dentro do recorte temporal do estudo. Variações sazonais são esperadas e o monitoramento do nível dos reservatórios é uma atribuição importante para a geração de energia. Entretanto, a UHE Serra da Mesa é uma exceção extremamente importante, com o reservatório chegando a ocupar 1.144,22 km² em 2009, mas reduzido drasticamente a apenas 659,11 km² em 2019 (Tabela 2). Sendo o primeiro empreendimento à montante, no rio Tocantins, o reservatório da UHE Serra da Mesa nunca atingiu seu enchimento ideal, pois não sendo um projeto a fio d'água o tempo permitido (à época) não foi o suficiente, comprometendo diretamente a geração de energia projetada. Todos os demais reservatórios analisados permaneceram com os níveis de massa d'água perenes ou estabilizados.

Ficam dúvidas sobre a preocupação ambiental, independentemente de processos de licenciamento distintos, na instalação dessas UHEs na bacia do Rio Tocantins. Muitas vezes os estudos e execução dos planos de impacto ambiental foram relegados a segundo plano e os empreendimentos foram realizados de forma açodada e sem as devidas prevenções e precauções como foi o caso da UHE Tucuruí que, na sua primeira etapa, foi concluída antes da instituição da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA).

Soma-se a esse quadro situações preocupantes, tais como: a) o enchimento dos reservatórios sem as cautelas com supressão da vegetação que, eutrofizados, os reservatórios podem contribuir para o efeito estufa; b) falhas no planejamento e execução do resgate e manejo da fauna e da flora; c) equívocos nas estimativas de ocupação da área alagada; d) problemas de saúde pública, com o agravamento das relações zoonóticas.

Entre os anos de 2009 e 2019 é visível e documentável que o reservatório da UHE Serra da Mesa sofreu uma redução drástica de sua área. O histórico aponta para equívocos durante o processo de enchimento do reservatório (nunca atingindo uma cota operacional aceitável e planejada), escassez hídrica sazonal e a impossibilidade de manobras técnicas para reter um volume de água que diminuísse esse enchimento adicional, pois ameaça o planejamento interligado de recursos hídricos de toda bacia do Rio Tocantins à jusante (Figura 11; Tabela 4).

6.2 Aspectos sociais

A instalação das sete usinas estudadas causou diversos problemas sociais. Desde a desapropriação das áreas ocupadas pelos empreendimentos, passando pelo deslocamento, assentamento e indenizações das populações atingidas; crescimento desordenado dos municípios; precarização da infraestrutura básica como: sistema de saúde, fornecimento de água, esgoto, energia elétrica, educação, segurança pública, dentre outros.

Além da questão ambiental, os impactos sociais foram severos. Dentre os vários fatores desfavoráveis o que se verificou foi que os ribeirinhos tiveram de ser deslocados, as populações urbanas sofreram um crescimento desordenado e a economia local não teve o incremento esperado. Tudo isso revela a falta de planejamento e de diálogo com as populações atingidas.

Foram verificados diversos impactos sociais nas categorias de trabalho e renda, educação, saneamento, ambiente físico e cultural, associados aos agravos à saúde como estresse, distúrbios nutricionais, distúrbios psicossociais, cardiopatias, doenças respiratórias e digestivas, bem como elevação de mosquitos transmissores de doenças vectoriais.

Rocha (2015) lembra que o caso da UHE Tucuruí ilustra a dinâmica da movimentação da população rural e urbana que em todo o processo de construção, o aquecimento de empregos gerados pela construção civil provocou um aumento populacional que desaquece após o comissionamento das unidades geradoras (ROCHA, 2015).

Segundo Alves (2006), com a instalação da UHE Serra da Mesa os ribeirinhos perderam suas terras e tiveram de ir morar nas periferias das cidades. Os comerciantes que investiram na ampliação de seus estabelecimentos ficaram com dívidas, depois que os turistas praticamente desapareceram.

Batistelo (2003) explica que a rede de infraestrutura viária, elétrica e telefônica da região da UHE Cana Brava era quase inexistente, assim, não houve interferência que ocasionassem relocações significativas. Porém, cita problemas no processo de relacionamento entre empreendedor e a população, destacando os seguintes: a) o aumento da tensão social –

alterações nas formas de organização e nas relações socioculturais da população pelo processo de desocupação; b) o corte ou alteração das relações espaciais; c) interferência sobre as relações sociais e a fragilização das comunidades; e d) as perdas relativas aos patrimônios históricos, culturais, paisagísticos e arqueológicos.

Segundo Neres et al. (2017) apesar da constatação da melhoria na qualidade de vida nos municípios atingidos pela UHE Luiz Eduardo Magalhães, muitos ainda são os desafios a serem enfrentados e solucionados no que diz respeito às questões de pobreza e desigualdade.

A análise socioeconômica realizada em relação a UHE Peixe Angical revelou que os níveis previstos no estudo de planejamento da bacia do rio Tocantins não alcançaram as previsões do estudo de planejamento da bacia do rio Tocantins. Quanto à economia local o que se observou foi uma oscilação nos índices de empregabilidade e uma desestabilização nas atividades econômicas.

Maldaner et al. (2019) ressalta que o índice de desenvolvimento econômico e social dos municípios atingidos pela UHE Peixe Angical e UHE São Salvador não corresponderam às previsões contempladas no estudo de planejamento da bacia do rio Tocantins.

Alguns empreendimentos estudados atingiram comunidades indígenas, como é caso da UHE Tucuruí que afetou as áreas indígenas Parakanã, Pucuruí, Montanha, Mãe Maria, Trocará, Krikati e Cana Brava (Figura 11); da UHE Serra da Mesa e da UHE Cana Brava que afetaram direta ou indiretamente a área indígena Avá-Canoeiro (Figuras 13 e 15); a UHE Luiz Carlos Magalhães (Lajeado) que afetou a AI Xerente (Figura 17); e a UHE Estreito a AI Apinayé (Figura 23). Todas essas comunidades indígenas sofreram os efeitos da variação na qualidade da água e a perda de recursos pesqueiros que afetam todos os residentes próximos aos reservatórios.

6.3 Aspectos econômicos

A análise do aproveitamento econômico dos recursos hídricos da bacia do rio Tocantins por meio de construção de barragens e, conseqüentemente, formação de reservatórios, considerou o custo-benefício entre a área alagada e a capacidade de geração de energia elétrica, a atividade pecuária, a agricultura e, ainda a expansão urbana nas regiões afetadas.

O custo-benefício apurado na relação entre a área dos reservatórios e a capacidade de geração de energia elétrica instalada demonstrou que as usinas possuem diferentes níveis de desempenho e aproveitamento. Na UHE Tucuruí o reservatório tinha uma capacidade inicial de 4000 MW, foi ampliada para 8.370 MW, em 2010, ocupando 2.850 km² de área, ou seja, o

aproveitamento que era de aproximadamente 0,71 Km² por MW passou a ser de aproximadamente 0,341 km² por MW instalado. Nesse caso, a modernização e repotenciação foi significativa fazendo dobrar a capacidade instalada inicialmente.

A taxa de aproveitamento da UHE Serra da Mesa é a pior de todas as usinas analisadas uma vez que possui um reservatório que ocupa uma área de 1.784 km² e uma capacidade de geração de 1.275 MW, ou seja, 1,40 km² por MW instalado. Além disso, entre os anos de 2009 e 2019 o reservatório da UHE Serra da Mesa sofreu uma redução chegando a aproveitar apenas 680,51 km² (4,76% do quadrilátero) (Figura 12; Tabela 2; Gráfico 2).

Analisando a relação entre a área inundada e o potencial de geração de energia instalado verifica-se que a UHE Cana Brava, isoladamente, apresenta o melhor desempenho das usinas estudadas uma vez que possui um reservatório que ocupa uma área de 139 km² e uma capacidade de geração de 450, ou seja, 0,31 km² por MW instalado. Porém, considerando que a UHE Cana Brava funciona em conjunto com a UHE Serra da Mesa, as áreas dos reservatórios das duas usinas ocupam uma área de 1.923 km² e a capacidade de geração de energia elétrica totaliza 1.725 MW. Nesse caso, a taxa de ocupação em relação ao potencial instalado das duas usinas é de 1,11 km² por MW instalado passa a ser muito elevada.

A relação entre a área inundada e o potencial de geração de energia instalado na UHE Serra da Mesa apresenta um custo-benefício bem melhor do que a UHE Balbina, porém, a taxa de ocupação do reservatório é superior à da UHE Tucuruí (0,341 km² por MW instalado) após a repotenciação. Assim, fica evidenciado que a modernização do sistema de geração de energia elétrica otimiza a relação entre a capacidade instalada e os impactos ambientais, sociais e econômicos locais.

O reservatório da UHE Luiz Eduardo Magalhães ocupa uma área de 630 km² com capacidade instalada de 902,5 MW, ou seja, aproximadamente 0,70 km² por MW instalado. Essa produtividade é muito próxima do desempenho da UHE Tucuruí após a ampliação da sua capacidade energética.

O reservatório da UHE Peixe ocupa uma área de 294 km² com capacidade instalada de 452 MW, ou seja, aproximadamente 0,65 km² por MW instalado, também próximo aos índices apresentados pela UHEs Tucuruí e Luiz Eduardo Magalhães (Lima, 2020) ou seja possui um índice médio de aproveitamento de produção de energia em relação a área inundada.

A UHE São Salvador possui um reservatório que ocupa uma área de 104 km², com capacidade instalada de 243,2 MW, ou seja, aproximadamente 0,43 km² por MW instalado o que pode ser considerado um desempenho satisfatório.

UHE Estreito ocupa uma área de 400 km², com capacidade instalada de 1087 MW, ou seja, aproximadamente 0,37 km² por MW instalado. Depois do índice de aproveitamento da UHE Cana Brava (0,31 km² por MW instalado) esse é o melhor desempenho de todas as usinas analisadas.

A análise do uso e ocupação do solo das usinas estudadas demonstra que houve um aumento da atividade agropecuária no entorno de todos os reservatórios. Em todos os cenários estudados houve um aumento das áreas de pastagem entre 6,61% (UHE Luiz Eduardo Magalhães) e 32,85% (UHE Tucuruí).

De outro lado, a cultura da soja foi inexpressiva nas áreas das UHEs Tucuruí, Cana Brava e São Salvador, mas muito marcante em Peixe Angical, Estreito, Serra da Mesa e Luiz Eduardo Magalhães (entre 0,44% e 8,11%). Interessantemente, a cultura da cana-de-açúcar não parece ter obtido o sucesso denotado em outras regiões, muito provavelmente pela aptidão do solo e relevo diferenciados dos diversos trechos da bacia do rio Tocantins. Somente na região de Serra da Mesa observamos um aumento discreto de 0,46% no quadrilátero pertinente a essa UHE. Outras culturas (lavouras) também se mantiveram com pouca expressão, variando entre 0,04% (Cana Brava) e 1,4% (Estreito) dos respectivos quadriláteros.

A atividade de mineração apresentou uma tendência de declínio, como é o caso das UHEs Serra da Mesa, Cana Brava e Peixe Angical. As UHEs Luiz Eduardo Magalhães, São Salvador e Estreito não apresentaram atividade minerária nos quadriláteros dos reservatórios analisados. As UHEs ou encerramento. Somente as UHEs Tucuruí e Peixe Angical apresentaram uma discreta atividade. Os resultados apresentados demonstram que há uma queda ou provavelmente proibição ou desestímulo da atividade minerária no entorno dos reservatórios estudados.

Outro fator importante verificado foi a expansão urbana ocorrida no entorno de todas as usinas estudadas. Na UHE Tucuruí as áreas de infraestrutura urbana cresceram expressivamente de 44,41 km² (0,11% do quadrilátero) em 1989 para 119,33 km² (0,30% do quadrilátero) em 2019 (Figura 10; Tabela 1; Gráfico 1); Na UHE Serra da Mesa as áreas de infraestrutura urbana cresceram de 14,52 km² (0,10% do quadrilátero) em 1989 para 32,75 km² (0,23% do quadrilátero) em 2019 (Figura 11; Tabela 4; Gráfico 2); No entorno da UHE Cana Brava as áreas de infraestrutura urbana cresceram de 4,34 km² (0,27% do quadrilátero) em 1989 para 7,27 km² (0,45% do quadrilátero) em 2019 (Figura 13; Tabela 6; Gráfico 3); Na UHE Luiz Eduardo Magalhães o crescimento das áreas de infraestrutura urbana foi de 24,09 km² (0,18% do quadrilátero) em 1989 para 148,32 km² (1,11% do quadrilátero) em 2019 (Figura 15; Tabela 7; Gráfico 4); Na UHE Peixe Angical as áreas de infraestrutura urbana cresceram de 4,34 km²

(0,27% do quadrilátero) em 1989 para 7,27 km² (0,45% do quadrilátero) em 2019 (Figura 17; Tabela 8; Gráfico 5); Na UHE São Salvador as áreas de infraestrutura urbana cresceram de 1,45 km² (0,05% do quadrilátero) em 1989 para 3,00 km² (0,11% do quadrilátero) em 2019 (Figura 19; Tabela 9; Gráfico 6); Na usina UHE Estreito as áreas de infraestrutura urbana cresceram de 2,91 km² (0,03% do quadrilátero) em 1989 para 15,94 km² (0,19% do quadrilátero) em 2019 (Figura 21; Tabela 10; Gráfico 7).

6.4 Aspectos jurídicos

A Declaração sobre Direito ao Desenvolvimento (1986), da qual o Brasil é signatário, dispõe (art. 1º, §1º) que: O direito ao desenvolvimento é um direito humano inalienável, em virtude do qual toda pessoa e todos os povos estão habilitados a participarem do desenvolvimento econômico, social, cultural e político, a ele contribuir e dele desfrutar, no qual todos os direitos humanos e liberdades fundamentais possam ser plenamente realizados.

O conceito de desenvolvimento sustentável surgiu no âmbito da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento da ONU, por meio do Relatório Brundtland intitulado *Nosso Futuro Comum* (1987), propagando a noção de que desenvolvimento sustentável seria “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades”.

Adotando o conceito de Brundtland, a Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento de 1992 consignou que “a fim de alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção do meio ambiente deverá constituir-se como parte integrante do processo de desenvolvimento e não poderá ser considerada de forma isolada”.

A noção de sustentabilidade foi encampada pelo legislador brasileiro ao instituir a Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938/81) tendo como diretriz a “compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico (inciso I)” e “preservação e restauração dos recursos ambientais com vistas à sua utilização racional e disponibilidade permanente, concorrendo para a manutenção do equilíbrio ecológico propício à vida”.

A Constituição Federal de 1988 impôs ao Poder Público e à coletividade em seu art. 225, o dever de defender e preservar o meio ambiente para as gerações presentes e futuras. Além disso, consignou expressamente entre os princípios da ordem econômica: “art. 170 (...) VI – a defesa do meio ambiente, inclusive mediante tratamento diferenciado conforme o impacto ambiental dos produtos e serviços e de seus processos de elaboração e prestação”.

A Lei da Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433/97) estabeleceu no seu art. 2º os seguintes objetivos: “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”. A inclusão do aproveitamento das águas para fins hidrelétricos na outorga decorre do uso múltiplo das águas ter sido eleito como um dos fundamentos da PNRH.

Lei nº 12.334/2010 instituiu a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas à acumulação de água para quaisquer usos e criou o Sistema Nacional de Informações sobre Segurança de Barragens (BRASIL, 2010).

Recentemente, a Lei nº 14.119/2021 instituiu a Política Nacional de Pagamento por serviços ambientais cujos objetivos são, dentre outros: orientar a atuação do poder público, das organizações da sociedade civil e dos agentes privados em relação ao pagamento por serviços ambientais, recuperar ou melhorar os serviços ecossistêmicos em todo o território nacional, valorizar econômica, social e culturalmente os serviços ecossistêmicos, por meio de retribuição monetária ou não monetária, prestação de serviços ou outra forma de recompensa, como o fornecimento de produtos ou equipamentos e fomentar o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2021).

A bibliografia apresentada demonstra que as falhas na discussão, no esclarecimento e na participação das populações atingidas pelas UHE instaladas na bacia do rio Tocantins fizeram emergir conflitos judiciais quanto a forma de desapropriação; desocupação; realocações; descumprimento das ações previstas no PBA; Falta de informações e inconsistências nos estudos de fauna, flora e questão indígena; Problemas no processo de indenização e reassentamento das populações atingidas; Diagnósticos realizados após a emissão da LP; Atrasos e inconsistências na realização dos estudos étnicos; e Questões fundiárias envolvendo as áreas delimitadas pelo PBA.

A judicialização ocorreu também em relação às comunidades indígenas. Mesmo amparados pelo Estatuto do Índio (Lei nº 6.001/1973), várias AIs foram atingidas, principalmente com a instalação das UHEs Tucuruí, Serra da Mesa, Cana Brava, Luiz Eduardo Magalhães e Estreito.

Quanto à legalidade dos processos de licenciamento é importante lembrar que a UHE Tucuruí começou a ser construída em 1974 e foi inaugurada em 1984. Naquele momento não existia uma legislação ambiental sistematizada e a única exigência relacionada ao meio ambiente foi feita pelo Banco Mundial para que fosse realizado um estudo de impacto

relacionada ao meio ambiente. No final da década de 1990, quando passou pelo processo de expansão de sua capacidade instalada, o empreendimento teve que se submeter às condicionantes da PNMA, instituída pela Lei nº 6.938/81, as resoluções 01/1986, 06/1987 e 237/97 do CONAMA, a Constituição Federal de 1988 e as diversas normas estabelecidas pelos legisladores infraconstitucionais e pelos órgãos de controle e fiscalização.

Os licenciamentos para instalação e funcionamento das sete usinas hidrelétricas de grande porte que foram instaladas na bacia do rio Tocantins ocorreram em momentos distintos da política de investimentos no setor hidrelétrico do Brasil. Desde a UHE Tucuruí (PA), que iniciou suas instalações no início da década de 1970, até a UHE Estreito (MA), que entrou em operação em 2011 as condicionantes exigidas pelos órgãos de controle e fiscalização sofreram constantes alterações, seja de ordem legislativa ou mesmo nas constantes mudanças de interpretação dos gestores públicos. Essa situação tem gerado a aplicação de multas milionárias e, muitas vezes, impagáveis. Além do mais, o conceito, a aplicação e os critérios de licenciamento podem variar de estado para estado, devendo ser observada a legislação federal, estadual ou municipal, conforme a localização do empreendimento ou atividade.

A regularidade dos licenciamentos das usinas instaladas na bacia do rio Tocantins foram objeto de diversas medidas judiciais tendo como objeto: Inconsistências ou insuficiência nos estudos de diagnósticos do EIA; Estudos diagnósticos realizados após a emissão da LP; Inconsistência entre o EIA e o Termo de Referência para elaboração deste; Atraso na realização de audiência pública complementar da fase de licenciamento prévio. Audiência realizada após a emissão das LP e LI.

Buscando resolver essa insegurança jurídica quanto ao excesso de exigências no cumprimento de condicionantes, em contra partida com as necessárias medidas de preservação do meio ambiente, as Comissões de Meio Ambiente (CMA) e a de Agricultura e Reforma Agrária (CRA) do Senado Federal têm como compromisso para 2022 votar os projetos de lei nº 2.159/2021 que institui a lei geral do licenciamento ambiental e os projetos de lei nºs 2.633/2020 e 510.2021 que tratam de questões que envolvem tipos de licenciamento, autodeclaração, prazos, responsabilidades, entre outras particularidades extensíveis a todos os entes da Federação. A atual proposta do marco legal do licenciamento esbarra em uma série de discordâncias ao ampliar e abranger em esfera federal questões polêmicas como dispensas licenciatórias (SENADO FEDERAL DO BRASIL, 2022).

7 CONCLUSÕES

Os estudos de custo-benefício na instalação de grandes usinas hidrelétricas têm sido cada vez mais criteriosos e as estratégias de planejamento na manutenção e implementação de novos projetos na bacia do rio Tocantins devem ser consideradas diante das transformações tecnológicas. O presente trabalho demonstra que a sustentabilidade das sete grandes usinas instaladas na bacia do rio Tocantins está condicionada a aspectos ambientais, sociais, econômicos e jurídicos.

Mesmo sendo considerada barata e renovável, a energia produzida pelas hidrelétricas causa vários impactos ao meio ambiente, tais como: emissão de gases do efeito estufa; alagamentos; mudanças na fauna e na flora; redução da formação florestais naturais. Os resultados sobre o histórico do uso e cobertura do solo demonstram por meio de imagens, gráficos e tabelas que, no entorno de todos os empreendimentos analisados houve redução das formações vegetais nativas, com o avanço das áreas de pastagens e agricultura.

Além dos impactos ambientais, as tabelas e gráficos socioambientais demonstram que a instalação das usinas de grande porte na bacia do Rio Tocantins provocou diversos impactos sociais que devem ser observados na definição de estratégias de desapropriação, realocação, assentamentos, saneamento básico, sistema de saúde, infraestrutura e assistência social. A instalação dessas usinas provocou o deslocamento de populações, crescente e desordenada urbanização, aumento de doenças zoonóticas e falhas na política de diálogo com as populações diretamente afetadas, tais como: ribeirinhos, quilombolas e indígenas.

Outro fator que deve ser observado é que sob o ponto de vista econômico ficou evidenciado que o aumento nos índices de desenvolvimento humano das populações no entorno das grandes usinas hidrelétricas instaladas na bacia do rio Tocantins podem ser sazonais ou não necessariamente ligados a instalação dessas usinas (durante o processo de instalação do empreendimento) ou não necessariamente ligados a essas usinas.

Sob o ponto de vista jurídico todos esses aspectos, ambientais, sociais e econômicos devem ser considerados na definição das condicionantes dos licenciamentos ambientais. A participação popular das populações afetadas, seja por meio de audiências públicas ou de programas de educação ambiental, são necessárias e servem como importante marco que revela a responsabilidade democrática e participativa na utilização dos recursos hídricos. O debate sobre as questões estratégicas de investimentos no setor hidrelétrico frente as novas matrizes

energéticas devem servir de fundamento para as transformações legislativas e execução das políticas socioambientais.

Sendo assim, a sustentabilidade das sete grandes usinas instaladas na bacia do rio Tocantins passa pela experimentação de algumas soluções, tais como, tais como:

- a) Considerar as peculiaridades da bacia do Rio Tocantins como um todo, de forma interligada;
- b) Aproveitamento das instalações das usinas utilizando de outras fontes renováveis como eólica e solar;
- c) Maior participação dos ribeirinhos e das comunidades quilombolas e indígenas afetadas em programas socioambientais monitorados por agências afins e com propostas muito bem definidas e planejadas;
- d) Restaurar, repotenciar e modernizar as grandes usinas frente às novas matrizes energéticas e a constante transformação tecnológica;
- e) Aumentar os níveis de reserva para geração de energia; e
- f) Investir em educação ambiental, pesquisa e desenvolvimento, como uma resposta viável de retorno desses empreendimentos.

Portanto, identificar, sistematizar, ordenar de forma cronológica, os aspectos ambientais, sociais, econômicos e jurídicos, permitiu analisar como ocorreu a instalação das sete grandes usinas hidrelétricas na bacia do rio Tocantins e quais as estratégias de investimento deverão servir de referência no futuro. Que esse estudo possa servir de instrumento de apoio na tomada de decisões de aproveitamento, manutenção, modernização, descomissionamento e acompanhamento socioambiental das usinas da bacia do rio Tocantins.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACSELRAD, H. A. “Memória Técnica” das Grandes Barragens: Considerações sobre a aplicação da noção de memória a fatos técnicos. *Novos Estudos. CEBRAP*. São Paulo. v. 38, n. 2, p. 89-408, mai – ago. 2019.

ALVES, J. M. *Hidreletricidade e as condições humanas no Planalto Central*. Goiânia: CEV, 2006.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Relatório de análise de Impacto Regulatório nº 1/ 2020*. 2020. Disponível em: https://participacao-social.ana.gov.br/api/files/Relatorio_de_AIR_-_Sistema_Hidrico_do_Rio_Tocantins-1607537134591.pdf. Acesso em: 22 mar. 2022.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *As regiões hidrográficas brasileiras*. 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/gestao-das-aguas/panorama-das-aguas/regioes-hidrografica>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *ANA estabelece novas condições de operação para os reservatórios do Sistema Hídrico do Rio Tocantins*. 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-estabelece-novas-condicoes-de-operacao-para-os-reservatorios-do-sistema-hidrico-do-rio-tocantins>. Acesso em: 22 abr. 2021.

ANA. Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. *Hidrelétrica de Serra da Mesa (GO) terá redução da vazão mínima liberada até 31 de maio*. 2021c. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/hidreletrica-de-serra-da-mesa-go-tera-reducao-da-vazao-minima-liberada-ate-31-de-maio>. Acesso em: 29 jan. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução normativa nº 875, de 10 de março de 2020. *Diário Oficial da União*, 2020. Disponível em: <https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-normativa-n-875-de-10-de-marco-de-2020-24807061>. Acesso em: 27 jan. 2022.

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. *Aneel ultrapassa meta de expansão de geração de energia em 2020*. Governo do Brasil, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/01/aneel-ultrapassa-meta-de-expansao-da-geracao-de-energia-em-2020>. Acesso em: 15 jun. 2021.

ANTUNES, P. B. *Direito ambiental*. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2014.

ARAÚJO, R. M. *Uma retrospectiva da expansão do sistema elétrico na bacia do rio Tocantins, com estudo de caso na região de Lajeado - Palmas - Porto Nacional, TO, 1996- 2003*. 2003. 155f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas, Campinas - SP: 2003.

BAIMA, C. Energia hidrelétrica brasileira é “limpa”? Depende. *Revista Questão de Ciência*. 2021. Disponível em: <https://www.revistaquestaodeciencia.com.br/dossie-questao/2021/10/12/mariz-energetica-brasileira-e-limpa-depender>. Acesso em: 28 jan. 2022.

BATISTELLO, E. *Usina Hidrelétrica Cana Brava: Monitoramento do Remanejamento da População Atingida*. Goiânia. 2003.

BRASIL. *Lei nº 6001, de 19 de dezembro de 1973*. Dispõe sobre o Estatuto do Índio. Brasília, 1973. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6001.htm. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. *Decreto-Lei 1.413, de 31 de julho de 1975*. Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. Brasília, 1975. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/del1413.htm. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. *Lei 6.938 de 31 de Agosto de 1981*. Dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente. Brasília, 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm. Acesso em 14 set. 2021.

BRASIL. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Constituição Federal. Brasília, 1988. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.ht. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. *Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências. Brasília, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.ht. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. *Resolução Conama n. 237*. Brasília: MMA - Ministério do Meio Ambiente. 1997. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=237>. Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL. *Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998*. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Brasília, 1998. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19605.ht. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. *Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999*. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a Política Nacional de Educação Ambiental e dá outras providências. Brasília, 1999a. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. *Lei nº 9.985, de 27 de abril de 1999*. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Brasília, 1999b. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. *Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000*. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) (Redação dada pela Lei nº 14.026, de 2020). Brasília, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19984.htm. Acesso em: 27 jan. 2022.

BRASIL. *Lei nº 9985 de 18 de julho de 2000*. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC, 2000. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm. Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2030*. Brasília: MME/EPE, 2007. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-2030>. Acesso em 16 set. 2021.

BRASIL. *Decreto nº 6.040 de 18 de 07 de fevereiro de 2007*. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais, Brasília, 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm. Acesso em: 29 mar. 2022.

BRASIL. *Lei Complementar nº 140, de 08 de dezembro de 2011*. Dispõe sobre a cooperação entre a União, os Estados e os Municípios nas ações administrativas decorrentes do exercício da competência comum relativas à proteção das paisagens naturais notáveis, à proteção do meio ambiente, ao combate à poluição em qualquer de suas formas e à preservação das florestas, da fauna e da flora. Brasília, 2011. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19795.htm. Acesso em: 29 mar. 2022.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. *Linha do tempo: um breve resumo da evolução da legislação ambiental no Brasil*. 2012. Disponível em: <https://stj.jusbrasil.com.br/noticias/2219914/linha-do-tempo-um-breve-resumo-da-evolucao-da-legislacao-ambiental-no-brasil>. Acesso em :17 jan. 2022.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2021*. Brasília: MME/EPE, 2012. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/plano-decenal-de-expansao-de-energia-pde>. Acesso em 14 set. 2021.

BRASIL. Câmara dos Deputados - Comissão de Legislação Participativa. *Sugestão nº 175 / 2018*. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra;jsessionid=730BFED173FA559E5017FED9314329CF.proposicoesWebExterno1?codteor=1699017&filename=SUG+175/2018+CLP. Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. *Empresa de Pesquisa Energética. Expansão da Geração - Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas*. 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 14 set. 2021.

BRASIL. *Lei nº 14.119 de 13 de janeiro de 2021*. Institui a Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais. Brasília, 2021. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2021/lei/L14119.htm. Acesso em: 29 mar. 2022.

CARDOSO JÚNIOR, H. M.; LUNAS, D. A. L. Construção da usina hidrelétrica de Cana Brava em Minaçu (GO). *Revista Campo-Território*, v. 13, n. 29. 2019.

CDDPH. Conselho de Defesa dos Direitos da Pessoa Humana. *Comissão Especial Atingidos por barragens*. Resoluções nºs 26/06; 31/06, 01/07,02/07 e 05/07. 2011. Disponível em: https://www.mpmg.mp.br/data/files/18/91/40/A4/F844A7109CEB34A7760849A8/Relat_rio%20Final%20CDDPH.pdf. Acesso em: 28 jan. 2022.

CESTE. *Consórcio Estreito Energia*. 2022. Disponível em: <http://uhe-estreiro.com.br/>. Acesso em: 29 jan. 2022.

CHAVES. A. C; GIUSTI.; STRAUCH. J. C. M. O estado, a regulação e a questão ambiental no setor elétrico brasileiro: uma análise sobre os megaprojetos de Lajeado e Estreito. *RDP*, Brasília, v. 18, n. 97, 321-348, jan./fev. 2021.

CMMAD. COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO. *Nosso futuro comum* Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CNDH. CONSELHO NACIONAL DOS DIREITOS HUMANOS. *Relatórios do Conselho de Defesa dos Direitos da Pessoa Humana (CDDPH)*, 2017. Disponível em: https://www.gov.br/mdh/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselho-nacional-de-direitos-humanos-cndh/RelatorioGTQuilombola_finalaprovado_comrevisodamesadiretora.pdf. Acesso em: 28 jan. 2022.

COELHO NETO, A. L. (Org.). *Estreito: o novo cenário da água*. Rio de Janeiro: E-papers: CESTE, 2012.

DAMBRÓS, C. Contexto histórico e institucional na demarcação de terras indígenas no Brasil. *Rev. NERA*, Presidente Prudente, v. 22, n. 48, p. 174-189, Dossiê - 201. 2019. ISSN: 1806-6755.

DUTRA, F. C. B. *et al.* As falhas no licenciamento ambiental da usina hidrelétrica Belo Monte: Análise da Jurisprudência. *Revista Científica do Centro de Estudos em Desenvolvimento Sustentável da UNDB* v. 1, ago/dez 2016, p. 1–23. 2017.

EDUVIRGEM, R. V. *Revista Tarairiú*, Campina Grande - PB, Ano VII, v. 1, n. 14 – julho / dezembro de 2018.

ENGIE Brasil. Usina Cana brava. 2022. Disponível em: <https://www.engie.com.br/usinas/uhe-cana-brava/>

ELETRONORTE. Agência Eletronorte. *Inédito no mundo, projeto de geração solar em hidrelétricas inicia em Balbina*. 2016. Disponível em: <http://agencia.eletronorte.gov.br/site/2016/03/04/hidreletrica-balbina-inicia-projeto-com-flutuadores-para-gerar-energia-solar/>. Acesso em: 28 jan. 2022.

EPE. MME. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Expansão da Geração. *Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas*. 2020a. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 28 jan. 2022.

EPE. MME. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Expansão da Geração. 2020b. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 28 jan. 2022.

EPE. MME. Ministério de Minas e Energia. Plano Nacional de Energia - *PNE 2030*. 2022. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-PNE-2030>. Acesso em: 27 jan. 2022.

FAPESP. Fundação de amparo a pesquisa do Estado de São Paulo. 2021. Disponível em: <https://fapesp.br/15180/caminhos-para-o-brasil-pos-cop-26>. Acesso em: 28 jan. 2022.

FARIA, R. C.; KNISS, C. T.; MACCARI, E. A. Sustentabilidade em Grandes Usinas Hidrelétricas. *Revista de Gestão e Projetos - GeP*, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 225-251, jan./abr. 2012.

FEARNSIDE, P. M. *Hidrelétricas na Amazônia: impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras*. Manaus: Editora do INPA, v. 2, 2015.

FERREIRA, S.S.S. et al. História dos povos reassentados da comunidade Mundo Novo de Miracema do Tocantins. *Revista Humanidades e Inovação*. v. 7, n. 16, 2020. Disponível em: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/2941-Texto%20do%20artigo-12564-1-10-20201007.pdf>.

FERNANDES, C. T. C. *Impactos Socioambientais de Grandes Barragens e Desenvolvimento: a percepção dos atores locais sobre a Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa*. 2010. 421f. Tese (Doutorado). Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

FOGAÇA, J. R. V. O que é sustentabilidade? *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/o-que-e/quimica/o-que-e-sustentabilidade.htm>. Acesso em: 04 jun. 2020.

FUNAI. Fundação Nacional do índio. *Funai normatiza participação em processos de licenciamento ambiental*. 2012. Disponível em: <https://www.gov.br/funai/pt-br/assuntos/noticias/2012/funai-normatiza-participacao-em-processos-de-licenciamento-ambiental>. Acesso em: 28 jan. 2022.

FURNAS. *Sistema Furnas*. USINA de Peixe Angical. 2021. Disponível em: <https://www.furnas.com.br/subsecao/127/usina-de-peixe-angical---49875-mw?culture=pt>. Acesso em: 08 set. 2021.

GOLDEMBERG, J.; VILLANEVA, L. D. *Energia, Meio Ambiente & Desenvolvimento*. Tradução: André Koch. 2. ed. rev. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2003.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Censo Agropecuário 2006*. Brasília:

IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/2017-np-censo-agropecuario/9827-censo-agropecuario.html?=&t=downloads>.

Acesso em: 11 mar. 2022.

INVESTCO S.A. Usina Hidrelétrica de Lajeado. 2022. Disponível em <https://www.investco.com.br/pt-br/a-usina-0>. Acesso em: 29 jan. 2022.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Desenvolvimentismo, conflito e conciliação de interesses na política de construção de hidrelétricas na Amazônia Brasileira*. Brasília: Ipea, 2013. http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/2001/1/TD_1884.pdf. Acesso em: 28 mar. 2022.

IPEA – INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. *Brasil em desenvolvimento: Estado, planejamento e políticas públicas*. Brasília: Ipea, 2021. <https://www.ipea.gov.br/ods/ods7.html>. Acesso em: 28 jan. 2022.

KOIFMAN, S. Geração e transmissão da energia elétrica: impacto sobre os povos indígenas no Brasil. *Cad. Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 17, n. 2, p. 413-423, 2001.

LARA, L. G. A.; OLIVEIRA, S. A. A ideologia do crescimento econômico e o discurso empresarial do desenvolvimento sustentável. *Cadernos EBAPE.BR*. n. 15 (abr/jun), p. 326–348. 2017.

LIMA, A. M. *Hidrelétricas no Rio Tocantins e Efeitos Pós-Barragem: Compensação, Desenvolvimento e Governança Local*. 2020. 206 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente. Universidade Federal do Tocantins. Brasil. 2020.

MALDANER, K. L. S. et al. A Avaliação Ambiental Integrada e os cenários socioeconômicos de municípios impactados pelas usinas hidrelétricas Peixe Angical e São Salvador no rio Tocantins. *Revista Brasileira de Ciências Ambientais*. n. 52, p. 119–34. 2019.

MAPBIOMAS. *Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima* Projeto MapBiomass – Coleção [versão] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso

de Solo do Brasil, acessado em 2021 através do link: <https://mapbiomas.org/perguntas-frequentes>. Acesso em 29 mar. 2022.

MARTIN, A. M. Desenvolvimento é capitalismo mais energia: a produção energética nacional como corolário de integração econômica. *Revista Topoi*. n. 19, p. 81–108. 2018.

MAZZEI, C. A.; MARANGONI, T. T.; OLIVEIRA, J. N. Análise quantitativa dos estudos de impactos ambientais de hidroelétricas existentes no banco de dados do IBAMA e avaliação dos parâmetros hidrológicos utilizados. *Eng Sanit Ambient*. v. 23, n. 3. p. 425-429. 2018.

MEMORIAL DA ELETRICIDADE. Usina Hidrelétrica Tucuruí. 2021. Disponível em <https://www.memoriadaeletricidade.com.br/acervo/4420/usina-hidreletrica-tucuruui>. Acesso em: 28 jan. 2022.

MILARÉ, E. *Direito do ambiente*. 3. ed. São Paulo: Revista dos tribunais, 2004.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. *Política Nacional sobre Mudança Climática*. 2020. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/clima/politica-nacional-sob>. Acesso em: 28 jan. 2022.

MÜLLER, A. C. *Hidroelétricas, meio ambiente e desenvolvimento*. São Paulo: Makron Books. 1995.

NAÇÕES UNIDAS. *Declaração das nações unidas sobre os direitos dos povos indígenas*. 2008. Disponível em: https://www.acnur.org/fileadmin/Documentos/portugues/BDL/Declaracao_das_Nacoes_Unidas_sobre_os_Direitos_dos_Povos_Indigenas.pdf. Acesso em: 28 jan. 2022.

NAÇÕES UNIDAS. *Como as Nações Unidas Apoiam os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil*. 2021. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>.

NASCIMENTO. T. B. F. A usina Hidrelétrica de Tucuruí (Pará) o os instrumentos jurídicos de Gestão de Riscos e Danos Ambientais. *Revista Âmbito Jurídico*, 2019.

NERES, J. C. I.; FERREIRA, M. E.; SILVA JR., N. J. Análise socioambiental de bacia hidrográfica com usinas hidroelétricas. *Mercator*. n. 11, v. 24, p. 169–185. 2012.

NERES, L. L. F. G.; NERES, J. C. I.; CERQUEIRA, F. B.; CARVALHO, A. V.; SANTANA, L. M. Implantação de usinas hidrelétricas no estado do Tocantins: uma discussão teórica sobre os impactos socioambientais e econômicos. *Natural Resources*, v. 7, n. 2, p. 23-31, 2017. DOI: <http://doi.org/10.6008/SPC2237-9290.2017.002.0003>.

NUSDEO, A. M. O.; TRENNEPOH, T. *Temas de direito ambiental econômico*. São Paulo: Thomson Reuters Brasil, 2019.

OLIVEIRA, N. C. C. de. A grande aceleração e a construção de barragens hidrelétricas no Brasil. *Varia História*. n. 34, v. 65, p. 315–346. 2018.

ONS. Operador Nacional do Sistema Elétrico. *Conhecimento: Perguntas e respostas*. 2021. Disponível em: <http://www.ons.org.br/paginas/conhecimento/perguntas-e-respostas>. Acesso em: 28 jan. 2022.

PAULA, D. A.; CORRÊA, M. L. A central elétrica de Furnas e o desenvolvimento no Brasil (1952 - 1965). *América Latina em la historia económica* 2. (mai/ago). p. 145-167. 2014.

PARÁ. *Lei Estadual nº 6.451, de 08 de abril de 2002*. Cria Unidades de Conservação do Lago de Tucuruí. Disponível em: <https://www.semas.pa.gov.br/diretorias/areas-protetidas/area-de-protecao-ambiental-do-lago-de-tucurui/apresentacao/>. Acesso em: 25 fev. 2022.

PNLA. Portal Nacional de Licenciamento Ambiental. Ministério do Meio Ambiente. *Etapas do licenciamento*. 2021. Disponível em: <http://pnla.mma.gov.br/etapas-do-licenciamento>. Acesso em: 28 jan. 2022.

QUEIROZ, A. R. S.; MOTTA-VEIGA, M. Análise dos impactos sociais e à saúde de grandes empreendimentos hidrelétricos: lições para uma gestão energética sustentável. *Ciência e Saúde Coletiva*. n. 17, v. 6. p. 1387–98. 2012.

REIS, L. B.; SILVEIRA, S. *Energia elétrica para o desenvolvimento sustentável: introdução*

de uma visão multidisciplinar. São Paulo: Editora Universidade de São Paulo. 2001.

ROCHA, G. M. Usinas Hidrelétricas e Mudanças Demográficas na Amazônia Brasileira. *Nadir: rev. electron. geogr. Austral*. Ano 7, n. 1, 2015.

ROSCOCHE, L. F.; VALLERIUS, D. M. Os impactos da usina hidrelétrica de Belo Monte nos atrativos turísticos da região do Xingu (Amazônia - Pará - Brasil). *Revista Eletrônica de Administração e Turismo*. n. 5 p. 414-430. 2014.

SANTOS, M.T. Das Barrancas do Rio Tocantins ao espaço concebido: um estudo de caso dos reassentamentos rurais da Usina Hidrelétrica de Lajeado. 239p. Tese (Doutorado). Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília, Brasília, 2013. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/16499/1/2014_MarliTeresinhadosSantos.pdf.

SARLET, I. W.; FENSTERSEIFER, T. *Curso de direito ambiental*. 2. ed. Rio de Janeiro: Forense, 2021. (SARLET; FENSTERSEIFER, 2021)

SENADO FEDERAL DO BRASIL. *Licenciamento ambiental e regularização fundiária voltam à pauta em 2022*. Agência Senado, 2022. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/01/07/licenciamento-ambiental-e-regularizacao-fundiaria-voltam-a-pauta-em-2022>. Acesso 29 jan. 2022.

SEQUEIRA, J. E. O. A. Estruturas de Oportunidade Legal dos movimentos anti-barragens no Pará 2017. *Revista Direito e Práxis*. v. 8, n. 1, p. 474–506. 2017.

SILVA, E. L.; SILVA M. A. *Segurança de barragens e os riscos potenciais à saúde pública*. *Saúde em Debate* [online]. v. 44, n. spe 2, p. 242-261, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-11042020E217>. Acesso em: 29 jan. 2022. Epub 05 Jul 2021. ISSN 2358-2898. <https://doi.org/10.1590/0103-11042020E217>.

SILVA. H. R. S. et al. Impactos socioambientais da construção da usina hidrelétrica no município de Tucuruí e seus reflexos sobre a malária. *Revista Eletrônica Acervo Saúde / Electronic Journal Collection Health*. v. 12, n. 10, 2020. DOI: <https://doi.org/10.25248/reas.e3945.2020>. ISSN 2178-2091 - REAS/EJCH.

SILVA, P. J. Usinas hidrelétricas do século 21: empreendimentos com restrições à hidroeletricidade. *Brasil Engenharia*. v. 619, p. 83-90. 2014. Disponível em: <http://www.brasilengenharia.com>. Acesso em: 28 jan. 2022.

SILVA, R. F. T. *Manual de direito ambiental*. 4. ed. Salvador: Juspodivm, 2014.

SILVA JR, N. J.; SILVA, H. L. R.; RODRIGUES, M. T. U.; VALLE, N. C.; COSTA, M. C.; CASTRO, S. P.; LINDER, E. T.; JOHANSSON, C.; SITES JR, J. W. A Fauna de Vertebrados do Vale do Alto Rio Tocantins em Áreas de Usinas Hidrelétricas. *Estudos*, Goiânia, v. 32, p. 57–101, Especial., jan. 2005.

SILVEIRA, P. G. Energia e Mudanças Climáticas: impactos socioambientais das hidrelétricas e diversificação da matriz energética brasileira. *Opinión Jurídica*. v. 17, n. 33, p. 123-147, jan. 2018, Medellin, Colombia.

SOUZA-CRUZ-BUENAGA, F. V. A. *et al.* Environmental impacts of a reduced flow stretch on hydropower plants. *Brazilian Journal of Biology*. v. 79, n. 3. p. 470–787. 2019.

TRENNEPOHL, C. *Licenciamento Ambiental*. Niterói: Impetus, 2010.

TUNDISI, J. G. *Água do Século XXI: Enfrentando a Escassez*. São Paulo: RiMa, IIE, 2. ed., 2005.

VENÂNCIO, M.; CHELOTTI, M. C. A Construção da Barragem de Lajeado no rio Tocantins e o Programa de Compensação Ambiental Xerente: A Precarização do Território Indígena Akwẽ-Xerente. *CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária*, v. 16, n. 40, p. 409-438, 2021. ISSN 1809-6271.