

# Universidade Católica de Brasília

PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO  
SENSU EM PLANEJAMENTO E GESTÃO AMBIENTAL

## *Mestrado*

**IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS E CONFLITOS  
AMBIENTAIS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DE  
INTERESSE ENERGÉTICO: PROJETO-PILOTO NA BACIA  
DO RIO DO SONO - TO**

Autora: Icléa Almeida de Queirós  
Orientador: Prof. Dr. Paulo Jorge Rosa Carneiro

BRASÍLIA

2007

ICLÉA ALMEIDA DE QUEIRÓS

**IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS E CONFLITOS AMBIENTAIS EM  
BACIAS HIDROGRÁFICAS DE INTERESSE ENERGÉTICO:  
PROJETO-PILOTO NA BACIA DO RIO DO SONO - TO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Planejamento e Gestão Ambiental da Universidade Católica de Brasília, como requisito para a obtenção do Título de Mestre em Planejamento e Gestão Ambiental.

**Orientador:** Prof. Dr. Paulo Jorge Rosa Carneiro

Brasília  
2007

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA

Icléa Almeida de Queirós

IDENTIFICAÇÃO DE IMPACTOS E CONFLITOS AMBIENTAIS EM BACIAS  
HIDROGRÁFICAS DE INTERESSE ENERGÉTICO: PROJETO -PILOTO NA BACIA DO  
RIO DO SONO – TO.

Dissertação aprovada em 10 de dezembro de 2007 para obtenção do título de  
Mestre em Planejamento e Gestão Ambiental

Área de concentração: Planejamento e Gestão Ambiental

Banca Examinadora:

---

**Prof. Dr. Paulo Jorge Rosa Carneiro - UCB**

Orientador

---

**Dr. Luís Carlos Ferreira - ANEEL**

Examinador Externo

---

**Prof. Ph.D. Flávio Giovanetti de Albuquerque - UCB**

Examinador Interno

À Deus toda glória!

Aos meus pais, Ismar e Anacléa, pelo amor, dedicação e estímulo.

À Samuel Fontana pelo companheirismo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Paulo Jorge Rosa Carneiro, agradeço o apoio, auxílio e, acima de tudo, a amizade.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES pela concessão da bolsa de estudo.

À Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE pelo investimento nesta pesquisa.

Aos estimados amigos Tiago Mauriz, Lincoln Duarte, Paula Romão e Thaís Coral, por todos os momentos que passamos juntos compartilhando as descobertas e angústias próprias de pesquisadores.

## RESUMO

Este estudo é uma contribuição para a identificação de impactos e conflitos ambientais em bacias hidrográficas de interesse energético. Analisa as diferenças conceituais entre impacto e conflito ambiental, bem como, discute a necessidade de maior diálogo entre os diferentes setores usuários de água, especialmente no que tange à apropriação dos potenciais energéticos de uma bacia. Realiza a caracterização pós-inventário hidrelétrico da bacia-piloto do rio do Sono (TO) e a aplicação das metodologias de avaliação de impacto ambiental dos Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - EIBH e do Benchmarking, obtendo como resultado elementos básicos que subsidiam, em uma fase futura, o desenvolvimento do modelo dinâmico de inventário energético. Propõe a inserção dos representantes do Setor Elétrico nas discussões com a sociedade para gestão dos impactos e conflitos ambientais ainda na fase de estudos de inventário hidrelétrico. Por fim, recomenda a transformação da Comissão de Instalação de Ações Territoriais do Jalapão – CIAT-Jalapão em um Comitê para a Bacia do rio do Sono.

Palavras-chave: Inventário hidrelétrico. Recursos hídricos. Conflitos e impactos ambientais.

## **ABSTRACT**

This study is a contribution for the identification of environmental impacts and conflicts in hydrographic basins of energetic interests. It accurately analyzes the different concepts among environmental impacts and conflicts, as well it discusses the need of a greater dialog among water users different sectors, especially in what concerns to the appropriation of the energetic-powers of a basin. It accomplishes a post-inventory hydroelectric characterization of the Basin of Sono (TO) and the employment of environmental impact appraisal methodologies of the Hydrographic Basins Integrated Studies - HBIS, and of the Benchmarking, acquiring as a result basic elements that subsidize, in a future phase, the development of the energetic inventory dynamic pattern. It also proposes the insetion of the Eletric Sector representatives in the discussion with society for the solving of environmental impacts and conflicts still in phase of eletric inventory studies. At last, it recommends the changing of Jalapão's Territorial Actions Settlement Comission - Jalapão-TASC into a Committee for the river of Sono Basin.

Keyword: Hydroelectric inventory. Water resources. Environmental conflicts and impacts.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: ARCABOUÇO INSTITUCIONAL DO SISTEMA NACIONAL DE GERENCIAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	25
FIGURA 2: POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO E PORCENTAGEM DE EXPLORAÇÃO POR REGIÃO DO PAÍS.....	38
FIGURA 3: REGIÕES HIDROGRÁFICAS DO BRASIL.....	62
FIGURA 4: SUB-REGIÕES NO NÍVEL 1 DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA...	64
FIGURA 5: UNIDADES DE PLANEJAMENTO DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA. ....	65
FIGURA 6: ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA.....	70
FIGURA 7: SUB-BACIAS DO RIO TOCANTINS.....	74
FIGURA 8: MUNICÍPIOS NA BACIA DO RIO DO SONO. ....	83
FIGURA 9: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO E TERRA INDÍGENA NA BACIA DO RIO DO SONO. ....	85
FIGURA 10: ENCONTRO DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS DOS RIOS TOCANTINS E SÃO FRANCISCO. ....	87
FIGURA 11: METODOLOGIA DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS.....	92
FIGURA 12: RELAÇÃO ÍNDICE AMBIENTAL <i>VERSUS</i> ÍNDICE CUSTO-BENEFÍCIO DOS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS.....	117
FIGURA 13: FRENTES DE CONFLITOS AMBIENTAIS NA BACIA DO RIO DO SONO. ....	125
FIGURA 14: PCH ISAMU IKEDA, LOCALIZADA NO RIO BALSAS.....	142
FIGURA 15: BALNEÁRIO EM PONTE ALTA DO TOCANTINS. ....	143
FIGURA 16: CACHOEIRA DA VELHA COM O MORRO DO JALAPÃO AO FUNDO. ....	144
FIGURA 17: COMUNIDADE QUILOMBOLA DE BARRA DO AROEIRA – SANTA TEREZA DO TOCANTINS.....	145
FIGURA 18: CÂNION DO RIO DO SONO, NA REGIÃO DE NOVO ACORDO (TO). (A) JUSANTE; (B) MONTANTE.....	145
FIGURA 19: (A) MÁQUINAS QUE TRABALHAM NO ASFALTAMENTO DA TO-020; (B) TRECHO ASFALTADO EM REGIÃO DE CULTURA INTENSIVA DE GRÃOS. ....	147
FIGURA 20: TRAVESSIA EM RIO SONO E PONTE INCONCLUSA SOBRE O RIO DO SONO.....	148
FIGURA 21: FOZ DO RIO DO SONO. ....	149



## LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DISPONIBILIDADE HÍDRICA <i>PER CAPITA</i> DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA SEGUNDO O MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. ....	66
TABELA 2: DISPONIBILIDADE HÍDRICA <i>PER CAPITA</i> DA REGIÃO HIDROGRÁFICA DO TOCANTINS-ARAGUAIA SEGUNDO A AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. ....	66
TABELA 3: APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS EM OPERAÇÃO E PREVISTOS NO RIO TOCANTINS. ....	75
TABELA 4: DISTRIBUIÇÃO DA POPULAÇÃO DA BACIA DO RIO DO SONO EM 2007. ....	82
TABELA 5: IMPACTOS NO AMBIENTE FLUVIAL. ....	99
TABELA 6: COMPROMETIMENTO DE ROTAS MIGRATÓRIAS. ....	99
TABELA 7: COMPROMETIMENTO DA QUALIDADE DAS ÁGUAS. ....	100
TABELA 8: INFORMAÇÕES SOBRE OS PADRÕES DE ENERGIA E POSSÍVEIS CONFLITOS. ....	100
TABELA 9: COMPROMETIMENTO DA VEGETAÇÃO MARGINAL. ....	101
TABELA 10: INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL NOS ECOSISTEMAS AQUÁTICOS. ....	101
TABELA 11: INDICADORES DE IMPACTO SOBRE O ECOSISTEMA TERRESTRE. ....	102
TABELA 12: ÍNDICES DE IMPACTO AMBIENTAL SOBRE O ECOSISTEMA TERRESTRE. ....	102
TABELA 13: INDICADORES DE IMPACTO AMBIENTAL DO COMPONENTE-SÍNTESE MODOS DE VIDA. ....	103
TABELA 14: ÍNDICES DE IMPACTO DO COMPONENTE-SÍNTESE MODOS DE VIDA. ....	104
TABELA 15: COMPROMETIMENTO DOS PADRÕES DE ASSENTAMENTO. ....	105
TABELA 16: COMPROMETIMENTO DOS FLUXOS DE CIRCULAÇÃO E COMUNICAÇÃO. ....	106
TABELA 17: ÍNDICES DE IMPACTO DO COMPONENTE-SÍNTESE ORGANIZAÇÃO TERRITORIAL. ....	107
TABELA 18: INDICADORES ECONÔMICOS. ....	108
TABELA 19: COMPROMETIMENTO DAS ATIVIDADES ECONÔMICAS. ....	109
TABELA 20: POTENCIALIDADES ATINGIDAS. ....	110
TABELA 21: COMPROMETIMENTO DA ARRECADAÇÃO MUNICIPAL. ....	111
TABELA 22: ÍNDICES DE IMPACTO DO COMPONENTE-SÍNTESE BASE ECONÔMICA. ....	111
TABELA 23: INFORMAÇÕES SOBRE A POPULAÇÃO INDÍGENA. ....	112
TABELA 24: INFORMAÇÕES SOBRE AS POPULAÇÕES QUILOMBOLAS. ....	112
TABELA 25: INFORMAÇÕES SOBRE OS ASSENTAMENTOS DO INCRA. ....	112
TABELA 26: COMPROMETIMENTO DAS POPULAÇÕES INDÍGENAS. ....	113
TABELA 27: COMPROMETIMENTO DAS POPULAÇÕES QUILOMBOLAS. ....	113
TABELA 28: COMPROMETIMENTO DOS ASSENTAMENTOS INCRA. ....	114

TABELA 29: ÍNDICES DE IMPACTO DO COMPONENTE-SÍNTESE POPULAÇÕES TRADICIONAIS E ASSENTAMENTOS. ....	114
TABELA 30: ÍNDICES DE IMPACTOS AMBIENTAIS DOS APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS.....	115
TABELA 31: PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DOS ÍNDICES MÉDIOS.....	116
TABELA 32: ÍNDICE AMBIENTAL <i>VERSUS</i> ÍNDICE CUSTO-BENEFÍCIO PARA OS EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS.....	116
TABELA 33: PADRÕES DE ENERGIA INVENTARIADA DA BACIA DO RIO DO SONO.....	119
TABELA 34: BENCHMARK DAS AHES COM POTÊNCIA DE 30 MW A 150 MW DA BACIA DO RIO DO SONO.....	120
TABELA 35: BENCHMARK PARA AHE´S COM POTÊNCIA DE 30 MW A 150 MW.....	121
TABELA 36: BENCHMARK DAS AHES COM PTÊNCIA DE 150 MW A 1000 MW DA BACIA DO RIO DO SONO.....	122
TABELA 37: BENCHMARK PARA AHE´S COM POTÊNCIA DE 150 MW A 1000 MW.....	122
TABELA 38: ÍNDICES AMBIENTAIS.....	123

## LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: DEMANDAS E IMPACTOS DAS AÇÕES DE SANEAMENTO SOBRE OS RECURSOS HÍDRICOS. ....	27
QUADRO 2: RESOLUÇÕES CONAMA INCIDENTES NA ATIVIDADE DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA. ....	49
QUADRO 3: SUB-REGIÕES DA REGIÃO HIDROGRAFIA DO TOCANTINS-ARAGUAIA. ....	63
QUADRO 4: NOMEAÇÃO DOS COMPARTIMENTOS DA BACIA DO RIO TOCANTINS. ....	76
QUADRO 5: APROVEITAMENTOS HIDRELÉTRICOS DA BACIA DO RIO TOCANTINS POR COMPARTIMENTO. ....	77
QUADRO 6: MATRIZ DE CONFLITOS DA BACIA DO RIO TOCANTINS. ....	79
QUADRO 7: UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA BACIA DO RIO DO SONO. ....	84
QUADRO 8: ESTRUTURA DE AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS. ....	93
QUADRO 9: MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE OS ÍNDICES AMBIENTAIS. ....	115

## LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
AAI	Avaliação Ambiental Integrada
AGMA	Agência Goiana de Meio Ambiente
AHE	Aproveitamentos Hidrelétricos
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
APA	Área de Proteção Ambiental
APCBs	Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade
APIA	Avaliação Preliminar de Impactos Ambientais
APPs	Áreas de Preservação Permanente
APs	Áreas Protegidas
ARIE	Área de Relevante Interesse Ecológico
Art.	Artigo
BNDE	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico
CBH	Comitê de Bacia Hidrográfica
CEEIBH	Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas
CEPEL	Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
CERH	Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CIAT-Jalapão	Comissão de Instalação de Ações Territoriais do Jalapão
CMMD	Comissão Mundial do Meio Ambiente
CNAE	Conselho Nacional de Águas e Energia
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COMASE	Comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente do Setor Elétrico
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CUR	Custo Unitário de Referência
DNAEE	Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica
EE	Estação Ecológica
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EIBH	Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica
ELETOBRÁS	Centrais Elétricas Brasileiras S.A.
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A.
ELETROSUL	Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A.
EP	Energia Potencial
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ESCELSA	Espírito Santo Centrais Elétricas S.A.
FLONA	Floresta Nacional
FUNAI	Fundação Nacional do Índio
FURNAS	Central Elétrica de Furnas S.A.
g	aceleração da gravidade
GW	gigawatts
h	altura
IA	Índice Ambiental
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis

ICB	Índice Custo-Benefício
INCRA	Instituto de Colonização e Reforma Agrária
kW	quilowatts
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MME	Ministério das Minas e Energia
MN	Monumento Natural
MW	megawatts
ONGs	Organizações não-governamentais
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico
ONU	Organização das Nações Unidas
PARNA	Parque Nacional
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
PDEE	Plano Decenal de Expansão da Energia Elétrica
PE	Parque Estadual
PM	Parque Municipal
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
PRODECER	Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado
Q	vazão
RDS	Reserva de Desenvolvimento Sustentável
REBIO	Reserva Biológica
REx	Reserva Extrativista
RF	Reserva de Fauna
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
RVS	Refúgio de Vida Silvestre
SANEATINS	Companhia de Saneamento do Tocantins
SB	Sub-bacias
SIN	Sistema Interligado Nacional
SISNAMA	Sistema Nacional de Meio Ambiente
SNGRH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
TAC	Termo de Ajustamento de Conduta
TIs	Terras Indígenas
UCB	Universidade Católica de Brasília
UHE	Usina Hidrelétrica

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	14
2 GESTÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL .....	17
2.1 Aspectos Gerais.....	17
2.2 A Lei das Águas .....	21
2.3 O Uso Múltiplo das Águas .....	26
3 GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA NO BRASIL.....	36
3.1 Aspectos Gerais.....	36
3.2 Estudos de Inventário Hidrelétrico .....	44
3.3 Metodologias Ambientais nos Estudos de Inventário Hidrelétrico .....	48
4 IMPACTOS E CONFLITOS AMBIENTAIS NO BRASIL.....	54
4.1 Aspectos Gerais.....	54
4.2 Geração de Energia Hidrelétrica, Impactos e Conflitos Ambientais .....	56
4.3 Gestão Ambiental na Geração de Energia Hidrelétrica .....	58
5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	61
5.1 Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia .....	61
5.2 Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins .....	72
5.2.1 <i>Os Conflitos da Bacia do Rio Tocantins segundo a AAI da EPE</i> .....	78
5.3 Sub-Bacia Hidrográfica do Rio do Sono .....	80
6 METODOLOGIA .....	88
7 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	97
8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	130
REFERÊNCIAS .....	134
APÊNDICE A -VISITA TÉCNICA À BACIA DO RIO DO SONO .....	142
APÊNDICE B - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS.....	150
APÊNDICE C - ENTREVISTA COM REPRESENTANTE DO MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO DO ESTADO DO TOCANTIS.....	184

## 1 INTRODUÇÃO

Entende-se por **impacto ambiental** “qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas” (BRASIL, 1986) e por **conflito ambiental** “as disputas entre grupos sociais derivadas dos distintos tipos de relação que eles mantêm com seu meio natural” (LITTLE, 2001).

Com base nesses conceitos, o presente estudo analisa a legislação de recursos hídricos, ambiental, do setor elétrico e legislação correlata que sejam determinantes nos estudos de inventário energético; realiza uma caracterização ambiental pós -inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (TO) vis-à-vis a identificação de impactos e conflitos de interesse em relação ao uso da água e uso do território na bacia em estudo.

Observa-se que, nas usinas hidrelétricas em operação no Brasil, o aproveitamento ótimo, de que trata a Lei 9.074, de 7 de julho de 1995 (BRASIL, 1995), vêm sofrendo alterações, no que diz respeito às restrições ambientais, entre outros motivos, devido aos conflitos de uso da água. Esse fato ressalta a importância de avaliar a oportunidade de novos investimentos em hidroeletricidade em bacias hidrográficas de valor energético.

Assim sendo, o objetivo geral do presente trabalho reside na identificação de impactos e conflitos ambientais que incidem sobre o potencial energético da bacia piloto do rio do Sono (TO), que servirá como subsídio para a construção de um modelo dinâmico de inventário energético.

Os objetivos específicos, decorrentes do esforço para se atingir o objetivo geral, são:

- analisar a legislação de recursos hídricos, ambiental, do setor elétrico e legislação correlata que sejam determinantes nos estudos de inventário energético;
- realizar a caracterização da bacia do rio do Sono (TO), e o levantamento de dados e elementos básicos;
- identificar os impactos e conflitos ambientais que podem comprometer o aproveitamento ótimo dos potenciais hidroelétricos inventariados para o rio do Sono (TO).

O processo de ocupação dos territórios brasileiros, associado à política de reordenamento territorial (áreas de preservação, demarcação de reservas indígenas, assentamento de populações), acaba por promover restrições ou gerar conflitos, ou oposição de interesses, ou de idéias, com o setor elétrico, sendo necessário desenvolver um

procedimento que, inserido em um processo de tomada de decisões colabore na apropriação dos potenciais hidroenergéticos identificados.

Há alguns anos, os órgãos governamentais responsáveis pelo desenvolvimento da hidroenergia, buscam uma metodologia que incorpore a variável ambiental nas diversas etapas do planejamento da política hidroenergética, especialmente as questões voltadas para o uso múltiplo das águas, muitas vezes geradoras de conflitos de interesse. Consta-se que devido as alterações temporais e espaciais que continuamente ocorrem em uma bacia hidrográfica, e que podem comprometer seu aproveitamento ótimo, tem-se a necessidade da construção de um Modelo Dinâmico de Inventário Energético que proporcione atualizações para orientar os processos de tomada de decisão das empresas e parceiros do setor energético.

Localizada na região norte do país, a bacia do rio do Sono, dentre as opções para o estudo, foi escolhida por ser uma área de relevante interesse hidroenergético, complexa, e com disponibilidade de dados técnicos e informações que possibilitam a identificação de impactos e conflitos de interesse em relação ao uso da água, evidentes ou potenciais. Trata-se de uma área que vivencia um processo de desenvolvimento regional, desde o desmembramento dos Estados de Tocantins e Goiás, em 1988.

A existência, na bacia em estudo, de unidades de conservação, terras indígenas, comunidades quilombolas, assentamentos, crescente produção agropecuária, proximidade com a ferrovia Norte-Sul e provável contribuinte da transposição de vazão para o rio São Francisco, geram impactos e/ou conflitos no uso da água que refletem sobre os potenciais hidroelétricos inventariados. Portanto, é necessário, de forma holística, integrar os diferentes interesses da sociedade no sentido de dotar o desenvolvimento econômico ao socioambiental.

Neste trabalho a reflexão sobre a gestão das águas no Brasil é abordada no capítulo 2. No capítulo 3, discorre-se sobre a geração de energia hidrelétrica no Brasil, enfatizando os estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas, bem como as metodologias ambientais utilizadas nesses estudos. O capítulo 4 analisa as diferenças conceituais entre impacto e conflito ambiental, formas de identificação e gestão. No capítulo 5 discorre-se sobre a caracterização da área de estudo: a região hidrográfica do Tocantins -Araguaia, a bacia hidrográfica do rio Tocantins e a sub-bacia do rio do Sono. No capítulo 6 são abordados os procedimentos metodológicos adotados para a identificação dos impactos e conflitos de interesse em relação ao uso da água e do território que incidem sobre o potencial energético da bacia do rio do Sono. No capítulo 7 são apresentados os dados coletados e a interpretação dos resultados obtidos. O capítulo 8 apresenta as conclusões e recomendações do estudo para



ações futuras. Finalmente, o capítulo 9 elenca as referências bibliográficas utilizadas para fundamentar a dissertação.

## 2 GESTÃO DAS ÁGUAS NO BRASIL

### 2.1 Aspectos Gerais

Discorrer sobre a disponibilidade hídrica mundial é fundamental, pois determina a relação do ser humano com os recursos hídricos. Conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006h), de toda a água disponível na Terra, 97% são águas dos mares e 3% são águas doces. Do total de águas doces, 68,9% estão congeladas nas calotas polares; 30,8% são águas subterrâneas, como aquíferos e lençóis freáticos; e, apenas, 0,3% formam rios e lagos.

Além da escassez global, as águas doces distribuem-se de maneira desigual, dependendo dos ecossistemas que formam o território de um país. A água é um dos elementos formadores da paisagem, e também da composição dos seres vivos. Por ser insubstituível, é vital para a existência de vida na Terra.

O ser humano utiliza a água como recurso hídrico (bem econômico) para inúmeras atividades como: saneamento; irrigação; transporte hidroviário; indústria; pesca e aquicultura; turismo e lazer; e sobretudo na geração de energia hidrelétrica. Para que haja garantia de disponibilidade de água à conservação dos ecossistemas e aos diferentes usos é necessário o estabelecimento de critérios e normas, ou seja, um sistema de gestão das águas.

Em termos de quantidade de recursos hídricos, pode-se afirmar que o Brasil é um país privilegiado, possuindo cerca de 13% das reservas hídricas superficiais do planeta, com vazão média anual de 180 mil m<sup>3</sup>/s nos seus rios. A Região Hidrográfica Amazônica detém 73,6 % dos recursos hídricos superficiais; a segunda maior região em disponibilidade hídrica é a do Tocantins-Araguaia, com 7,6%; seguida da região do Paraná, com 6,4%. As regiões hidrográficas com menores vazões são: Atlântico Sul e Uruguai, com 2,3%; Atlântico Sudeste, com 1,8%; São Francisco, com 1,6%; Atlântico Nordeste Ocidental, com 1,5%; Paraguai, com 1,3%; Atlântico Leste, com 0,8%; Parnaíba e Atlântico Nordeste Oriental, com 0,4% (BRASIL, 2006h).

A sensação de abundância infinita dos recursos hídricos por parte dos bras ileiros, gerou impactos e conflitos devido ao uso irresponsável e abusivo de rios e lagos; retardou a percepção nacional de escassez deste recurso, bem como, a necessidade de gestão das águas.

De acordo com Grigg (1996), considera-se **Gestão de Recursos Hídricos** “a aplicação de medidas estruturais e não-estruturais para controlar os sistemas hídricos naturais e artificiais, em benefício humano e atendendo a objetivos ambientais”. Com base nesse conceito, espera-se dos gestores de recursos hídricos a compreensão de sistemas complexos (capacidade de síntese); análise das inter-relações; e criação de alternativas viáveis de gerenciamento de conflitos, reconhecendo a multiplicidade de agentes e interesses.

Para compreender os passos da sociedade brasileira em busca da construção de normas legais referentes à gestão dos recursos hídricos, é necessário um percurso pela história:

Conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006h), somente a partir da proclamação da República a sociedade brasileira ingressou para a construção de um aparato legal de uso dos seus recursos naturais. A primeira Constituição republicana, promulgada em 1891, reconhecia que a propriedade das águas acompanhava a propriedade do solo e trazia apenas uma referência indireta ao uso dos recursos hídricos, ao citar a navegação. Dessa forma, coube ao Código Civil, em 1916, regulamentar o uso e as múltiplas finalidades dos recursos hídricos por meio de disposições quanto à prevenção ou solução de conflitos gerados pelo uso da água.

Depois de anos de discussões, em 1934 foi sancionado o Código de Águas, que dividiu a água em águas públicas, águas comuns e águas particulares. Este Código foi considerado inovador para a época, um importante marco jurídico para o país, inclusive por ter permitido a expansão do sistema hidroelétrico brasileiro (BRASIL, 2002b).

Nesse contexto, em 1965, foi criado o Departamento Nacional de Águas e Energia, que, em 1969, assumiu as atribuições do Conselho Nacional de Energia Elétrica, passando a ser denominado de Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE. Detinha a competência para outorgar as concessões, as autorizações e as permissões de direitos de usos da água (BRASIL, 2006h).

Entretanto, até a década de 70, não havia uma gestão integrada dos recursos hídricos, mas tão somente a implementação de ações tomadas a partir das perspectivas dos setores usuários das águas ou conforme políticas específicas de combate aos efeitos das secas e das inundações. Devido à sensação de abundância de água no país, não se observavam preocupações relacionadas às necessidades de conservação e preservação.

No cenário mundial, com a publicação do livro *Primavera Silenciosa*, da bióloga Rachel Carson, em 1962, no qual, impactos ambientais que estavam ocorrendo em várias partes do mundo foram denunciados, a problemática ambiental passou a fazer parte das

inquietações internacionais, e o movimento ambientalista mundial cresceu, promovendo uma série de eventos.

Dentre estes, a Conferência de Estocolmo (Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano), organizada pela Organização das Nações Unidas - ONU, na Suécia, em 1972, reuniu representantes de 113 países, inclusive o Brasil, e se tornou no marco histórico decisivo para a busca das soluções dos problemas ambientais. Neste encontro, ficou decidido que seriam necessárias mudanças profundas nos modelos de desenvolvimento, nos hábitos e comportamentos dos indivíduos e da sociedade devido à progressiva escassez de recursos naturais mundiais (DIAS, 2000).

As primeiras discussões internacionais relacionadas à necessidade da reforma e modernização da gestão dos recursos hídricos ocorreram na Conferência das Nações Unidas sobre a Água, realizada em Mar del Plata em 1977, cujo Plano de Ação recomendava, dentre outras, que:

Cada país deve formular e analisar uma declaração geral de políticas em relação ao uso, à ordenação e a conservação da água, como marco de planejamento e execução de medidas concretas para a eficiente aplicação dos diversos planos setoriais. Os planos e políticas de desenvolvimento nacional devem especificar os objetivos principais da política sobre o uso da água, a qual deve ser traduzida em diretrizes e estratégias, subdivididas, dentro do possível, em programas para o uso ordenado e integrado do recurso.

Com a crescente industrialização do Brasil e sendo a água um insumo básico do processo produtivo, as preocupações com os aspectos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos passaram a fazer parte da agenda das instituições relacionadas a essa questão. Nessa época, por iniciativa do Governo Federal, ocorreram as primeiras experiências em gestão integrada por bacia hidrográfica.

Assim, em 1978, foi criado o Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas - CEEIBH, com o objetivo de promover a utilização racional dos recursos hídricos das bacias hidrográficas dos rios federais, por meio da integração dos planos e dos estudos setoriais em desenvolvimento pelas diversas instituições. Ocorre, nesse período, a edição de portarias interministeriais que recomendaram a classificação e o enquadramento dos corpos de águas brasileiros (BRASIL, 2006h).

O CEEIBH formou comitês executivos em diversas bacias hidrográficas. Foi relativo o êxito alcançado por esses comitês, principalmente em razão da crise institucional que originou a desmobilização do CEEIBH, refletindo o processo de redemocratização e descentralização vivido no país a partir de meados da década de 1980 (BRASIL, 2006h).

Em 31 de agosto de 1981, estando ainda o Brasil sob regime militar, o então presidente da República General João Baptista de Figueiredo sancionou a Lei 6.938, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formação e aplicação. Constituiu-se num importante instrumento de consolidação da política ambiental no Brasil, cujas diretrizes inspiraram a maior parte das regulamentações legais e normativas consecutivas (DIAS, 2000).

Em 1988, por força das articulações dos ambientalistas, a promulgação da Constituição Brasileira Federal, trouxe novidades, ao ser dotada de um capítulo próprio do meio ambiente. Esta representou, também, um marco referencial importante na gestão das águas no Brasil, uma vez que aboliu a propriedade privada da água, que era prevista no Código de Águas, dividindo o domínio das águas entre a União e os Estados (BRASIL, 2002a).

Em âmbito internacional, o final da década de 1980 foi marcado por importantes avanços relativos à questão ambiental. É nesse período que o conceito de **Desenvolvimento Sustentável**, “modelo de desenvolvimento que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem as suas próprias necessidades”, torna-se mundialmente conhecido, quando, em 1987, foi publicado o relatório *Nosso Futuro Comum*, da Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento - CMMD, conhecida como Comissão Brundtland (DIAS, 2000).

Em janeiro de 1992, a Conferência Internacional sobre Água e Meio Ambiente em Dublin enfatizou a existência de sérios problemas relacionados à disponibilidade de água para a humanidade e estabeleceu princípios para sua gestão sustentável. Conforme Dias (2000), a Declaração de Dublin destaca que:

A escassez e o desperdício da água doce representam sérias e crescentes ameaças ao desenvolvimento sustentável e à proteção ao meio ambiente. A saúde e o bem-estar do Homem, a garantia de alimentos, o desenvolvimento industrial e o equilíbrio dos ecossistemas estarão sob risco se a gestão da água e do solo não se tornarem realidade na presente década, de forma bem mais efetiva do que tem sido no passado.

Na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, a ECO-92, realizada no Rio de Janeiro em 1992 foram feitas referências aos Princípios de Dublin sobre a água. Os debates dessa conferência convergiram para os meios de se atingir o desenvolvimento sustentável.

Entre os vários documentos produzidos na ECO-92, o de maior destaque foi a Agenda 21, compromissos para a mudança do padrão de desenvolvimento no século XXI. Neste

documento a problemática dos recursos hídricos é tratada no capítulo dezoito sobre “Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos” que relata a importância de desenvolver e aplicar tecnologias e métodos de manejo economizadores de água.

Em 1995, o Governo Federal criou o Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, atual Ministério do Meio Ambiente - MMA. No mesmo ano, foi instituída a Secretaria de Recursos Hídricos - SRH.

Finalmente, após amplos debates, seminários e audiências públicas, em 8 de janeiro de 1997, foi instituída a Política Nacional de Recursos Hídricos, pela Lei nº 9.433 (BRASIL, 1997a), representando um marco histórico no país, um avanço na visão dos recursos hídricos. Essa política demonstra a importância da água, reforça seu reconhecimento como elemento indispensável a todos os ecossistemas terrestres, como bem dotado de valor econômico, além de estabelecer que sua gestão seja integrada, descentralizada e participativa.

## 2.2 A Lei das Águas

Com a promulgação da Constituição Nacional em outubro de 1988, todos os corpos d'água passaram a ser de domínio público e foi estabelecido apenas dois domínios para os corpos d'água do Brasil: o **domínio da União**, para os lagos, rios e quaisquer correntes de água em terrenos de seu domínio, ou que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países, ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as praias fluviais; e o **domínio dos Estados e do Distrito Federal**, para as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, neste caso, as decorrentes de obras da União (BRASIL, 2002a).

A Carta Magna de 1988, em seu artigo 21, item XIX, estabelece ainda que compete à União instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos e definir critérios de outorga de direitos de seu uso. Para regulamentar este artigo, foi sancionada em 8 de janeiro de 1997, a Lei nº 9.433 ou **Lei das Águas** (BRASIL, 1997a), como ficou consagrada, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Esta legislação reconhece a necessidade de uma gestão integrada e participativa entre os órgãos gestores, comunidades e setores usuários dos recursos hídricos.

Para os fins desse estudo, dentre os aspectos relevantes da Lei das Águas, destacam - se:

1) Fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Art. 1º):

I - a água é um bem de domínio público;

**II - a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico ;**

III - em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;

**IV - a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;**

**V - a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;**

VI - a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

2) Instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos (Art. 5º):

**I - os Planos de Recursos Hídricos ;**

**II - o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água ;**

**III - a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos ;**

IV - a cobrança pelo uso de recursos hídricos;

V - a compensação a Municípios;

VI - o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos.

Assim, a Lei das Águas reconhece a escassez dos recursos hídricos e a água como bem econômico, expressando, em seu artigo 1º, que “a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico”. Esse princípio alerta para a necessidade de preservação desse recurso natural finito, bem como, para a racionalização do seu uso, que é passível de cobrança.

Outro avanço da lei são dois fundamentos essenciais: “a gestão dos recursos hídricos deve proporcionar sempre o uso múltiplo das águas” e “a bacia hidrográfica como unidade territorial para implementação da Política de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. O princípio dos usos múltiplos da água

denota igualdade de condições de acesso a todos os setores usuários. A lei enfatiza que somente em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais.

Já ao se adotar a bacia como área geográfica mais adequada para o planejamento e gestão das águas, está se respeitando a divisão espacial que a própria natureza construiu e que nem sempre corresponde às divisões políticas de municípios, estados e países, necessitando, nesses casos, de ações integradas para a garantia de disponibilidade de água.

Ressalta-se que são aspectos relevantes da Lei das Águas os instrumentos de gestão. Um dos instrumentos são os Planos de Recursos Hídricos, documentos que atualizam as informações regionais da bacia hidrográfica e que buscam definir a repartição das vazões (alocação das águas) entre os usuários interessados

O Enquadramento dos corpos d'água em classes de usos preponderantes, por sua vez, é um instrumento que visa assegurar às águas qualidade compatível com os usos mais exigentes a que forem destinadas e diminuir os custos de combate à poluição, mediante ações preventivas permanentes. As classes de corpos de água são estabelecidas por meio da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 357, de 17 de março de 2005 (BRASIL, 2005a).

Para a disciplina do uso das águas, a Outorga de direito de uso dos recursos hídricos é um instrumento de gestão pelo qual o usuário recebe uma autorização, ou uma concessão, para fazer uso desse recurso. A Lei das Águas (BRASIL, 1997a) estabelece ainda, em seu Art. 11, que o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso à água.

Nesse sentido, sendo a outorga um instrumento que garante o direito de uso dos recursos hídricos aos usuários da bacia hidrográfica, torna-se fundamental, a existência de um mecanismo de alocação de água para toda a bacia. Segundo a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2004), a alocação das águas é um componente do Plano de Recursos Hídricos que objetiva a garantia de fornecimento de água aos atuais e futuros usuários de recursos hídricos (múltiplos usos), respeitando-se as necessidades ambientais em termos de vazões mínimas a serem mantidas nos rios.

Constata-se que, para fins de alocação de água, o conhecimento das disponibilidades, restrições e demandas hídricas da bacia são fundamentais, uma vez que fornecem diretrizes para a outorga e induz ao uso racional dos recursos hídricos, por meio do estabelecimento de vazões máximas de consumo em cada região (BRASIL, 2004).



Conclui-se também que, sendo a água um bem limitado dotado de valor econômico, a falta ou inadequada alocação das águas de uma bacia gera conflitos entre os múltiplos usuários de recursos hídricos. Apesar de todos precisarem de água, isso não dá o direito de acesso a toda a água que quiserem utilizar. É fato que conflitos pelo uso da água sempre existirão mas é necessário buscar formas de mitigá-los. Portanto, para haver uma igualdade de distribuição da água na bacia, a alocação deve vir antes da utilização, sendo consideradas as necessidades e especificidades de cada usuário do recurso.

Conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006h), para a efetiva gestão integrada, descentralizada e participativa dos recursos hídricos no Brasil, o arcabouço institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos - SNGRH, criado pela Lei das Águas, tem a seguinte estrutura (Figura 1):

***Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)***: Compete-lhe, entre outras atribuições, promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários elaborados pelas entidades que integram o SNGRH e formular a Política Nacional de Recursos Hídricos.

***Secretaria de Recursos Hídricos (SRH)***: Dentre as suas competências estar propor a formulação da Política Nacional de Recursos Hídricos, bem como acompanhar e monitorar sua implementação; coordenar a elaboração e auxiliar no acompanhamento da implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos; a integração da gestão de recursos hídricos com a gestão ambiental, entre outras.

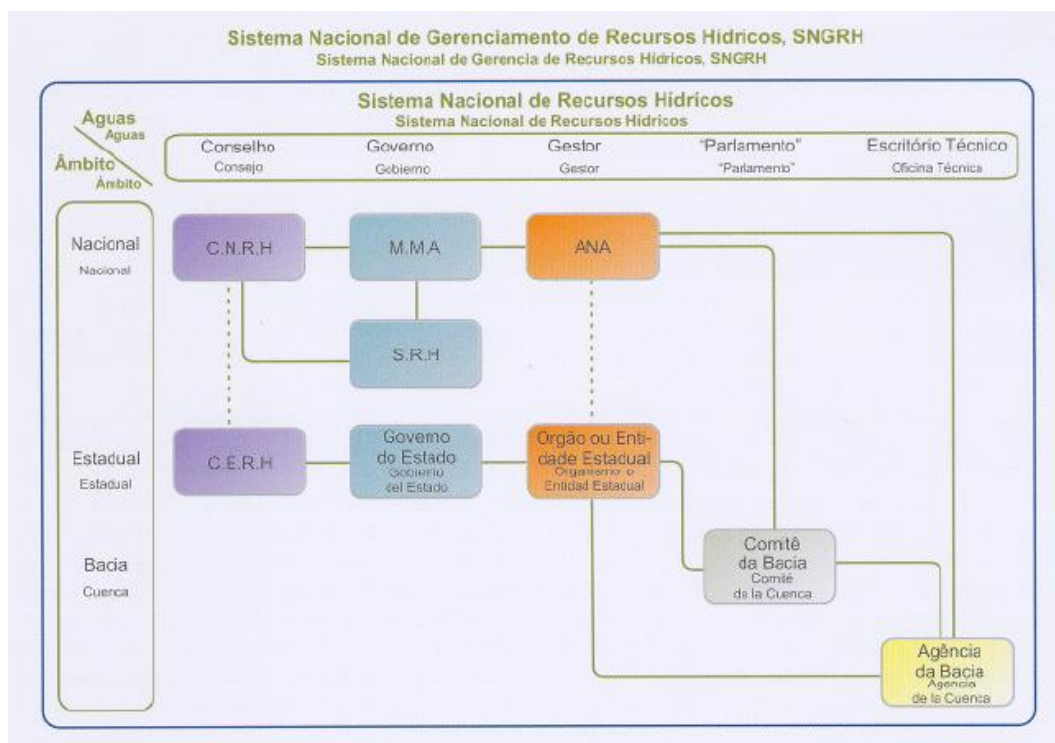
***Agência Nacional de Águas (ANA)***: A ANA tem por finalidade implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos; supervisionar, controlar e avaliar as ações e atividades decorrentes do cumprimento da legislação federal sobre as águas, bem como a outorga e a fiscalização dos usos de recursos hídricos de domínio da União; organizar, implantar e gerir o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos; e prestar apoio aos Estados e ao Distrito Federal na criação de órgãos gestores de recursos hídricos.

***Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH)***: Possuem importante função deliberativa sobre os critérios e as normas atinentes às diretrizes da Política Estadual de Recursos Hídricos a serem observadas pelos planos estaduais correspondentes e pelos planos da bacia hidrográfica, bem como sobre os critérios e as normas relativos à outorga e cobrança

pelo uso dos recursos hídricos e demais instrumentos de gestão. Compete-lhes, ainda, a aprovação da instituição de comitês em rios de seu domínio.

**Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH):** Os comitês de bacia são órgãos colegiados locais compostos por representantes do Poder Público, usuários e comunidades. Suas atribuições devem ser exercidas na bacia hidrográfica de sua jurisdição, cabendo-lhes promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos, bem como arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos relacionados aos recursos hídricos e estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso de recursos hídricos.

**As Agências de Água e as Entidades Delegatárias:** A Lei das Águas (BRASIL, 1997a) em seu art. 44 enumera 14 competências às agências de água. A União, os Estados e o Distrito Federal – detentores da dominialidade da água - são responsáveis pela criação das dessas agências. Enquanto esses organismos não estiverem constituídos, a Lei das Águas autoriza que o CNRH ou os CERH deleguem competência a uma das entidades listadas no art. 47, por prazo determinado, para o exercício de funções inerentes às agências de água, à exceção de cobrar pelo uso de recursos hídricos.



**Figura 1:** Arcabouço institucional do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Fonte: BRASIL, 2002b.

Cabe ainda destacar a importância da efetiva participação dos municípios, diante das responsabilidades desses na gestão do meio ambiente local e do uso e ocupação do solo. Não menos importante é a participação dos órgãos federais e estaduais de meio ambiente, para a implantação da gestão integrada dos recursos hídricos.

Neste ano em que se comemora dez anos da promulgação da Lei das Águas, observa-se que, muitos foram os avanços na visão referente aos recursos hídricos. Houve conquistas relevantes na gestão das águas no Brasil que podem ser contempladas na elaboração dos Planos de Recursos Hídricos; na formação dos Comitês de Bacia por todo o país; no enquadramento dos corpos de água em classes; na outorga dos direitos de uso de recursos hídricos; na cobrança pelo uso da água; e no Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos. Mas ainda há um longo caminho a ser percorrido para a efetiva garantia de disponibilidade de água adequada a conservação dos ecossistemas e aos usos da atual e das futuras gerações.

### **2.3 O Uso Múltiplo das Águas**

A Lei das Águas (BRASIL, 1997a) trata do recurso e não dos usos da água propriamente ditos. Entretanto, assegura no art 1º, item IV, que “a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas”, ou seja, reconhece a igualdade de condição para as diferentes utilizações deste bem imprescindível e escasso.

Conforme Christofidis (2001), os usos da água podem ser classificados em dois tipos: consutivos e não-consutivos. Os usos consutivos são aqueles em que há o consumo efetivo da água e, conseqüentemente, seu retorno ao manancial é menor; incluem principalmente saneamento, dessedentação de animais, irrigação e empreendimentos industriais. Já os usos não-consutivos são aqueles em que o consumo de água não ocorre, ou é muito pequeno e a água permanece ou retorna ao manancial; referem-se principalmente à navegação, piscicultura e aquíicultura, recreação e lazer, conservação de ecossistemas e geração de energia hidrelétrica.

Assim, os chamados múltiplos usuários de água compreendem aqueles que, de forma consutiva ou não-consutiva, se utilizam dos recursos hídricos, como é o caso dos seguintes setores:

### Saneamento

Este setor abrange distribuição de água, esgotamento sanitário, manejo de resíduos sólidos e drenagem urbana. O saneamento está diretamente relacionado com os recursos hídricos, por vezes como demandas ora como impactos, como pode ser exemplificado no Quadro 1.

<b>Ação de saneamento</b>	<b>Demanda sobre os recursos hídricos</b>	<b>Impacto sobre os recursos hídricos</b>
Abastecimento de água	Abastecimento às populações	Devido às atividades desenvolvidas (ex. resíduos do tratamento).
Esgotamento sanitário	Operação e manutenção dos sistemas	Impactos potencialmente elevados, devido a disposição inadequada dos efluentes.
Manejo de resíduos	Operação e manutenção dos sistemas	Impactos potencialmente elevados, devido a disposição inadequada dos efluentes.
Drenagem pluvial	Operação e manutenção dos sistemas	Elevação da concentração das águas pluviais e fluviais.

**Quadro 1:** Demandas e impactos das ações de saneamento sobre os recursos hídricos.

Fonte: Adaptado do Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006e).

De acordo com o Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006e), sob a ótica dos recursos hídricos, há uma série de desafios referentes ao setor de saneamento como:

- racionalização do uso das águas para o abastecimento público;
- soluções apropriadas para disposição de esgotos sanitários e resíduos sólidos domésticos;
- proteção dos mananciais e de suas bacias;
- adequado manejo dos resíduos gerados nos processos relacionados ao abastecimento de água, esgotos sanitários e drenagem urbana;
- no manejo de resíduos sólidos, incorporação dos princípios de redução, reciclagem e reutilização;
- no manejo de águas pluviais, a priorização de sistemas alternativos de retenção e infiltração que minimizem impactos sobre os recursos hídricos;
- o incentivo e a implantação de programas efetivos de economia de água; e

- atenção para áreas com problemáticas especiais e particulares, como as regiões metropolitanas, as periferias urbanas, a zona rural, as comunidades indígenas, remanescentes de quilombo e assentamentos.

### **Agricultura Irrigada**

Um estudo desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (CONEJO, 2005 a pud BRASIL, 2006b) mostra que cerca de 40% da demanda de água no país é destinada à agricultura e, em termos de consumo efetivo, a irrigação é responsável por quase 70% de água consumida no país. Acredita-se que o crescimento das áreas de lavoura irrigada será responsável pela maior parcela de acréscimo de consumo neste setor nos próximos 25 anos.

Com base nesses dados, a agricultura irrigada possui inúmeros desafios em relação aos recursos hídricos, dentre eles, garantir outorgas de água compatíveis com as demandas de potenciais solos aptos à irrigação; escolher métodos mais adequados (eficácia no manejo) para reduzir as perdas de água nos sistemas de irrigação; e preservar a qualidade das águas de retorno pelos sistemas de drenagem agrícola, que devem estar isentas de teores de componentes prejudiciais ao meio ambiente e aos demais usuários a jusante (BRASIL, 2006b).

### **Pecuária**

Nos últimos anos, a atividade pecuária no Brasil tem superado os principais produtores mundiais. Conforme Nehmi Filho (2003/04 apud BRASIL, 2006b), o país possui o maior rebanho bovino, ocupa o primeiro lugar em exportação de carne, apresenta cerca de 260 milhões de hectares de pastagens, onde ocorre a criação de um rebanho da ordem de 170 milhões de cabeças.

A atividade pecuária gera diversos impactos sobre o solo e, conseqüentemente, sobre os recursos hídricos como o avanço desordenado sobre novas áreas, devido a necessidade de pastos, e os desmatamentos dos leitos dos rios, morros e matas ciliares que comprometem a recarga dos corpos hídricos. É necessário sensibilizar e informar os pecuaristas na adoção de práticas ambientalmente corretas para garantia de disponibilidade de água para suas atividades e os demais usos realizados na bacia onde estão inseridos.

## **Indústria**

A relação da água com o segmento industrial se caracteriza de várias formas e dimensões, de acordo com a tipologia, sistemas de produção, grau tecnológico dos processos, etc. Estudos desenvolvidos pela Agência Nacional de Águas (2003, apud BRASIL, 2006d) estimam que a demanda de água para o setor industrial é de 18% (considerando todos os usos) da demanda total, o que representa 286,6 m<sup>3</sup>, correspondendo a um consumo de 151,4 m<sup>3</sup>.

As preocupações das indústrias com a gestão dos recursos hídricos estão especialmente relacionadas às questões de saneamento, referentes ao tratamento de efluentes; das hidrovias como alternativa de transporte; e de investimentos em hidroenergia, para que se evite os temíveis racionamentos (BRASIL, 2006d).

## **Hidrovia**

Conforme a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2002b), o Brasil possui cerca de 40.000 km de rede hidroviária, da qual 14.000 km apresentam boas condições de navegabilidade. As principais hidrovias encontram-se nas Regiões Hidrográficas: Amazônica (19.000 km), Tocantins-Araguaia (3.200 km), São Francisco (2.000 km), Paraná (2.400 km), Paraguai (3.400 km), Atlântico Sul (1.300 km) e Uruguai (1.200 km).

Devido a falta de experiência na área, comparada a vivência secular internacional, os técnicos brasileiros sentem dificuldades na qualificação e quantificação dos impactos que as hidrovias podem causar nos recursos hídricos, a não ser os mais prováveis como vazamentos de combustíveis e choques das embarcações com as margens dos rios. Nesse sentido, a prática ambientalmente correta da navegação fluvial exige a conservação ambiental, manutenção e monitoramento das vias fluviais (BRASIL, 2006f).

## **Pesca e Aqüicultura**

O Brasil apresenta condições favoráveis ao desenvolvimento das diversas modalidades de pesca e aqüicultura, ou seja, grande potencial hídrico (rios, lagos e reservatórios), diversidade de espécies aquáticas nativas e aclimatadas às condições ambientais do país, infra-estrutura de apoio disponível (centros de pesquisa) e áreas adequadas (BRASIL, 2002b).

Os empreendimentos aquícolas demandam água de boa qualidade para poder dar suporte aos milhares organismos cultivados, sendo estes bastante sensíveis a efeitos como a eutrofização dos reservatórios (crescimento excessivo de plantas aquáticas e algas) e a

redução drástica dos níveis de oxigênio dissolvidos na coluna d'água. Esses impactos sobre os recursos hídricos podem vir a inviabilizar a aquicultura e as atividades de pesca (BRASIL, 2006b). Portanto, deve haver um rigoroso monitoramento ambiental a montante e a jusante da bacia onde estes empreendimentos estiverem instalados.

### **Turismo e Lazer**

As atividades turísticas e de lazer, relacionadas aos recursos hídricos, compreendem a prática de esportes, pesca, atividades náuticas e contemplação das paisagens. No Brasil, este setor, pode ser agrupado em três segmentos principais: o turismo e lazer no litoral brasileiro; o turismo ecológico em alguns ecossistemas como o Pantanal, a Floresta Amazônica, o Jalapão; e o turismo de pesca e lazer nos lagos e reservatórios (BRASIL, 2002b).

Observa-se, assim, que as atividades turísticas e de lazer, se não forem planejadas adequadamente, provocam impactos relevantes no uso da água, pois estas envolvem desde a ocupação imobiliária, a alteração da paisagem, o deslocamento das comunidades locais, o aumento demográfico, e o conseqüente aumento na produção de esgoto e lixo (BRASIL, 2006d).

### **Populações Tradicionais**

No Brasil, existem duas categorias de populações tradicionais: os povos indígenas e as populações tradicionais não indígenas representadas pelos quilombolas, pantaneiros, babaqueiros, campeiros/gaúchos, faxinais, varjeiros não amazônicos, açorianos, caíçaras, pescadores artesanais, caipiras, jangadeiros, sertanejos, praieiros e caboclos ribeirinhos amazônicos. Cada população tradicional tem um relacionamento próprio com os recursos hídricos, estas fazem o uso cultural da água que depende da disponibilidade do recurso e das tradições historicamente construídas (BRASIL, 2006h).

No modo de vida das sociedades tradicionais, rios, riachos, lagos, córregos e poços, têm um valor sagrado, são fonte de energia. Essas populações preservam as águas que passam em seus territórios para usos domésticos, nas hortas, pomares, dessedentação dos animais, navegação, e realização de rituais. Sendo assim, as alterações na qualidade e quantidade das águas, provocadas por impactos de atividades de grande escala, põe em risco o modo de vida e até mesmo a sobrevivência das populações tradicionais, causando muitas vezes o abandono forçado de seu território e sua transformação em populações marginais (BRASIL, 2006h).

## Conservação dos Ecossistemas

A natureza realiza o uso não-consutivo dos recursos hídricos, uma vez que necessita de água para assegurar a manutenção e conservação dos ecossistemas aquáticos e terrestres; os aspectos da paisagem; e a preservação do equilíbrio ecológico.

Nesse contexto, **vazão ecológica** representa a vazão residual ou remanescente que deve permanecer no rio após todas as retiradas de água para uso nas atividades humanas. Responsável pelo controle de eventos críticos (secas e cheias), controle de erosão/assoreamento e conservação da flora e da fauna, a vazão ecológica deve ser estimada de acordo com as peculiaridades de cada região ou mesmo de cada bacia, a partir da diversidade dos usos da água e dos impactos potenciais sobre os ecossistemas.

A criação de unidades de conservação, também é um mecanismo para limitar ou impedir a instalação de atividades prejudiciais ao meio ambiente e, conseqüentemente, aos recursos hídricos nas bacias hidrográficas. Nesse sentido, a Lei 9.985, de 18 de julho de 2000, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação (BRASIL, 2000).

Segundo a referida lei, **unidades de conservação** são “espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes”. Estas dividem-se em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável.

O grupo das Unidades de Proteção Integral, que tem como objetivo preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais, é composto pelas seguintes categorias de unidade de conservação:

***Estação Ecológica (EE)*** – Objetiva a preservação da natureza e a realização de pesquisas científicas.

***Reserva Biológica (REBIO)*** - Objetiva a preservação integral da biota e demais atributos naturais existentes em seus limites, sem interferência humana direta ou modificações ambientais, excetuando-se as medidas de recuperação de seus ecossistemas alterados e as ações de manejo necessárias para recuperar e preservar o equilíbrio natural, a diversidade biológica e os processos ecológicos naturais.



**Parque Nacional (PARNA)** – As unidades dessa categoria, quando criadas pelo Estado ou Município, são denominadas, respectivamente, Parque Estadual - PE e Parque Municipal - PM. Tem como objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

**Monumento Natural (MN)** – Objetiva preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica.

**Refúgio de Vida Silvestre (RVS)** - Objetiva proteger ambientes naturais onde se asseguram condições para a existência ou reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória.

Constituem o grupo das Unidades de Uso Sustentável, que tem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais, as seguintes categorias de unidade de conservação:

**Área de Proteção Ambiental (APA)** - Área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.

**Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE)** - Área em geral de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional, e tem como objetivo manter os ecossistemas naturais de importância regional ou local e regular o uso admissível dessas áreas, de modo a compatibilizá-lo com os objetivos de conservação da natureza.

**Floresta Nacional (FLONA)** - A unidade desta categoria, quando criada pelo Estado ou Município, será denominada, respectivamente, Floresta Estadual - FLOE e Floresta Municipal - FM. Representa uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas.

**Reserva Extrativista (REx)** - Área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência baseia-se no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte, e tem como objetivos básicos proteger os meios de vida e a cultura dessas populações, e assegurar o uso sustentável dos recursos naturais da unidade.

**Reserva de Fauna (RF)** - Área natural com populações animais de espécies nativas, terrestres ou aquáticas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos faunísticos.

**Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS)** - Tem como objetivo básico preservar a natureza e, ao mesmo tempo, assegurar as condições e os meios necessários para a reprodução e a melhoria dos modos e da qualidade de vida e exploração dos recursos naturais das populações tradicionais, bem como valorizar, conservar e aperfeiçoar o conhecimento e as técnicas de manejo do ambiente, desenvolvido por estas populações.

**Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)** - Área privada, gravada com perpetuidade, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

A Lei 9.985 de 18 de julho de 2000 (BRASIL, 2000) define os chamados **corredores ecológicos** como porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquela das unidades individuais.

Conforme o Plano Nacional de Recursos Hídricos (BRASIL, 2006h), além das unidades de conservação descritas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação, as **Terras Indígenas (TIs)** e as **Áreas de Preservação Permanente (APPs)** também são consideradas Áreas Protegidas - APs. No Brasil, as 441 reservas, áreas e territórios indígenas com 98.954.645 ha cobrem cerca de 11,8% do território e estão entre as mais importantes áreas para conservação.

As APPs segundo a Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965 (BRASIL, 1965) nos arts. 2º e 3º, são definidas como áreas cobertas ou não por vegetação nativa, com função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das

populações humanas. A Resolução CONAMA n° 302, de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002c), dispõe sobre os parâmetros, as definições e os limites das APPs, em reservatórios artificiais e sobre o regime de uso do entorno. A Resolução CONAMA n° 303, de 20 de março de 2002 (BRASIL, 2002d), dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente.

Destaca-se ainda as *Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade - APCBs*, que segundo a Portaria do Ministério do Meio Ambiente n° 9, de 23 de janeiro de 2007 (BRASIL, 2007a), objetivam:

- I - conservação in situ da biodiversidade;
- II - utilização sustentável de componentes da biodiversidade;
- III - repartição de benefícios derivados do acesso a recursos genéticos e ao conhecimento tradicional associado;
- IV - pesquisa e inventários sobre a biodiversidade;
- V - recuperação de áreas degradadas e de espécies sobre-exploradas ou ameaçadas de extinção; e
- VI - valorização econômica da biodiversidade.

De acordo com o art. 2° da referida Portaria, as APCBs serão implementadas considerando as seguintes classes de importância biológica e de priorização de ação:

I - Classes de importância biológica:

- a) extremamente alta;
- b) muito alta;
- c) alta; e
- d) insuficientemente conhecida.

II - Classes de prioridade de ação:

- a) extremamente alta;
- b) muito alta; e
- c) alta.

Entende-se, portanto, que a vazão ecológica de uma bacia hidrográfica assim como cada área protegida possui suas especificidades, embora, o objetivo comum seja a garantia de proteção dos **recursos ambientais**. Conforme a Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981), esses recursos representam a atmosfera, as águas interiores, superficiais e subterrâneas, os estuários, o mar territorial, o solo, o subsolo e os elementos da biosfera.

### 3 GERAÇÃO DE ENERGIA HIDRELÉTRICA NO BRASIL

#### 3.1 Aspectos Gerais

O uso energético dos recursos hídricos destaca-se nesse estudo, sendo relevante sua contribuição para o desenvolvimento econômico e social do país, uma vez que oferece subsídio para as atividades agrícolas, industriais, comerciais e de serviços, melhorando o conforto das habitações e a qualidade de vida das pessoas.

Conforme Acioli (1994), a geração de energia hidrelétrica depende basicamente de duas variáveis: vazão e queda. A potência representa a energia disponível por unidade de tempo, que é dada por:

$$\text{Potência} = mgH$$

onde:

- m massa
- g gravidade
- H altura

Nesse sentido, ao considerar um rio que corre a uma velocidade  $v'$  a potência tem que levar a energia cinética transportada por segundo,  $\frac{1}{2} mv'^2$ .

$$\text{Potência} = mgH + \frac{1}{2} mv'^2$$

Ainda de acordo com Acioli (1994), em geral a velocidade  $v'$  do curso d'água é muito pequena, ou mesmo nula se a água for de uma represa, de modo que o último termo pode ser desprezado.

Para sua utilização a água é represada e canalizada por meio de um tubo. Nesse caso costuma-se expressar o resultado acima de uma maneira diferente, trocando a massa que cai por segundo pela vazão disponível na entrada da turbina. A vazão é definida com a quantidade de água, em volume, que pode ser utilizada por segundo. É geralmente expressa

em  $m^3/s$ . A transformação é obtida sendo que uma certa quantidade de massa e o seu volume correspondente são correlacionados pela densidade de massa:

$$= m/Q \longrightarrow m = Q$$

onde:

densidade de massa

Q vazão

Logo, a potência, no caso da hidroenergia, é dada por:

$$\text{Potência} = gHQ$$

Portanto, de acordo com o Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 2007g) a energia firme ( $Ef_i$ ) de cada usina é dada pela equação a seguir que confirma o que é acima exposto:

$$Ef_i = 0,0088 \times Hlm_i \times Qlm_i$$

onde:

$Ef_i$  Energia firme do aproveitamento i, em MW médios;

$Hlm_i$  Queda líquida média do aproveitamento i, em metros;

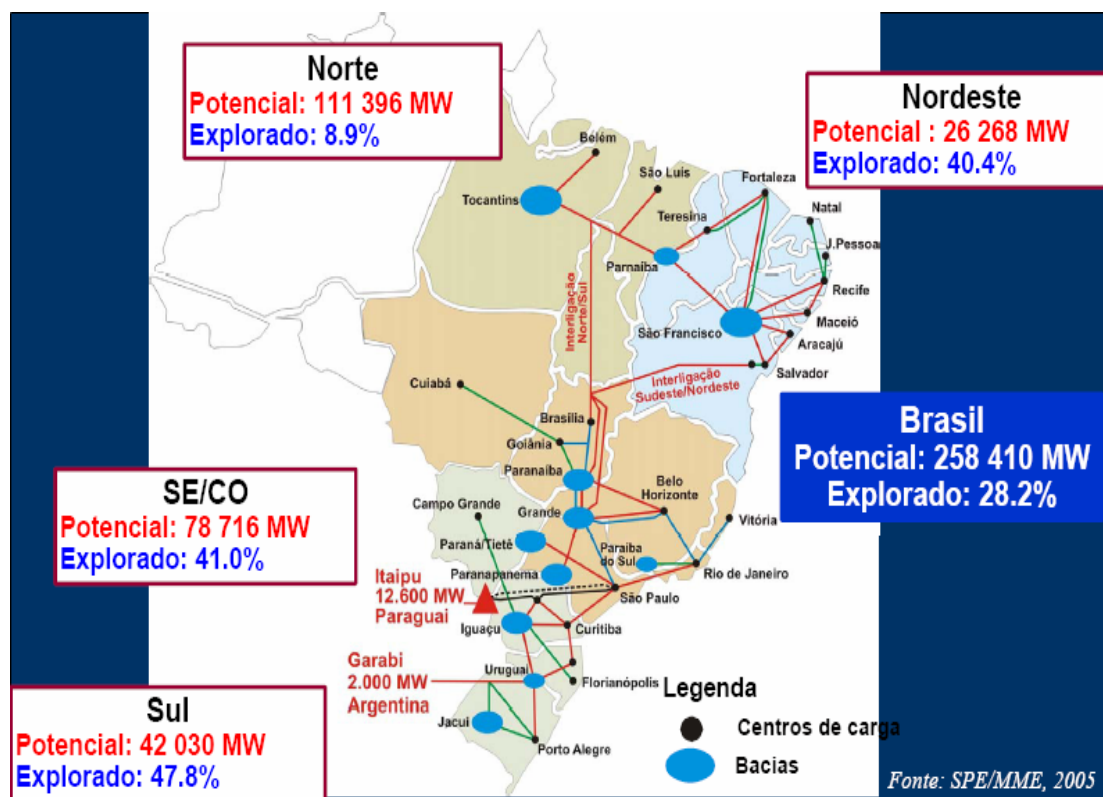
$Qlm_i$  Descarga líquida média do período crítico do aproveitamento i, em  $m^3/s$ ;

0,0088 Coeficiente correspondente ao produto da massa específica da água ( $1.000kg/m^3$ ), pelos rendimentos da turbina (0,93) e do gerador (0,97), pela aceleração da gravidade ( $9,81m/s^2$ ) e pelo fator  $10^{-6}$  que permite expressar a energia em MW médios.

A participação da energia hidráulica na matriz energética nacional é da ordem de 14%, gerando cerca de 83% de toda a energia elétrica produzida no país. O potencial hidrelétrico

brasileiro é composto pela soma da parcela estimada (remanescente + individualizada) com a inventariada e está estimado em cerca de 260 GigaWatts (GW), embora os empreendimentos hidrelétricos aproveitem apenas 28,2% desse potencial, revelando, assim, um potencial expressivo ainda por ser aproveitado (BRASIL, 2005c).

A Figura 2 apresenta o potencial hidrelétrico e o percentual de exploração desse potencial, por região do país, no ano de 2005. Nota -se que os maiores potenciais remanescentes estão localizados na região norte, distante dos principais centros consumidores e com fortes restrições ambientais aos projetos hidrelétricos.



**Figura 2:** Potencial hidrelétrico brasileiro e porcentagem de exploração por região do país.

Fonte: BRASIL, 2005b.

De acordo com Müller (1995), central ou usina hidrelétrica é a denominação dada à “instalação onde a energia potencial da gravidade d’água é transformada, primeiramente, em energia mecânica e depois elétrica”.

A literatura do setor elétrico revela que a evolução da geração de energia hidrelétrica no Brasil acompanhou os ciclos de desenvolvimento nacional. Alguns fatos históricos confirmam essa afirmativa, como brevemente descritos a seguir:

Conforme o Centro da Memória da Eletricidade no Brasil (BRASIL, 2007f), a primeira usina hidrelétrica de maior porte destinada ao serviço público do Brasil foi a Usina Hidrelétrica Marmelos, inaugurada em 7 de setembro de 1889, localizada no rio Paraíba, em Juiz de Fora – MG. Esta usina pioneira possuía 375 quilowatts (kW) de potência.

Em 1899, foi criada em Toronto (Canadá), pela iniciativa privada, a São Paulo Railway, Light and Power EmpresaCliente Ltd -SP RAILWAY que por meio do decreto do Presidente Campos Sales recebeu autorização para instalar-se no Brasil. Esta empresa deteve desde então, o monopólio dos serviços de bondes elétricos e do fornecimento de energia elétrica na cidade de São Paulo (SP), que passava por um acelerado crescimento urbano em decorrência da expansão do complexo cafeeiro. Igual concessão foi obtida, em 1904, com a criação da Rio de Janeiro Tramway, Light and Power EmpresaCliente-RJ TRAMWAY.

A implantação de pequenas usinas hidrelétricas, limitadas às necessidades dos produtores agrícolas que detinham a propriedade dos recursos hídricos e quedas d'água, se disseminaram pelo país, notadamente nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Nesse contexto, o Brasil iniciou o século XX com cinco hidrelétricas, gerando 5.500 kW (BRASIL, 2007f).

Em 1908, entrou em operação a Usina Hidrelétrica Fontes Velha – de propriedade da Rio de Janeiro Tramway, Light and Power EmpresaCliente – RJ TRAMWAY- na época, a maior usina do Brasil e uma das maiores do mundo. Localizada no ribeirão das Lajes, município de Piraí (RJ), a usina com uma potência inicial instalada de 12.000 kW, foi responsável pelo abastecimento da energia empregada na iluminação pública e residencial e na tração dos bondes elétricos da cidade do Rio de Janeiro.

Para a unificação do Grupo Light foi criada em 1912, em Toronto (Canadá) a Brazilian Traction, Light and Power EmpresaCliente Ltd. No ano de 1927, a American and Foreign Power EmpresaCliente – AMFORP, se interessou pelo Brasil, e habilitou-se a dividir, com a Light, a formação do Setor Elétrico Brasileiro (BRASIL, 2007f).

De acordo com Prado e Amaral (2000), em 1930, na gestão do Chefe de Estado Getúlio Vargas, a expansão do aproveitamento hidroenergético deixou de ser assunto da economia privada passando à intervenção estatal, pois diziam: “A força hidráulica existente na nação deve ser resguardada contra monopólios privados, e colocadas a serviço de todo o povo”.

Com a promulgação em 1934 pelo Presidente Getúlio Vargas do Código de Águas, houve a incorporação das quedas d'água ao patrimônio da União e foi dada a esta competência exclusiva para outorgar concessões de geração e distribuição de energia elétrica.



Nesse sentido foi criado, em 1939, o Conselho Nacional de Águas e Energia – CNAE para sanear os problemas de suprimento, regulamentação e tarifa referentes à indústria de energia elétrica do país (BRASIL, 2007f).

Em 1945 foi criada, no Rio de Janeiro, a primeira empresa de eletricidade de âmbito federal, a Companhia Hidro Elétrica do São Francisco – CHESF. A primeira grande hidrelétrica construída no rio São Francisco foi a usina de Paulo Afonso I que entrou em operação em 1954, pertencente à CHESF. Nesse ínterim, em 1952, houve a criação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico – BNDE para atuar nas áreas de energia e transporte.

Nos anos que sucederam, foram criadas, em 1956, para administrar o programa energético do estado do Espírito Santo, a Espírito Santo Centrais Elétricas S.A. - ESCELSA e em 1957, a Central Elétrica de Furnas S.A. - FURNAS, com o objetivo expresso de aproveitar o potencial hidrelétrico do rio Grande, visando solucionar a crise de energia na Região Sudeste.

Como desdobramento da política desenvolvimentista do Presidente Juscelino Kubitschek, conhecida como Plano de Metas, foi criado, em 1960, o Ministério das Minas e Energia – MME, órgão responsável pela política energética do País (geologia, recursos minerais e energéticos) com competência para planejar, administrar e criar leis dessa natureza, bem como supervisionar e controlar a execução dessas políticas com vistas ao desenvolvimento energético nacional (BRASIL, 2007f).

Em 25 de abril de 1961, durante a presidência de Jânio Quadros, foi criada a Centrais Elétricas Brasileiras S.A. – ELETROBRÁS para coordenar técnica, financeira e administrativamente o setor de energia elétrica brasileiro, incorporando as aplicações realizadas pelo BNDE. A intervenção estatal visava a construção de grandes hidrelétricas, como diziam: “ A passagem da era do quilowatt para a do megawatt”.

Nesse sentido, a inauguração da Usina Hidrelétrica de Furnas, em 1963, foi um marco sendo considerada a maior usina do Brasil na época de sua construção. Localizada no rio Grande, entre os municípios de Alpinópolis (MG) e São João Batista do Glória (MG), Furnas começou a operar com duas unidades geradoras de 152.000 kW cada e sua instalação constituiu o primeiro passo para a formação do sistema interligado entre Minas Gerais (MG), São Paulo (SP) e Rio de Janeiro (RJ).

Em 1965, foi criado o Departamento Nacional de Águas e Energia - DNAE, encarregado de regulamentar os serviços de energia elétrica no país e outorgar as concessões,

as autorizações e as permissões de direitos de usos da água. Este passou a ser denominado de Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica - DNAEE, em 1969.

No ano de 1968 foi criada a Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. – ELETROSUL na qualidade de empresa subsidiária da ELETROBRÁS. Para supervisionar os estudos hidroenergéticos relacionados à Região Amazônica, foi criado o Comitê Coordenador de Estudos Energéticos da Amazônia – ENERAM que resultou na criação, em 1973, das Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. – ELETRONORTE. Neste mesmo ano, foi criado o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL para desenvolver tecnologias em equipamentos e em sistemas elétricos (BRASIL, 2007f).

Durante a década de 70, os impactos ambientais causados pela implantação de grandes projetos hidroelétricos fez com que o setor elétrico sofresse uma certa resistência por parte dos outros setores usuários dos recursos hídricos. As pressões desencadeadas a partir de 1972 em favor da preservação ambiental, tendo como referência a Conferência das Nações Unidas sobre o Ambiente Humano em Estocolmo (Suécia) contribuiu decisivamente para instalação de um novo setor de gerenciamento dos recursos hídricos no país (CARDOSO FILHO, 2004).

Após oitenta anos sob o controle estrangeiro, em 1979, foi nacionalizada a Light Serviços de Eletricidade S.A.. Nesse período, entrou em operação a Usina Hidrelétrica de Sobradinho, realizando o aproveitamento múltiplo do maior reservatório do país que regulariza a vazão do rio São Francisco. Já, em 1984, entrou em operação a Usina Hidrelétrica Itaipu (tratado firmado entre Brasil e Paraguai, no rio Paraná) com 12.600 MW de capacidade instalada e a Usina Hidrelétrica de Tucuruí, pertencente a ELETRONORTE, primeira hidrelétrica de grande porte construída na Amazônia, que possuía em sua primeira etapa 3.960 MW<sup>1</sup> de capacidade instalada. Com o funcionamento de Tucuruí foi possível estabelecer o intercâmbio de energia com as hidrelétricas do sistema da CHESF (BRASIL, 2007f).

Em 1986, entrou em operação o sistema de transmissão Sul-Sudeste, o mais extenso da América do Sul, transportando energia elétrica da Usina Hidrelétrica Itaipu até a região Sudeste. Ressalta-se, em 1988, a criação do Comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente do Setor Elétrico – COMASE.

A década de 90 trouxe a reestruturação do Setor Elétrico, extinguindo o monopólio estatal e dividindo a responsabilidade da expansão do sistema entre o Estado e a iniciativa

---

<sup>1</sup> Esta potência foi alterada antes da construção da 2ª Casa de Força, com o aumento da cota do reservatório da usina de 72 para 74m em 2002 (CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL - ELETRONORTE, 2007 – informação verbal).

privada, por meio de uma política de privatizações. Nesse contexto, em 1995, foi realizado o leilão de privatização da ESCELSA. Em 26 de dezembro de 1996, a Lei nº 9.427 criou o novo órgão regulador do setor de energia elétrica sob a denominação de Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, vinculado ao MME. Com a publicação da referida lei, foi extinto o DNAEE, sendo transferido para a ANEEL seu acervo técnico e patrimonial, além de suas obrigações, direitos e receitas.

Em 1998, o Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE foi regulamentado, consolidando a distinção entre as atividades de geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica. Foram estabelecidas, neste mesmo ano, as regras de organização do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS, associação civil e privada que controla a operação das instalações de produção de energia e elétrica do Sistema Interligado Nacional - SIN, garantindo a continuidade, qualidade e economicidade do suprimento de energia elétrica (BRASIL, 2007f).

A primeira etapa da Interligação Norte-Sul entrou em operação, em 1999, representando um passo fundamental para a integração elétrica do país. Já em 2000, foi instituído pela Lei nº 9.478, o Conselho Nacional de Política Energética - CNPE, entidade que assumiu a atribuição de formular e propor ao presidente da República as diretrizes da política energética nacional.

No ano de 2001, o Brasil vivenciou sua maior crise de energia elétrica, acentuada pelas condições hidrológicas extremamente desfavoráveis verificadas nas regiões Sudeste e Nordeste. Em junho, foi implantado o programa de racionamento nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste e, em agosto, em parte da região Norte.

Ainda nesse ano, entrou em operação a primeira unidade da Usina Hidrelétrica Lajeado, na divisa dos municípios de Miracema do Tocantins e Palmas, localizada no Estado de Tocantins. Construída pela Investco, consórcio liderado pelas empresas Rede Lajeado Energia, do Grupo Rede, e EDP Brasil, controlada pela Eletricidade de Portugal - EDP, a usina foi projetada para operar com cinco unidades geradoras, com capacidade total de 900 MW.

Em dezembro de 2001, terminou o racionamento na região Norte e somente em fevereiro do ano seguinte, o das regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. Entrou em operação, em maio de 2002, a Usina Hidrelétrica Cana Brava, localizada no rio Tocantins, entre os municípios de Cavalcante e Minaçu, no Estado de Goiás, com capacidade de geração de 450 MW. Esta foi construída pela Companhia Energética Meridional - CEM, empresa constituída pela Tractebel (BRASIL, 2007f).

Até 2003, existiam 517 centrais hidrelétricas em operação no Brasil, das quais 378 consideradas empreendimentos de pequeno porte, ou seja, micro central hidrelétrica – MCH (até 1 MegaWatts, inclusive) e pequenas centrais hidrelétricas – PCH (de 1 até 30 MW, inclusive). As 139 usinas acima de 30 MW, denominadas usinas hidrelétricas - UHE correspondem a 98,4% da capacidade hidrelétrica instalada no país (BRASIL, 2005c).

Destaca-se em 2003, o lançamento pelo Governo Federal do programa LUZ PARA TODOS, objetivando levar, até 2008, energia elétrica aos 12 milhões de brasileiros que não têm acesso ao serviço. Deste total, 10 milhões estão na área rural. A gestão do programa está sendo compartilhada entre estados, municípios, agentes do setor elétrico e comunidades (BRASIL, 2007f).

Em novembro de 2003, entrou em operação comercial a 15ª unidade geradora hidráulica da Usina Hidrelétrica de Tucuruí, que acrescentou mais 375 MW de potência à usina, ampliando a capacidade de geração para 4.245 MW. Posteriormente, com a conclusão da 2ª etapa da Casa de Força a potência instalada final ficou em 8.370 MW, possibilitando o atendimento a mais de 40 milhões de pessoas e tornando-se a maior hidrelétrica inteiramente nacional.

Em 2004, o novo modelo do setor elétrico foi aprovado com a promulgação das Leis nº 10.847 e nº 10.848, que definiram as regras de comercialização de energia elétrica e criaram a Empresa de Pesquisa Energética - EPE, com a função de subsidiar o planejamento técnico, econômico e socioambiental dos empreendimentos de energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados e fontes energéticas renováveis. O novo modelo definiu a oferta de menor tarifa como critério para participação nas licitações de empreendimentos, estabeleceu contratos de venda de energia de longo prazo e condicionou a licitação dos projetos de geração às licenças ambientais prévias (BRASIL, 2007f).

Apesar da tendência de aumento de outras fontes energéticas na matriz nacional, devido às restrições socioeconômicas e ambientais aos projetos hidrelétricos e os avanços tecnológicos no aproveitamento de fontes não-convencionais, a energia hidráulica continuará sendo, por muitos anos, a principal fonte geradora de energia elétrica no país.

O Plano Decenal de Expansão da Energia Elétrica - PDEE estabelece as diretrizes de curto prazo para o setor no que se refere à expansão, mercado, geração, transmissão e aspectos socioambientais. O objetivo do planejamento é definir um cenário de referência decenal para o setor, em função do desenvolvimento econômico e das potenciais fontes de oferta, considerando os aspectos socioambientais. O PDEE 2006-2015 prevê a expansão do

setor de 74.237 MW para 104.282 MW, entre 2006 e 2015, representando um incremento de 40% na capacidade instalada, numa proporção de 73% de energia hídrica (BRASIL, 2006i).

A escolha por uma micro, pequena ou grande usina hidrelétrica não depende apenas da vazão do rio e de suas características geomorfológicas como ocorreram com as primeiras usinas instaladas no Brasil. A partir da evolução mundial na visão referente aos aspectos ambientais e de responsabilidade social dos aproveitamentos hidroenergéticos, o setor elétrico brasileiro tem estimulado os empreendedores para que observem as fragilidades ambientais e sociais das localidades indicadas nas alternativas, bem como as possibilidades de conflitos entre a operação e os demais usos da água na região de implantação; sendo esses fatores considerados sob um princípio de otimização de custos -benefícios nos estudos de inventário hidrelétrico.

### **3.2 Estudos de Inventário Hidrelétrico**

Dentre as etapas que envolvem a implantação de uma usina hidrelétrica no Brasil estão os estudos de inventário, que são elaborados segundo o Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas, publicado pela Centrais Elétricas Brasileiras - ELETROBRÁS (BRASIL, 1997c). Este Manual apresenta um conjunto de critérios, procedimentos e instruções para a realização do inventário do potencial hidrelétrico de bacias hidrográficas de interesse energético. A partir de 10 MW de potência instalada, os aproveitamentos hidrelétricos devem ter seu inventário desenvolvido de acordo com a versão do Manual vigente.

O Manual de Inventário Hidrelétrico de 1997 (BRASIL, 1997c), ainda em vigor, representa um avanço nos estudos energéticos e de engenharia devido à incorporação da dimensão ambiental e dos usos múltiplos da água. Conforme esse Manual, que passa no momento por uma ampla revisão, as etapas de estudos e projetos para a implantação de uma usina hidrelétrica são:

**Estimativa do Potencial Hidrelétrico** – Análise preliminar das características da bacia hidrográfica, especialmente quanto aos aspectos topográficos, hidrológicos, geológicos e ambientais, no sentido de verificar sua vocação para geração de energia elétrica. Essa análise, exclusivamente pautada nos dados disponíveis, é feita em escritório, sob bases

cartográficas 1:100.000 e dados hidrológicos regionais, que permite a primeira avaliação do potencial e estimativa de custo médio do aproveitamento da bacia hidrográfica e a definição de prioridades para a etapa seguinte.

**Estudo de Inventário Hidrelétrico** – Etapa em que se determina o potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica e se estabelece a melhor divisão de queda, mediante a identificação do conjunto de aproveitamentos que propiciem um máximo de energia ao menor custo, aliado a um mínimo de efeitos negativos sobre o meio ambiente. Essa análise é efetuada a partir de dados secundários, complementados com informações de campo, e pautada em estudos básicos – hidrometeorológicos, energéticos, geológicos, ambientais e de outros usos da água – apresentando um conjunto de aproveitamentos, suas principais características, estimativas de custo total, índices custos -benefícios e índices ambientais.

**Estudo de Viabilidade** – Definição da concepção de um dado aproveitamento da melhor alternativa de divisão de queda estabelecida na etapa anterior, visando sua otimização técnico-econômica e ambiental e a avaliação de seus benefícios e custos associados. Esta concepção compreende o dimensionamento do aproveitamento, as obras de infraestrutura local e regional necessárias à sua implantação, o seu reservatório e respectiva área de influência, os outros usos da água e as ações ambientais correspondentes. Essa etapa somente se aplica aos empreendimentos com potência superior aos 30 MW, que determina o limite técnico entre uma PCH e uma UHE.

**Projeto Básico** – Etapa em que o aproveitamento, como concebido nos estudos de viabilidade, é detalhado e tem definido seu orçamento, com maior precisão, de forma a permitir à empresa ou ao grupo vencedor da licitação de concessão a implantação do empreendimento diretamente ou através de contratação de outras companhias para a execução das obras civis e do fornecimento e montagem dos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos. Nessa etapa se realiza, também, o Projeto Básico Ambiental.

**Projeto Executivo** – Etapa em que se processa a elaboração dos desenhos de detalhamento das obras civis e dos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos, necessários à execução da obra e à montagem dos equipamentos. Nesta etapa são tomadas todas as medidas pertinentes à implantação do reservatório.

Ainda com foco na etapa dos estudos de inventário hidrelétrico, o Manual de 1997 (BRASIL, 1997c) discorre também sobre as três fases desse estudo:

1. **Planejamento do Estudo** – É a fase inicial, onde se planejam e se organizam as atividades do estudo de inventário, discriminando os levantamentos e estudos necessários e estimando a sua duração e o seu custo. O produto final é um relatório gerencial contendo o programa de trabalho a executar.
2. **Estudos Preliminares** – Nesta fase propõem-se alternativas de divisão de queda para o aproveitamento do potencial hidrelétrico, avalia-se preliminarmente esse potencial e estimam-se os custos e impactos ambientais associados à sua utilização. Os estudos preliminares visam selecionar as alternativas de divisão de queda mais atraentes sob os pontos de vista ambiental, energético e econômico.
3. **Estudos Finais** – Nos estudos finais de inventário determina-se um conjunto de obras e instalações que corresponda ao desenvolvimento integral do potencial hidrelétrico ambiental e economicamente aproveitável da bacia, consubstanciando a denominada “escada energética”.

A Resolução ANEEL n° 393, de 04 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998b), estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas e resolve em seu art. 1° conceituar como inventário hidrelétrico a etapa de estudos de engenharia em que se define o potencial hidrelétrico de uma bacia hidrográfica, mediante o estudo de divisão de quedas e a definição prévia do **aproveitamento ótimo** de que tratam os § 2° e 3° do art. 5° da Lei 9.074, de 7 de julho de 1995 (BRASIL, 1995).

Na referida Lei, considera-se aproveitamento ótimo todo potencial definido em sua concepção global pelo melhor eixo do barramento, arranjo físico geral, níveis d’água operativos, reservatório e potência, integrante da alternativa escolhida para divisão de quedas de uma bacia hidrográfica.

Com base nesse conceito, o aproveitamento ótimo se restringe as variáveis “fixas” de topografia, hidrologia e hidráulica, entretanto, observa-se que, nas usinas hidrelétricas em operação no Brasil, o aproveitamento ótimo vêm sofrendo alterações tendo em vista a incorporação de aspectos socioambientais e de gestão dos recursos hídricos (variáveis “dinâmicas”) que devem ser considerados atualmente. Reconhece-se que há interferências, que mesmo não sendo consutivas, podem impedir o uso do potencial hidrelétrico.

Nesse contexto, a Lei Federal nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996 (BRASIL, 1996), que criou a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, estabelece que o aproveitamento ótimo seja compatibilizado com a Política Nacional de Recursos Hídricos, considerando os usos múltiplos da água.

A política de reordenamento dos territórios brasileiros (áreas de preservação, demarcação de reservas indígenas, assentamento de populações) e as questões voltadas para o uso múltiplo das águas acabam por promover restrições ou gerar conflitos com o Setor Elétrico, em bacias hidrográficas de interesse hidroenergético, sendo necessária, muitas vezes, a revisão dos estudos de inventário hidrelétrico já realizados, para a definição da situação ótima de exploração do potencial energético dos recursos hídricos.

Na data de edição do Manual de Inventário de 1997 muito da legislação referente às questões ambientais e de gestão dos recursos hídricos ainda não estavam estabelecidas. Nesse contexto, em setembro de 2005 o Ministério das Minas e Energia - MME iniciou o processo de revisão do Manual de Inventário Hidroelétrico de bacias hidrográficas com atenção especial nas questões ambientais e de usos múltiplos da água.

Para apoiar essa revisão foi criado um Grupo de Trabalho formado por técnicos do MME, Centro de Pesquisas de Energia Elétrica - CEPTEL, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Empresa de Pesquisa Energética - EPE, Centrais Elétricas Brasileiras S.A. - ELETROBRÁS, Central Elétrica de Furnas S.A. - FURNAS, Companhia Hidro Elétrica do São Francisco - CHESF, Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A. - ELETROSUL, Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. - ELETRONORTE, Agência Nacional de Águas - ANA, Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, além de diversas empresas com experiência em realização de inventários e representantes de associações de classe.

Desde então, estão sendo realizados seminários com o objetivo de divulgar as abordagens que estarão sendo incorporadas no novo Manual, criando a oportunidade para discussão e coleta de sugestões.

A presente dissertação está inserida no projeto proposto pelos parceiros Universidade Católica de Brasília - UCB e Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE que busca estabelecer critérios para identificação e tipificação de conflitos em bacias hidrográficas de interesse energético como subsidio para a construção de um Modelo Dinâmico de Inventário Energético.

Entende-se que a partir do desenvolvimento de um inventário dinâmico seja possível acompanhar algumas mudanças de uso e ocupação no solo e da legislação e m bacias de valor energético, avaliando, sistematicamente, os possíveis impactos dessas mudanças no



aproveitamento ótimo do potencial hidroelétrico identificado nos estudos de inventário energéticos disponíveis.

Conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica (BRASIL, 2005c), o potencial hidrelétrico brasileiro é estimado em 260 GW, no entanto, apenas 68% desse potencial foi inventariado o que demonstra proporções expressivas ainda por serem conhecidas. O desenvolvimento nacional, ao mesmo tempo que exige o reconhecimento e a disponibilidade de novos potenciais hidroenergéticos, requer o aproveitamento social e ambientalmente harmonioso dos empreendimentos de geração hidrelétrica.

### 3.3 Metodologias Ambientais nos Estudos de Inventário Hidrelétrico

Do ponto de vista legal, um inventário hidrelétrico deve ir além dos cálculos da engenharia, pois implica na compreensão da dinâmica do uso do solo, da água e dos demais recursos naturais presentes na bacia estudada.

A Constituição Federal de 1988, artigo 225 esta belece que todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao poder público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 2002a).

No referido artigo, o dispositivo aplicável ao setor hidrelétrico encontra-se no parágrafo 1, inciso IV, onde se delinea como incumbência do Poder Público a exigência prévia da Avaliação de Impacto Ambiental - AIA para obras ou atividades potencialmente causadoras de significativa degradação ambiental e requer a divulgação pública desses estudos.

Essa exigência teve como base a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981), que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente e definiu **meio ambiente** como o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas .

Tem-se no seu art. 10 que a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, considerados efetiva ou potencialmente poluidores, bem como capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de **prévio licenciamento** por órgão estadual competente, inte grante do

Sistema Nacional de Meio Ambiente – SISNAMA e do Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis - IBAMA, sem prejuízo de outras licenças exigíveis (BRASIL, 1981).

A Lei 6.938 de 31 de agosto de 1981 (BRASIL, 1981) atribuiu a o Conselho Nacional de Meio Ambiente - CONAMA o estabelecimento das normas e critérios para o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras. O Quadro 2 apresenta as principais resoluções CONAMA incidentes na atividade de geração de energia elétrica .

<b>RESOLUÇÃO Nº 279</b> de 27/06/2001 publicado em 29/06/2001	Determina os procedimentos e prazos a serem aplicados, em qualquer nível de competência ao licenciamento ambiental simplificado de empreendimentos elétricos com pequeno potencial de impacto ambiental, tais como usinas hidrelétricas, usinas termelétricas, sistemas de transmissão de energia elétrica e usinas eólicas.
<b>RESOLUÇÃO Nº 237</b> de 19/12/1997 publicado em 22/12/1997	Define Licenciamento Ambiental, Licença Ambiental, Estudos Ambientais e Impacto Ambiental Regional, bem como trata da revisão dos procedimentos e critérios para utilização do sistema de licenciamento como instrumento de gestão ambiental, instituído pela Política Nacional do Meio Ambiente, e a necessidade de se integrar a atuação dos órgãos competentes do Sistema Nacional de Meio Ambiente - SISNAMA, na execução da Política Nacional do Meio Ambiente. <b>Observação :</b> Revoga os arts. 3º e 7º da RESOLUÇÃO CONAMA/MMA 001 de 23.01.1986.
<b>RESOLUÇÃO Nº 005</b> de 06/08/1987 publicado em 22/10/1987	Aprova o Programa Nacional de Proteção ao Patrimônio Espeleológico, com as recomendações especificadas.
<b>RESOLUÇÃO Nº 006</b> de 16/09/1987 publicado em 22/10/1987	Define os procedimentos relativos à prestação de informações técnicas a serem adotados pelas concessionárias de exploração, geração e distribuição de energia elétrica, ao submeterem seus empreendimentos ao licenciamento ambiental.
<b>RESOLUÇÃO Nº 001</b> de 23/01/1986 publicado em 17/02/1986	Define como impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetam o homem e/ou a natureza.

**Quadro 2:** Resoluções CONAMA incidentes na atividade de geração de energia elétrica.

Fonte: BRASIL, 2007d.

As primeiras diretrizes para a AIA foram dadas pela Resolução CONAMA nº 001 de 23 de janeiro de 1986 (BRASIL, 1986). O artigo 2 dessa Resolução indica as atividades modificadoras do meio ambiente, exemplificando-as como passíveis de Estudo de Impacto Ambiental - EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental - RIMA. Entre aquelas, no inciso VII estão as “obras hidráulicas para exploração de recursos hídricos, tais como: barragens para fins hidrelétricos, acima de 10 MW...” e, no inciso XI, enfatiza: “usinas de geração de eletricidade, qualquer que seja a fonte primária, acima de 10 MW”.

A Resolução CONAMA n° 001 de 23 de janeiro de 1986 (BRASIL, 1986), sofreu mudanças pela Resolução CONAMA n° 237 de 19 de dezembro de 1997 (BRASIL, 1997b), que, em seus artigos 2°, 3° e 12°, deixa a critério do órgão ambiental licenciador a decisão quanto aos casos em que serão necessários estudos detalhados ou simplificados.

Cabe destacar que para as usinas hidrelétricas, não há mais, o limite de 10 MW para a isenção de apresentação de EIA/RIMA, mas, sim, a consideração, a ser feita pelo órgão ambiental, de que o empreendimento é ou não potencialmente causador de significativa degradação ao meio ambiente, podendo ser estabelecidos procedimentos simplificados para as atividades e empreendimentos de pequeno potencial de impacto ambiental.

Ressalta-se ainda, que no período de publicação da Resolução CONAMA n° 001 de 23 de janeiro de 1986 (BRASIL, 1986) reconhecia-se como Pequena Central Hidrelétrica - PCH as usinas menores que 10 MW. Este limite foi estendido para 30 MW a partir da edição da Resolução ANEEL n° 394, de 04 de dezembro de 1998 (BRASIL, 1998c), que posteriormente foi aperfeiçoada pela Resolução ANEEL n° 652, de 09 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003b), buscando explicitar os critérios e procedimentos a serem aplicados no enquadramento de empreendimentos hidrelétricos na condição de PCH.

De acordo com o Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (BRASIL, 2002e), os estudos de inventário hidrelétrico não são objeto de licenciamento ambiental, mas são fundamentais para que os processos de licenciamento individuais dos aproveitamentos hidrelétricos situados em uma mesma bacia hidrográfica possam atender às condições indicadas na legislação ambiental, evitando problemas graves em etapas posteriores.

Os estudos energéticos até então realizados com base no Manual de Inventário Hidrelétrico de 1997 (BRASIL, 1997c), adotam a metodologia de Avaliação Preliminar de Impactos Ambientais – APIA como instrumento de planejamento e de tomada de decisão para a definição de uma cascata hidroenergética. Segundo essa metodologia, para cada alternativa de divisão de queda é atribuído um índice ambiental que é obtido pela análise dos impactos socioambientais sobre a área de estudo, devendo representar a intensidade desses impactos numa escala contínua de **zero** (ausência de impacto) até **um** (comprometimento pleno do sistema ambiental na área de estudo).

Este índice ambiental é resultado da composição de índices relativos a seis componentes-síntese: Ecossistemas Aquáticos, Ecossistemas Terrestres, Modos de Vida, Organização Territorial, Base Econômica e População Indígena; que possibilitam a compreensão da globalidade dos processos segundo os quais os elementos ambientais interagem.

Todavia, segundo Filho (2001), a aplicação da APIA tem-se mostrado insuficiente, principalmente porque se restringe à proteção de determinados recursos naturais e à preservação dos ecossistemas. Os estudos de avaliação de impactos ambientais ali construídos acabam por se mostrar omissos na definição da capacidade suporte da bacia em foco, não contemplando os limites do uso e ocupação, assim como a caracterização dos conflitos socioambientais já instalados ou potenciais.

O Estado de Goiás reconhecendo a complexidade das relações ambientais, em julho de 2004, estabeleceu os Estudos Integrados de Bacia Hidrográfica – EIBH, a partir de um Termo de Ajustamento de Conduta - TAC que integrou o Ministério Público Federal e a Agência Goiana de Meio Ambiente - AGMA, com o objetivo de suprir carências dos Estudos de Inventário.

O EIBH passou a ser considerado um instrumento de planejamento de interesse do Governo do Estado, que visa à determinação dos impactos sinérgicos e cumulativos decorrentes da implantação de empreendimentos de geração hidrelétrica. Este se antecipa ao processo corrente de licenciamento ambiental de empreendimentos hidrelétricos, embora, até o presente momento, seja aplicado somente no território goiano.

Semelhante ao EIBH, a última revisão do Manual de Inventário Hidrelétrico, que iniciou em setembro de 2005, propõe a metodologia de Avaliação Ambiental Integrada - AAI como parâmetro de licenciamento para os aproveitamentos hidrelétricos a serem estudados nas bacias hidrográficas do país. A AAI teve sua metodologia desenvolvida pelo Ministério das Minas e Energia - MME como estratégia de integração da dimensão ambiental ao processo de planejamento do setor elétrico. Visa à identificação e avaliação dos efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos ambientais ocasionados pelo conjunto de aproveitamentos hidrelétricos das bacias hidrográficas de valor energético (BRASIL, 2005b).

Conforme Tucci e Mendes (2006), a Avaliação Ambiental Integrada - AAI e a Avaliação Ambiental Estratégica – AAE são formas de abordagem da Avaliação de Impactos Ambientais, desenvolvidas para fazer análises antecipadas e integradas de políticas, planos e programas que afetam o meio ambiente e, por conseguinte, são ferramentas que podem estar auxiliando no sentido de melhorar, desde a sua concepção, a inserção ambiental dos projetos de desenvolvimento.

O que distingue uma avaliação da outra é que a AAI prioriza a análise ambiental de cenários e impactos na bacia dentro das políticas existentes ou planejadas. Já a AAE envolve, além da avaliação integrada, a compatibilização entre políticas, planos e programas de gestão

dos usos e da conservação dos recursos naturais de um território, permitindo a incorporação da dimensão ambiental nos planejamentos setoriais do país.

A AAI está sendo conduzida pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE que vem aplicando um esforço no sentido do reconhecimento e da delimitação das áreas de fragilidade ambiental e de conflitos, tanto quanto das potencialidades relacionadas aos aproveitamentos dos rios Doce, Paraíba do Sul, Paranaíba, Tocantins, Parnaíba e Uruguai. No entanto, seu foco está centrado na identificação de diretrizes ambientais para a concepção de novos projetos de geração de energia elétrica.

Uma metodologia muito usada na área de administração e que tem sido adotada nos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas é o Benchmarking, que consiste na análise comparativa de produtos, serviços e práticas empresariais entre os mais fortes concorrentes ou empresas reconhecidas como líderes (SORIO, 2007). No caso da geração de energia hidrelétrica, compara-se os indicadores ambientais (*benchmarks*) de um aproveitamento com outros empreendimentos hidrelétricos já em operação, ou mesmo em planejamento, porém em estágio mais avançado, no seu processo de implementação, para a comparação de cenários alternativos.

Constata-se que, as metodologias ambientais disponíveis (APIA, EIBH, AAI e Benchmarking) aplicadas na apropriação sustentável dos potenciais hidroelétricos identificados em estudos de inventário energéticos, em princípio, ainda não percebem a necessidade de avaliar os aspectos que geram os conflitos ambientais. Isso ocorre, muitas vezes, por não haver uma contextualização histórica das mudanças políticas, sociais e culturais de cada ator ou grupo de interesse, distinguindo conflito ambiental de impacto ambiental.

Conforme estudos da Comissão Econômica para a América Latina - CEPAL: Procedimentos de Gestão para Desenvolvimento Sustentável, desenvolvido por Rayén Quiroga M., em setembro de 2001, na cidade de Santiago (Chile), é o conhecimento do modo de organização de uma sociedade, da forma de apropriação dos seus recursos naturais e dos anseios de cada ator ou grupo de interesse inserido na bacia, que possibilita a identificação dos conflitos potenciais ou já estabelecidos.

Albuquerque (2001) sugere que a engenharia de sistemas, dentre um conjunto de alternativas de engenharia viáveis, permite determinar a melhor linha de ação para alcançar os objetivos determinados pelo gestor (tomador de decisão) dentro dos limites da ética, lei, moralidade, economia, recursos, pressões sociais e políticas e das leis que governam os meios físicos, bióticos e outras ciências.

Doll et al. (2006) preconiza que a construção de cenários hipotéticos de desenvolvimento regional sustentável contribui para a compreensão da dinâmica ambiental e possibilita avaliar o quanto o aproveitamento ótimo de uma bacia hidrográfica de interesse energético pode ser afetado, quantificando-se os impactos em diferentes e possíveis situações futuras. O planejamento e, portanto a cenarização devem ser processos descentralizados e participativos, buscando nas opiniões de cada ator social, as perspectivas e possibilidades de mediação de conflitos.

Assim, os estudos de inventário hidrelétrico realizados sob os aspectos socioambientais e do uso da água, devem buscar a efetiva participação da comunidade local, porque são os atores sociais que devem projetar o desenvolvimento social e econômico nos espaços em que vivem. Se os estudos de inventário forem realizados nessa concepção, tenderá a haver um menor grau de conflito entre o planejamento do setor elétrico e a gestão integrada de toda a bacia hidrográfica e isso refletirá no aproveitamento ótimo dos potenciais hidrelétricos identificados.

## 4 IMPACTOS E CONFLITOS AMBIENTAIS NO BRASIL

### 4.1 Aspectos Gerais

A partir da análise das metodologias ambientais utilizadas nos estudos de inventário hidrelétrico, nota-se a necessidade de distinguir impactos ambientais de conflitos ambientais, os quais, por muitas vezes, são erroneamente tratados como sinônimos.

A Resolução CONAMA n° 001, de 23 de janeiro de 1986 (BRASIL, 1986), conceitua **impacto ambiental** como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais.

Tommasi (1993) enfatiza que os possíveis impactos das atividades modificadoras do meio ambiente podem ser avaliados por meio de critérios que demonstram:

- a) *Natureza* – positivo ou negativo.
- b) *Magnitude* – baixa, moderada ou alta.
- c) *Duração* – curta, estacional ou permanente.
- d) *Área de influência* - direta ou indireta.
- e) *Relevância* – baixa, moderada ou alta.
- f) *Implicações* – física, biótica, econômica e/ou social.
- g) *Mitigabilidade* – pouca, moderada ou alta.

A avaliação de um projeto por um Estudo de Impacto Ambiental – EIA é um processo reativo à proposta de empreendimento, não há medição da capacidade de suporte do ambiente e nem análise dos conflitos existentes ou potenciais pelo uso dos recursos naturais na área de interesse. Essas deficiências do EIA promoveram reflexões sobre as interações e as dinâmicas dos meios físico, biótico e socioeconômico que compõe o meio ambiente.

As ciências sociais, especialmente a Sociologia e a Economia Política, têm contribuído para o entendimento dos conflitos nos espaços públicos, procurando interpretar e compreender o sentido e as causas dos conflitos nas sociedades, como os embates entre indivíduos, entre grupos sociais ou entre Estados (com ou sem guerra) (CARNEIRO et al, 2007).

Conforme Nascimento (2001), as perspectivas sociológicas concebem os conflitos sociais em três correntes. A primeira noção, Corrente Normativa, define os conflitos como tensões normativas em que as novas normas têm de destruir as antigas para se implementarem. A segunda noção, Corrente Marxista, remete ao confronto como parte das forças produtivas que mantêm a dinâmica social. O terceiro tipo, Corrente Culturalista, diz respeito a conflitos como parte dos elementos estruturados / estruturantes do imaginário social e das lutas do campo simbólico.

No Brasil, a influência marxista nas interpretações dos conflitos sociais predominou até a segunda metade da década de 1980, centradas nas relações de produção (entre capital e trabalho) e nas relações de poder. Depois, com o enfraquecimento do *Welfare State* e das sociedades com regimes comunistas, essa vertente perdeu influência para práticas liberais, fundadas numa interpretação das relações sociais que abstrai os conflitos entre grupos de interesse. Tal influência coincidiu com a evolução da preocupação da sociedade brasileira com os problemas ambientais (CARNEIRO et al, 2007).

Apesar das limitações metodológicas impostas pela ideologia liberal à formulação de políticas para um estilo de desenvolvimento com preservação ambiental, têm sido discutidos e implementados no Brasil programas e projetos que levam em conta conflitos de interesse, como na área da gestão dos recursos hídricos. Essas iniciativas estão ancoradas na idéia de desenvolvimento sustentável, ou seja, as necessidades das futuras gerações dependem da forma racional de uso atual dos recursos naturais.

No entanto, a teoria e a prática do desenvolvimento sustentável não tem abordado, até o momento, com a ênfase necessária, a questão de conflitos ambientais, tanto aqueles que já existem na sociedade quanto aqueles que de alguma maneira são postos em movimento. Assim, grande parte dos trabalhos realizados que menciona a questão dos conflitos ambientais parece concentrados nos impactos ambientais, especialmente devido a falta de um instrumental forte e consistente para tratar dos conflitos.

Segundo Bursztyn (2001), o crescimento das manifestações sociais, frente aos impactos negativos ao meio ambiente provocados por empreendimentos onde prevalecia o



interesse estritamente econômico, fortaleceram os chamados conflitos sociais em torno de causas ambientais ou conflitos ambientais.

De acordo com Little (2001), entende-se por **conflito ambiental** as disputas entre grupos sociais derivadas dos distintos tipos de relação que eles mantêm com seu meio natural .

Como todo conflito social, o conflito ambiental se caracteriza pela desconfiança nas relações entre agentes sociais, impondo de antemão uma perspectiva negativa quanto a acordos, agendas comuns e outros. Entender a origem da desconfiança e procurar desvendar os reais interesses dos agentes em conflito é fundamental para construir as relações de confiança em perspectivas positivas (ALVES, 2001).

Constata-se que, os impactos e conflitos ambientais derivam ou podem ser decorrentes do desenvolvimento econômico e demográfico, assim como da forma de ocupação e uso dos recursos naturais. A necessidade de associar o desenvolvimento social e econômico com o uso sustentável dos recursos naturais, proporcionou a disseminação de pesquisas não só do ponto de vista dos impactos mas também sob a ótica dos conflitos como é o caso do presente estudo.

#### **4.2 Geração de Energia Hidrelétrica, Impactos e Conflitos Ambientais**

No contexto da geração de energia hidrelétrica, há dois grandes tipos de impactos ambientais: os **impactos positivos**, quando a ação resulta na melhoria da qualidade de um fator ou parâmetro socioambiental (por exemplo, múltiplas utilizações dos reservatórios: recreação, lazer, turismo, esportes náuticos, controle sanitário, apoio à navegação, pesca, irrigação) e os **impactos negativos**, quando a ação resulta em um dano à qualidade de um fator ou parâmetro socioambiental (por exemplo, perda de paisagens e sítios arqueológicos, desequilíbrio dos ecossistemas, eutrofização, deslocamento de populações).

Quanto aos conflitos ambientais, destacam-se os **conflitos de uso da água**, onde ocorrem disputas por usos de mesma ou diferente natureza (consutivo e não-consutivo) e os **conflitos de uso do território**, onde ocorrem interesses divergentes em torno de uma mesma área geográfica. Algumas dessas situações conflituosas podem ser exemplificadas:

- **Transporte Hidroviário X Geração de Energia Hidrelétrica:** quando, por exemplo, a definição e/ou manutenção de um nível mínimo para a navegação interfere na operação de reservatórios de geração de energia elétrica.
- **Geração de Energia Hidrelétrica X Turismo e Lazer:** quando, por exemplo, o nível de um reservatório é alterado pela geração de energia e reduz a atratividade ou viabilidade de empreendimentos turísticos no entorno desse reservatório.
- **Irrigação X Geração de Energia Hidrelétrica:** quando, por exemplo, a retirada de água para irrigação afeta a disponibilidade hídrica para a geração de energia.
- **Geração de Energia Hidrelétrica X Unidades de Conservação:** quando, por exemplo, a área de inundação de um reservatório afeta áreas destinadas a conservação dos ecossistemas.
- **Populações Tradicionais X Geração de Energia Hidrelétrica:** quando, por exemplo, há o abandono forçado do território para implantação dos aproveitamentos hidrelétricos.

A implantação de projetos hidrelétricos no Brasil tem registros de interferências ambientais bastante significativas, tanto em termos de impactos quanto de conflitos:

Conforme Müller (1995), a política de desenvolvimento adotada na década de 1960 era baseada na industrialização nacional e os setores que davam suporte àquela política, como os de comunicações, transporte e energia, avançaram mais que outras áreas da vida nacional.

Essa situação, iniciada nos anos 60, acentuou-se na década seguinte, apoiada pelo regime autoritário então no poder: as reações da sociedade eram consideradas, via de regra, como oposição de caráter político, portanto, alvo de repressões. As comunidades afetadas pelos “projetos de desenvolvimento” deveriam aceitá-lo, ainda à sua custa, sem estruturar qualquer reação.

Somente a partir de 1979, quando o discurso oficial voltou-se para a devolução do poder aos civis, observa-se a retomada das manifestações populares em reação às várias “soluções” adotadas pelas empresas concessionárias nos seus projetos hidrelétricos. A primeira a provar essas reações foi a usina de Itaipu, onde os grandes movimentos reivindicatórios sociais tiveram seu embrião (MÜLLER,1995).

Em meio a algumas experiências marcantes, destacam-se os desgastes econômicos e políticos da obra de Itaparica, onde as circunstâncias ocasionaram soluções tardias aos problemas socioambientais. Outro caso de problemas sociais ocorreu em Ita e Machadinho, no rio Uruguai, gerando uma grande mudança de atitude do setor para solucionar o impasse.

No Norte, as críticas à construção da usina de Balbina foram tantas que a própria cerimônia de inauguração foi esvaziada.

Ao longo da década de 1980, culminando com a promulgação da Constituição Federal, observou-se a nítida estruturação da sociedade brasileira. A própria Constituição deu ao Congresso Nacional instrumentação para decisões sobre o setor energético que antes não possuía. A reorganização da sociedade civil resultou no surgimento de inúmeros grupos de interesse, vários com extraordinária eficiência na luta por seus objetivos.

Para fazer frente à nova realidade, o setor elétrico vem se organizando, premido pela constatação de que deve encontrar novos caminhos no relacionamento com a sociedade, para viabilizar os projetos necessários ao desenvolvimento nacional (MÜLLER,1995).

### **4.3 Gestão Ambiental na Geração de Energia Hidrelétrica**

Para os fins desse estudo, entende-se por **Gestão Ambiental** o “processo de mediação entre interesses de atores sociais voltado ao uso ou preservação dos recursos ambientais” (ARRUDA et al, 2001).

De acordo com Frota (2001), viabilizar um empreendimento significa torná-lo exequível sob os pontos de vista: técnico, econômico, financeiro, mas, sobretudo, sob a ótica dos impactos e conflitos ambientais. As questões relativas aos aspectos socioambientais não remete a soluções simples, únicas e cartesianas, envolve variáveis de subjetividade, incerteza exigindo dos gestores ambientais atenção, paciência e posturas éticas.

Nesse sentido, uma primeira postura exigida pela sociedade é a transparência dos atos dos planejadores. As previsões de impactos e conflitos sobre uma alternativa de crescimento econômico deve ser explicitada para a sociedade civil, ao mesmo tempo em que se demonstrem todos os benefícios.

No que se refere à geração hidrelétrica, o primeiro passo, é o reconhecimento de que não é possível existir energia elétrica com a disponibilidade que a sociedade requer sem que impactos e conflitos ocorram. As interferências ambientais devem ser negociadas, mitigadas e acertadas entre os diversos agentes envolvidos: os atingidos direta e indiretamente, as ONGs, os órgãos de licenciamento ambiental, o Ministério Público, a Justiça e os empreendedores,

cujos desafios a serem superados poderão determinar a velocidade e o ritmo de atendimento às demandas da sociedade por energia elétrica (FROTA, 2001).

Na perspectiva de compreender a essência dos conflitos de interesses entre os agentes envolvidos na implantação de empreendimentos hidrelétricos, destaca-se as considerações do sociólogo Edgar Morin (1998) ao declarar que nas relações entre indivíduos, grupos, classes, estes poderão jogar ao mesmo tempo e diversamente o “cada um por si”, o “cada um por todos”, o “cada um contra cada um”, o “todos contra todos”, com alianças e coalizões tanto mais temporárias e aleatórias quanto a crise for profunda e se acelerar. Assim, toda interação implica princípios de oposição, concorrência e complementaridade das forças sistêmicas, responsáveis pelo equilíbrio dinâmico da sociedade.

O filósofo Habermas (SIEBENEICHLER, 1994) enfatiza que a comunicação constitui sempre uma ação social, ou seja, os participantes de uma determinada *práxis* social deve se dispor a construção de “consensos sociais possíveis”, pactos de trégua e entendimento, sempre provisórios, abertos a negociações permanentes, pautadas pela democracia comunicativa.

Não há tradição, na cultura brasileira, de se discutir publicamente os projetos de desenvolvimento. Esses projetos, tradicionalmente, foram impostos sobre as populações, que reagiram de diferentes maneiras, dependendo da intensidade dos efeitos, do seu estágio de organização social, da compensação oferecida, por incapacidade de reagir frente à escala e à rapidez da obra e à condição de diálogo com o empreendedor (MÜLLER, 1995).

Até meados dos anos 1980, os empreendimentos de geração vinham sendo hierarquizados nos planos de expansão setorial em função quase exclusivamente do custo unitário da energia a ser produzida (em US\$/MWh), sem incorporar os custos ambientais mensuráveis, e muito menos os aspectos não quantificáveis das variáveis ambientais (BRASIL, 2006c).

A crescente preocupação da sociedade brasileira com a questão ambiental levou à criação de um arcabouço legal bastante rigoroso, com objetivo de garantir a sustentabilidade social e ambiental, bem como a preservação dos recursos hídricos. Assim, os empreendimentos implantados nas últimas décadas incorporaram as variáveis socioambientais desde as primeiras etapas do processo decisório.

Observa-se que a relação entre população afetada e área inundada tem melhorado, a partir da formação de reservatórios menores. Entre os anos de 1992 e 2002, considerando as hidrelétricas acima de 100 MW, foram remanejadas cerca de vinte mil famílias, com a inundação de 6.990 km<sup>2</sup> para a geração de 15.647 MW. Na década anterior, apenas três dos

grandes projetos implantados (Itaparica, Tucuruí e Sobradinho), totalizando 6.750 MW, somaram cerca de 27.000 famílias para a inundação de 7.917 km<sup>2</sup> (BRASIL, 2006c).

Destaca-se, ainda, evolução no relacionamento com as populações indígenas. Pode-se destacar o Programa Waimiri-Atroari, da ELETRONORTE, como modelo, reconhecido nacional e internacionalmente, programado para uma duração de 20 anos, já evidenciando a completa recuperação cultural, demográfica, social e econômica do grupo que, na década de 1980, encontrava-se na linha de extinção de sua etnia.

Com referência a implantação de unidades de conservação e outras atividades previstas no SNUC, avanços podem ser registrados. Considerando apenas as ações promovidas pelas empresas do Grupo Eletrobrás, atualmente cerca de 98.000 km<sup>2</sup> recebem apoio em atividades de preservação, em conjunto com os organismos governamentais (BRASIL, 2006c).

Outra compensação de caráter compulsório – a compensação financeira (percentual do valor total da energia produzida), em 2003, proporcionou pagamentos a 575 municípios afetados da ordem de US\$ 220 milhões, considerando somente os empreendimentos do Grupo Eletrobrás.

Registram-se, também, contribuições significativas ao desenvolvimento científico do país através dos estudos de planejamento, implantação e monitoramento de reservatórios, sobre as questões de águas, fauna, com destaque para a fauna aquática, flora e patrimônio arqueológico, dentre outros. Vários centros de pesquisas científicas e sociais tiveram suas atividades alavancadas para subsidiar o equacionamento de questões socioambientais do setor elétrico (BRASIL, 2006c).

Ressalta-se, portanto, a necessidade de identificar, ainda na fase de estudos de inventário hidrelétrico, os impactos e conflitos potenciais e existentes de uma bacia hidrográfica a partir do conhecimento das dimensões ambientais, sociais, econômicas, culturais e políticas que refletem na apropriação dos potenciais hidrelétricos. Esse procedimento tende a proporcionar a viabilização de intervenções mais efetivas para o tratamento dos efeitos identificados.

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, no uso de suas atribuições e competências, conferidas pela Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (BRASIL, 1997a), estabelece a Divisão Hidrográfica Nacional em regiões hidrográficas, que contempla bacias e sub-bacias hidrográficas como unidades do gerenciamento de recursos hídricos para a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Nesse sentido, adotou-se como unidades territoriais para a caracterização da área de estudo a região hidrográfica do Tocantins -Araguaia, seguida da bacia hidrográfica do rio Tocantins, onde esta inserida a sub-bacia hidrográfica do rio do Sono; buscando analisar a questão dos recursos hídricos espacialmente e não apenas localmente.

### 5.1 Região Hidrográfica do Tocantins -Araguaia

Conforme Resolução CNRH n° 32, de 15 de outubro de 2003 (BRASIL, 2003a), considera-se como **região hidrográfica** o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Segundo a referida resolução, o Brasil possui 12 regiões hidrográficas (Figura 3).



**Figura 3:** Regiões hidrográficas do Brasil.

Fonte: BRASIL, 2003a.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007b), a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, onde o foco desse estudo se insere, possui uma área de drenagem de 921.922 km<sup>2</sup> (aproximadamente 11% do território nacional), que abrange os Estados de Goiás (26,8%), Tocantins (34,2%), Pará (20,8%), Maranhão (3,8%), Mato Grosso (14,3%), além do Distrito Federal (0,1%).

Essa região possui configuração alongada, com sentido sul-norte, seguindo a direção predominante dos rios principais: Tocantins e Araguaia. As bacias desses rios apresentam áreas, respectivamente, de 380.834 km<sup>2</sup> e 386.478 km<sup>2</sup>. Cabe destacar que a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, de acordo com a Resolução CNRH n° 32, de 15 de outubro de 2003 (BRASIL, 2003a), inclui ainda as bacias dos rios Guamá (84.598 km<sup>2</sup>) e Pará (70.012 km<sup>2</sup>) que são adjacentes.

O rio Tocantins nasce no Planalto de Goiás, em cotas acima de 1000 m de altitude, sendo formado pelos rios das Almas e Maranhão, com extensão total aproximada de 1.960 km. Seu principal tributário é o rio Araguaia, que possui 2.600 km de extensão, no qual está situada a Ilha do Bananal, a maior ilha fluvial do mundo. Na margem direita do Tocantins destacam-se os rios do Sono, Bagagem, Tocantinzinho, Paranã, Manoel Alves Grande e Farinha; na margem esquerda, os rios Santa Teresa e Itacaúnas (BRASIL, 2007b).

O clima da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia é do tipo tropical, com temperatura média anual de 26°C, e dois períodos climáticos bem definidos: o chuvoso, de outubro a abril, com mais de 90% da precipitação; e o seco, de maio a setembro, com baixa umidade relativa do ar. A precipitação média na região é da ordem de 1.869 mm/ano, enquanto a evapotranspiração real média é de 1.371 mm/ano.

A região hidrográfica do Tocantins-Araguaia é a segunda maior região brasileira em termos de disponibilidade hídrica superficial, com vazão média de 13.624 m<sup>3</sup>/s, que equivale a 9,6% do total do país e uma vazão específica média de 14,84 L/s/km<sup>2</sup>. A vazão de estiagem, com permanência de 95%, é de 2.550 m<sup>3</sup>/s, valor que corresponde 3% da produção hídrica total do país (BRASIL, 2007b).

Com o intuito de conhecer as bacias e sub-bacias hidrográficas que compõem a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia observa-se que entre os órgãos federais gestores dos recursos hídricos, especialmente Ministério do Meio Ambiente e Agência Nacional de Águas, não há consenso em relação aos recortes espaciais possíveis para o planejamento e gestão dessa região.

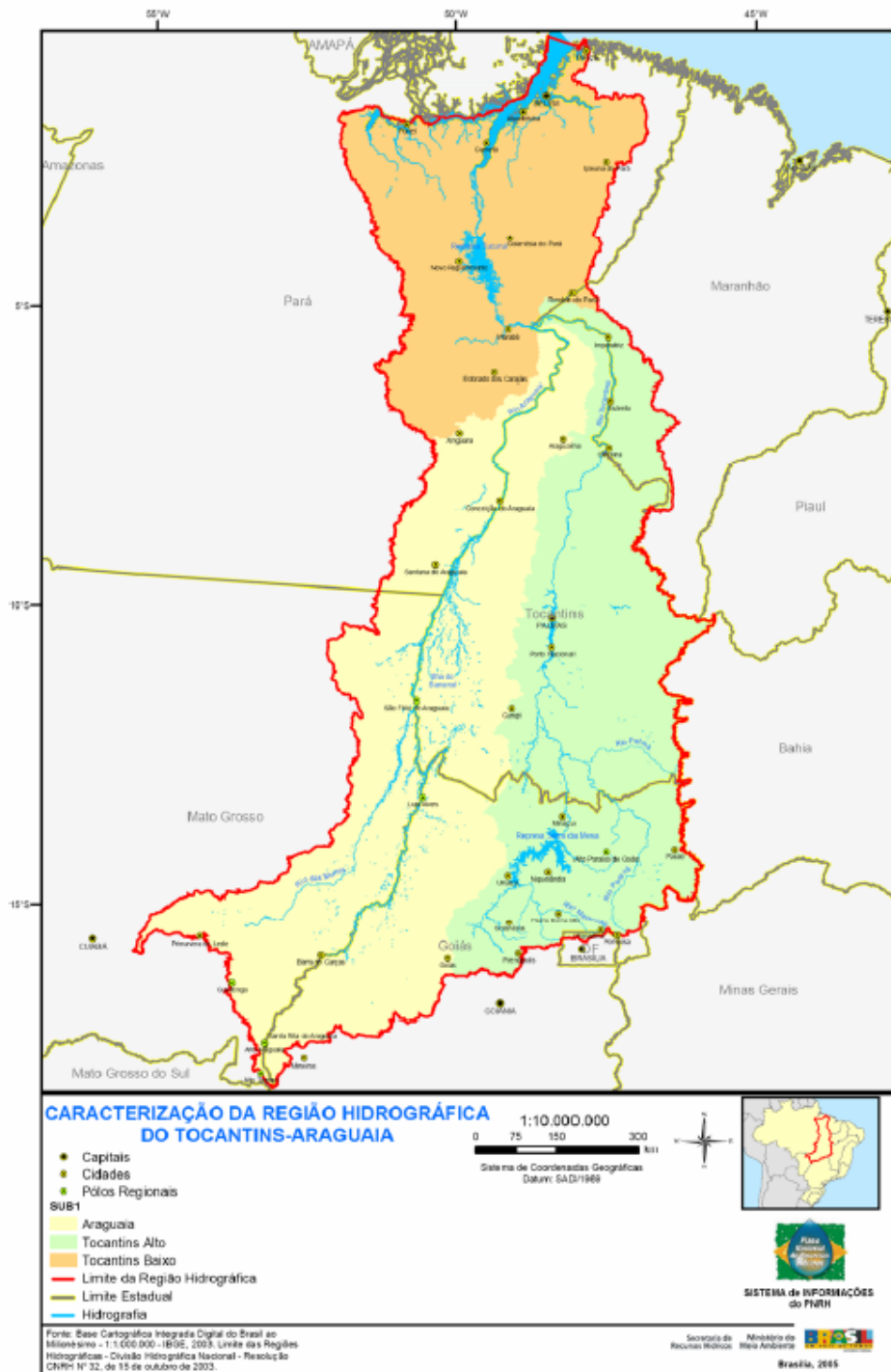
De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006a), o Plano Nacional de Recursos Hídricos subdivide a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia em três Sub-regiões no nível 1 – Sub 1 e em 18 Sub-regiões no nível 2 – Sub 2 (Quadro 3).

<b>Subdivisão Hidrográfica Sub 1</b>	<b>Subdivisão Hidrográfica Sub 2</b>
Araguaia	Alto Araguaia
	Rio das Mortes
	Médio Araguaia
	Cantão do Araguaia
	Baixo Araguaia
Tocantins Alto	Alto Tocantins
	Santa Tereza
	Paraná-Tocantins
	Rio Manuel Alves
	Lajeado
	Rio do Sono
	Estreito do Araguaia
Tocantins Baixo	Tucuruí
	Baixo Tocantins
	Guamá
	Pará-Tocantins
	Acará
	Foz Tocantins

**Quadro 3:** Sub-regiões da região hidrografia do Tocantins-Araguaia.



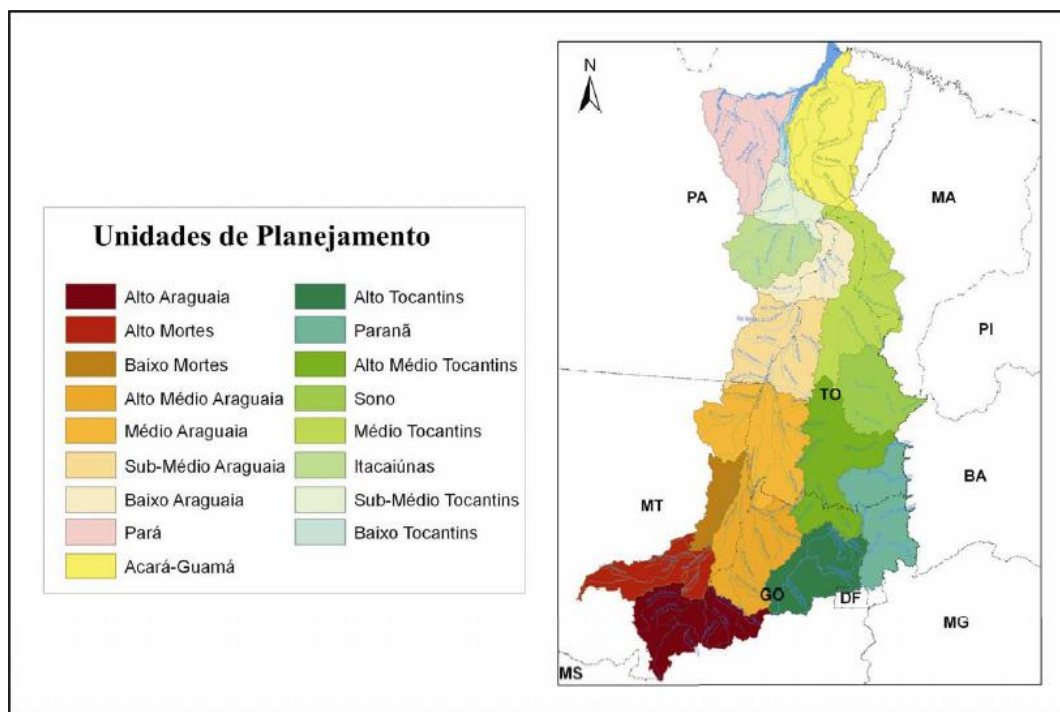
A Figura 4 apresenta a divisão da região hidrográfica Tocantins -Araguaia nas mencionadas sub-regiões no nível 1.



**Figura 4:** Sub-regiões no nível 1 da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia.

Fonte: BRASIL, 2006a.

Segundo a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007b), para uma visão mais detalhada da questão hídrica na região hidrográfica do Tocantins -Araguaia, esta foi subdividida em 17 unidades de planejamento, que são apresentadas na Figura 5. Apen as 8 dessas unidades coincidem com as sub-regiões no nível 2 estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006a): Alto Araguaia, Médio Araguaia, Baixo Araguaia, Alto Tocantins, Paranã, Sono, Baixo Tocantins e Pará.



**Figura 5:** Unidades de planejamento da região hidrográfica do Tocantins -Araguaia.

Fonte: BRASIL, 2007b.

Constata-se que o Ministério do Meio Ambiente e a Agência Nacional de Águas analisam as sub-bacias que compõe a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia em compartimentos territoriais diferentes, o que demonstra certo nível de desarticulação entre os órgãos responsáveis pela formulação e implementação da gestão dos recursos hídricos no Brasil.

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006a) os valores de vazão média por habitante nesta região é de 60.000 m<sup>3</sup>/hab.ano (13.624 m<sup>3</sup>/s de vazão média e uma população de 7.890.714 habitantes). Já segundo a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007b) a disponibilidade hídrica *per capita* na região é de 64.080 m<sup>3</sup>/hab.ano (14.607 m<sup>3</sup>/s de vazão média e uma população de 7.188.567 habitantes).

Nesse contexto, as Tabelas 1 e 2 mostram a disponibilidade hídrica por habitante na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia conforme as divisões espaciais estabelecidas pelo Ministério do Meio Ambiente e Agência Nacional de Águas, respectivamente.

**Tabela 1:** Disponibilidade hídrica *per capita* da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia segundo o Ministério do Meio Ambiente.

Subdivisão Hidrográfica Sub 1	Subdivisão Hidrográfica Sub 2	$Q_m$ (m <sup>3</sup> /s)	População (hab.)*	Disponibilidade Hídrica (m <sup>3</sup> /hab.ano)
Araguaia	Alto Araguaia	1.907,40	524.580	114.663,60
	Rio das Mortes	877,7	116.258	238.074
	Médio Araguaia	1.286,30	330.059	122.906
	Cantão do Araguaia	919	268.276	108.024
	Baixo Araguaia	516,6	436.017	37.360,80
Tocantins Alto	Alto Tocantins	782	548.501	44.963,00
	Santa Tereza	182,2	80.852	71.052,10
	Paraná-Tocantins	1.033,80	375.728	86.770,00
	Rio Manuel Alves	199,3	33.960	185.076,40
	Lajeado	349,8	231.261	47.702,10
	Rio do Sono	777,5	77.354	316.988,20
	Estreito do Araguaia	1.202,40	698.296	54.302,00
Tocantins Baixo	Tucuruí	972,2	478.299	64.100
	Baixo Tocantins	85,4	179.543	15.000
	Guamá	817,1	620.411	41.533,60
	Pará-Tocantins	1.036,40	167.186	195.500,10
	Acará	494,4	279.588	55.765,40
	Foz Tocantins	184,6	901.472	6.457,60

$Q_m$  = Vazão média de longo período; \* População Total

Fonte: BRASIL, 2006a.

**Tabela 2:** Disponibilidade hídrica *per capita* da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia segundo a Agência Nacional de Águas.

Unidades de Planejamento	$Q_m$ (m <sup>3</sup> /s)	População (hab.)*	Disponibilidade Hídrica (m <sup>3</sup> /hab.ano)
Alto Araguaia	1.071,00	300.585	112.364,41
Alto Mortes	696	110.011	199.516,92
Baixo Mortes	1.029,00	4.802	6.757.714,29
Alto Médio Araguaia	2266	209.779	340.646,95
Médio Araguaia	4457	144.226	974.553,49
Submédio Araguaia	5482	236.527	730.911,70
Baixo Araguaia	6030	352.406	539.610,79
Pará	1.231,00	167.550	231.696,90
Acará-Guamá	1408	2.986.934	14.865,64
Alto Tocantins	838	509.518	51.867,00
Paraná	838	207.047	127.638,50
Alto Médio Tocantins	2.745,00	501.475	172.623,40
Sono	745	43.207	543.761,89
Médio Tocantins	4596	734.889	197.226,32
Itacaiúnas	783	199.028	124.066,40
Submédio Tocantins	11.869,00	264.867	1.413.165,04
Baixo Tocantins	11968	175.719	2.147.877,28

$Q_m$  = Vazão média de longo período; \* População Total

Fonte: BRASIL, 2007b.

Nota-se pelo conteúdo das Tabelas 1 e 2 as discrepâncias entre os dados do Ministério do Meio Ambiente e da Agência Nacional de Águas, mesmo nas unidades homônimas como é o caso do compartimento do rio do Sono. Esse fato impõe a necessidade de se definir unidades territoriais mais concisas, para se evitar confusão e dispersão das informações coletadas, o que influencia na tomada de decisão com relação à gestão dos recursos hídricos na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia.

Na questão dos principais usos consuntivos da água, na região hidrográfica, observa-se que o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006a) e a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007b) reconhecem que a irrigação é o principal uso consuntivo da água, seguido de dessedentação animal, saneamento e uso industrial.

A agricultura irrigada, principalmente para a produção de arroz, milho e feijão, corresponde a uma atividade econômica, em expansão, que juntamente com a soja, que não é uma cultura irrigada, são de grande importância na região hidrográfica. A área irrigada, estimada em 2005, era de 133.000 ha, sendo que o potencial de solos aptos para a atividade seria de 762.774 ha. Já a pecuária desenvolvida na região está voltada basicamente para a produção de carne bovina; o rebanho encontrava-se em torno de 34 milhões de cabeças em 2002 (BRASIL, 2007b).

Com relação ao saneamento, o índice de cobertura dos serviços de abastecimento de água na região é de 84%, sendo que 62% da água utilizada para abastecimento provém de mananciais superficiais. O índice de cobertura dos serviços de coleta de esgotos é bastante baixo, da ordem de 8%. Desse total, apenas 47% da população têm seus esgotos tratados. Na questão de resíduos sólidos, 79% da população da região é atendida por sistemas de coleta e a grande maioria dos municípios utiliza vazadouros a céu aberto (lixões) para disposição final (BRASIL, 2007b).

O principal eixo industrial da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia localiza-se na parte setentrional, na área de influência da Estrada de Ferro Carajás, que interliga Marabá (PA) ao complexo portuário localizado em São Luís (MA), onde encontram-se os principais pólos e projetos industriais no setor mineral. A mineração é uma atividade expressiva na região, sobressaindo-se a extração de ouro, bauxita, minério de ferro, amianto, níquel, manganês, estanho, granito, calcário, materiais para a construção civil e gemas (BRASIL, 2006a).

Em termos de usos não-consuntivos dos recursos hídricos na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, destacam-se nos estudos do Ministério do Meio Ambiente (BRASIL,

2006a) e da Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007b): a pesca; o turismo e lazer; a conservação de ecossistemas; a geração de energia hidrelétrica; e as hidrovias.

A região hidrográfica do Tocantins-Araguaia detém um potencial pesqueiro significativo. Apesar da pesca artesanal na região ser uma atividade de pequena expressão econômica, se constitui em atividade essencial para a subsistência de grande parte da população ribeirinha e indígena. A região possui cerca de 300 espécies de peixes, com destaque para o jaú, filhote, dourado, tucunaré, jaraqui e pacu-branco. Cabe ressaltar a utilização múltipla dos lagos das hidrelétricas de Tucuruí, Serra da Mesa e Luís Eduardo Magalhães (Lajeado) para fins de exploração turística e pesca esportiva (BRASIL, 2006a).

O potencial turístico da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia inclui o ecoturismo, o turismo de aventura e a pesca esportiva. Dentre as atrações destacam-se os rios Tocantins e Araguaia, com inúmeras praias em toda sua extensão. Existem ainda outras opções de igual beleza e valor ecológico, que apresentam boas condições de exploração como serras, cavernas, cachoeiras, igarapés, veredas e matas. A Chapada dos Veadeiros e os Parques Estaduais do Cantão e Jalapão representam pólos de atração para turismo e lazer. A atividade do ecoturismo está crescendo em toda região e abrange o conhecimento da natureza, a experiência educacional interpretativa, a valorização das culturas tradicionais locais e a promoção do desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2006a).

Na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia observa-se a presença do bioma Floresta Amazônica ao norte e noroeste, apresentando característica de zona de transição para o bioma Cerrado que domina grande parte dessa região. Existem 65 unidades de conservação que abrangem uma área de 72.626 km<sup>2</sup> (7,9% da região hidrográfica). Destacam-se, em função da extensão, as APAs da Ilha do Bananal/Cantão e do Jalapão, ambas localizadas no Estado do Tocantins. Nesta região hidrográfica também estão presentes três corredores ecológicos, o Araguaia-Bananal, o Jalapão-Mangabeiras e o Paranã-Pirineus (BRASIL, 2006a).

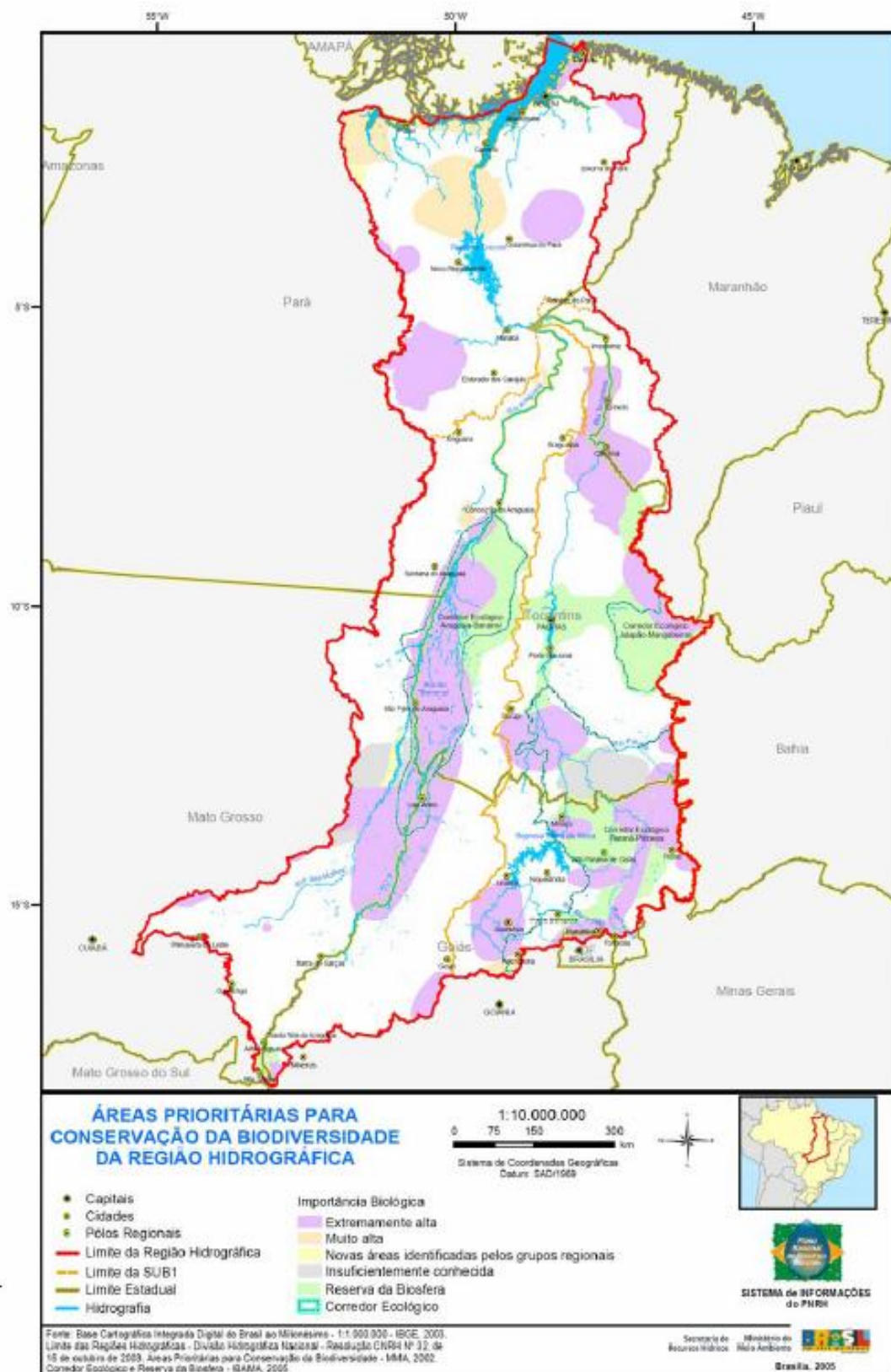
Segundo Barbier et. al (1994 apud LARROSA e SANTOS, 2006a), os ecossistemas oferecem funções ambientais para seres humanos e outras espécies de seres vivos. Essas funções podem ser divididas em quatro tipos:

- **Funções produtivas**, que proporcionam recursos básicos, como a água, energia, minerais, produtos agrícolas, florestais, etc.;
- **Funções regulatórias (ou de serviços ambientais)**, que proporcionam o contexto para as atividades econômicas e o bem-estar humano, como a regulação climática,

a proteção do solo, a reciclagem da matéria orgânica, a disposição de resíduos, recarga de aquíferos, etc.;

- ***Funções de suporte***, que são aquelas que permitem o assentamento de moradias, indústrias, espaços recreativos, caminhos, represas, etc.; e
- ***Funções de informação (culturas, tradições e costumes)***, que se referem a espaços históricos, de contemplação estética, religiosa, educativa, etc.

Para reforçar a importância de conservação dos ecossistemas da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, o Ministério do Meio Ambiente mapeou as Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade - APCBs conforme ilustra a Figura 6.



**Figura 6:** Áreas prioritárias para conservação da biodiversidade da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia.

Fonte: BRASIL, 2006a.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007b), a ocupação de populações tradicionais na região hidrográfica também é expressiva, identifica-se populações indígenas, quilombolas, pescadores, ribeirinhos e quebradeiras de coco babaçu. Em relação às populações indígenas foram identificadas 53 terras indígenas, com uma área de 31.057 km<sup>2</sup> (3,4% da região hidrográfica), que abrigam 24 etnias distintas. No caso das comunidades quilombolas, não há localização exata de suas terras, existe apenas os dados dos municípios com ocorrência de tais terras. Foram identificadas, então, 154 populações remanescentes de quilombolas que estão distribuídas em 22 municípios.

Quanto às demais populações tradicionais, apesar de sua importância e, especialmente, nos casos dos ribeirinhos e pescadores, onde a estrutura social das comunidades está ligada a proximidade com os rios, não há até o momento estudos oficiais que apontem a quantidade e a espacialização dos mesmos, o que prejudica a análise do uso cultural da água na região hidrográfica.

Conforme o Plano Decenal de Energia Elétrica 2006-2015 (BRASIL, 2006i), o potencial hidrelétrico da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia é de 26.285 MW. Essa região é a segunda maior do Brasil em potencial hidroenergético instalado, com 11.522 MW (16% do país). Existem 136 empreendimentos hidrelétricos registrados, sendo 25 em operação, 3 em construção, 12 em estudo de viabilidade, 32 em projeto básico e 64 inventariados. O grande potencial hidrelétrico e sua localização frente aos mercados consumidores da região nordeste, colocam a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia como prioritária para a implantação de aproveitamentos hidrelétricos (BRASIL, 2007b).

A hidrovia Tocantins-Araguaia é uma das mais promissoras vias de transporte aquaviário, por sua extensão e posição geográfica. Os trechos navegáveis da região estão localizados nos rios das Mortes, Araguaia e Tocantins. Somados superam 3.500 km no período de cheia, entre janeiro e junho. Existem obstáculos naturais à navegação como as corredeiras próximas às cidades de Marabá (PA), Imperatriz (MA) e Estreito (MA). A construção de barragens, eclusas e as campanhas de dragagem e derrocamento de pedras, como os presentes no rio Araguaia, são necessárias para tornar toda a extensão dos rios navegável (BRASIL, 2006a).

Ressalta-se ainda a importância da Ferrovia Norte-Sul para a região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, que com 2.066 km de extensão, interligará as regiões Norte e Nordeste à Sul e Sudeste, por meio das estradas de Ferro Carajás, Centro-Atlântica, Ferrobar e Sul-Atlântica. Quando totalmente implementada, transportará anualmente 12,4 milhões de toneladas de carga, sendo que os principais produtos a serem transportados pela ferrovia são



minérios, produtos agrícolas e florestais – no sentido Norte-Sul – e combustíveis, fertilizantes e carga geral – no sentido Sul-Norte (BRASIL, 2006a).

Segundo o Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2006a), os conflitos pelo uso da água na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia demonstram-se pequenos e pontuais, havendo uma carência de registros de informações. Assim, há necessidade de estudos mais aprofundados a fim de constatar a existência de conflitos ou de suas potencialidades, para identificação das áreas susceptíveis. No entanto, desde já, sabe-se que o maior desafio para a gestão dos recursos hídricos nessa região seja a compatibilidade entre irrigação, hidrovia, turismo e geração de energia hidrelétrica.

Conclui-se que para a compatibilização do uso múltiplo dos recursos hídricos na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia, é necessário, antes de tudo, articulação interinstitucional entre a União e os Estados que compõe essa região para adequar o processo de gestão dos recursos hídricos às diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas, sociais e culturais ali presentes, de forma que se alcance o desenvolvimento sustentável.

## **5.2 Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins**

Bacia hidrográfica pode ser definida como “um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes (...) que obriga naturalmente à existência de cabeceiras ou nascentes, divisores de água, cursos d’água principais, afluentes e subafluentes” (GUERRA, 1978 apud BRASIL, 2003c).

A bacia hidrográfica do rio Tocantins está completamente inserida na região hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Por esse motivo, muitas informações referentes à bacia se assemelham com os dados da região hidrográfica. Para os fins do presente estudo, o foco da caracterização da bacia do rio Tocantins está em sua função de provedora de energia hidrelétrica.

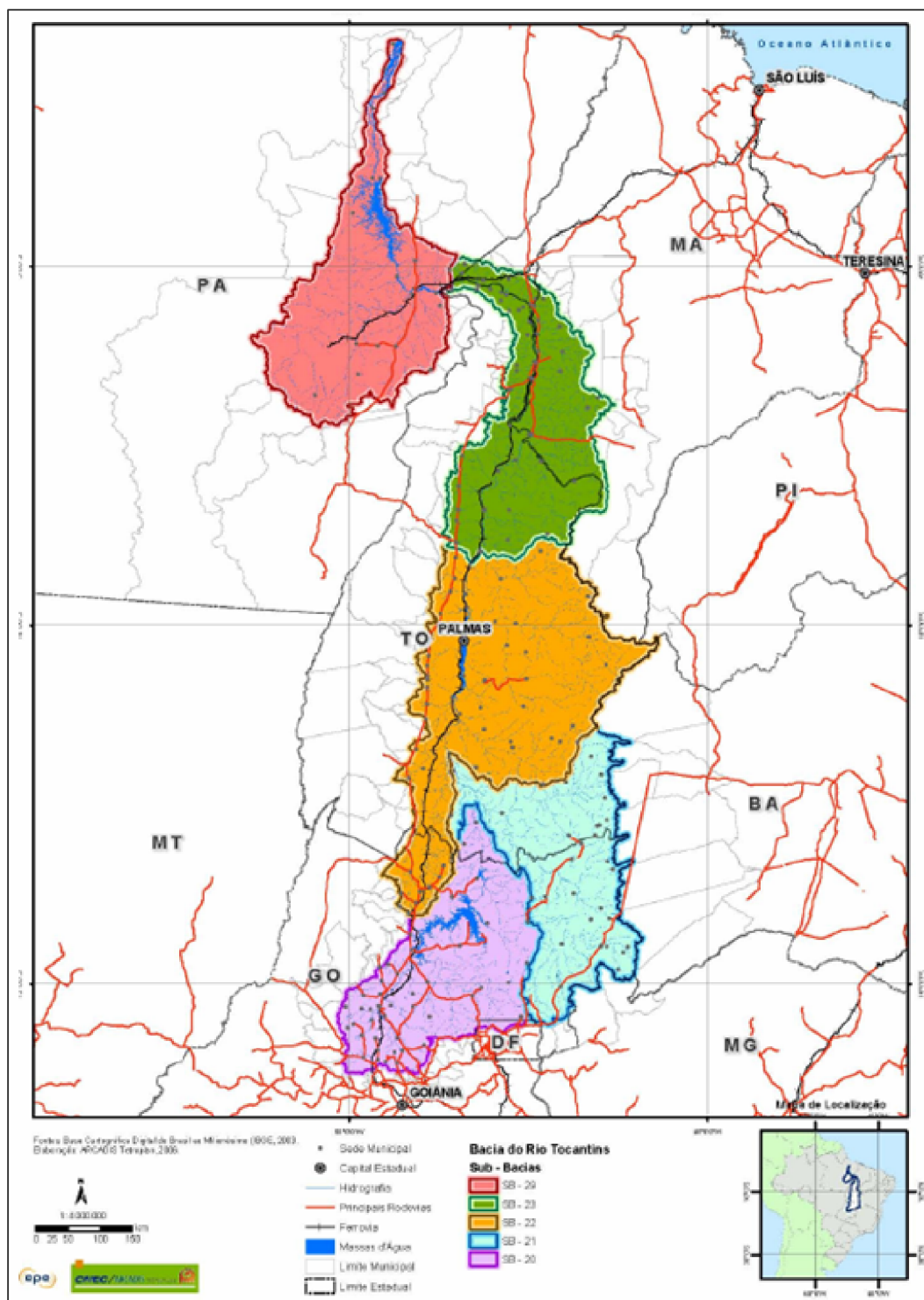
A Agência Nacional de Energia Elétrica divide esta bacia em cinco sub-bacias - SB, denominadas de SB-20 (onde estão as nascentes do rio Tocantins), SB -21, SB-22, SB-23 e SB-29 (onde está a foz do rio Tocantins, no estado do Pará).

Deste modo, o rio Tocantins é dividido em três classificações em termos de seu curso: **Alto Tocantins** (sub-bacias 20 – Goiás e Distrito Federal, basicamente -, e a 21 – Goiás e Tocantins); **Médio Tocantins** (sub-bacias 22 – basicamente Tocantins – e 23 – Tocantins e Maranhão); **Baixo Tocantins** (sub-bacia 29 – basicamente Pará), conforme ilustra a Figura 7.

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2007h), o **Alto Tocantins** tem uma área de drenagem de aproximadamente 127.700 km<sup>2</sup> e uma extensão limitada pelo paralelo 12° de latitude sul, próximo a o município de Peixe, no Estado do Tocantins. Neste trecho, os principais afluentes encontram-se na margem direita, sendo o de maior porte o rio Paranã, que tem uma área de drenagem de aproximadamente 65.000 km<sup>2</sup>. Na margem esquerda, o afluente mais importante é o rio Santa Teresa, com cerca de 14.600 km<sup>2</sup> de área de drenagem. A confluência deste rio com o rio Tocantins dá-se a poucos quilômetros a jusante da cidade de Peixe, já na região do Médio Tocantins.

O **Médio Tocantins** tem início no paralelo 12° de latitude sul e termina junto à confluência com o rio Araguaia, abrangendo territórios dos estados do Tocantins, Maranhão e Pará. Neste trecho, os principais afluentes também se encontram na margem direita, com destaque para os rios do Sono (área de drenagem de 45.600 km<sup>2</sup>) e o Manuel Alves da Natividade (área de drenagem de 14.933 km<sup>2</sup>). Pela margem esquerda, os afluentes são de pequeno porte.

O trecho denominado **Baixo Tocantins** tem início na confluência do rio Araguaia com o rio Tocantins e abrange todo o trecho do rio Tocantins até a sua desembocadura na Baía de Marajó. Os principais afluentes são os rios Araguaia e Itacaiúnas, ambos pela margem esquerda.



**Figura 7:** Sub-bacias do rio Tocantins.

Fonte: BRASIL, 2007h.

Devido ao potencial hídrico da bacia do rio Tocantins, esta possui papel estratégico na matriz hidrelétrica nacional. Atualmente estão em operação no rio Tocantins cinco aproveitamentos hidrelétricos (AHEs), além de haver um aproveitamento em construção e outro com concessão e licença prévia (LP) aprovada (Tabela 3).

**Tabela 3:** Aproveitamentos hidrelétricos em operação e previstos no rio Tocantins.

Situação	AHE	Potência Instalada (MW)	Rio	Estado
Em operação	Cana Brava	465	Tocantins (SB 20)	GO
	Lajeado	902	Tocantins (SB 22)	TO
	Peixe Angical	452	Tocantins (SB 21)	TO
	Serra da Mesa	1.275	Tocantins (SB 20)	GO
	Tucuruí	8.370	Tocantins (SB 29)	PA
<b>TOTAL</b>	<b>5 AHEs</b>	<b>11.464</b>		
Em construção	São Salvador	241	Tocantins (SB 20)	TO/GO
Com concessão e com LP	Estreito	1.087	Tocantins (SB 23)	TO/MA

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2007h.

As maiores usinas hidrelétricas, em termos de geração, estão situadas ao longo do curso do próprio rio Tocantins, e as menores distribuem -se por seus afluentes ou formadores. Nesse sentido, o Ministério de Minas e Energia por meio da Empresa de Pesquisa Energética elaborou a Avaliação Ambiental Integrada - para a bacia do rio Tocantins e seus formadores visando identificar e avaliar os efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos ambientais ocasionados pelo conjunto de aproveitamentos hidrelétricos nessa bacia.

De acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2007i), a AAI da bacia do rio Tocantins e seus formadores, diferentemente do Ministério do Meio Ambiente, Agência Nacional de Águas e Agência Nacional de Energia Elétrica, realiza mais um tipo de compartimentação dessa bacia “buscando regularidades espaciais que configurem áreas

semelhantes”. Assim, o Quadro 4 apresenta a nomeação dos compartimentos da bacia do rio Tocantins.

<b>Compartimentos</b>	<b>Nomeação</b>
C1	Formadores e Cabeceiras
C2	Margem Direita no Alto Curso (Vão do Paranã e Depressão)
C3	Margem Esquerda, no Médio Curso (Eixo BR -153 – Belém Brasília)
C4	Médio Tocantins Oriental (áreas preservadas)
C5	Médio Curso, a montante da foz do rio Araguaia (região de transição Amazônia/Cerrado)
C6	Baixo Curso e Foz (Floresta e Pecuária)

**Quadro 4:** Nomeação dos compartimentos da bacia do rio Tocantins.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2007i.

Na Avaliação Ambiental Integrada da bacia do rio Tocantins e form adores (BRASIL, 2007i), o objeto de estudo são 34 AHEs a serem implantadas de acordo com três cortes temporais: Cenários Atual (2005) e os Intermediários de 2015 e 2025. O Quadro 5 apresenta o número de aproveitamentos hidrelétricos a serem considerados em cada um dos cenários por compartimento. Ressalta-se que os AHEs Peixe Angical, Luís Eduardo Magalhães (Lajeado), Isamu Ikeda, Tocantins, Tupiratins, Estreito e Marabá, encontram-se em mais de um compartimento.

Compartimento	Cenários	AHE	Potência Instalada (MW)
Compartimento 1	Atual	Cana Brava	450
		Serra da Mesa	1275
		São Salvador	241
		Peixe Angical (parcial)	452
	2015	Maranhão	125
		Buriti Queimado	142
		Mirador	80
	2025	Porteiras II	86
		Capoeira	13
Heitorai		9,3	
Rialcema		11	
Guariba		10,5	
Laguna		36	
Compartimento 2	Atual	São Domingos	12,4
		Luís Eduardo Magalhães - Lajeado (parcial)	902,5
		Peixe Angical (parcial)	452
		Isamu Ikeda (parcial)	27,6
	2015	Tocantins (parcial)	480
	2025	Nova Roma	51
		Foz do Atalaia	72
		São Domingos	70
		Paraná	95
Barra do Palma		58	
Arraias		93	
Pau D'Arco	64		
Compartimento 3	Atual	Luís Eduardo Magalhães - Lajeado	902,5
		Estreito (parcial)	1087
		Peixe Angical (parcial)	452
	2015	Tocantins (parcial)	480
Tupiratins (parcial)	620		
Compartimento 4	Atual	Isamu Ikeda	27,6
		Estreito (parcial)	1087
	2015	Tupiratins	620
		Novo Acordo	160
	2025	Cachoeira da Velha	81
		Brejão	75
		Rio Sono	168
Perdida II	48		
Compartimento 5	Atual	Estreito (parcial)	1087
	2015	Serra Quebrada	1328
	2025	Marabá (parcial)	2160
Compartimento 6	Atual	Tucuruí I e II	8370
	2025	Marabá (parcial)	2160

**Quadro 5:** Aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Tocantins por compartimento.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2007i.

Observa-se que o Compartimento 1, onde se encontram as nascentes do rio Tocantins, é onde está previsto o maior número de aproveitamentos hidrelétricos. Existem nesse compartimento 2 usinas em operação, as UHEs Cana Brava e Serra da Mesa que, juntas, geram 1.725 MW, e está em construção a UHE São Salvador. Estão previstos também outros 9 aproveitamentos (3 na cena 2015 e 7 em 2025), totalizando 12 aproveitamentos no compartimento, com geração prevista em 2.478 MW.

Já o Compartimento 6, apresenta o menor número de aproveitamentos hidrelétricos, apenas dois, mas é o que possui os aproveitamentos com maior potência instalada – Tucuruí e Marabá.

Conforme a Avaliação Ambiental Integrada da bacia do rio Tocantins e formadores, encontram-se no Compartimento 4 os aproveitamentos hidrelétricos a serem implantados na sub-bacia do rio do Sono as UHEs Novo Acordo, Cachoeira da Velha, Brejão, Rio Sono e Perdida II. Esses aproveitamentos e mais as AHEs Jalapão (54 MW), Soninho ½ (38 MW) e Arara (30 MW), previstas nos Estudos de Inventário da Bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS e UNION ENGENHARIA LTDA, 1997), são focos dessa dissertação, que objetiva identificar e tipificar as frentes de conflitos de interesse em relação ao uso da água e uso do território que incidem sobre esses potenciais energéticos.

### ***5.2.1 Os Conflitos da Bacia do Rio Tocantins segundo a AAI da EPE***

Segundo a Empresa de Pesquisa Energética (BRASIL, 2007i), o termo conflitos representa a situação de tensão real ou potencial, resultante de concorrência entre direitos, interesses, usos, atribuições, jurisdições de duas ou mais partes, suscitadas por empreendimentos hidrelétricos, entre outros usuários de recursos hídricos, além daqueles inerentes à dinâmica regional.

Para avaliação dos conflitos, o procedimento metodológico adotado pela Avaliação Ambiental Integrada da bacia do rio Tocantins e formadores foi a construção de uma Matriz de Conflitos, onde o grau de conflito oscila entre zero e três, conforme as seguintes opções: não conhecido (NC), não há conflitos (0), baixo grau de conflito (1), médio grau de conflito

(2) e elevado grau de conflito (3). O Quadro 6 apresenta a matriz de conflitos da bacia do rio Tocantins.

Temas	Impactos Originais	Grau do Conflito
Recursos Hídricos	Alteração da dinâmica hidráulica dos rios	3
	Alteração da qualidade da água/potencial de eutrofização	2
	Interferências nos usos já estabelecidos	3
Ecossistemas Aquáticos	Alteração de ambiente lótico para lêntico	2
	Fragmentação de ambientes aquáticos/interferências na rota migratória dos peixes	2
	Potencial proliferação de cianobactérias e de macrófitas aquáticas	2
Meio Físico	Elevação do lençol freático	1
	Perda de potencial mineral	1
Ecossistemas Terrestres	Perda, fragmentação e isolamento de habitats terrestres por sobrelevação do nível d'água	2
	Perda, fragmentação e isolamento de habitats terrestres por aumento de pressão antrópica	2
	Perda de populações e desestruturação de comunidades bióticas terrestres	2
	Pressão sobre áreas de interesse conservacionista (UCs, APs e TIs)	3
	Pressão sobre espécies ameaçadas de extinção	2
	Proliferação de vetores e hospedeiros de doenças	2
Patrimônio Arqueológico, Histórico e Cultural	Alterações nas comunidades bióticas ribeirinhas de jusante	2
	Perda de manifestação cultural (cultura imaterial)	1
Socioeconomia	Perda de áreas produtivas	1
	Interferência em populações tradicionais	3
	Deslocamento compulsório de população rural e urbana	3
	Aumento e diversificação de doenças de veiculação hídrica	1

**Quadro 6:** Matriz de conflitos da bacia do rio Tocantins.

Fonte: Adaptado de BRASIL, 2007i.

Constata-se que para a Avaliação Ambiental Integrada da bacia do rio Tocantins e formadores os conflitos só ocorrerão se um impacto (real ou potencial) for identificado. Assim, considera elevado grau de conflito (3) os seguintes impactos originais: alteração da dinâmica hidráulica dos rios; interferências nos usos da água já estabelecidos; pressão sobre áreas de interesse conservacionista (UCs, APs e TIs); interferência em populações tradicionais; e o deslocamento compulsório de população rural e urbana. Já como baixo grau de conflito (1): elevação do lençol freático; perda do potencial mineral; perda de manifestação cultural (cultura imaterial); perda de áreas produtivas; aumento e diversificação de doenças de veiculação hídrica.

Essa avaliação gera controvérsias, uma vez que a Avaliação Ambiental Integrada da bacia do rio Tocantins e formadores não realiza a identificação e tipificação dos conflitos por aproveitamento hidrelétrico nem por compartimento, ape nas caracteriza os citados impactos originais para a bacia como um todo, chamando-os de “características dos conflitos”. Nesse sentido, os conflitos são descritos na referida Avaliação Ambiental Integrada de forma geral, e pouco detalhada, não disponibilizando informações suficientes para a tomada de decisão dos gestores da bacia no tratamento dos conflitos potenciais ou evidentes.



Como visto no Capítulo 4, identificar um impacto ambiental não significa identificar um conflito ambiental. Com base nessa premissa, a presente dissertação está inserida na perspectiva de desenvolver um procedimento que proporcione a identificação e tipificação de conflitos de interesse em relação ao uso da água e do território em bacias hidrográficas de valor energético, visando avaliar a oportunidade de novos investimentos em hidroeletricidade. Para o desenvolvimento do projeto foi identificada uma sub-bacia piloto, localizada na bacia do rio Tocantins.

### **5.3 Sub-Bacia Hidrográfica do Rio do Sono**

Em 1972, um contrato firmado entre a ELETROBRÁS e o Consórcio Engevix -Ecotec, deu início aos Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Tocantins. Posteriormente, a partir de janeiro de 1974, com a criação da ELETRONORTE, esta passou a coordenar os Estudos de Inventário do Tocantins. Mais tarde, em março de 1983, tendo como objetivo a compatibilização dos possíveis aproveitamentos hidroenergéticos do trecho médio, com os aproveitamentos previstos para o Alto e Baixo Tocantins, a ELETRONORTE contratou a revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico do Médio Tocantins junto à THEMAG Engenharia (THEMAG ENGENHARIA, 1987).

Assim, entre os anos de 1983 a 1986 foram conduzidos estudos nos eixos identificados no rio Tocantins, visando atualizar e complementar as informações contidas nos estudos anteriores. Todavia, somente em 1987, após análises aprofundadas entre a ELETRONORTE e a THEMAG Engenharia foi elaborado o Relatório dos Estudos Finais de Inventário do Médio Tocantins (THEMAG ENGENHARIA, 1987).

Ao longo de mais de trinta anos de estudos, constatou-se que a Bacia do rio Tocantins, e especialmente o Médio Tocantins, se destacava em termos estratégicos no cenário nacional, por possuir sub-bacias de interesses hidroenergéticos com múltiplos empreendimentos projetados. Essa região encontra-se inserida no eixo rodoferroviário Norte-Sul, com possibilidades de abrigar hidrovias e ferrovias, além de ser ocupada por crescente produção agropecuária.

Nesse contexto, se tem a sub-bacia hidrográfica do rio do Sono ou, simplificada, bacia do rio do Sono, sendo este o segundo maior afluente do rio Tocantins, drenando uma área de 45.600 km<sup>2</sup>, com extensão do curso principal da ordem de 290 km. Os Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio do Sono foram iniciados em 1996 pela Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins - CELTINS e UNION Engenharia Ltda, com a finalidade de avaliar a potencialidade hidrelétrica da bacia, que constitui parcela considerável das potencialidades hídricas do estado do Tocantins, e diagnosticá-la, antecipadamente, com vistas ao planejamento racional de seu uso.

De acordo com o citado inventário hidrelétrico, consolidado em 1997, toda a bacia de drenagem do rio do Sono e seus afluentes situam-se no Estado de Tocantins. Nos seus limites a leste, confronta-se com as drenagens da margem esquerda do rio São Francisco, rio Preto e seu afluente Sapão, no Estado da Bahia; e do alto curso do rio Parnaíba, nos Estados do Piauí e do Maranhão. A bacia que faz vizinhança com o Sono, ao sul, é a do rio Manuel Alves/Natividade e, ao norte, as bacias dos rios Manuel Alves Grande e Manuel Alves Pequeno, que também drenam para o rio Tocantins (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).

O rio do Sono tem, pela margem esquerda, como principal afluente, o rio das Balsas, que drena cerca de 17.700 km<sup>2</sup>, em seguida pela margem direita o rio Perdida, que tem uma área de drenagem de 9.600 km<sup>2</sup>. Os dois formadores do rio do Sono, o Soninho e o Novo, e as cabeceiras do rio Perdida, têm suas nascentes na vertente ocidental da Chapada das Mangabeiras. Nessa região, uma linha de abrupto desnível estabelece o início das aguadas que demandam à bacia do rio do Sono, até sua desembocadura situada junto à cidade de Pedro Afonso.

Em toda porção leste do Estado do Tocantins, região onde se insere a bacia do Sono, o relevo é do tipo ondulado suave a ondulado, com vertentes sob a forma de amplas colinas côncavas, com declividade suave, em direção aos leitos dos rios. Na região do baixo curso dos rios Novo e Soninho ocorre o trecho das corredeiras. Os solos superficiais dominantes apresentam textura arenosa e a vegetação é do tipo cerrado sub-caducifólio e campo-cerrado, onde a formação arbórea-arbustiva é pouco densa. Essas características conferem boa permeabilidade e acumulação de água no subsolo, dando origem a excelentes aquíferos, com descargas elevadas no período de estiagem (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).

A alta concentração das precipitações nos meses chuvosos, particularmente entre janeiro e março, contrapõe-se a esse aparente regime de águas calmas. Em situação de

intensos e contínuos aguaceiros a capacidade natural de infiltração/acumulação do conjunto solo - vegetação atinge seu ponto de saturação, e os deflúvios superficiais tornam-se elevados; os cursos d'água avolumam-se, os níveis sobem rapidamente e verificam-se grandes cheias.

A bacia do rio do Sono é homogênea do ponto de vista climático, apresentando uma marcante variação sazonal e estações bem definidas. A estação chuvosa, abrangendo o período de outubro a abril, concentra cerca de 93 % da precipitação anual e, o trimestre mais seco, junho a agosto, apenas 1 % .

Segundo a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007b), a bacia do rio do Sono possui alta disponibilidade hídrica superficial, com vazão média de 745 m<sup>3</sup>/s e uma vazão específica média de 16,3 l/s/km<sup>2</sup>. A vazão mínima, considerada como vazão com permanência de 95%, é de 288 m<sup>3</sup>/s.

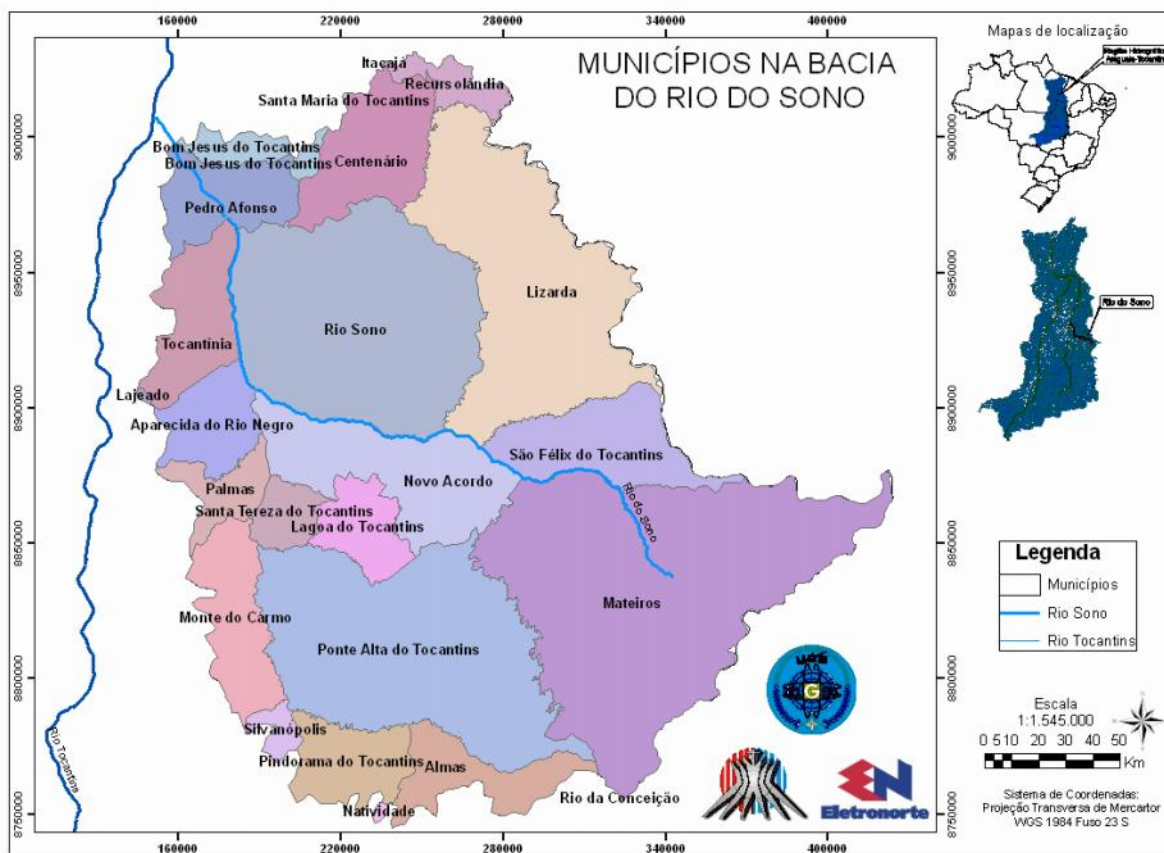
A área de influência da bacia do rio do Sono compreende 11 municípios com sede na bacia. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (BRASIL, 2007j) a população distribui-se da seguinte forma (Tabela 4):

**Tabela 4:** Distribuição da população da bacia do rio do Sono em 2007.

<b>Município</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>	<b>População</b>	<b>Densidade Demográfica (hab/km<sup>2</sup>)</b>
Aparecida do Rio Negro	1.160	4.018	3,46
Tocantínia	2.602	6.112	2,34
Centenário	1.955	2.382	1,21
Lizarda	5.723	3.603	0,62
Rio Sono	6.357	5.651	0,88
Novo Acordo	2.672	3.746	1,40
Santa Tereza do Tocantins	540	2.295	4,25
Lagoa do Tocantins	911	3.174	3,48
Ponte Alta do Tocantins	6.491	6.569	1,01
São Félix do Tocantins	1.909	1.377	0,72
Mateiros	9.592	1.734	0,18
<b>Total</b>	<b>39.912</b>	<b>40.661</b>	<b>1,02</b>

Fonte: BRASIL, 2007j.

No entanto, além destes, é possível observar municípios parcialmente inseridos na bacia, que a influenciam direta ou indiretamente, como: Pedro Afonso, Bom Jesus do Tocantins, Monte do Carmo, Lajeado, Pindorama do Tocantins, Palmas, Almas, Silvanópolis e Recursolândia (Figura 8).



**Figura 8:** Municípios na bacia do rio do Sono.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2006.

Conforme a Agência Nacional de Águas (BRASIL, 2007b), a população total da bacia do rio do Sono (incluindo os municípios inseridos e parcialmente inseridos) é de 43.207 habitantes, possuindo uma disponibilidade hídrica *per capita* da ordem de 543.761 m<sup>3</sup>/hab.ano. Os principais usos consuntivos da água na bacia são para irrigação (63,2%), dessedentação animal (29,3%) e saneamento (7,5%).

Na agricultura irrigada, destacam-se como principais culturas o arroz, o milho e a mandioca. No município de Pedro Afonso os cerrados estão sendo substituídos por lavoura de soja e há possibilidade da região se transformar no novo pólo agrícola do Estado, através do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento do Cerrado – PRODECER III, onde também se desenvolve a cultura de soja por irrigação. Já se encontra instalada nesse município a empresa Bungue, multinacional de alimentos. Atualmente, a área irrigada

estimada na bacia do rio do Sono é de 911 ha, sendo que o potencial de solos aptos para a atividade é de 463.000 ha. A pecuária desenvolvida está principalmente voltada para a criação bovina. O rebanho era de 213.055 cabeças em 2003.

Com relação ao saneamento, o índice de cobertura dos serviços de abastecimento de água na bacia do rio do Sono é de 99,6%. Não há cobertura dos serviços de coleta de esgotos, sendo recorrente o uso de fossas. A carga orgânica lançada nos rios é de 0,58 t DBO/dia. Na questão de resíduos sólidos, cerca de 91,3% da população da região é atendida por sistemas de coleta, no entanto, os municípios utilizam “lixões” para disposição final (BRASIL, 2007b).

Em termos de usos não-consutivos dos recursos hídricos na bacia do rio do Sono, destacam-se: a conservação dos ecossistemas, o turismo e a geração de energia hidrelétrica.

Do ano correspondente à publicação do inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono - 1997 aos dias atuais, nota-se uma evolução na preocupação, em níveis federais e estaduais, de conservar áreas ecologicamente relevantes, inseridas total ou parcialmente na bacia. Em 1997 havia apenas uma unidade de conservação, a Área de Proteção Ambiental (AP A) Serra da Tabatinga, no referido ano foi criada a APA Serra do Lajeado e com o passar dos anos foram criadas mais 4 unidades, conforme mostra o Quadro 7.

Unidade	Área (ha)	Ato de criação	Localização
APA Serra da Tabatinga	35.327	Decreto Federal nº 99.278/90	Alto Parnaíba (MA) e Ponte Alta do Tocantins (TO)
APA Serra do Lajeado	121.415	Lei Estadual nº 906/97	Palmas, Aparecida do Rio Negro, Tocantínia e Lajeado (TO)
APA Jalapão	461.730	Lei Estadual nº 1.172/2000	Mateiros, Novo Acordo e Ponte Alta do Tocantins (TO)
PE do Jalapão	158.885	Lei Estadual nº 1.203/2001	Mateiros (TO)
EE Serra Geral do Tocantins	716.300	Decreto Federal de 2001	Almas, Ponte Alta do Tocantins, Rio da Conceição, Mateiros (TO) e Formosa do Rio Preto (BA)
PN das Nascentes do Rio Parnaíba	729.813	Decreto Federal nº 9.609/2002	Formosa do Rio Preto (BA), Alto Parnaíba (MA), Gilbués, São Gonçalo do Gurgueia, Barreiras do Piauí, Corrente (PI), Mateiros, São Félix do Tocantins e Lizarda (TO)

**Quadro 7:** Unidades de conservação da bacia do rio do Sono.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2006.

Na bacia do rio do Sono está presente o **Corredor Ecológico Jalapão - Chapada das Mangabeiras** que conecta cinco unidades de conservação: a Estação Ecológica (EE) Serra Geral do Tocantins; o Parque Nacional (PN) das Nascentes do Parnaíba; a APA da Serra da Tabatinga; a APA do Jalapão; e, o Parque Estadual (PE) do Jalapão. Objetiva-se que essas unidades de conservação, em conjunto, formem um grande corredor de proteção da biodiversidade por onde os animais possam transitar e procriar em segurança, onde a flora seja conservada e as belezas cênicas preservadas para as futuras gerações. A região leste da

bacia é uma Área Prioritária para Conservação da Biodiversidade (APCB) de importância biológica extremamente alta, conforme ressalta BRASIL (2006a).

Parte da bacia do rio do Sono é considerada **Reserva da Biosfera**, onde segundo o Sistema Nacional de Unidade de Conservação - SNUC (BRASIL, 2000) representa um modelo, adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais, com os objetivos básicos de preservação da diversidade biológica, o desenvolvimento de atividades de pesquisa, o monitoramento ambiental, a educação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações.

A ocupação indígena é relevante na bacia do rio do Sono, tendo sido identificadas 2 terras indígenas, Funil e Xerente, com uma área total de 948 km<sup>2</sup>, e que abrigam a etnia Xerente. Estas terras sofrem interferências da crescente produção agropecuária em suas fronteiras. A Figura 9 apresenta as unidades de conservação e terra indígena inseridas na bacia do rio do Sono.



**Figura 9:** Unidades de conservação e terra indígena na bacia do rio do Sono.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2006.

A bacia do rio do Sono apresenta também populações remanescentes de quilombolas distribuídas nos municípios de Mateiros (Comunidade Mumbuca e Arredores), São Félix do Tocantins (Comunidade Povoado do Prata e Arredores) e Santa Tereza do Tocantins (Comunidade dos Quilombos de Barra do Aroeira). Não se constatou as referências de localização exata das terras pertencentes às comunidades quilombolas, apenas são disponíveis dados dos municípios com ocorrência de tais terras.

Além das comunidades quilombolas, observa-se 4 projetos de assentamento do Instituto de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, inseridos ou parcialmente inseridos na bacia em estudo: Água Fria II, localizado no município de Tocantínia; Faveira, localizado no município de Rio Sono; Primogênito, localizado no município de Novo Acordo; e Entre Rios, localizado no município de Palmas.

A bacia do rio do Sono possui um potencial turístico variado que inclui o ecoturismo e o turismo de aventura. Destacam-se as serras, praias fluviais e cachoeiras formadas no rio do Sono que representam pólos de atração para o turismo e lazer. Observa-se que o artesanato com o “capim dourado” e as expedições turísticas para o “Deserto do Jalapão” constituem as atividades mais promissoras, responsáveis por parte da movimentação da economia local.

Devido a localização e abundância de recursos hídricos, a bacia do rio do Sono possui alta potencialidade de geração de energia hidrelétrica, conforme observado nos estudos de inventário hidrelétrico do Médio Tocantins, realizado pela THEMAG Eng., em 1987, e em 1997, pelo consórcio CELTINS e UNION Eng..

De acordo com o que foi vislumbrado no último inventário, o potencial hidrelétrico da bacia do rio do Sono é da ordem de 654 MW, contemplando os Aproveitamentos Hidrelétricos (AHE) de Rio Sono (168 MW), Novo Acordo (160 MW), Brejão (75 MW), Cachoeira da Velha (81 MW), Jalapão (54 MW), Perdida II (48 MW), Soninho ½ (38 MW) e Arara (30 MW). Existe, atualmente um empreendimento hidrelétrico em operação, a PCH Isamu Ikeda, no rio Balsas, com 29 MW de potência instalada, que foi construída nos anos 80 e, portanto não fez parte do referido potencial.

Destaca-se ainda, a possibilidade de transposição de vazões da bacia do rio do Sono para a bacia do rio São Francisco. As duas bacias já se encontram na lagoa do Varedão, situada perto da divisa entre Tocantins e Bahia, onde nascem os rios do Sono e Novo (afluentes do Tocantins) e Sapão, Preto e Grande (afluentes do São Francisco) (Figura10).



**Figura 10:** Encontro das bacias hidrográficas dos rios Tocantins e São Francisco.

Fonte: MOLION, 2003.

Segundo Molion (2003), por canais existentes no subsolo, no divisor de águas, estima-se que, durante o período de cheia do Tocantins, ocorra a transposição natural de cerca de 80 a 110 m<sup>3</sup>/s de água para afluentes do São Francisco. Um canal com cerca de 150 km de extensão, ligando os rios do Sono e Sapão, e obras hidráulicas apropriadas seriam suficientes para tornar contínua e controlada a transferência de água para o São Francisco.

Observa-se, como foco dessa dissertação, que a bacia do rio do Sono é de relevante interesse hidroenergético, apresentando condições favoráveis à implantação de aproveitamentos hidrelétricos, conforme previsto no inventário (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).

Entretanto, esta é uma bacia com fortes restrições ambientais possuindo unidades de conservação, terra indígena, comunidades quilombolas, assentamentos, crescente produção agropecuária, além de ser provável contribuinte na transposição de águas para o rio São Francisco, o que promove diferentes tipos de conflitos de interesse em relação aos usos da água e do território.



## 6 METODOLOGIA

A metodologia proposta iniciou-se com a análise documental, por meio da legislação e fontes bibliográficas públicas referentes aos recursos hídricos, meio ambiente e setor elétrico, que são determinantes nos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas. Adotou-se também a comparação entre as metodologias de análise ambiental (APIA, EIBH, AAI e Benchmarking) para verificar de que modo a questão do conflito ambiental é tratada.

Simultaneamente definiu-se uma bacia piloto, já inventariada, para desenvolvimento do projeto. Nesse sentido, a bacia do rio do Sono, localizada na região do Médio Tocantins, foi escolhida por ser uma bacia de relevante interesse hidroenergético, complexa, e com disponibilidade de dados técnicos e informações que possibilitam a identificação e tipificação das frentes de conflitos ambientais que incidem sobre os potenciais hidrelétricos inventariados.

Após a pesquisa bibliográfica e escolha da área de estudo, iniciou-se a coleta de dados para a caracterização geográfica, ambiental e energética da bacia do rio do Sono. Utilizou-se para este fim, informações atualizadas obtidas nos trabalhos realizados por instituições atuantes na área, como é o caso do Caderno da Região Hidrográfica do Tocantins-Araguaia (BRASIL, 2006a); do Plano Estratégico da Bacia do Tocantins -Araguaia (BRASIL, 2007b); e da Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia do Rio Tocantins e formadores (BRASIL, 2007h).

A escolha dos empreendimentos para a análise dos impactos e conflitos ambientais teve como base o Relatório dos Estudos Finais de Inventário do Médio Tocantins (THEMAG ENGENHARIA, 1987), os Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997), e o Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos de Usinas Hidrelétricas (BRASIL, 2007e).

Conforme Themag Engenharia (1987), no rio do Sono e seus afluentes foram identificados dez sítios potencialmente interessantes para barramento: Novo 1 (entre 80,7 MW e 87,5 MW), localizado no rio Novo, na Cachoeira da Velha; Sono 1 (entre 130,1 MW e 168,8 MW), Sono 2 (entre 180,5 MW e 183,5 MW), Sono 3 A (entre 306,0 MW e 309,3 MW), Sono 3 B (entre 757,7 MW e 907,2 MW), Sono 4 (entre 388,2 MW e 390,0 MW) e Sono 5 (entre 554,1 MW e 556,0 MW), no rio do Sono; Balsas 1 (entre 87,9 MW e 94,6 MW)

e Balsas 2 (entre 129,5 MW e 135,3 MW), no rio das Balsas e Perdida I (não encontrada a potência) e Perdida II (entre 114,5 MW e 114,7 MW), no rio Perdida. Tendo como critério de se inventariar apenas aproveitamentos com potência instalada superior a 50 MW (linha de corte).

Segundo a Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins e Union Engenharia Ltda (1997), os aproveitamentos escolhidos que integram a alternativa final da divisão da queda da bacia do rio do Sono passaram a ter as seguintes denominações: Sono 3 C – UHE Rio Sono (168 MW); Sono 2 – UHE Novo Acordo (160 MW); Sono 1 – UHE Brejão (75 MW); Novo 1 Jusante – UHE Cachoeira da Velha (81 MW); Novo 1 Montante – UHE Jalapão (54 MW); e Soninho 1<sup>3/4</sup> – UHE Arara (30 MW). Utilizando como linha de corte para potência instalada valor igual ou superior a 30 MW.

A Resolução ANEEL n° 323, de 20 de outubro de 1998 (BRASIL 1998b), aprovou os estudos de inventário da bacia do rio do Sono apresentado pela Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins – CELTINS, com os seguintes aproveitamentos: UHE Rio Sono (168 MW), UHE Novo Acordo (160 MW), UHE Brejão (75 MW), UHE Cachoeira da Velha (81 MW), PCH Arara (30 MW), PCH Soninho (20 MW), PCH Perdida 1 (24 MW) e UHE Perdida 2 (48 MW).

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (BRASIL, 2007e), a situação atual dos empreendimentos da bacia do rio do Sono é a seguinte:

- Rio das Balsas: Estudos de inventários hidrelétricos em elaboração com registros ativos. Agente interessado – ENERBRÁS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A. Data para entrega dos estudos de inventário - 19/10/2007;
- UHE Cachoeira da Velha (81 MW), UHE Perdida II (48 MW) e UHE Rio Sono (168 MW): Estudos de inventários hidrelétricos aprovados a partir de 1990, com eixos acima 30 MW, disponíveis para registros na ANEEL. Resolução n° 323/1998;
- PCH Arara (30 MW) e PCH Soninho (20 MW): Projetos básicos de pequenas centrais hidrelétricas em elaboração com registros ativos (Potências entre 1 e 30 MW). Agente interessado – Construtora Gomes Lourenço Ltda. Data para entrega do projeto básico – 15/02/2008.

Assim, no presente estudo, foram selecionados 8 aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio do Sono para a avaliação dos impactos e conflitos ambientais: AHE Rio do Sono

(168 MW), AHE Novo Acordo (160 MW), AHE Brejão (75 MW), AHE Cachoeira da Velha (81 MW), AHE Jalapão (54 MW), AHE Soninho ½ (38 MW), AHE Arara (30 MW) e AHE Perdida II (48 MW).

Destaca-se que a PCH Soninho ½ (20 MW) está em fase de elaboração de projeto básico, conforme Despacho ANEEL n° 2.295, de 23 de julho de 2007 (BRASIL, 2007c), sendo utilizado neste estudo os dados contidos em Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins e Union Engenharia Ltda (1997) onde esta é apresentada como uma UHE com 38 MW de potência instalada.

A partir da compreensão dos aspectos socioambientais e energéticos da bacia, realizou-se, entre os dias 29 de março e 1° de abril de 2007 uma visita técnica à bacia do rio do Sono, onde foi possível percorrer trechos da nascente à foz do rio. Esta visita teve como objetivo conhecer os aspectos ecológicos; a disponibilidade de recursos naturais; os principais usos da água e do solo; e observar as condições dos ambientes indicados como possíveis locais de aproveitamentos hidrelétricos, conforme consta no Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).

Posteriormente iniciou-se a organização das informações adquiridas, sendo que os estudos desenvolvidos para a avaliação dos impactos ambientais dos empreendimentos hidrelétricos projetados para a bacia do rio do Sono - TO seguiram as recomendações do Manual de Inventário Hidrelétrico das Bacias Hidrográficas (BRASIL, 1997c).

A partir da seleção dos aproveitamentos hidrelétricos foi avaliado em cada um destes, indicadores ambientais para o cálculo dos graus de impacto nos ecossistemas aquáticos, terrestres, e no meio sócio-econômico (modo de vida, organização territorial, base econômica, populações tradicionais e assentamentos). Utilizou-se como referência básica para a construção de uma base de dados a metodologia de avaliação dos impactos ambientais do Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica - EIBH adotada nos estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio dos Bois – GO (LARROSA e SANTOS, 2006b), realizando adaptações conforme as peculiaridades da bacia do rio do Sono - TO.

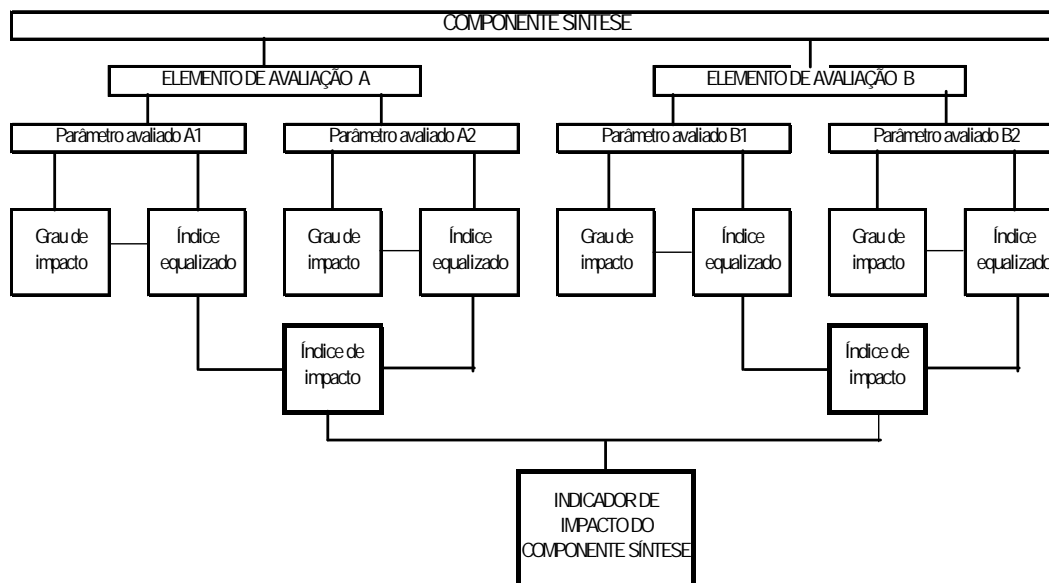
A obtenção dos índices de impacto por componente-síntese adotou mecanismos que evitam a atribuição subjetiva de valores indicativos do impacto. Partiu-se do seguinte princípio: se valores numéricos estimativos, comparáveis entre si, podem ser atribuídos a um conjunto de variáveis, haverá sempre um modo de expressá-los por meio de uma relação matemática.

Assim, os diversos elementos de avaliação foram desdobrados em parâmetros, passíveis de quantificação, conforme sugerido no Manual. Buscou-se estabelecer uma relação matemática capaz de avaliar a intensidade do impacto esperado do aproveitamento para cada um destes parâmetros, sempre referidos à sub-área correspondente. Desta forma se obteve, para cada parâmetro, um número indicador do grau de impacto (variável entre 0 e 1), decorrente do aproveitamento considerado.

Para avaliar a repercussão dos diversos empreendimentos na área de estudo (isto é, no conjunto de todas as sub-áreas), os indicadores dos graus de impacto foram equalizados através de um artifício algébrico: tomando-se o conjunto dos graus de impacto obtidos, atribuiu-se ao maior deles o valor 1, recalculando-se, proporcionalmente, os demais valores. Obteve-se assim, para cada parâmetro, um índice equalizado, que harmoniza os valores e reflete consistentemente a hierarquização do conjunto dos aproveitamentos da área.

Estes valores foram utilizados para calcular o índice de impacto e o índice equalizado de cada elemento de avaliação, por aproveitamento. Quando os diversos elementos avaliados têm pesos proporcionais, o índice de impacto resulta da média aritmética dos valores obtidos. Quando há preponderância de uns sobre outros na composição do impacto esperado, a média passa a ser ponderada, atribuindo-se pesos a partir do consenso da equipe.

O conjunto dos índices dos diversos elementos de avaliação permite então calcular o índice de impacto e o indicador equalizado para cada componente-síntese, por aproveitamento. A Figura 11 ilustra a metodologia descrita. Para simplificação, considerou-se um exemplo de componente-síntese para o qual foram definidos apenas dois elementos de avaliação, sendo dois aspectos avaliados para cada elemento.



**Figura 11:** Metodologia de identificação e avaliação dos impactos ambientais.

Fonte: LARROSA & SANTOS, 2006b.

A avaliação foi feita para cada aproveitamento isoladamente, na base física representada pelas sub-áreas definidas na caracterização. Para cada componente -síntese, foram avaliados os elementos que melhor identificam os processos impactantes decorrentes da eventual construção das barragens na bacia do rio do Sono.

Cada elemento de avaliação foi sistematizado e quantificado através de um elenco de parâmetros representativos dos seus aspectos mais relevantes. O Quadro 8 a seguir, sumariza esta composição.

COMPONENTE-SÍNTESE	ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO	PARÂMETROS
ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS	1. Hierarquia fluvial	Ordem relativa
	2. Praias Marginais	Número de praias
	3. Ambientes de alta energia	Número de corredeiras no barramento
	4. Rotas migratórias	Distância barramento-foz Distância barramento-cabeceira Gradiente
	5. Qualidade da água	Área inundada Relação de espelho d'água Volume Vazão Tempo de residência Bacia de contribuição Aporte de sedimentos
	6. Perda de vegetação marginal	Vegetação marginal afetada

COMPONENTE-SÍNTESE	ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO	PARÂMETROS
ECOSSISTEMAS TERRESTRES	1. Relevância da fauna afetada	Espécies ameaçadas Perda da vegetação
	2. Exclusividade fisionômica	Fitofisionomia exclusiva: área afetada
	3. Perda de outras fitofisionomias	Outras fitofisionomias: área afetada
	4. Perda de vegetação marginal	Vegetação marginal afetada
MODOS DE VIDA	1. Queda no padrão de consumo	População atingida pelo aproveitamento População rural dos municípios atingidos
	2. Modificação no IQV (Índice de Qualidade de Vida)	Incremento da população urbana
	3. Alteração no sistema de produção	Fazendas afetadas pelo aproveitamento
ORGANIZAÇÃO TERRITORIAL	1. Fluxo de circulação e comunicação	Equipamentos de produção, serviços e consumo atingidos Infra-estrutura viária atingida População atingida
	2. Padrões de assentamento e mobilidade	Núcleos atingidos População remanejada Vila residencial
BASE ECONÔMICA	1. Comprometimento das atividades econômicas	Estabelecimentos atingidos Produção agropecuária afetada Renda suprimida Número de empregos suprimidos
	2. Expressão dos recursos potenciais atingidos	Recursos minerais Áreas com aptidão agrícola Potencial turístico Recursos hídricos atingidos
	3. Comprometimento da arrecadação municipal	Valor da produção afetada

**Quadro 8:** Estrutura de avaliação dos impactos.

Fonte: LARROSA & SANTOS, 2006b.

Aplicou-se também a metodologia do Benchmarking adotada nos estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio das Garças – MT (LARROSA & SANTOS, 2007) para a análise comparativa dos indicadores ambientais (*benchmark*) dos aproveitamentos hidrelétricos previstos para a bacia do rio do Sono com outros empreendimentos do mesmo tipo e porte já em operação no Brasil.

Na definição dos critérios de avaliação de alternativas ou indicadores ambientais, deu-se prioridade a variáveis de fácil quantificação, passíveis de serem mensuradas de forma objetiva e não sujeitas à interpretação. Também se considerou na seleção dos indicadores, a utilização de parâmetros comumente utilizados na avaliação de empreendimentos

hidrelétricos, de maneira a viabilizar a comparação posterior dos indicadores obtidos para o rio do Sono com aqueles de aproveitamentos planejados para outros rios.

Os indicadores selecionados para a comparação entre os cenários alternativos de partição de queda são os seguintes:

#### **Indicadores de Área de Inundação:**

- \* MW firme x km<sup>2</sup> de reservatório
- \* MW firme x km<sup>2</sup> de área inundada
- \* MW firme x população atingida

#### **Indicadores de Risco de Erosão**

- \* MW firme x km lineares de perímetro do reservatório

#### **Indicadores de Risco de Eutrofização**

- \* Tempo de residência do reservatório (dias)
- \* Profundidade média do reservatório (m)

Reconhecendo a importância de considerar a percepção da comunidade em relação ao meio ambiente onde está inserida, realizou-se contatos com representantes dos diversos municípios da bacia do rio do Sono, por meio da Comissão de Instalação de Ações Territoriais do Jalapão (CIAT-Jalapão) que vem discutindo estratégias de fortalecimento das atividades relacionadas ao turismo e valorização dos atrativos naturais. A CIAT -Jalapão é composta pelo seguinte núcleo diretivo:

#### 1. Representantes do Poder Público:

- \* **Secretaria de Turismo e Meio Ambiente de São Félix do Tocantins** – Carlos Israel Ribeiro.
- \* **Secretaria de Desenvolvimento Sócio-econômico de Ponte Alta do Tocantins** – José Arilon de Souza Rodrigues.
- \* **Secretaria de Agricultura de Mateiros** – Jucileide Gonçalves da Silva Carvalho.
- \* **Secretaria de Transporte, Obras e Serviços (Rio Sono)** – Raimundo Nonato Rodrigues.

- \* **Secretaria de Administração de Novo Acordo** – Sildomar Alves Pereira.
- \* **Secretaria de Obras de Santa Tereza do Tocantins** – Adail Lopes de Carvalho.
- \* **Secretaria de Agricultura Municipal (Lizarda)** – Rudemar Lustosa Filho.
- \* **Secretaria de Educação Municipal (Lagoa do Tocantins)** – Glória Aparecida de Aquino Franchi.

2. Representantes da Sociedade Civil:

- \* **Associação dos Artesões e Produtores do Povoado do Prata (São Félix do Tocantins)** – Darlene Francisca de Souza.
- \* **Associação dos Apicultores de Ponte Alta do Tocantins (AAPA/TO)** – Rivaldo Leite Dias.
- \* **Associação Comunitária dos Artesãos e Pequenos Produtores de Mateiros** – Ivanilton Almeida dos Santos.
- \* **Associação Ana Cândida (Rio Sono)** – Natal Ribeiro Maciel.
- \* **Associação dos Trabalhadores Rurais do Projeto de Assentamento Primogênito (ATRUPAP) em Novo Acordo** – José Lopes de Araújo.
- \* **Associação Quilombola Barra da Aroeira (Santa Tereza do Tocantins)** – Maria de Fátima Rodrigues.
- \* **Associação de Desenvolvimento Comunitário de Lizarda (ADECOL)** – José Edimilson Gonçalves.
- \* **Associação dos Produtores Rurais de Lagoa do Tocantins (APROLAGO)** – Benilton Tavares Guimarães.

Realizou-se uma pesquisa com entrevista aberta dirigida a Sra. Sandra Delmondes, representante do Ministério do Desenvolvimento Agrário do Estado do Tocantins que acompanha de forma direta os principais eventos com os diversos grupos da região, sendo inclusive participante das reuniões da CIAT -Jalapão. O posicionamento desses atores sociais refletiu os conflitos de interesse que poderão incidir sobre o potencial hidroenergético inventariado.

A análise integrada das informações, obtidas nas etapas anteriores, proporcionou a identificação dos impactos e conflitos de uso da água e uso do território da bacia do rio do Sono. Esse procedimento resultou num melhor conhecimento da situação ambiental da bacia,



sobretudo a partir do que representa a implantação do conjunto de empreendimentos inventariados.

Por oportuno, cabe esclarecer que a primeira fase do Projeto 222 -2005- UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA / CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL: Critérios para identificação e tipificação dos conflitos em bacias hidrográficas de interesse energético: Modelo Dinâmico de Inventário Energético teve como resultado final a presente dissertação que contou com a participação de um a equipe multidisciplinar, no qual se pôde atuar como coordenadora adjunto. Portanto, os dados ora apresentados fazem parte do esforço de atender tanto os relatórios do convênio UCB / ELETRONORTE, como o estudo e análise da dissertação.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base na caracterização da área em estudo, observa-se que o bom estado de preservação ambiental da bacia do rio do Sono demonstra a alta disponibilidade de recursos naturais na região, sobretudo hídricos, o que, muitas vezes, traz a errônea visão de que esses recursos sejam totalmente disponíveis. Os recursos hídricos possuem um papel significativo no desenvolvimento econômico e social da bacia do rio do Sono, subsidiando, tal como já mencionado, atividades de irrigação, pecuária, pesca, saneamento, turismo, lazer, e geração de energia, entre outros.

Assim, nesse contexto, a crescente demanda por água na bacia do rio do Sono tem já estabelecido situações de conflitos de interesse, tanto no que se refere ao uso dos recursos hídricos, como no uso do território, que estão a exigir imediatas ações de gestão. De todos os usos da água os aproveitamentos hidroenergéticos, com uma seqüência de reservatórios projetados sobressaem diante dos demais, principalmente por consequência da postura prepotente do Setor Elétrico.

Tendo como base o Relatório dos Estudos Finais de Inventário do Médio Tocantins (THEMAG ENGENHARIA, 1987), os Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997), e até certo ponto, o Relatório de Acompanhamento de Estudos e Projetos de Usinas Hidrelétricas (BRASIL, 2007e), percebe-se que os representantes do Setor Elétrico nunca demonstraram interesse em se relacionar diretamente com os demais potenciais usuários da água na região, constituindo-se, portanto, nos primeiros agentes desencadeadores de conflitos.

Esses estudos iniciais deram orientação básica para a realização da visita técnica à bacia do rio do Sono, entre os dias 29 de março e 1º de abril de 2007, com objetivo de identificar os conflitos que derivam ou podem ser decorrentes da implantação dos empreendimentos hidrelétricos inventariados.

Conforme relatado no Apêndice A, na inspeção de campo foi possível observar as características da nascente à foz do rio do Sono que possui diferentes tipos fitofisionômicos do bioma Cerrado, com expressiva associação com as características geológicas-geomorfológicas locais e reconhecer que grande parte da flora e fauna nativas encontram-se preservadas.

Constatou-se também que o uso da água nesta bacia é feito de forma pouco expressiva uma vez que a densidade demográfica é baixa e o desenvolvimento localizado efetivamente começou a partir da criação do Estado do Tocantins.

A visita técnica e as informações obtidas nos trabalhos realizados por instituições atuantes na área em estudo, proporcionou uma visão ampla das características ambientais e socioeconômicas da bacia do rio do Sono, motivando a construção de uma base de dados atualizável por aproveitamento hidrelétrico inventariado, adaptado da metodologia do EIBH do rio dos Bois – GO (LARROSA e SANTOS, 2006b), realizado conforme o Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas (BRASIL, 1997c).

Assim, selecionou-se os aproveitamentos hidrelétricos inventariados da bacia do rio do Sono e foi avaliado em cada um destes, indicadores ambientais para o cálculo do índice de impacto dos componentes-síntese (Ecossistemas Aquáticos; Ecossistemas Terrestres; Modo de Vida; Organização Territorial; Base Econômica; Populações Tradicionais e Assentamentos), representando a intensidade desses impactos numa escala contínua de **zero** (ausência de impacto) até **um** (comprometimento pleno do sistema ambiental na área de estudo).

Alguns esclarecimentos sobre a forma de cálculo de cada indicador são pertinentes e constam no Apêndice B. Os resultados são demonstrados nas tabelas a seguir:

### ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

A Tabela 5 revela o comprometimento no ambiente fluvial na bacia hidrográfica do rio do Sono para os empreendimentos hidrelétricos selecionados.

**Tabela 5:** Impactos no ambiente fluvial.

Empreendimento	Ambiente Fluvial									
	Hierarquia fluvial			Praias Marginais				Ambientes de alta energia		
	Ordem	Grau de impacto	Índice equalizado	Nº de Praias	Área (ha)	Grau de impacto	Índice equalizado	N.º de Corredeiras no barramento	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	6,00	1,00	1,00	19,00	0,02	0,00	0,00	11,00	0,13	0,46
AHE NOVO ACORDO	4,00	0,67	0,67	25,00	0,00	0,00	0,00	4,00	0,05	0,17
AHE BREJÃO	4,00	0,67	0,67	20,00	0,56	0,06	0,13	15,00	0,18	0,63
AHE CACHOEIRA DA VELHA	4,00	0,67	0,67	13,00	3,67	0,38	0,83	13,00	0,16	0,54
AHE JALAPÃO	4,00	0,67	0,67	30,00	4,42	0,46	1,00	24,00	0,29	1,00
AHE SONINHO 1/2	3,00	0,50	0,50	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE ARARA	3,00	0,50	0,50	5,00	0,21	0,02	0,05	5,00	0,06	0,21
AHE PERDIDA II	4,00	0,67	0,67	18,00	0,83	0,09	0,19	10,00	0,12	0,42
	<b>6</b>	<b>1,00</b>			<b>9,71</b>	<b>0,46</b>		<b>82,00</b>	<b>0,29</b>	

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 6 refere-se ao comprometimento de rotas migratórias na bacia do rio do Sono.

**Tabela 6:** Comprometimento de rotas migratórias.

Empreendimento	Rotas Migratórias									
	Rios	Distância do barramento até a foz do rio (km)	Distância do barramento à cabeceira (km)	Extensão entre a foz do rio e a cabeceira do rio barrado	Extensão entre o barramento e a cabeceira do rio barrado	NA (montante) = Cota da Nascente (m)	NA (jusante) = Cota da Foz (m)	Gradiente do rio	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	Rio do Sono	56,65	380,56	437,21	380,56	250,00	172,00	1,82	1,59	1,00
AHE NOVO ACORDO	Rio do Sono	143,10	293,96	437,06	293,96	250,00	172,00	1,82	1,23	0,77
AHE BREJÃO	Rio do Sono	242,83	197,67	440,50	197,67	250,00	172,00	1,82	0,82	0,52
AHE CACHOEIRA DA VELHA	Rio Novo	16,50	182,04	198,54	182,04	615,00	243,00	1,53	1,40	0,88
AHE JALAPÃO	Rio Novo	21,50	171,85	193,35	171,85	615,00	243,00	1,53	1,36	0,86
AHE SONINHO 1/2	Rio Soninho	19,50	71,58	91,08	71,58	370,00	246,00	1,52	1,19	0,75
AHE ARARA	Rio Soninho	21,20	86,24	107,44	86,24	370,00	246,00	1,52	1,22	0,77
AHE PERDIDA II	Rio Perdida	80,78	156,75	237,53	156,75	490,00	185,00	1,77	1,17	0,74
		<b>242,83</b>							<b>1,59</b>	

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 7 apresenta o comprometimento da qualidade das águas na bacia do rio do Sono.

**Tabela 7:** Comprometimento da qualidade das águas.

Empreendimento	Qualidade da Água								
	Área inundada (ha)	Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Vazão (MLT) m <sup>3</sup> /s	Bacia de contribuição (km <sup>2</sup> )	Tempo de residência (anos)	Relação de espelho d'água(REA)	Aporte de nutrientes (AN)	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	3366,00	327,00	632,80	34010,00	0,02	0,10	1,00	0,37	1,00
AHE NOVO ACORDO	7633,00	1003,50	327,30	17602,00	0,10	0,08	0,52	0,23	0,62
AHE BREJÃO	608,00	110,70	180,20	9690,00	0,02	0,05	0,28	0,12	0,32
AHE CACHOEIRA DA VELHA	195,00	15,00	119,20	6410,00	0,00	0,13	0,19	0,11	0,29
AHE JALAPÃO	2216,00	246,00	119,20	6230,00	0,07	0,09	0,18	0,11	0,30
AHE SONINHO 1/2	800,00	144,00	50,50	2718,00	0,09	0,06	0,08	0,08	0,20
AHE ARARA	309,00	51,87	51,10	2747,00	0,03	0,06	0,08	0,06	0,15
AHE PERDIDA II	3543,00	334,20	175,70	9547,00	0,06	0,11	0,28	0,15	0,40
				34.010				0,37	

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2 007b.

A Tabela 8 proporciona informações sobre os padrões de energia e possíveis conflitos na bacia do rio do Sono.

**Tabela 8:** Informações sobre os padrões de energia e possíveis conflitos.

Empreendimento	Padrões de Energia				
	Potência Instalada (MW)	Queda Líquida Média (m)	Vazão MLT	Área Inundada	Possíveis Conflitos
AHE RIO SONO	168,00	31,52	632,80	3366,00	uso do território
AHE NOVO ACORDO	160,00	37,33	327,30	7633,00	uso da água
AHE BREJÃO	75,00	31,52	180,20	608,00	uso da água
AHE CACHOEIRA DA VELHA	81,00	53,19	119,20	195,00	uso do território
AHE JALAPÃO	54,00	33,87	119,20	2216,00	uso do território
AHE SONINHO 1/2	38,00	58,39	50,50	800,00	uso do território
AHE ARARA	30,00	44,66	51,10	309,00	uso do território
AHE PERDIDA II	48,00	25,61	175,70	3543,00	uso da água

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 9 revela o comprometimento da vegetação marginal na bacia do rio do Sono.

**Tabela 9:** Comprometimento da vegetação marginal.

Empreendimento	Área alagada (ha)	Vegetação Marginal			Vegetação Marginal Total da Bacia (ha)
		Perda de vegetação (ha)	Grau de impacto	Índice equalizado	
AHE RIO SONO	3366,00	1749,00	0,52	0,68	1.518.184.800,00
AHE NOVO ACORDO	7633,00	1767,52	0,23	0,30	
AHE BREJÃO	608,00	467,36	0,77	1,00	
AHE CACHOEIRA DA VELHA	195,00	85,00	0,44	0,57	
AHE JALAPÃO	2216,00	698,85	0,32	0,41	
AHE SONINHO 1/2	800,00	47,34	0,06	0,08	
AHE ARARA	309,00	102,43	0,33	0,43	
AHE PERDIDA II	3543,00	741,42	0,21	0,27	
<b>0,77</b>					

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 10 apresenta os valores dos indicadores de impacto ambiental para o componente-síntese *Ecosistemas Aquáticos*.

**Tabela 10:** Indicadores de impacto ambiental nos ecossistemas aquáticos.

Empreendimento	Ecosistema Aquático						Índice
	Hierarquia fluvial	Ambientes estratégicos	Rotas migratórias	Perda de ambientes de alta energia	Qualidade da Água	Perda de vegetação marginal	
AHE RIO SONO	1,00	0,00	1,59	0,13	0,37	0,52	0,54
AHE NOVO ACORDO	0,67	0,00	1,23	0,05	0,23	0,23	0,31
AHE BREJÃO	0,67	0,06	0,82	0,18	0,12	0,77	0,54
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,67	0,38	1,40	0,16	0,11	0,44	0,46
AHE JALAPÃO	0,67	0,46	1,36	0,29	0,11	0,32	0,42
AHE SONINHO 1/2	0,50	0,00	1,19	0,00	0,08	0,06	0,19
AHE ARARA	0,50	0,02	1,22	0,06	0,06	0,33	0,33
AHE PERDIDA II	0,67	0,09	1,17	0,12	0,15	0,21	0,30

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Observa-se, que os AHEs Rio Sono e Brejão podem apresentar os maiores comprometimentos do ecossistema aquático, entretanto o AHE Soninho ½ apresentou o menor índice de impacto desse componente -síntese.

### ECOSSISTEMAS TERRESTRES

A Tabela 11 refere-se aos valores dos indicadores de impacto para os elementos de avaliação do componente-síntese Ecossistemas Terrestres da bacia do rio do Sono.

**Tabela 11:** Indicadores de impacto sobre o ecossistema terrestre.

Empreendimento	Área alagada (ha)	Vegetação Marginal			Fauna Afetada	
		Perda de vegetação (ha)	Grau de impacto	Índice equalizado	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	3.366	1.749	0,000000115	0,99	0,31	0,99
AHE NOVO ACORDO	7.633	1.768	0,000000116	2,38	0,31	1,00
AHE BREJÃO	608	467	0,000000031	0,63	0,08	0,26
AHE CACHOEIRA DA VELHA	195	85	0,000000006	0,11	0,02	0,05
AHE JALAPÃO	2.216	699	0,000000046	0,94	0,12	0,40
AHE SONINHO 1/2	800	47	0,000000003	0,06	0,01	0,03
AHE ARARA	309	102	0,000000007	0,14	0,02	0,06
AHE PERDIDA II	3.543	741,42	0,000000049	1,00	0,13	0,42
		5658,92	0,00000012		0,31	

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 12 demonstra os valores sintetizados dos índices de impacto ambiental sobre os *Ecossistemas Terrestres*.

**Tabela 12:** Índices de impacto ambiental sobre o ecossistema terrestre.

Empreendimento	Ecossistemas terrestres		
	Perda de vegetação marginal	Relevância da fauna afetada	Índice
AHE RIO SONO	0,000000115	0,31	0,15
AHE NOVO ACORDO	0,000000116	0,31	0,16
AHE BREJÃO	0,000000031	0,08	0,04
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,000000006	0,02	0,01
AHE JALAPÃO	0,000000046	0,12	0,06
AHE SONINHO 1/2	0,000000003	0,01	0,00
AHE ARARA	0,000000007	0,02	0,01
AHE PERDIDA II	0,000000049	0,13	0,07

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Constata-se, que os AHEs Novo Acordo e Rio Sono podem apresentar os maiores comprometimentos do ecossistema terrestre, em contraste com o AHE Soninho ½ que apresentou o menor índice de impacto desse componente -síntese.

## MODOS DE VIDA

A Tabela 13 apresenta os valores dos indicadores de impacto para os elementos de avaliação do componente-síntese Modos de Vida da bacia do rio do Sono.

**Tabela 13:** Indicadores de impacto ambiental do componente-síntese modos de vida.

Empreendimento				Alterações nas condições de vida										Sistema de produção			Grau de impacto	Índice equalizado
	Cidade base	População urbana da cidade base	População rural nos municípios atingidos	Área Produtiva perdida (ha)	Quebra no padrão de consumo				Modificação no IQV			Grau de impacto	Índice equalizado	Nº de fazendas afetadas	Grau de impacto	Índice equalizado		
					Nº de casas afetadas	População atingida	Grau de impacto	Índice equalizado	Incremento populacional	Grau de impacto	Índice equalizado							
AHE RIO SONO	Rio Sono	1871,00	4218,00	1069,00	2,00	12,00	0,0028	0,05	120,00	0,06	0,30	0,03	0,24	3,00	0,27	0,75	0,15	0,50
AHE NOVO ACORDO	Novo Acordo	1968,00	1089,00	3962,00	3,00	18,00	0,02	0,29	120,00	0,06	0,28	0,04	0,28	1,00	0,09	0,25	0,06	0,27
AHE BREJÃO	São Felix do Tocantins	531,00	738,00	291,00	7,00	42,00	0,06	1,00	115,00	0,22	1,00	0,14	1,00	4,00	0,36	1,00	0,25	1,00
AHE CACHOEIRA DA VELHA	Mateiros	640,00	1006,00	645,00	0,00	0,00	0,00	0,00	115,00	0,18	0,83	0,09	0,66	0,00	0,00	0,00	0,04	0,33
AHE JALAPÃO	Mateiros	640,00	1006,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	108,00	0,17	0,78	0,08	0,62	0,00	0,00	0,00	0,04	0,31
AHE SONINHO 1/2	São Felix do Tocantins	531,00	738,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	108,00	0,20	0,94	0,10	0,74	0,00	0,00	0,00	0,05	0,37
AHE ARARA	São Felix do Tocantins	531,00	738,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	108,00	0,20	0,94	0,10	0,74	0,00	0,00	0,00	0,05	0,37
AHE PERDIDA II	Centenario	761,00	1402,00	6672,00	4,00	24,00	0,02	0,30	108,00	0,14	0,66	0,08	0,58	3,00	0,27	0,75	0,18	0,67
					0,06				0,22			0,14		11,00			0,36	

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.



A Tabela 14 revela os índices de impacto ambiental para o componente -síntese *Modos de Vida*.

**Tabela 14:** Índices de impacto do componente -síntese modos de vida.

Empreendimento	Modo de vida		
	Estratégias de sobrevivência	Socialidade historicamente construída	Índice
AHE RIO SONO	0,15	0,00	0,12
AHE NOVO ACORDO	0,06	0,00	0,05
AHE BREJÃO	0,25	0,00	0,20
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,04	0,00	0,04
AHE JALAPÃO	0,04	0,00	0,03
AHE SONINHO 1/2	0,05	0,00	0,04
AHE ARARA	0,05	0,00	0,04
AHE PERDIDA II	0,18	0,00	0,14

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Nota-se que o AHE Brejão pode apresentar o maior comprometimento do modo de vida da bacia do rio do Sono, diferentemente do AHE Jalapão que apresenta o menor índice de impacto desse componente -síntese.

## ORGANIZAÇÃO TERRITORIAL

A Tabela 15 refere-se ao comprometimento dos padrões de assentamento na bacia do rio do Sono.

**Tabela 15:** Comprometimento dos padrões de assentamento.

Empreendimento	Padrões de Assentamento														
	Núcleos atingidos			População remanejada				Vila residencial						Padrões de assentamento	
	n°	Grau de impacto	Índice equalizado	n° casas	População diretamente afetada	Grau de impacto	Índice equalizado	Potência instalada prevista	Vila da obra (n° pessoas)	Cidade base	População urbana da cidade base	Grau de impacto	Índice equalizado	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	0,00	0,00	0,00	2,00	12,00	0,13	0,29	168,00	120,00	Rio Sono	1871,00	0,06	0,30	0,06	0,19
AHE NOVO ACORDO	0,00	0,00	0,00	3,00	18,00	0,19	0,43	160,00	120,00	Novo Acordo	1968,00	0,06	0,28	0,08	0,24
AHE BREJÃO	0,00	0,00	0,00	7,00	42,00	0,44	1,00	75,00	115,00	São Felix do Tocantins	531,00	0,22	1,00	0,22	0,67
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	81,00	115,00	Mateiros	640,00	0,18	0,83	0,06	0,28
AHE JALAPÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	54,00	108,00	Mateiros	640,00	0,17	0,78	0,06	0,26
AHE SONINHO 1/2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	38,00	108,00	São Felix do Tocantins	531,00	0,20	0,94	0,07	0,31
AHE ARARA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	30,00	108,00	São Felix do Tocantins	531,00	0,20	0,94	0,07	0,31
AHE PERDIDA II	0,00	0,00	0,00	4,00	24,00	0,25	0,57	48,00	108,00	Centenario	761,00	0,14	0,66	0,13	0,41
	1,00	1,00			96,00	0,44						0,22			

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 16 demonstra o comprometimento dos fluxos de circulação e comunicação na bacia do rio do Sono.

**Tabela 16:** Comprometimento dos fluxos de circulação e comunicação.

Empreendimento	Fluxos de Circulação e Comunicação																
	Equip. de produção, serviços e consumo atingidos				Fatores de reversibilidade				Infra-estrutura viária atingida (km)				População atingida			Índice fluxos de circulação	
	Agrícolas	Industriais, inclusive mineração	Grau de impacto	Índice equalizado	I	II	III	IV	Estradas de fazenda	Tráfego permanente	Grau de impacto	Índice equalizado	População diretamente afetada	Grau de impacto	Índice equalizado	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	3,00	0,00	0,27	0,75	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	2,00	0,29	1,00	12,00	0,13	0,29	0,23	0,68
AHE NOVO ACORDO	1,00	0,00	0,09	0,25	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	2,00	0,29	1,00	18,00	0,19	0,43	0,19	0,56
AHE BREJÃO	4,00	0,00	0,36	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	2,00	0,00	0,07	0,25	42,00	0,44	1,00	0,29	0,75
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	1,00	0,00	0,04	0,13	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04
AHE JALAPÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE SONINHO 1/2	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	4,00	0,00	0,14	0,50	0,00	0,00	0,00	0,05	0,17
AHE ARARA	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	2,00	3,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE PERDIDA II	3,00	0,00	0,27	0,75	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	0,00	0,18	0,63	24,00	0,25	0,57	0,23	0,65
	11,00	0,00	0,36						20,00	4,00	0,29		96,00	0,44			

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 17 revela os índices de impacto ambiental para o componente -síntese *Organização Territorial*.

**Tabela 17:** Índices de impacto do componente -síntese organização territorial.

Empreendimento	Organização Territorial			Índice
	Fluxos de circulação e comunicação	Padrões de assentamento e mobilidade	Comprometimento político-administrativo	
AHE RIO SONO	0,23	0,06	0,00	0,10
AHE NOVO ACORDO	0,19	0,08	0,00	0,09
AHE BREJÃO	0,29	0,22	0,00	0,17
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,01	0,06	0,00	0,02
AHE JALAPÃO	0,00	0,06	0,00	0,02
AHE SONINHO 1/2	0,05	0,07	0,00	0,04
AHE ARARA	0,00	0,07	0,00	0,02
AHE PERDIDA II	0,23	0,13	0,00	0,12

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Observa-se que os AHEs Brejão e Perdida II podem apresentar os maiores comprometimentos na organização territorial da bacia do rio do Sono, entretanto os AHEs Cachoeira da Velha, Jalapão e Arara apresentaram os menores índices de impacto desse componente-síntese.

### **BASE ECONÔMICA**

Para a construção do componente-síntese Base Econômica realizou-se preliminarmente um levantamento de dados sobre os indicadores econômicos da bacia do rio do Sono, conforme demonstrado na Tabela 18.

**Tabela 18:** Indicadores econômicos.

Empreendimento	Indicadores Econômicos														
	Municípios atingidos	Área inundada por município	Área inundada do empreendimento (ha)	Área do Município (ha)	Valor da produção agropecuária (R\$x10 <sup>6</sup> )	População rural dos municípios atingidos	% do Município no interior da Bacia	Valor médio da produção agropecuária nos municípios (R\$x10 <sup>6</sup> )			Valor da produção no interior da bacia (R\$x10 <sup>6</sup> )	Produtividade (R\$/ha)	Produção por hectare (R\$/ano)	Produtividade per capita (pop. rural) (R\$/ano)	nº de empregos por 100 hectares
AHE RIO SONO	Rio Sono	2736,32		635.700	2,70	4218,00	100,00				2,70	4,24		746,92	0,39
	Novo Acordo	12,01	3366,00	267.500	0,80	1089,00	100,00	102,47	2,58	2,65	0,80	2,98	4,96	1217,38	0,27
	Tocantina	1262,40		260.200	1,04	2808,00	55,51				0,58	4,00		459,24	0,61
AHE NOVO ACORDO	Novo Acordo	3156,53		267.500	0,80	1089,00	100,00				0,80	2,98		787,55	0,27
	Lizarda	30,47	7633,00	572.300	1,13	2339,00	100,00	88,17	1,58	1,40	1,13	1,97	3,21	784,47	0,20
	Rio Sono	3542,83		635.700	2,70	4218,00	100,00				2,70	4,24		483,20	0,39
AHE BREJÃO	São Felix do Tocantins	1095,86		190.900	0,43	738,00	100,00				0,43	2,23		2656,99	0,10
	Mateiros	1070,08	608,00	959.200	2,60	1006,00	100,00	406,25	5,73	23,29	2,60	2,71	10,27	9793,79	0,02
	Novo Acordo	304,04		267.500	0,80	1089,00	100,00				0,80	2,98		2523,11	0,27
AHE CACHOEIRA DA VELHA	Mateiros	462,19	195,00	959.200	2,60	1006,00	100,00	237,02	6,15	14,58	2,60	2,71	6,41	6114,04	0,02
AHE JALAPÃO	Mateiros	3546,48	2216,00	959.200	2,60	1006,00	100,00	160,04	4,15	6,65	2,60	2,71	4,33	4128,26	0,02
AHE SONINHO 1/2	São Felix do Tocantins	41,24	800,00	190.900	0,43	738,00	100,00	19,86	0,40	0,08	0,43	2,23	0,51	132,65	0,10
	Mateiros	117,63		959.200	2,60	1006,00	100,00				2,60	2,71		488,97	0,02
AHE ARARA	São Felix do Tocantins	93,99	309,00	190.900	0,43	738,00	100,00	67,40	1,09	0,73	0,43	2,23	1,68	434,42	0,10
	Mateiros	114,29		959.200	2,60	1006,00	100,00				2,60	2,71		1601,29	0,02
AHE PERDIDA II	Centenario	38,51		195.500	0,80	1402,00	95,11				0,76	4,09		816,98	0,32
	Rio Sono	771,68	3543,00	635.700	2,70	4218,00	100,00	35,54	1,58	0,56	2,70	4,24	5,86	883,00	0,39
	Pedro Afonso	696,56		201.100	5,00	1700,00	64,75				3,24	24,88		693,07	1,72

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 19 refere-se ao comprometimento das atividades econômicas na bacia do rio do Sono.

**Tabela 19:** Comprometimento das atividades econômicas.

Empreendimento	Comprometimento das Atividades Econômicas																			
	Estabelecimentos atingidos						Produção agropecuária afetada					Renda suprimida				N.º de empregos suprimidos			Grau de impacto Atividades Econômicas	Índice equalizado
	Agrícolas	Industriais, inclusive mineração	Armazéns	Comerciais	Grau de impacto	Índice equalizado	Produção por hectare (R\$/ ano)	Área produtiva alagada (ha)	Valor da produção municipal (R\$ x 106)	Grau de impacto	Índice equalizado	Área produtiva alagada (ha)	Valor da produção perdida	Grau de impacto	Índice equalizado	População diretamente afetada	Grau de impacto	Índice equalizado		
AHE RIO SONO	3,00	0	0	0	0,27	0,75	4,96	1069,00	2,65	0,0020	0,03	1069,00	5297,96	0,08	0,14	12,00	0,0028	0,05	0,09	0,24
AHE NOVO ACORDO	1,00	0	0	0	0,09	0,25	3,21	3962,00	1,40	0,009	0,13	3962,00	12702,77	0,20	0,32	18,00	0,02	0,29	0,08	0,25
AHE BREJÃO	4,00	0	0	0	0,36	1,00	10,27	291,00	23,29	0,00013	0,0018	291,00	2989,05	0,05	0,08	42,00	0,06	1,00	0,12	0,52
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,00	0	0	0	0,00	0,00	6,41	645,00	14,58	0,00028	0,0041	645,00	4135,96	0,06	0,11	0	0	0	0,02	0,03
AHE JALAPÃO	0,00	0	0	0	0,00	0,00	4,33	0,00	6,65	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AHE SONINHO 1/2	0,00	0	0	0	0,00	0,00	0,51	0,00	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AHE ARARA	0,00	0	0	0	0,00	0,00	1,68	0,00	0,73	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AHE PERDIDA II	3,00	0	0	0	0,27	0,75	5,86	6672,00	0,56	0,070	1,00	6672,00	39090,43	0,61	1,00	24,00	0,02	0,30	0,24	0,76
	11,00				0,36					0,07			64216,16	0,61		0,06				

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 20 apresenta as potencialidades atingidas na bacia do rio do Sono.

**Tabela 20:** Potencialidades atingidas.

Empreendimento	Potencialidades Atingidas											
	Recursos minerais				Potencial turístico					Recursos hídricos atingidos	Potencialidades atingidas	
	Alvarás	Requerimentos	Grau de impacto	Índice equalizado	Cavernas (nº)	Cachoeiras e corredeiras	Beleza Cênica(nº)	Grau de impacto	Índice equalizado		Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	4,00	0,12	0,52	0,00	0,04	0,17
AHE NOVO ACORDO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,00	4,00	0,07	0,28	0,00	0,02	0,09
AHE BREJÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	8,00	0,19	0,79	0,00	0,06	0,26
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,00	6,00	0,16	0,66	0,00	0,05	0,22
AHE JALAPÃO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	24,00	5,00	0,24	1,00	0,00	0,08	0,33
AHE SONINHO 1/2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	0,02	0,10	0,00	0,01	0,03
AHE ARARA	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	3,00	0,07	0,28	0,00	0,02	0,09
AHE PERDIDA II	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,00	6,00	0,13	0,55	0,00	0,04	0,18
	1,00		1,00			121,00		0,24				

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 21 demonstra o comprometimento da arrecadação municipal na bacia do rio do Sono.

**Tabela 21:** Comprometimento da arrecadação municipal.

Empreendimento	Arrecadação Municipal			
	Comprometimento das finanças municipais			
	Produção nos municípios afetados (R\$/ano)	Valor Produção afetada (R\$ / ano)	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	2647509,21	5297,96	0,00	0,03
AHE NOVO ACORDO	1397065,48	12702,77	0,01	0,13
AHE BREJÃO	23290429,94	2989,05	0,00	0,00
AHE CACHOEIRA DA VELHA	14578568,00	4135,96	0,00	0,00
AHE JALAPÃO	6646498,03	0,00	0,00	0,00
AHE SONINHO 1/2	80134,55	0,00	0,00	0,00
AHE ARARA	734299,92	0,00	0,00	0,00
AHE PERDIDA II	561336,51	39090,43	0,07	1,00
			0,07	

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 22 revela os índices de impacto ambiental para o componente -síntese *Base Econômica*.

**Tabela 22:** Índices de impacto do componente -síntese base econômica.

Empreendimento	Base Econômica			Índice
	Comprometimento de Atividades Econômicas	Expressão dos Recursos Potenciais Atingidos	Comprometimento da Arrecadação Municipal	
AHE RIO SONO	0,09	0,04	0,00	0,06
AHE NOVO ACORDO	0,08	0,02	0,01	0,05
AHE BREJÃO	0,12	0,06	0,00	0,08
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,02	0,05	0,00	0,02
AHE JALAPÃO	0,00	0,08	0,00	0,01
AHE SONINHO 1/2	0,00	0,01	0,00	0,00
AHE ARARA	0,00	0,02	0,00	0,00
AHE PERDIDA II	0,24	0,04	0,07	0,17

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Constata-se que, dentre os empreendimentos hidrelétricos previstos, o AHE Perdida II pode apresentar o maior comprometimento na base econômica da bacia do rio do Sono, entretanto os AHEs Soninho 1/2 e Arara apresentaram ausência de impacto nesse componente-síntese.



## POPULAÇÕES TRADICIONAIS E ASSENTAMENTOS

No EIBH do rio dos Bois – GO (LARROSA e SANTOS, 2006b) não consta a metodologia para a construção desse componente -síntese. No entanto, como foi constatado na bacia do rio do Sono a presença de populações tradicionais e assentamentos houve necessidade de aplicar um indicador de impacto para esse componente -síntese.

A Tabela 23 apresenta informações da população indígena existente na bacia do rio do Sono.

**Tabela 23:** Informações sobre a população indígena.

População Indígena						
Proximidade de AHE	Terra Indígena	Município	Área Total (ha)	Área (ha) no município pertencente a bacia do Sono	População	Área Atingida (ha)
AHE Rio Sono	Xerente	Tocantínia	165560,50	95020,29	1434,00	990,58

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 24 refere-se às populações quilombolas da bacia do rio Sono.

**Tabela 24:** Informações sobre as populações quilombolas.

Populações Quilombolas					
Proximidade de AHE	Comunidade	Município	Área Total (ha)	População	Área Atingida (ha)
NÃO	Mumbuca e Arredores	Mateiros	não determinada	38 (famílias)	0
NÃO	Povoado do Prata e Arredores	São Félix do TO	2.800	323	0
NÃO	Barra do Aroeira	Santa Tereza do TO	não determinada	350	0

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 25 demonstra informações dos assentamentos do INCRA na bacia do rio do Sono.

**Tabela 25:** Informações sobre os assentamentos do INCRA.

Projetos de Assentamentos (PA) do INCRA							
Proximidade de AHE	Assentamento	Município	Área Total (ha)	Área (ha) no município pertencente a bacia do Sono	Capacidade de assentamento (n° de famílias)	Famílias assentadas	Área Atingida (ha)
NÃO	Água Fria II	Tocantínia	1034,00	935,50	84,00	71,00	0,00
AHE Rio Sono	Faveira	Rio Sono	1259,23	1259,23	30,00	28,00	119,77
NÃO	Primogênito	Novo Acordo	3258,18	3258,18	65,00	65,00	0,00
NÃO	Entre Rios	Palmas	3161,37	3067,70	107,00	103,00	0,00

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 26 revela o comprometimento das populações indígenas na bacia do rio do Sono.

**Tabela 26:** Comprometimento das populações indígenas.

Empreendimento	População Indígena					
	Terra Indígena	Município	Área Total (ha)	Área Atingida (ha)	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	Xerente	Tocantínia	165560,50	990,58	0,01	1,00
AHE NOVO ACORDO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE BREJÃO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE CACHOEIRA DA VELHA	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE JALAPÃO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE SONINHO 1/2	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE ARARA	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE PERDIDA II	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00

0,01

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 27 apresenta o comprometimento das populações quilombolas na bacia do rio do Sono.

**Tabela 27:** Comprometimento das populações quilombolas.

Empreendimento	Populações Quilombolas					
	Comunidade	Município	Área Total (ha)	Área Atingida (ha)	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE NOVO ACORDO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE BREJÃO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE CACHOEIRA DA VELHA	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE JALAPÃO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE SONINHO 1/2	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE ARARA	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE PERDIDA II	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00

1,00

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 28 refere-se ao comprometimento dos assentamentos do INCRA na bacia do rio do Sono.

**Tabela 28:** Comprometimento dos assentamentos INCRA.

Empreendimento	Assentamentos INCRA					
	Assentamento	Município	Área total (ha)	Área Atingida (ha)	Grau de impacto	Índice equalizado
AHE RIO SONO	Faveira	Rio Sono	1259,23	119,77	0,10	1,00
AHE NOVO ACORDO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE BREJÃO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE CACHOEIRA DA VELHA	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE JALAPÃO	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE SONINHO 1/2	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE ARARA	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE PERDIDA II	-	-	0,00	0,00	0,00	0,00

0,10

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 29 demonstra os índices de impacto ambiental para o componente-síntese *Populações Tradicionais e Assentamentos*.

**Tabela 29:** Índices de impacto do componente-síntese populações tradicionais e assentamentos.

Empreendimento	Populações Tradicionais e Assentamentos			Índice
	População Indígena	Populações Quilombolas	Assentamento INCRA	
AHE RIO SONO	0,01	0,00	0,10	0,01
AHE NOVO ACORDO	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE BREJÃO	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE JALAPÃO	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE SONINHO 1/2	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE ARARA	0,00	0,00	0,00	0,00
AHE PERDIDA II	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Nota-se que o AHE Rio Sono é o único empreendimento que pode vir a comprometer área de população indígena e assentamento, os outros AHEs apresentaram ausência de impacto nesse componente-síntese.

## RESULTADOS

A Tabela 30 revela os índices de impactos ambientais dos aproveitamentos hidrelétricos previstos para a bacia do rio do Sono, segundo os componentes -sínteses: Ecossistema Aquático; Ecossistema Terrestre; Modo de Vida; Organização Territorial; Base Econômica; Populações Tradicionais e Assentamentos.

**Tabela 30:** Índices de impactos ambientais dos aproveitamentos hidrelétricos.

Índice Equalizado Sintético							
Índices Ambientais							
Empreendimento	Ecosistema Aquático	Ecosistema terrestre	Modo de Vida	Organização Territorial	Base Económica	Populações Trad. e Assent.	Índice Médio
AHE RIO SONO	0,68	0,99	0,21	0,29	0,15	0,55	0,44
AHE NOVO ACORDO	0,37	1,69	0,80	0,27	0,16	0,00	0,58
AHE BREJÃO	0,71	0,45	0,26	0,47	0,26	0,00	0,29
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,59	0,08	0,25	0,11	0,08	0,00	0,10
AHE JALAPÃO	0,57	0,67	0,30	0,09	0,11	0,00	0,23
AHE SONINHO 1/2	0,17	0,05	0,30	0,16	0,01	0,00	0,10
AHE ARARA	0,37	0,10	0,53	0,10	0,03	0,00	0,15
AHE PERDIDA II	0,36	0,71	0,00	0,35	0,65	0,00	0,34

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2 007b.

### Hierarquização dos empreendimentos

Com base nos índices obtidos, os empreendimentos da bacia do rio Sono foram hierarquizados segundo seus índices médios, objetivando a seleção daqueles efetivamente atraentes, do ponto de vista ambiental.

Para sustentar esse ordenamento, os valores dos índices obtidos foram submetidos a tratamento estatístico clássico, em busca de um conjunto matemático coerente. Os valores revelam as seguintes particularidades e implicações, importantes para a compreensão do seu significado:

#### a) Quanto à representatividade

O Quadro 9 apresenta a matriz de correlação entre os índices ambientais.

	Ecosistema Aquático	Ecosistema terrestre	Modos de Vida	Organização Territorial	Base Económica	Índice Médio
Ecosistema Aquático	1,00					
Ecosistema terrestre	0,13	1,00				
Modos de Vida	-0,24	0,43	1,00			
Organização Territorial	0,33	0,36	-0,24	1,00		
Base Económica	0,05	0,27	-0,53	0,64	1,00	
Índice Médio	0,18	0,97	0,35	0,53	0,36	1,00

**Quadro 9:** Matriz de correlação entre os índices ambientais.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Matriz de Correlação serve para verificar quais componentes se correlacionam entre si e desta correlação qual ou quais seriam as de maior expressão. Verifica -se, por exemplo que existe uma correlação entre a Organização Territorial e as Base Econômica das unidades

municipais consideradas nas análise. Entretanto, esperava -se que outras correlações fossem igualmente expressivas e isso não aconteceu (Modos de Vida e a Organização Territorial ou Base Econômica que deram resultados negativos). Possivelmente esses resultados sejam decorrentes de alguma inadequação ou inconsistência da metodologia que não foi possível detectar.

*b) Quanto à distribuição de valores*

A Tabela 31 refere-se aos parâmetros estatísticos dos índices médios.

**Tabela 31:** Parâmetros estatísticos dos índices médios.

PARÂMETROS	DADOS
Média	0,2806
Desvio padrão	0,1697
Assimetria	1,0640
Mínimo	0,1028
Máximo	0,5829

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Os valores obtidos demonstram que, do ponto de vista do impacto ambiental os indicadores médios não são tão expressivos, com valores de dispersão próximos da média. Os valores de maior expressão acontecem para os empreendimentos de Novo Acordo, pela maior extensão inundada e Rio Sono que incide de forma direta sobre a terra indígena Xerente.

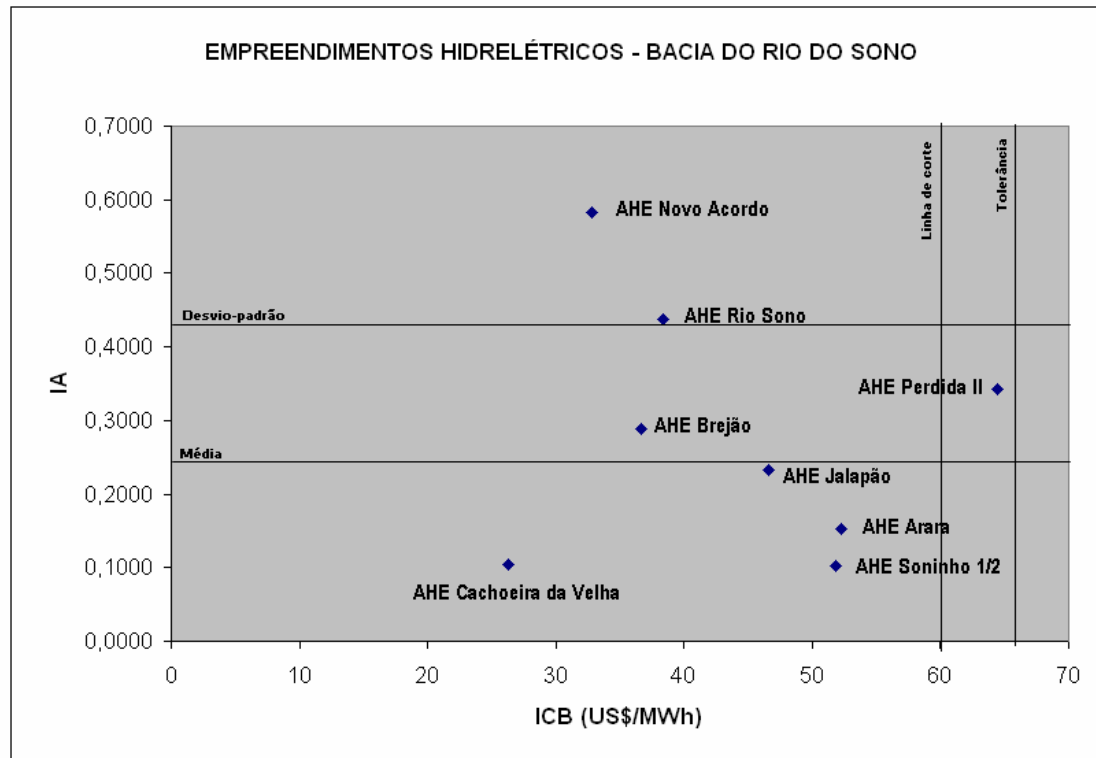
*c) Relação Índice Ambiental (IA) x Índice Custo – Benefício (ICB)*

A Tabela 32 apresenta a relação entre os índices ambientais *versus* índices custo-benefício, para os empreendimentos hidrelétricos da bacia do rio do Sono, que também pode ser observado na Figura 12.

**Tabela 32:** Índice ambiental *versus* índice custo-benefício para os empreendimentos hidrelétricos.

Empreendimento	Índice Ambiental	Índice Custo-Benefício (US\$/MWh)
AHE RIO SONO	0,4382	38,34
AHE NOVO ACORDO	0,5829	32,77
AHE BREJÃO	0,2889	36,68
AHE CACHOEIRA DA VELHA	0,1035	26,28
AHE JALAPÃO	0,2328	46,58
AHE SONINHO 1/2	0,1028	51,84
AHE ARARA	0,1531	52,28
AHE PERDIDA II	0,3422	64,45

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.



**Figura 12:** Relação índice ambiental *versus* índice custo-benefício dos empreendimentos hidrelétricos.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Considerando que os valores dos Índices Ambientais - IA variam de 0 (menor impacto) a 1 (maior impacto), os empreendimentos que se situam abaixo da média são considerados como de menor índice e, portanto, representam a melhor escolha possível. Os empreendimentos que aparecem acima da linha que limita o desvio padrão são rejeitados. A região compreendida entre a média geral do IA e o desvio padrão representa situações cujos empreendimentos podem ser revisados nas questões ambientais.

Estes Índices, quando confrontados com os Índices Custo-Benefício - ICB possibilitam a determinação dos empreendimentos que apresentam baixos índices de impacto associados aos menores custos.

Para o Índice Custo-Benefício a linha de corte adotada nos estudos de inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997) foi o valor do Custo Unitário de Referência - CUR estabelecido em US\$ 60,00/MW/h, com tolerância de aproximadamente 10%.

Verifica-se a questão antes discutida, relativamente aos AHEs Novo Acordo e Rio Sono, que apresentaram os maiores comprometimentos ambientais na bacia, muito embora em termos de custos estes empreendimentos se apresentam em situação de alta atratividade econômica. No extremo oposto se tem o AHE Cachoeira da Velha, que apresenta o menor índice de impacto e também o melhor índice custo-benefício, indicando ser este o empreendimento mais atrativo, seja do ponto de vista ambiental, seja do ponto de vista econômico, seguidos dos AHEs Jalapão, Arara e Soninho ½, que apresentaram índices de impacto abaixo da média. Os AHEs, Brejão e Perdida II ficaram em situação intermediária, que demandam revisões nas questões de meio ambiente e nos custos (caso do Perdida II) para eventualmente melhorar sua condição.

Com a aplicação da metodologia da AIA do EIBH do rio dos Bois (GO) na bacia do rio do Sono (TO) foi possível realizar o levantamento de dados e elementos básicos, constituindo uma base de dados atualizável que possibilita a construção de cenários hipotéticos para avaliar os impactos que possam comprometer o aproveitamento ótimo dos potenciais hidroelétricos inventariados. Todavia esta metodologia não cobre a questão dos conflitos ambientais potenciais ou existentes.

Aplicou-se também, na mesma bacia, a metodologia do Benchmarking que, semelhante ao EIBH se apresenta como um método de avaliação de impactos. A diferença é que neste caso, são feitas comparações entre indicadores ambientais dos empreendimentos hidrelétricos que se pretende implantar e indicadores ambientais de outros aproveitamentos recentemente implantados e/ou licenciados no Brasil. Esta metodologia foi adotada nos estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio das Garças – MT (LARROSA e SANTOS, 2007).

Alguns esclarecimentos sobre a forma de cálculo de cada indicador são pertinentes e constam no Apêndice B. Os resultados são demonstrados a seguir:

A Tabela 33 contém as informações referentes aos padrões da energia inventariada da bacia do rio do Sono.

**Tabela 33:** Padrões de energia inventariada da bacia do rio do Sono.

Empreendimento	Energia Firme (MW)	N.A. Máximo Normal	Profundidade Média (m)	Área inundada (km <sup>2</sup> )	Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	Vazão (MLT) m <sup>3</sup> /s	Área do Reservatório (km <sup>2</sup> )	Vazão (MLT) m <sup>3</sup> /dia	Tempo de residência (TR)	População atingida	Perímetro do Reservatório (km)
AHE RIO SONO	93,41	200	9,71	33,66	327,00	632,8	40,75	54.673.920	6,0	12	178,37
AHE NOVO ACORDO	88,19	239	13,15	76,33	1.003,50	327,3	67,43	28.278.720	35,5	18	231,447
AHE BREJÃO	41,31	271	18,21	6,08	110,70	180,2	24,65	15.569.280	7,1	42	77,73
AHE CACHOEIRA DA VELHA	43,99	325	7,69	1,95	15,00	119,2	4,62	10.298.880	1,5	0	20,2
AHE JALAPÃO	29,62	360	11,10	22,16	246,00	119,2	35,46	10.298.880	23,9	0	87,63
AHE SONINHO 1/2	21,4	350	18,00	8,00	144,00	50,50	1,58	4.363.200	33,0	0	11,34
AHE ARARA	16,68	317	16,79	3,09	51,87	51,1	2,05	4.415.040	11,7	0	16,24
AHE PERDIDA II	26,39	204	9,43	35,43	334,20	175,7	15,09	15.180.480	22,0	24	73

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.



Uma vez estabelecidos os padrões de energia inventariada da bacia do rio do Sono, é pertinente realizar uma comparação entre os seus *indicadores ambientais*, e aqueles de outros empreendimentos hidroelétricos recentemente implantados e/ou licenciados no Brasil, considerando-se a alguns aspectos de referência.

A Tabela 34, por exemplo trata dos indicadores ambientais (*benchmarks*) das AHEs com potência de 30 MW a 150 MW da bacia do rio do Sono.

**Tabela 34:** Benchmark das AHEs com potência de 30 MW a 150 MW da bacia do rio do Sono.

Empreendimento	Indicadores Ambientais para AHEs 30-150 MW						
	Rios	Impacto de Inundação			Risco de Erosão	Risco de Eutrofização	
		MW Firme / km <sup>2</sup> de Reservatório	MW Firme / km <sup>2</sup> de Área Inundada	MW Firme / População Atingida	MW Firme / Perímetro do Reservatório	MW Firme / Tempo de Residência do Reservatório (dias)	MW Firme / Profundidade Média do Reservatório (m)
AHE BREJÃO	Rio do Sono	1,676	6,79	0,98	0,53	5,8	2,27
AHE CACHOEIRA DA VELHA	Rio Novo	9,518	22,56	43,99	2,18	30,2	5,72
AHE JALAPÃO	Rio Novo	0,835	1,34	29,62	0,34	1,2	2,67
AHE SONINHO 1/2	Rio Soninho	13,586	2,68	21,4	1,89	0,6	1,19
AHE ARARA	Rio Soninho	8,124	5,40	16,68	1,03	1,4	0,99
AHE PERDIDA II	Rio Perdida	1,749	0,74	1,10	0,36	1,2	2,80
Valores Médios		5,91	6,58	18,96	1,05	6,75	2,61

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A Tabela 35 demonstra as referências de benchmark para aproveitamentos com potência de 30 MW a 150 MW, consolidados de uma carteira de 7 aproveitamentos, incluindo 2 identificados nos Estudos de Inventário do Rio Teles Pires (MT), 2 no rio Paraíba do Sul (RJ), recentemente levados a leilão pela ANEEL, e 1 nos rios Maranhão (GO), Paraopeba e Doce (MG).

**Tabela 35:** Benchmark para AHE's com potência de 30 MW a 150 MW.

INDICADORES AMBIENTAIS PARA AHEs COM POTENCIA DE 30 A 150 MW							
Usina	Indicadores Ambientais						
	Rios	Impacto de Inundação			Risco de Erosão	Risco de Eutrofização	
		MW Firme / km <sup>2</sup> de Reservatório	MW Firme / km <sup>2</sup> de Área Inundada	MW Firme / População Atingida	MW Firme / Perímetro do Reservatório	Tempo de Residência do Reservatório (dias)	Profundidade Média do Reservatório (m)
Laguna	Maranhão	1,210	1,49	0,224	0,343	5,0	5,508
Alta Floresta	Teles Pires	0,179	0,22	-	0,259	10,9	3,586
Magessi	Teles Pires	0,489	0,53	-	0,248	16,2	6,365
Barra do Pomba	Paraíba do Sul	4,330	7,66	0,585	1,195	1,4	6,608
Cambuci	Paraíba do Sul	4,481	9,99	-	0,864	0,5	3,7
Retiro Baixo	Paraopeba	1,709	2,07	0,877	0,324	17,5	10,699
Baguari	Doce	5,418	14,65	0,272	0,869	0,8	2,532
Valores Médios		2,545	5,232	0,490	0,586	7,471	5,571

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Analisando as Tabelas 34 e 35 verifica-se que os indicadores das AHEs com potência de 30 MW a 150 MW da bacia do rio do Sono, são similares se não melhores que aqueles representativos do custo ambiental médio de empreendimentos hidrelétricos recentemente licenciados.

Conforme se verifica, o indicador da área inundada das AHEs com potência de 30 MW a 150 MW da bacia do rio do Sono (6,58 MW/km<sup>2</sup>) é praticamente 26% superior àquele da carteira de empreendimentos com potência de 30 MW a 150 MW (5,23 MW/km<sup>2</sup>).

Nos demais indicadores as AHEs com potência de 30 MW a 150 MW da bacia do rio do Sono também compara favoravelmente com os aproveitamentos da carteira. A energia por km<sup>2</sup> de reservatórios é 2 vezes maior, os tempos de residência são menores e a profundidade média dos reservatórios também.

No que tange à população atingida, é pertinente ressaltar que a comparação é extremamente favorável aos aproveitamentos da bacia do rio do Sono, que não implicam em reassentamento ou relocação de população.

A Tabela 36 revela o benchmarks das AHEs com potência de 150 MW a 1000 MW da bacia do rio do Sono.

**Tabela 36:** Benchmark das AHEs com potência de 150 MW a 1000 MW da bacia do rio do Sono.

Empreendimento	Indicadores Ambientais para AHEs 150 - 1000 MW						
	Rios	Impacto de Inundação			Risco de Erosão	Risco de Eutrofização	
		MW Firme / km <sup>2</sup> de Reservatório	MW Firme / km <sup>2</sup> de Área Inundada	MW Firme / População Atingida	MW Firme / Perímetro do Reservatório	MW Firme / Tempo de Residência do Reservatório (dias)	MW Firme / Profundidade Média do Reservatório (m)
AHE RIO SONO	Rio do Sono	2,29	2,78	7,78	0,52	15,62	9,62
AHE NOVO ACORDO	Rio do Sono	1,31	1,16	4,90	0,38	35,49	6,71
Valores Médios		1,80	1,97	6,34	0,45	25,55	8,16

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

O benchmark para empreendimentos com potência de 150 MW a 1000 MW foi constituído a partir das informações ambientais sobre 5 empreendimentos, sendo 4 deles identificados nos Estudos de Inventário do Rio Teles Pires (MT), e um no rio Paraíba do Sul (RJ), conforme Tabela 37.

**Tabela 37:** Benchmark para AHE's com potência de 150 MW a 1000 MW.

INDICADORES AMBIENTAIS PARA AHEs COM POTENCIA DE 150 A 1000 MW							
Usina	Indicadores Ambientais						
	Rios	Impacto de Inundação			Risco de Erosão	Risco de Eutrofização	
		MW Firme x km <sup>2</sup> de Reservatório	MW Firme x km <sup>2</sup> de Área Inundada	MW Firme x População Atingida	MW Firme x Perímetro do Reservatório	Tempo de Residência do Reservatório (dias)	Profundidade Média do Reservatório (m)
Foz do Apiacas	Apiacas	2,387	3,098	-	0,414	18,0	11,859
Sao Manuel	Teles Pires	7,178	16,497	-	2,051	2,4	8,299
Colider	Teles Pires	1,441	1,786	-	0,422	12,9	8,696
Sinop	Teles Pires	0,607	0,681	-	0,185	38,2	8,955
Simplicio	Paraiba do Sul	15,858	49,959	0,142	2,117	1,7	7,846
Valores Médios		5,494	14,4042	0,142	1,0378	14,6	9,131

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

Na comparação dos indicadores das Tabelas 36 e 37, com potência de 150 a 1000 MW, os resultados não são favoráveis a bacia do rio do Sono. A energia por km<sup>2</sup> de área inundada é 7,31 vezes menor e a relação entre energia e perímetros de reservatório é praticamente 2,30 vezes menor.

Essa avaliação comparativa permite concluir que os indicadores das AHEs com potência de 30 MW a 150 MW da bacia do rio do Sono se situa entre os aproveitamentos hidrelétricos com menor custo ambiental por MW, apresentando indicadores muitas vezes

mais favoráveis que aqueles em geral associados a AHEs com potência na faixa de 150 MW a 1000 MW.

A Tabela 38 apresenta de forma simplificada os indicadores médios obtidos a partir da tabela 33 “Padrões de energia inventariada da bacia do rio do Sono” e também o índice ambiental médio que varia de **zero** (ausência de impacto) até **um** (comprometimento pleno do sistema ambiental na área de estudo).

**Tabela 38:** Índices ambientais.

Empreendimento	Impacto de Inundação	Risco de Erosão	Risco de Eutrofização	Indicador Médio	Índice Médio
AHE RIO SONO	4,284	0,5	12,6	5,8	0,20
AHE NOVO ACORDO	2,454	0,4	21,1	8,0	0,15
AHE BREJÃO	3,151	0,5	4,0	2,6	0,46
AHE CACHOEIRA DA VELHA	25,356	2,2	18,0	15,2	0,08
AHE JALAPÃO	10,597	0,3	2,0	4,3	0,28
AHE SONINHO 1/2	12,554	1,9	0,9	5,1	0,23
AHE ARARA	10,067	1,0	1,2	4,1	0,29
AHE PERDIDA II	1,198	0,4	2,0	1,2	1,00

1,2

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b .

Constata-se que, dentre os empreendimentos hidrelétricos previstos, o AHE Perdida II pode apresentar o maior comprometimento ambiental na bacia do rio do Sono, entretanto o AHE Cachoeira da Velha apresenta o menor índice médio de impacto.

Há que se considerar que nas análises empreendidas não foram levantadas nem debatidas questões referentes aos conflitos pelo uso da água ou pelos territórios ocupados pelos eventuais reservatórios inventariados.

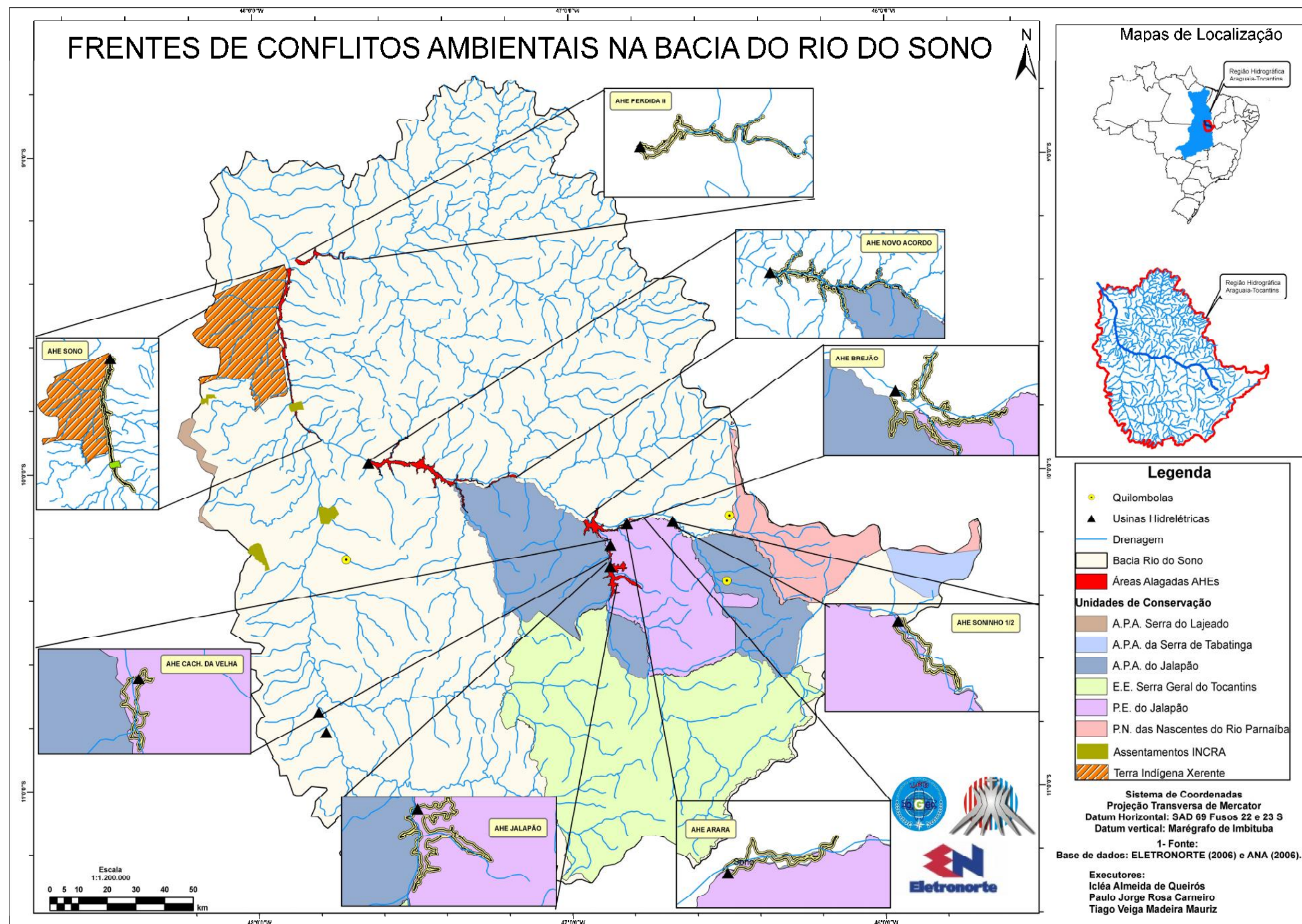
Valendo-se de que os empreendimentos hidrelétricos não devem ser analisados somente pela ótica da engenharia, ou vinculados apenas à questão dos impactos ambientais, mas, sobretudo às sociais, realizou-se a aplicação de uma entrevista aberta dirigida a Sra. Sandra Delmondes, representante do Ministério do Desenvolvimento Agrário do Estado do Tocantins e participante das reuniões da CIAT Jalapão, acompanhando, de forma direta, os principais eventos que envolveram os diversos grupos sociais da região. Os questionamentos e respectivas respostas são apresentados no Apêndice C.

Em contato via telefone com a Sra. Sandra Delmondes, esta afirmou que ao comentar sobre a possibilidade de implantação de hidrelétricas na bacia do rio do Sono, na última

reunião da CIAT-Jalapão, realizada no dia 28 de agosto de 2007 em Santa Tereza do Tocantins, os representantes foram unânimes contra a instalação de hidrelétricas em qualquer um dos rios.

Observou-se, portanto, a necessidade de maior envolvimento e participação social nas diversas etapas que envolvem a implantação de uma usina hidrelétrica, principalmente nos estudos de inventário hidrelétrico, para que a comunidade possa ter acesso a informações e assim ponderar sobre os efeitos, negativos e positivos, da instalação de aproveitamentos hidrelétricos. Conforme Sra. Sandra Delmon des, em nenhum momento representantes do Setor Elétrico estiveram presentes nas reuniões da CIAT -Jalapão.

A partir da integração das informações obtidas nas etapas anteriores, e com o uso de ferramentas de geoprocessamento (ArcGis 9.2, Envi 4.3 e Global Mapper) para espacialização da área em estudo, chegou-se as frentes de conflitos ambientais (Figura 13) que podem incidir sobre o potencial energético da bacia do rio do Sono:



**Figura 13:** Frentes de conflitos ambientais na bacia do rio do Sono.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007b.

A seguir, uma possibilidade de tipificação das frentes de conflitos ambientais identificados por aproveitamento hidrelétrico da bacia do rio do Sono:

### **AHE Rio Sono**

- ***Identificação do conflito***: conflito de uso do território.
- ***Elementos centrais do conflito***: geração de energia hidrelétrica, proteção da terra indígena e do assentamento Faveira.
- ***Principais atores envolvidos***: População Indígena, Fundação Nacional do Índio - FUNAI, Assentados do INCRA, Ministério Público Federal, Setor Elétrico.
- ***Interesses***:
  1. População Indígena, FUNAI, Assentados do INCRA e Ministério Público Federal: impedir impactos ambientais negativos na terra indígena Xerente e relocação dos assentados de Faveira.
  2. Setor Elétrico: geração de eletricidade, com 168 MW de potência instalada.

### **AHE Novo Acordo**

- ***Identificação do conflito***: conflito de uso da água e uso do território.
- ***Elementos centrais do conflito***: geração de energia hidrelétrica, zona de dinamização, turismo e lazer.
- ***Principais atores envolvidos***: Sociedade civil, irrigantes e Setor Elétrico
- ***Interesses***:
  1. Sociedade civil e irrigantes: impedir perda de ambientes de atratividade turística e de solos com aptidão agrícola.
  2. Setor Elétrico: geração de eletricidade, com 160 MW de potência instalada.

### **AHE Brejão**

- ***Identificação do conflito***: conflito de uso do território e uso da água.
- ***Elementos centrais do conflito***: geração de energia hidrelétrica e zona de dinamização.
- ***Principais atores envolvidos***: Irrigantes e Setor Elétrico.

– **Interesses:**

1. Irrigantes: impedir perda de solos com aptidão agrícola e manutenção de vazão para irrigação.
2. Setor Elétrico: geração de eletricidade, com 75 MW de potência instalada.

**AHEs Cachoeira da Velha e Jalapão,**

- **Identificação do conflito:** conflito de uso do território.
- **Elementos centrais do conflito:** geração de energia hidrelétrica e conservação do ecossistema.
- **Principais atores envolvidos:** Sociedade civil, órgãos ambientais e Setor Elétrico.
- **Interesses:**

1. Sociedade civil e órgãos ambientais: impedir perda de ambientes de atratividade turística e manutenção da proteção de áreas de interesse ecológico.
2. Setor Elétrico: geração de eletricidade, com 81 MW de potência instalada no AHE Cachoeira da Velha e 54 MW no AHE Jalapão.

**AHEs Arara e Soninho 1/2**

- **Identificação da frente de conflito:** conflito de uso do território.
- **Elementos centrais do conflito:** geração de energia hidrelétrica e conservação do ecossistema.
- **Principais atores envolvidos:** Sociedade civil, órgãos ambientais e Setor Elétrico.
- **Interesses:**

3. Sociedade civil e órgãos ambientais: impedir perda de ambientes de atratividade turística e manutenção da proteção de áreas de interesse ecológico.
4. Setor Elétrico: geração de eletricidade, com 30 MW no AHE Arara e 38 MW no AHE Soninho 1/2.



## **AHE Perdida II**

- ***Identificação da frente de conflito***: conflito de uso da água e uso do território.
- ***Elementos centrais do conflito***: geração de energia hidrelétrica e zona de dinamização.
- ***Principais atores envolvidos***: Irrigantes e Setor Elétrico.
- ***Interesses***:
  1. Irrigantes: impedir perda de solos com aptidão agrícola e manutenção de vazão para irrigação.
  2. Setor Elétrico: geração de eletricidade, com 48 MW de potência instalada.

Desta forma é possível supor que o AHE Rio Sono, certamente permanecerá no papel, tendo em conta a interferência que suas estruturas e mais seu reservatório apresentam, ocupando parte da Terra Indígena Xerente e atingindo o Assentamento Faveira.

Os empreendimentos inventariados de Cachoeira da Velha, Jalapão, Arara e Soninho ½ encontram-se parcial ou totalmente situados em área de unidades de conservação, como a APA Jalapão e o Parque Estadual do Jalapão. Estas áreas foram criadas após a publicação do inventário de 1997, mas naquele momento já era grande e perfeitamente identificável o movimento em torno da consolidação dessas unidades, que se caracterizam pela beleza cênica e elevado potencial ecoturístico, estabelecendo fortes restrições ao uso da água e do território.

Os AHEs de Novo Acordo, Brejão e Perdida II situam -se em zona de dinamização econômica do Estado de Tocantins, o que acaba por corroborar com a hipótese de implantação dos empreendimentos, uma vez que a energia elétrica oferece subsídios para o desenvolvimento das atividades econômicas locais, melhorando o conforto das habitações e a qualidade de vida das pessoas. Contudo, segundo as metodologias do EIBH e Benchmarking, respectivamente, os AHEs Novo Acordo e Perdida II apresentaram expressivos comprometimentos em termos de impactos ambientais, exigindo maior aprofundamento da análise.

Assim sendo, do potencial de 654 MW previsto para a bacia do rio do Sono tem -se como alternativa preliminar de implantação os 283 MW dos AHEs Brejão, Novo Acordo e Perdida II. Os aproveitamentos hidrelétricos situados ou que de alguma forma interferem com unidades de conservação e ainda com a terra indígena Xerente dependerão de trabalho intenso

de mediação, envolvendo um universo grande de grupos cujos interesses não são integralmente convergentes.

Estas perdas em termos de energia, conseqüentes das situações em conflito, deverão ser objeto de simulação por modelo de análise que poderá verificar os efeitos da alteração nas características de alguns dos empreendimentos inventariados, como: variação na queda bruta, redução de área/volume do reservatório, exclusão de eixo potencial e outros; visando a minimização de impactos e eventuais conflitos ambientais.

Nesse sentido, é indispensável uma ação comunicativa sobre os grupos sociais, direta ou indiretamente envolvidos, no sentido de harmonizar os interesses sobre a bacia do rio do Sono para não se perder aquele importante potencial hidrelétrico e dinamizar o desenvolvimento daquela bacia.

## 8 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A questão do uso múltiplo dos recursos hídricos exige uma gestão compartilhada, participativa, que busque conciliar desenvolvimento econômico, bem-estar social e a preservação do meio ambiente, diminuindo assim a geração de impactos e conflitos. Os usuários de água possuem inúmeros desafios que vão além do conhecimento da legislação e em especial sobre a questão do aproveitamento de recursos hídricos, das disponibilidades, restrições e demandas hídricas das bacias.

A bacia hidrográfica é uma das possibilidades da visão sistêmica. Portanto, para a manutenção da sua disponibilidade hídrica, a implementação da alocação das águas deve preceder a questão pura e simples de sua utilização, sendo consideradas as necessidades e especificidades de cada grupo de usuários, como também, a capacidade de suporte da bacia.

A bacia do rio do Sono é de relevante interesse hidroenergético, possuindo condições (vazão e queda) favoráveis à implantação de aproveitamentos altamente eficientes. Entretanto, apresenta restrições ambientais que acarretam conflitos de interesse em relação ao uso da água e/ou uso do território que podem comprometer o aproveitamento ótimo dos empreendimentos inventariados.

A análise das metodologias utilizadas para Avaliação dos Impactos Ambientais (APIA, EIBH, AAI e Benchmarking) nos estudos de inventário energético permitiu verificar que esses métodos não podem ser considerados completos, ou absolutos, especialmente por não avaliar os aspectos que configuram a maior parte dos conflitos ambientais.

Com a aplicação das metodologias do EIBH e do Benchmarking na bacia do rio do Sono, construiu-se uma versão preliminar de base de dados atualizável, cujas variáveis poderão subsidiar, em uma fase futura, o desenvolvimento de um Modelo Dinâmico de Inventário Energético. Pode-se afirmar que se trabalhou com um protótipo de um sistema de suporte a decisão, sendo um “laboratório” que deve ter seu uso aperfeiçoado para o alcance cada vez mais eficaz de resultados.

Este “estudo piloto” demandou, entretanto, grande investimento de tempo na busca de informações sobre a bacia em foco, impactando no seu desenvolvimento. Apenas cerca de 10% dos dados e informações obtidas foram resgatados do Inventário Hidrelétrico da Bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCATINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997). Observa-se que um estudo de inventário incompleto

pode provocar demora na análise e na exigência de estudos posteriores mais detalhados que, em diversos casos, poderiam ser desnecessários.

No que concerne à presença de frentes de conflitos de uso da água e/ou uso dos territórios que incidem sobre parte do potencial hidroenergético inventariado da bacia do rio do Sono, é possível ao término do estudo confirmar tal hipótese e ainda afirmar que do potencial previsto de 654 MW nos estudos de inventário hidrelétrico (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997) tem-se como certo, os 283 MW dos AHEs Brejão, Novo Acordo e Perdida II que em princípio estariam afetando apenas os interesses de pequeno número de irrigantes.

Contudo, acredita-se que os agricultores do entorno desses futuros reservatórios, ao perceber as facilidades que um empreendimento hidrelétrico proporciona à irrigação de suas terras, venham a se interessar pela possibilidade de utilizar parte da água do reservatório para tal fim, proporcionando um ambiente de diálogo.

Destaca-se, a necessidade de complementação do inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono, que não abrange aproveitamentos de menor porte nos afluentes menores. É bem possível que nessa bacia há proporções expressivas de seu potencial hidrelétrico ainda por serem conhecidas e com a implantação de pequenas ou micro centrais hidrelétricas haveria aumento na disponibilidade de energia elétrica para a região, incentivando investimentos, gerando recursos para os municípios e possibilitando melhoria na qualidade de vidas das pessoas.

Dentre as etapas que envolvem a implantação de uma usina hidrelétrica no Brasil os estudos de inventário hidrelétrico desempenham um papel fundamental, sendo a base para as etapas posteriores. Nesse sentido, deve haver maiores investimentos e integração dos setores elétrico, de recursos hídricos e ambiental para o desenvolvimento deste tipo de estudo, que implica na compreensão da dinâmica do uso da água, do solo e dos demais recursos naturais presentes nas bacias hidrográficas.

Além disso, os estudos de inventário hidrelétrico devem partir de uma contextualização ambiental, geográfica e histórica mais ampla, buscando a efetiva participação da comunidade local para promover a identificação antecipada de situações de impactos e conflitos de interesse.

Com a evolução mundial na visão referente aos aspectos ambientais e de responsabilidade social dos aproveitamentos hidroenergéticos, o setor elétrico brasileiro tem estimulado os empreendedores para que observem as fragilidades ambientais e sociais das

localidades indicadas nas alternativas, bem como as possibilidades de conflitos entre a operação e os demais usos da água na região de implantação.

Nesse contexto, ressalta-se a importância da responsabilidade socioambiental dos empreendimentos que não podem ser vistos como vilões do meio ambiente, mas como parceiro da sociedade para o desenvolvimento econômico e social.

A gestão compartilhada dos recursos hídricos exige preparação social como:

- Incentivo a organização, capacitação e participação das comunidades envolvidas;
- Estabelecimento de um programa de educação ambiental na área de influência de cada empreendimento, proporcionando aos habitantes da região o conhecimento da área com todas as suas fragilidades e potencialidades;
- Fortalecimento dos atores locais e lideranças comunitárias;
- Realização de eventos de integração, debates e articulação entre gestores de recursos hídricos e representantes dos setores usuários; e
- Implementação de ações de comunicação social e difusão de informações sobre o valor e a importância da água para o desenvolvimento econômico e social da região.

Segundo Selborne (2001), a gestão dos recursos hídricos deve assegurar harmonia entre os usuários de uma bacia hidrográfica por meio do equilíbrio ambiental, garantia de abastecimento e equidade social. Portanto, dados sobre a água, melhor uso desses dados e o acesso público a eles são princípios éticos e a gestão eficiente e eficaz dos recursos hídricos está relacionada com a atuação da comunidade.

Dentre as diretrizes da Lei das Águas (BRASIL, 1997a), estipulada em seu artigo 37, está a criação dos Comitês de Bacias Hidrográficas que são fóruns para a promoção de debates sobre as questões referentes à gestão dos recursos hídricos. Estes Comitês são formados por representantes dos poderes públicos, dos usuários das águas e das organizações civis com ações desenvolvidas para a recuperação e conservação do meio ambiente e dos recursos hídricos em uma determinada bacia hidrográfica.

No caso da bacia do rio do Sono seria interessante o fortalecimento da Comissão de Implantação das Ações Territoriais do Jalapão (CIAT -Jalapão), instituída por decisão dos atores sociais (poder público, agricultores familiares e entidades civis), para que esta se estruturasse como um comitê de bacia hidrográfica de caráter formal e permanente, incorporada de todos os seus direitos e obrigações.

Com a criação do comitê da bacia do rio do Sono e tendo a educação ambiental como ponto de partida, a questão dos conflitos de interesse poderia ser atenuada por meio da implementação dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, discutindo todas as alternativas e possibilidades com a população.

A dinâmica da relação do ser humano com o ambiente onde está inserido passa por processos culturais, sociais, econômicos e políticos que desafiam o planejamento e a gestão dos recursos hídricos. A necessidade de informações integradas, envolvimento e participação social nas diversas etapas de implantação de aproveitamentos hidrelétricos devem ser princípios balizadores para a tomada de decisão em bacias hidrográficas de interesse energético.

## REFERÊNCIAS

ACIOLI, J.L. Fontes de energia. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1994. 138p.

ALBUQUERQUE, F.G. Pesquisa operacional aplicada a gestão de recursos hídricos. Revista Universa, vol. 9, n° 2. Brasília, 2001.

ALVES, R.F.F. Experiências de gestão de recursos hídricos. Brasília: Agência Nacional das Águas/Projeto Gráfica: TODA – Desenho e Arte Ltda., 2001.

ARRUDA et al. Gestão ambiental. Glossário disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 20 jan. 2008.

BRASIL. Constituição (1988). Constituição da república federativa do Brasil. Brasília, DF: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas 2002a. 415p.

\_\_\_\_\_. Lei n° 4.771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Brasília, DF, 1965. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm)>. Acesso em: 21 mar. 2007.

\_\_\_\_\_. Lei n° 6.938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências. Brasília, DF, 1981. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/Leis/L6938.htm>>. Acesso em: 15 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Lei n° 9.074, de 7 de julho de 1995. Estabelece normas para outorga e prorrogações das concessões e permissões de serviços públicos e dá outras providências. Brasília, DF, 1995. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9074cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9074cons.htm)>. Acesso em: 4 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Lei n° 9.427, de 26 de dezembro de 1996. Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. Brasília, DF, 1996. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L9427cons.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9427cons.htm)>. Acesso em: 4 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Lei n° 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal e altera o art. 1° da Lei n° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n° 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Brasília, DF,

1997a. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm)>. Acesso em: 12 mar. 2007.

\_\_\_\_\_. Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000. 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, DF, 2000. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/LEIS/L9985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9985.htm)>. Acesso em: 20 mar. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 9, de 23 de janeiro de 2007. Reconhece as áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira. Brasília, DF, 2007a. Disponível em: < [http://www.mp.rs.gov.br/areas/ambiente/arquivos/boletins/bola\\_leg01\\_07/ig9.pdf](http://www.mp.rs.gov.br/areas/ambiente/arquivos/boletins/bola_leg01_07/ig9.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil. Brasília, DF, 2002b. 63 p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Plano estratégico de recursos hídricos da bacia do Tocantins/Araguaia. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/GestaoRecHidricos/PlanejHidrologico/pbhta/>>. Acesso em: 30 ago. 2007. Brasília, DF, 2007b.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas na bacia do São Francisco. Subprojeto 4.5C- Plano Decenal de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco – PBHSF (2004-2013). Alocação de água. Estudo Técnico de Apoio nº 16. Brasília, DF, 2004.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. Estabelece as definições, as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, DF, 1986. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. Dispõe sobre os procedimentos e critérios utilizados no licenciamento ambiental e no exercício da competência, bem como as atividades e empreendimentos sujeitos ao licenciamento ambiental. Brasília, DF, 1997b. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 302, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de



Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília, DF, 2002c. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30202.html>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 303, de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF, 2002d. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em: 25 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, DF, 2005a. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.p df>>. Acesso em: 14 mar. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução nº 32, de 15 de outubro de 2003. Institui a Divisão Hidrográfica Nacional em regiões hidrográficas com a finalidade de orientar, fundamen tar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, DF, 2003a. Disponível em: < <http://www.cnrh - srh.gov.br/delibera/resolucoes/R032.htm>>. Acesso em: 08 jun. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Cadern o da região hidrográfica do Tocantins-Araguaia. Secretaria de Recursos Hídricos, 2006a. 132p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Caderno setorial de recursos hídricos: agropecuária. Brasília, 2006b. 96p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Caderno setorial de recursos hídricos: geração de energia hidrelétrica. Brasília, 2006c. 112p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Caderno setorial de recursos hídricos: indústria e turismo. Brasília, 2006d. 77p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Caderno setorial de recursos hídricos: saneamento. Brasília, 2006e. 65p..

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Caderno setorial de recursos hídricos: transporte hidroviário. Brasília, 2006f. 118p.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Conjunto de normas legais: recursos hídricos. 4 ed. Brasília: 2006g. 362p

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. Plano Nacional de Recursos Hídricos: Panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil. Volume 1. Brasília, 2006h. 280p.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Plano decenal de expansão de energia elétrica: 2006-2015. Brasília, 2006i. 304 p.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Termo de referência para o estudo: avaliação ambiental integrada dos aproveitamentos hidrelétricos na bacia do rio Tocantins. Brasília, 2005b.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil. 2. ed. - Brasília, 2005c. 243p.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Despacho nº 2.295, de 23 de julho de 2007. Anui com o aceite ao Projeto Básico da PCH Soninho, para fins da análise, apresentado pela empresa Construtora Gomes Lourenço Ltda. Brasília, 2007c. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/dsp20072295.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Legislação básica do setor elétrico. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/biblioteca/legisbasica.htm>>. Acesso em: 26 maio 2007d.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº 323, de 20 de outubro de 1998. Aprova os Estudos de Inventário da bacia do rio do Sono apresentado pela Companhia de Energia Elétrica do Estado do Tocantins. Brasília, 1998a. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res1998323.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº 393, de 04 de dezembro de 1998. Estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas. Brasília, 1998b. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/RES1998393.PDF>>. Acesso em: 04 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº 394, de 04 de dezembro de 1998. Estabelece os critérios para o enquadramento de empreendimentos hidrelétricos na condição de pequenas centrais hidrelétricas. Brasília,

1998c. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res1998394.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução nº 652, de 09 de dezembro de 2003. Estabelece os critérios para o enquadramento de aproveitamentos hidrelétricos na condição de pequenas centrais hidrelétricas. Brasília, 2003b. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/cedoc/res2003652.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Agência Nacional de Energia Elétrica. Relatório de acompanhamento de estudos e projetos de usinas hidrelétricas. Superintendência de Gestão e Estudos Hidroenergéticos. Brasília, 2007e.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Centrais Elétricas Brasileiras S.A.. Centro da memória da eletricidade no Brasil. Disponível em: <http://www.memoria.eletronbras.com/historia.asp>. Acesso em: 04 maio 2007f.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Centrais Elétricas Brasileiras S.A..Manual de inventário hidroelétrico de bacias hidrográficas. [S.I.: s.n.], 1997c.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Diretrizes e procedimentos para o acompanhamento dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas, utilizando a AAE. [S.I.: s.n.], 2002e.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Manual de inventário hidroelétrico de bacias hidrográficas. Rio de Janeiro: E -papers, 2007g. 684p.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Centro de Pesquisas de Energia Elétrica. Procedimentos para avaliação de impactos cumulativos e sinérgicos: caso teste das regiões hidrográficas do Araguaia e Tocantins. [S.I.: s.n.], 2003c.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Avaliação ambiental integrada dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Tocantins e seus formadores. Sumário Executivo do Relatório P2 – Caracterização da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins. São Paulo, 2007h.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética. Avaliação ambiental integrada dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do rio Tocantins e seus formadores. Relatório P3 – Avaliação Ambiental Distribuída e Conflitos. São Paulo, 2007i.

\_\_\_\_\_. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 30 set. 2007j.

BURSZTIN, M. (org.) A difícil sustentabilidade – política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2001.

CARDOSO FILHO, C. M. A influência da Usina Hidrelétrica de Queimado no desenvolvimento sócio-político-econômico do Distrito de Palmital – MG. Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Brasília, 2004. 106p.

CARNEIRO, P.J.R (Coord.). Conflitos ambientais: procedimentos para inventários energéticos de bacias hidrográficas. Brasília, 2007. (no prelo)

COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA. Estudos de inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono. [S.L.: s.n.], 1997.

CHRISTOFIDIS, DEMETRIOS. Olhares sobre a política de recursos hídricos no Brasil: o caso da bacia do rio São Francisco. Brasília: Universidade de Brasília, Centro de Desenvolvimento Sustentável, 2001. 432p.

DIAS, G. F. Educação ambiental: princípios e práticas. 6. ed. São Paulo, SP: Gaia, 2000. 551p.

DOLL, P.; MENDIONDO, E.M.; FUHR, D. Desenvolvimento de cenários como uma ferramenta para o planejamento regional. Center for Environmental Systems Research, University of Kassel. Germany, 2006.

FILHO, S.S.A. Avaliação ambiental estratégica – uma alternativa de incorporação da questão ambiental no processo de desenvolvimento. Tese de doutoramento apresentada ao Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Economia Aplicada, 2001.

FROTA, IVALDO. O setor elétrico e seus conflitos: os novos e os velhos desafios. In: Bursztin, M. (org.) A difícil sustentabilidade – política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2001.

GRIGG, NEIL S. Water resources management: principle, regulations, and cases. McGraw Hill, 1996.

LARROSA e SANTOS. Plano estratégico de recursos hídricos da bacia dos rios Tocantins e Araguaia: diagnóstico do meio biótico. Brasília, 2006a.

\_\_\_\_\_. Estudos de inventário hidrelétrico da bacia hidrográfica do rio dos Bois/GO. Relatório Final. Volume VII – Apêndice IV – Estudos Ambientais. Brasília, 2006b.

\_\_\_\_\_. Estudos de inventário hidrelétrico da bacia hidrográfica do rio das Garças/MT. Relatório Final. Volume VII – Apêndice IV – Estudos Ambientais. Brasília, 2007.

LITTLE, P. “Os conflitos socioambientais: um campo de estudo e de ação política”. In: Bursztin, M. (org.) A difícil sustentabilidade – política energética e conflitos ambientais”. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2001.

MASON, JAYME. Estruturas de aproveitamentos hidrelétricos. Rio de Janeiro: Campus, 1988.

MOLION, L.C.B. “Águas do Tocantins para o São Francisco”. In: Ciência Hoje, v. 33, n. 197, set. 2003.

MORET, A. S. “Conflitos em torno da geração de eletricidade no estado de Rondônia”. In: Bursztin, M. (org.) A difícil sustentabilidade – política energética e conflitos ambientais”. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2001.

MORIN, EDGAR. A sociologia do microssocial ao macroplanetário. Portugal: Publicações Europa-América, 1998.

MÜLLER, ARNALDO CARLOS. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. Makron Books .São Paulo, 1995. 412p.

MUNINET (Org.). Rede brasileira para o desenvolvimento municipal: banco estatístico. Disponível em: <<http://muninet.org.br/>>. Acesso em: 04 jun. 2007.

NASCIMENTO, E. P. Os conflitos na sociedade moderna: uma introdução conceitual. In: Bursztin, M. (org.) A difícil sustentabilidade – política energética e conflitos ambientais. Rio de Janeiro: Editora Garamond, 2001.

PRADO JR., F.A.A. e AMARAL, C.A. (Org.). Pequenas centrais hidrelétricas no Estado de São Paulo. São Paulo: Páginas & Letras Editora e Gráfica, 2000. 281p.

QUIROGA, Rayén. Procedimentos de gestão para desenvolvimento sustentável. Comissão Econômica para América Latina – CEPAL. Chile, Cidade de Santiago, 2001.

SELBORNE, L. A ética do uso da água doce: um levantamento. Brasília, DF: UNESCO, 2001. 80 p.

SIEBENEICHLER, Flávio Beno. Jurgen Habermas: razão comunicativa e emancipação. Rio de Janeiro: Tempo Brasileiro, 1994.

SORIO, Washington. O que é Benchmarking? Disponível em: <<http://www.guiarh.com.br/z59.htm>> . Acesso em: 19/09/2007.

THEMAG ENGENHARIA LTDA. Organização e histórico dos trabalhos – bacia do Médio Tocantins. Estudos Finais de Inventário - Apêndice H. Relatório Final. Julho, 1987.

THEODORO, S.H. et al. Mediação de conflitos socioambientais: um novo campo de atuação técnico-científica. Goiânia/GO, 2002.

TOMMASI, Luiz Roberto. Estudo de impacto ambiental. São Paulo: CETESB: Terragraph Artes e Informática, 1993. 354 p.

TUCCI, C.E.M. e MENDES, C.A.. Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica. Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Qualidade Ambiental, 2006. 302p.

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL. Caracterização da evolução da ocupação pós -inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (TO). Projeto 222/2005 – Relatório 03. Brasília, 2006.

\_\_\_\_\_. Relatório da visita técnica a bacia do rio do Sono. Projeto 222/2005 – Relatório 04. Brasília, 2007a.

\_\_\_\_\_. Métodos de Avaliação de Impactos Ambientais. Projeto 222/2005 – Relatório 05. Brasília, 2007b.

## APÊNDICE A -VISITA TÉCNICA À BACIA DO RIO DO SONO

**1º Dia** Trecho: Palmas, Monte do Carmo e Ponte Alta do Tocantins

**Data:** 29/03/2007

Após desembarcar em Palmas a equipe seguiu para o município de Monte do Carmo onde se encontra a PCH Isamu Ikeda (Figura 14), localizada no ri o das Balsas, afluente do rio do Sono.



**Figura 14:** PCH Isamu Ikeda, localizada no rio Balsas.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007a.

Em direção ao município de Ponte Alta do Tocantins observou-se lavouras de subsistência e pastagens, em meio ao relevo acidentado da Serra do Taquaruçú, coberta por vegetação natural pouco alterada, onde predomina o cerrado e o cerrado *sensu stricto*.

Na sede municipal de Ponte Alta do Tocantins (Figura 15), situada às margens do rio Ponte Alta, constatou-se, a partir de informações da comunidade, que o rio perdeu parte de sua piscosidade em decorrência da PCH Isamu Ikeda, que impediu a migração de algumas espécies de peixes alterando, substancialmente, a prática da pesca de subsistência.



**Figura 15:** Balneário em Ponte Alta do Tocantins.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007a.

Em Ponte Alta do Tocantins o abastecimento de água é realizado por meio de poços artesianos controlados pela prefeitura, que proporciona água de boa qualidade. Não há rede de esgotos, sendo prática comum a construção de fossas residenciais. Observou-se, também, que o artesanato com o “capim dourado” e as expedições turísticas para o Jalapão constituem as atividades mais promissoras, responsáveis por parte da movimentação da economia local.

Muito embora a cidade, com seus 6.570 habitantes, se desenvolva ao longo das duas margens do rio Ponte Alta, não foi constatada a presença de construções nas suas vertentes, que aparentam bom estado de preservação de sua cobertura vegetal natural.

**2º Dia**      **Trecho:** Ponte Alta do Tocantins, Cachoeira da Velha, Comunidade Quilombola Barra do Aroeira e Novo Acordo  
**Data:** 30/03/2007

Visitou-se a Cachoeira da Velha, local inventariado para aproveitamento hidroenergético, com potência instalada prevista de 81 MW. Essa região é caracterizada pela beleza cênica, alto potencial turístico e encontra-se entre a Área de Proteção Ambiental - APA do Jalapão e o Parque Estadual - PE do Jalapão (Figura 16).





Fonte: UCB/ELETRONORTE, 2007a.

**Figura 16:** Cachoeira da Velha com o Morro do Jalapão ao fundo.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007a.

O percurso para o reconhecimento da Cachoeira da Velha permitiu que se cruzasse toda a região leste do município de Ponte Alta do Tocantins, avistando -se a Serra do Suçuapara, e os morros testemunhos, de topo aplainado (cota aprox. 780 m), que constituem as serras do Jalapão, da Catedral e da Muriçoca, região das nascentes do rio do Sono.

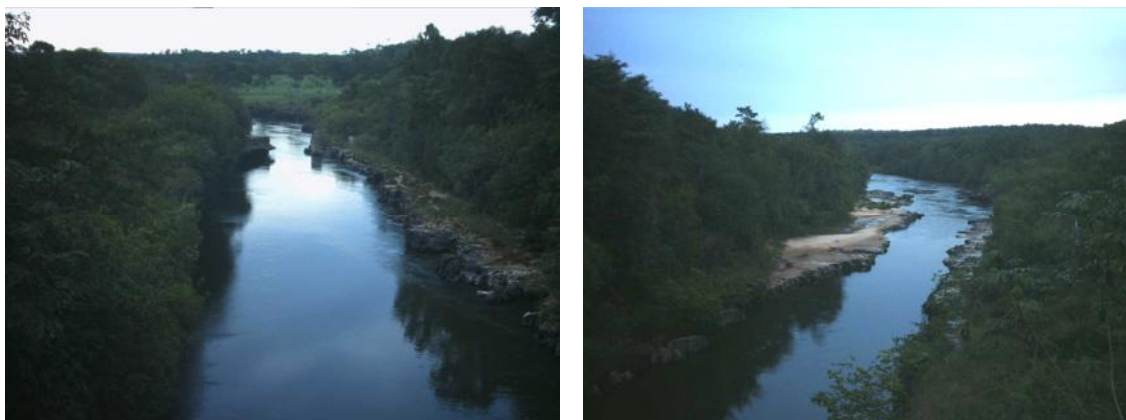
Seguindo para o município de Novo Acordo, corta -se novamente a Serra do Taquaruçú, região de relevo acidentado, onde se desenvolve a pavimentação da estrada entre Palmas e Novo Acordo, e passa pelo município de Santa Tereza do Tocantins, onde se localiza a comunidade Quilombola de Barra do Aroeira (Figura 17). Prática -se, nessa região, a pecuária extensiva e a lavoura de subsistência, fazendo fronteira com o cerradão e o cerrado *sensu stricto*, em algumas situações de relevo plano.



**Figura 17:** Comunidade Quilombola de Barra do Aroeira – Santa Tereza do Tocantins.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007a.

Já na sede municipal de Novo Acordo, observa-se o rio do Sono encaixado em vale estreito como um cânion, conforme Figura 18. O local avistado fica pouco a jusante do local inventariado para o aproveitamento hidroenergético de Novo Acordo, com potência instalada prevista de 160 MW.



**Figura 18:** Cânion do rio do Sono, na região de Novo Acordo (TO). (a) Jusante; (b) Montante.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007a.

Constata-se que a construção desse aproveitamento incidirá diretamente sobre a cidade de Novo Acordo, que deverá ser afetada em seus aspectos econômicos e sociais, tendo em

vista a sua proximidade, e também no que diz respeito ao uso turístico e lazer proporcionado pelas praias fluviais, bastante freqüentadas pela população local.

A cidade de Novo Acordo tem uma estrutura urbana esparramada, semelhante à Ponte Alta do Tocantins, porém concentrada na margem esquerda do rio do Sono. O abastecimento é de responsabilidade da Companhia de Saneamento do Tocantins - SANEATINS que tem uma captação em pequena nascente natural localizada à cerca de 5 km da cidade. Este serviço atende 850 pontos, o que permite inferir uma população urbana de cerca de 3.400 habitantes.

Pouco tempo antes dessa visita técnica, em Novo Acordo, aconteceu um evento que reuniu, durante uma semana, representantes dos diversos municípios da região, denominado: “1º Encontro dos Municípios do Jalapão” que discutiu estratégias de fortalecimento das atividades relacionadas ao turismo e valorização dos atrativos naturais. Efetivamente esta iniciativa pode promover alguma flexibilidade no diálogo com o Poder Público, no sentido de permitir investimentos na região com impactos positivos para o Parque Estadual do Jalapão.

**3º Dia**      **Trecho:** Novo Acordo, Assent. Faveira, Terra Indígena Xerente e Rio Sono

**Data:** 31/03/2007

Neste dia, a equipe seguiu para a cidade de Rio Sono. No caminho, foi possível observar a rápida transformação que o ambiente vem sendo submetido, a partir da melhoria na infra-estrutura viária e na chegada das lavouras intensivas de grãos, na região de Aparecida do Rio Negro (Figura 19).



**Figura 19:** (a) Máquinas que trabalham no asfaltamento da TO-020; (b) Trecho asfaltado em região de cultura intensiva de grãos.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007a.

Com as transformações em curso se tem o assentamento Faveira, realizado pelo Instituto de Colonização e Reforma Agrária - INCRA, no qual residem 28 famílias, com glebas de aproximadamente 35 ha por família. A região pode ser caracterizada como um ecótono, que apresenta uma composição de floresta pré-amazônica e cerrado.

Prosseguiu-se para o município de Rio Sono pela estrada que margeia a terra indígena Xerente. Nesse trecho foi possível observar algumas aldeias e os respectivos métodos de subsistência, assim como a expressiva influência das lavouras intensivas de grãos em propriedades rurais que fazem divisas com a terra indígena.

Na chegada à cidade de Rio Sono é preciso atravessar o rio do Sono por meio de balsa, que permitiu observar que este se torna mais caudaloso e largo do que em Novo Acordo. A presença de uma ponte inacabada entre a terra indígena Xerente e a sede municipal de Rio Sono é um símbolo da intransigência entre diversos atores do Poder Público. A cabeceira oeste da ponte adentra cerca de 10 metros em terra indígena, razão suficiente para sua paralisação (Figura 20).



**Figura 20:** Travessia em Rio Sono e ponte inconclusa sobre o rio do Sono.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007a.

**4º Dia**

**Trecho:** Rio Sono, Pedro Afonso e Palmas

**Data:** 01/04/2007

No último dia da visita, seguiu-se para a região da foz do rio do Sono, localizada entre os municípios de Pedro Afonso e Bom Jesus do Tocantins. Em direção a Pedro Afonso observou-se as condições de expansão das lavouras de grãos, subsidiada pelo Programa de Desenvolvimento do Cerrado – PRODECER, registrou-se, inclusive a presença de equipamentos de irrigação do tipo pivô-central. Já se encontra instalada nesse trecho a empresa BUNGUE, multinacional de alimentos e por diversas vezes se cruzou com máquinas agrícolas de grande porte, caminhões e carretas realizando o transporte da safra recém colhida para os armazéns graneleiros localizados em Pedro Afonso.

Chegando a cidade, da passarela que interliga Pedro Afonso a Bom Jesus do Tocantins foi possível observar a foz do rio do Sono, seu encontro com o rio Tocantins (Figura 21). Em Pedro Afonso atravessou-se de balsa o rio Tocantins em direção a Tupirama com destino a Palmas, onde finalizou-se a visita técnica a bacia do rio do Sono.



**Figura 21:** Foz do rio do Sono.

Fonte: UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA. CENTRAIS ELÉTRICAS DO NORTE DO BRASIL, 2007a.

## APÊNDICE B - MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS

### METODOLOGIA EIBH

#### ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

##### ➤ Ambiente Fluvial:

- **Hierarquia Fluvial (HF)** – para a classificação hierárquica considerou-se a ordem das drenagens segundo Strahler, utilizando imagem de satélite georreferenciada. Em seguida, o grau de impacto (GIH) foi obtido por meio da relação direta entre a ordem da drenagem na área afetada pelo barramento e a maior ordem de drenagem ocorrente na bacia, de acordo com a expressão a seguir:

$$GIH = \frac{HF_{aprov.}}{HF_{max.}}$$

Calculado o grau de impacto para cada empreendimento, obteve-se o índice equalizado (GIHeq), dividindo-se o grau de impacto de cada aproveitamento hidrelétrico pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIHeq = \frac{GIH_{aprov.}}{GIH_{max.}}$$

- **Praias Marginais (PM)** - para obtenção do número de praias e a área destas em hectares utilizou-se imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000). Sendo que, foram contados o número de praias na área inundada de cada empreendimento, e medidas as suas respectivas áreas. Porém, nas AHEs Novo Acordo e Soninho 1/2, não foi possível medir as áreas das praias, uma vez que a resolução da imagem não estava adequada. Para o cálculo do grau de impacto (GIPM) determinou-se a relação entre a área das praias comprometidas por cada aproveitamento e o somatório da área das praias existentes na bacia. Conforme a fórmula a seguir:

$$GIPM = \frac{Ai}{At}$$

Obteve-se o índice equalizado (GIPMeq), dividindo -se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIPMeq = \frac{GIPM_{aprov.}}{GIPM_{max.}}$$

- **Ambientes de Alta Energia (AE)** – o número de corredeiras no barramento foi obtido por meio de imagem satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000). Para tanto, foram contados o número de corredeiras na área inundada de cada empreendimento.

O grau de impacto (GIAE) foi calculado a partir da divisão do número de corredeiras (NC) de cada empreendimento pelo somatório deste, conforme a expressão a seguir:

$$GIAE = \frac{NC_i}{NC_t}$$

O índice equalizado (GIAEeq) foi obtido dividindo -se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIAEeq = \frac{GIAE_{aprov.}}{GIAE_{max.}}$$

#### ➤ **Rotas Migratórias**

- **Rios** - foram consideradas as drenagens principais de cada empreendimento, que constam no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Distância do barramento até a foz do rio (km)** – esta distância consta no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997), e foi conferida por meio de imagem de satélite, considerando para as AHEs Rio Sono, Novo Acordo e Brejão, a foz do rio do Sono; para as



AHEs Cachoeira da Velha e Jalapão, a foz do rio Novo; para as AHEs Soninho ½ e Arara, a foz do rio Soninho; e para a AHE Perdida II, a foz do rio Perdida.

- **Distância do barramento a cabeceira (km)** – foi obtida por meio de imagem de satélite, tendo como referência a nascente do maior afluente do rio do Sono, o rio Novo, para os empreendimentos AHEs Rio Sono, Novo Acordo, Brejão, Cachoeira da Velha e Jalapão; para as AHEs Soninho ½ e Arara foi considerada a nascente do rio Soninho; e para a AHE Perdida II considerou-se a nascente do rio Perdida.
- **Extensão entre a foz do rio e a cabeceira do rio barrado (km)** - para o cálculo dessa extensão foi realizado o somatório da distância do barramento à foz e a distância do barramento à cabeceira para cada empreendimento.
- **Extensão entre o barramento e a cabeceira do rio barrado (km)** – esta extensão é considerada igual a distância do barramento à cabeceira, e servirá para o cálculo do grau de impacto.
- **NA montante ou cota da nascente (m)** - estas foram obtidas utilizando-se o software Global Mapper 8.0.
- **NA jusante ou cota da foz (m)** – estas foram obtidas utilizando-se o software Global Mapper 8.0.
- **Gradiente do rio (G)** – este foi calculado utilizando a cota da nascente ( $h_n$ ) subtraindo da cota da foz ( $h_f$ ), e dividindo pela maior distância ( $L$ ) do barramento até a foz da bacia, no caso a AHE Brejão, que corresponde a extensão do rio, conforme a fórmula descrita a seguir:

$$G = \frac{(h_n - h_f)}{L}$$

Para os aproveitamentos presentes no rio do Sono foi considerada a cota da nascente do rio Novo, sendo este o maior afluente da bacia.

- **Grau de impacto (GIR)** – para obtê-lo dividiu-se a extensão entre o barramento e a cabeceira do rio barrado ( $L_c$ ) pela extensão entre a foz do rio e a cabeceira do rio barrado ( $L_t$ ), e multiplicou-se o resultado pelo gradiente do rio ( $G$ ), em cada empreendimento, de acordo com expressão a seguir:

$$GIR = G \cdot \left( \frac{L_c}{L_t} \right)$$

- **Índice equalizado (GIR<sub>eq</sub>)** – considerou-se o grau de impacto de cada aproveitamento dividindo-o pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIR_{eq} = \frac{GIR_{aprov.}}{GIR_{max.}}$$

➤ **Qualidade da água**

- **Área inundada (ha)** – obteve-se por meio do inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Volume (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)** – foi obtido por meio do inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Vazão (MLT, m<sup>3</sup>/s)** - foi obtido por meio do inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Bacia de contribuição (km<sup>2</sup>)** – considerou-se a área da bacia de drenagem que consta no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Tempo de residência (TR, anos)** – calculado através da relação entre o volume da massa de água represada e a vazão MLT (Q), de acordo com fórmula a seguir:

$$TR = \frac{Vol \cdot 10^6}{Q \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}$$

- **Relação de espelho d'água (REA)** – para o cálculo considerou-se a área inundada (AI) em m<sup>2</sup> pelo volume de água armazenada m<sup>3</sup>, de cada aproveitamento, conforme a seguinte expressão:

$$REA = \frac{AI}{Vol \cdot 100}$$

- **Aporte de nutrientes (AN)** – obtido pela relação entre a área da bacia de contribuição (BC) do aproveitamento e a área total da bacia de contribuição da última barragem a jusante, no caso AHE Rio Sono, segundo a expressão a seguir:

$$AN = \frac{BC}{BC_{\max}}$$

- **Grau de impacto (GIQA)** – considerou-se que o tempo de residência (TR), a relação de espelho d'água (REA) e o aporte de nutrientes (AN) são parâmetros igualmente importantes para indicar o potencial de eutrofização de um dado aproveitamento, sendo todos diretamente proporcionais a intensidade do fenômeno. Portanto, o grau de impacto para a qualidade da água foi obtido pela média desses três parâmetros, conforme a fórmula a seguir:

$$GIQA = \frac{TR + REA + AN}{3}$$

- **Índice equalizado (GIQAeq)** - obteve-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, conforme a expressão a seguir:

$$GIQAeq = \frac{GIQA_{\text{aprov.}}}{GIQA_{\text{max.}}}$$

- **Padrões de energia** – este indicador foi acrescentado pelo presente projeto, uma vez que não consta na metodologia do EIBH do rio dos Bois.
- **Potência instalada** – esta foi obtida no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).

- **Queda líquida** – foi considerado o dado do inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Vazão (MLT) e área inundada** – são os mesmos valores utilizados na tabela de qualidade da água.
- **Possíveis conflitos** – analisou-se utilizando ferramentas de geoprocessamento e o banco de dados da Agência Nacional de Água - ANA e das Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE.

➤ **Vegetação marginal**

- **Área alagada (ha)** – considerou-se a área inundada utilizada na tabela de qualidade da água.
- **Perda de vegetação (ha)** – foi calculada a área de cobertura vegetal correspondente a matas de galeria e ciliares por meio da utilização do *software Arc View*, e do *software ENVI* para a classificação da imagem nestes tipos de cobertura, na área inundada de cada empreendimento.
- **Grau de impacto (GIV)** – este foi calculado por meio da relação entre a perda de vegetação (PV) e a área total da vegetação na bacia (AV<sub>t</sub>), obtida por meio do *software Arc View*, conforme a expressão a seguir:

$$GIV = \frac{PV}{AV_t}$$

- **Índice equalizado (GIV<sub>eq</sub>)** – obteve-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIV_{eq} = \frac{GIV_{aprov.}}{GIV_{max.}}$$

➤ **Cálculo do indicador de impacto do Ecossistema Aquático**

- **Índice** – para obter este cálculo foram considerados os fatores de ponderação segundo a metodologia do EIBH do rio dos Bois-GO, efetuando-se a média ponderada dos graus de impacto para cada indicador ambiental:

- Hierarquia fluvial: peso 0,05;
- Ambientes estratégicos: peso 0,10;
- Ambientes de alta energia: peso 0,10;
- Rotas migratórias: peso 0,10;
- Qualidade da água: peso 0,15;
- Vegetação marginal: peso 0,50.

### ECOSSISTEMAS TERRESTRES

- **Área alagada (ha)** - considerou-se a área inundada utilizada na tabela de qualidade da água.
- **Vegetação marginal**
  - **Perda de vegetação** - foi obtida a área de cobertura vegetal correspondente a matas de galeria e ciliares por meio da utilização do *software Arc View*, e do *software ENVI* para a classificação da imagem nestes tipos de cobertura, na área inundada de cada empreendimento.
  - **Grau de impacto (GIV)** - este foi calculado por meio da relação entre a perda de vegetação (PV) e a área total da vegetação (AV<sub>t</sub>) ocorrente na bacia, obtida no *software Arc View*, de acordo com a expressão a seguir:

$$GIV = \frac{PV}{AV_t}$$

- **Índice equalizado (GIV<sub>eq</sub>)** – calculou-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIV_{eq} = \frac{GIV_{aprov.}}{GIV_{max.}}$$

➤ **Fauna afetada**

- **Grau de impacto (GIFA)** - obteve-se o resultado do grau de impacto a partir da relação entre a vegetação perdida no aproveitamento e total da cobertura vegetal existente na bacia, conforme a expressão:

$$GIFA = \frac{PV}{PV_t}$$

- **Índice equalizado (GIFAeq)** - obteve-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIFAeq = \frac{GIFA_{aprov.}}{GIFA_{max.}}$$

➤ **Cálculo do indicador de impacto do Ecossistema Terrestre**

- **Índice** – este índice foi obtido pela média entre os dois indicadores ambientais (vegetação marginal, e fauna afetada), considerados de igual relevância.

MODO DE VIDA

- **Cidade base** – foi observada, por meio de imagem de satélite, a cidade mais próxima ao local de cada empreendimento hidrelétrico.
- **População urbana da cidade base** – obtida em Muninet (2007).
- **População rural nos municípios atingidos** - obtida em Muninet (2007).
- **Alterações nas condições de vida**
  - **Área produtiva perdida (ha)** – corresponde à área agrícola alagada, conforme consta na Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos Bacia do Rio Tocantins (BRASIL, 2007h). Sendo que, a UHE Jalapão e as PCHs Soninho ½ e Arara não são vislumbradas pela Avaliação Ambiental

Integrada da Empresa de Pesquisa Energética, para estas os valores foram considerados zero “0”.

• **Quebra no padrão de consumo:**

- **Nº de casas afetadas** – estimativa feita por meio da contagem das casas a serem alagadas, na imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000).
- **População atingida** – estimou-se, por meio de imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000) o número de casas afetadas em cada estabelecimento rural atingido e admitiu-se que para cada casa haveria seis pessoas. Desse modo, efetuou-se a multiplicação do número de casas afetadas pelo número de pessoas para se obter a população atingida.
- **Grau de impacto (GIQP)** – este foi calculado por meio da relação entre a população atingida e a população rural nos municípios atingidos, por meio da seguinte expressão:

$$GIQP = \frac{PA}{PR}$$

- **Índice equalizado (GIQPeq)** – obteve-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, conforme a fórmula a seguir:

$$GIQPeq = \frac{GIQP_{aprov.}}{GIQP_{max.}}$$

• **Modificação do índice de qualidade de vida (IQV):**

- **Incremento populacional** – os valores foram obtidos no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997), sendo que para os aproveitamentos Soninho ½ e Perdida II os valores foram estimados, de acordo com a potência instalada.

- **Grau de impacto (GIQV)** – foi determinado pela relação entre o incremento populacional (IP) e a população urbana (PU) da cidade base, por meio da seguinte fórmula:

$$GIQV = \frac{IP}{PU}$$

- **Índice equalizado (GIQVeq)** – calculou-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIQVeq = \frac{GIQV_{aprov.}}{GIQV_{max.}}$$

- **Grau de impacto (GIAC)** – calculou-se a média entre o grau de impacto da quebra no padrão de consumo e o grau de impacto da modificação do índice de qualidade de vida, de acordo com a expressão a seguir:

$$GIAC = \frac{GIQP + GIQV}{2}$$

- **Índice equalizado (GIACeq)** – obteve-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIACeq = \frac{GIAC_{aprov.}}{GIAC_{max.}}$$

➤ **Alteração no sistema de produção**

- **Número de fazendas afetadas** – estimou-se, por meio de imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000), o número de estabelecimentos rurais atingidos.
- **Grau de impacto (GIAS)** – calculou-se pela relação entre o número de fazendas afetadas por cada empreendimento e o número total de fazendas existentes na bacia, por meio da seguinte expressão:



$$GIAS = \frac{NF}{NF_i}$$

- **Índice equalizado (GIASeq)** – calculou-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIASeq = \frac{GIAS_{aprov.}}{GIAS_{max.}}$$

- **Grau de impacto (GIES)** – foi obtido pela média entre o grau de impacto das alterações nas condições de vida e o grau de impacto nos sistema de produção, por meio da seguinte fórmula:

$$GIES = \frac{GIAC + GIAS}{2}$$

- **Índice equalizado (GIESeq)** – foi obtido pela média entre o índice equalizado das alterações nas condições de vida e o índice equalizado nos sistema de produção:

$$GIESeq = \frac{GIACeq + GIASeq}{2}$$

### **Cálculo do indicador de impacto do Modo de Vida**

- **Índice** – para obter este cálculo foram considerados os fatores de ponderação segundo a metodologia do EIBH do rio dos Bois/GO, efetuando -se a média ponderada dos graus de impacto para cada indicador ambiental:
  - Estratégias de sobrevivência: peso 0,8;
  - Socialidade historicamente constituída: peso 0,2.

## ORGANIZAÇÃO TERRITORIAL

### ➤ Padrões de assentamento

- **Núcleos atingidos**

- **Número de núcleos urbanos atingidos (NA)** – dados obtidos no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997), com exceção dos aproveitamentos Soninho ½ e Perdida II, que foram obtidos por meio de imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000).

- **Grau de impacto (GINA)** – mediu-se o grau de impacto pela relação entre o número de núcleos impactados por um dado aproveitamento e o total de núcleos a serem impactados na bacia. Como havia possibilidade de o somatório ser igual a zero, e isso geraria uma inconsistência matemática (0/0), utilizou-se como denominador o somatório mais um. A equação é descrita a seguir:

$$GINA = \frac{NA}{NA_t + 1}$$

- **Índice equalizado (GINAeq)** - obteve-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia. Como havia possibilidade de o somatório ser igual a zero, e isso geraria uma inconsistência matemática (0/0), utilizou-se como denominador o somatório mais um, de acordo com a expressão a seguir:

$$GINAeq = \frac{GINA_{aprov.}}{GINA_{max.}}$$

- **População remanejada**

- **Nº de casas** – estimativa feita por meio da contagem das casas a serem alagadas utilizando imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000).

- **População diretamente afetada (PA)** – foi calculada considerando-se que cada casa alagada possui em média 6 habitantes, fazendo, portanto, a multiplicação entre esses dados.
- **Grau de impacto (GIPR)** – obteve-se da relação entre a população diretamente afetada de cada aproveitamento pelo somatório desta população na bacia, descrita pela seguinte fórmula:

$$GIPR = \frac{PA}{PA_t}$$

- **Índice equalizado (GIPReq)** - calculou-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIPReq = \frac{GIPR_{aprov.}}{GIPR_{max.}}$$

- **Vila residencial**
  - **Potência instalada prevista** – dados obtidos no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
  - **Vila da obra (nº de pessoas)** – corresponde ao incremento populacional utilizado na planilha “Modos de Vida”. Esses valores foram obtidos no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997), sendo que para os aproveitamentos Soninho ½ e Perdida II os valores foram estimados, de acordo com a potência instalada.
  - **Cidade base** – referente à cidade base utilizada na planilha “Modos de Vida”.
- **População urbana da cidade base** – corresponde a população urbana da cidade base da planilha “Modos de Vida” (MUNINET, 2007).

- **Grau de impacto (GIVR)** - foi determinado pela relação entre a vila da obra (VO) e a população urbana (PU) da cidade base, descrita pela seguinte expressão:

$$GIVR = \frac{VO}{PU}$$

- **Índice equalizado (GIVReq)** - calculou-se o índice equalizado dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIVReq = \frac{GIVR_{aprov.}}{GIVR_{max.}}$$

- **Grau de impacto (GIPA)** – calculou-se fazendo a média entre os graus de impacto dos núcleos atingidos, da população remanejada e vila residencial, conforme a fórmula abaixo:

$$GIPA = \frac{GINA + GIPR + GIVR}{3}$$

- **Índice equalizado (GIPAEq)** – da mesma forma, para este foi feita a média entre os índices equalizados dos núcleos atingidos, da população remanejada e vila residencial, de acordo com a expressão a seguir:

$$GIPAEq = \frac{GINAEq + GIPReq + GIVReq}{3}$$

➤ **Fluxos de circulação e comunicação**

- **Equipamentos de produção, serviços e consumos**
  - **Agrícolas** – corresponde ao número de fazendas afetadas da planilha “Modos de Vida”, que foi estimado, por meio de imagem de satélite.
  - **Industriais (inclusive mineração)** – na bacia do rio do Sono não há indústrias, nem atividades de mineração significativas.

- **Grau de impacto (GIEP)** – calculou-se pelo somatório do produto entre o número de fazendas afetadas (agrícolas) e o fator de reversibilidade com o número de indústrias (inclusive mineração) e o fator de reversibilidade para cada aproveitamento.

O resultado obtido foi dividido pelo somatório do produto entre o total do número de fazendas afetadas da bacia e o fator de reversibilidade, com o total do número de indústrias (inclusive mineração) e o fator de reversibilidade, conforme a expressão a seguir:

$$GIEP = \frac{EP_1 \cdot FR_1 + EP_2 \cdot FR_2 + (\dots) + EP_n \cdot FR_n}{FR_1 \cdot \sum EP_1 + FR_2 \cdot \sum EP_2 + (\dots) + FR_n \cdot \sum EP_n}$$

- **Índice equalizado (GIEPeq)** - obteve-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, de acordo com a fórmula abaixo:

$$GIEPeq = \frac{GIEP_{aprov.}}{GIEP_{max.}}$$

- **Fatores de reversibilidade**

- **Fator de reversibilidade 1** - aplicado aos impactos facilmente reversíveis através de soluções técnicas simples e a custos compatíveis. (Exemplo: melhoria de acessos alternativos a estradas de fazenda e vicinais interrompidas, ou construção de novas casas, quando a atualmente habitada for atingida);
- **Fator de reversibilidade 2** - aplicado a impactos cuja reversibilidade é simples, porém depende de soluções técnicas um pouco mais elaboradas e com custos compatíveis, embora eventualmente mais altos. (Exemplo: desvio de estradas municipais de tráfego permanente);
- **Fator de reversibilidade 3** - aplicado aos casos onde a solução para o impacto é possível, porém com complexidade e custos expressivos. (Exemplo: relocação de eixos viários estaduais ou de equipamentos de produção e/ou armazenamento mais sofisticados);

- **Fator de reversibilidade 4** - aplicados aos casos em que a reversão do impacto é impossível ou pode inferir na viabilidade da obra em vista das conseqüências sócio-econômicas e/ou custo. (Exemplo: alongamento definitivo de pontes e trechos de estradas federais asfaltadas e de equipamentos de produção).
- **Infra-estrutura viária atingida (km)**
  - **Estradas de fazenda** – dado obtido por meio de imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000).
  - **Tráfego permanente** – dado obtido por meio de imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000).
  - **Grau de impacto (GIIV)** - este foi calculado pelo somatório do produto entre estradas de fazendas afetadas e o fator de reversibilidade para cada aproveitamento, com o produto de tráfego permanente e o fator de reversibilidade.

Este resultado foi dividido pelo somatório do produto entre o total de estradas de fazendas afetadas da bacia e o fator de reversibilidade, com o produto do total de tráfego permanente da bacia e o fator de reversibilidade, conforme a equação descrita abaixo:

$$GIIV = \frac{E_1 \cdot FR_1 + E_2 \cdot FR_2 + (\dots) + E_n \cdot FR_n}{FR_1 \cdot \Sigma E_1 + FR_2 \cdot \Sigma E_2 + (\dots) + FR_n \cdot \Sigma E_n}$$

- **Índice equalizado (GIIVeq)** – calculou-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, descrita pela expressão abaixo:

$$GIIVeq = \frac{GIIV_{aprov.}}{GIIV_{max.}}$$

- **População atingida**
  - **População diretamente afetada** – foi anteriormente calculado, na mesma planilha, quando se tratou de “população remanejada”.
  - **Grau de impacto (GIPR)** – este foi calculado da mesma forma que o da “população remanejada”, conforme mostrado a seguir:

$$GIPR = \frac{PA}{PA_i}$$

- **Índice equalizado (GIPReq)** - obteve-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIPReq = \frac{GIPR_{aprov.}}{GIPR_{max.}}$$

- **Grau de impacto (GIFC)** - calculou-se fazendo a média entre os graus de impacto dos equipamentos de produção, serviços e consumos; infra-estrutura viária atingida e população atingida, descrita pela equação a seguir:

$$GIFC = \frac{GIEP + GIIV + GIPR}{3}$$

- **Índice equalizado (GIFCeq)** - da mesma forma, para este foi feita a média entre os índices equalizados dos equipamentos de produção, serviços e consumos; infra-estrutura viária atingida e população atingida, de acordo com a fórmula a seguir:

$$GIFCeq = \frac{GIEPeq + GIIVeq + GIPReq}{3}$$

➤ **Cálculo do indicador de impacto da Organização territorial**

- **Índice** – este índice foi obtido pela média entre os três indicadores ambientais (fluxo de circulação e comunicação, padrões de assentamento e mobilidade, e comprometimento político-administrativo), considerados de igual relevância.

## Indicadores Econômicos

Esta planilha foi feita com o objetivo de subsidiar informações para a construção do componente síntese “Base Econômica”. Portanto, nesta são apresentados os seguintes dados e cálculos:

- ❖ **Municípios atingidos** – foram identificados os municípios que serão atingidos pelos empreendimentos previstos, de acordo com inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- ❖ **Área inundada por município (ha)** - consiste na área que será atingida nos municípios de cada empreendimento, que foi obtida por meio do *software Arc View*.
- ❖ **Área inundada do empreendimento (ha)** – esta área foi obtida na planilha “Ecosistemas aquático”, que foi retirada do inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- ❖ **Área do município (ha)** – disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE - <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 15 ago. 2007.
- ❖ **Valor da produção agropecuária (R\$ x 10<sup>6</sup>)** – este valor encontra-se no site do IBGE, no Banco de Dados – cidades. Foi considerado o valor adicionado na agropecuária, que consta no Produto Interno Bruto - PIB de 2004. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 22 ago. 2007.
- ❖ **População rural dos municípios atingidos** – disponível em Muninet (2007).
- ❖ **Porcentagem do município no interior da bacia** – este dado foi obtido por meio do *software Arc View*, considerando cada município que será atingido pelos empreendimentos.

Posteriormente, foi feito um cálculo para se obter a **porcentagem atingida dos municípios na bacia**, por meio do somatório dos produtos entre as porcentagens dos municípios no interior da bacia (dados acima) e as áreas inundadas de cada município dividido pela área inundada do empreendimento.

- ❖ **Valor médio da produção agropecuária nos municípios (R\$ x 10<sup>6</sup>)** – este foi calculado por meio do somatório dos produtos entre o valor da produção agropecuária e as áreas inundadas de cada município dividido pela área inundada do empreendimento.



Em seguida, calculou-se a **porcentagem do valor médio da produção agropecuária atingida nos municípios (valor da produção municipal)** efetuando-se a o produto do valor médio da produção agropecuária nos municípios e a **porcentagem atingida dos municípios na bacia**.

- ❖ **Valor da produção no interior da bacia (R\$ x 10<sup>6</sup>)** – calculou-se a porcentagem por meio do produto entre o valor da produção agropecuária e a porcentagem do município no interior da bacia.
- ❖ **Produtividade (R\$/ha)** – foi obtido pela relação entre o valor da produção agropecuária e a área do município (ha).
- ❖ **Produção por hectare** – obteve-se por meio do somatório dos produtos entre a produtividade (R\$/ha) de cada município e as áreas inundadas de cada município, dividido pela área inundada do empreendimento.
- ❖ **Produtividade per capita (população rural – R\$/ano)** – calculou-se o produto entre a “produção por hectare” e a “área do município”, dividido pela “população rural dos municípios atingidos”.
- ❖ **Número de empregos por 100 hectares** – obteve-se pela relação entre a “população economicamente ativa (PEA)” e a “área do município (km<sup>2</sup>)”.

### BASE ECONÔMICA

- **Comprometimento das atividades econômicas**
  - **Estabelecimentos atingidos**
    - **Agrícolas** - corresponde ao número de fazendas afetadas da planilha “Modos de Vida”, que foi estimado, por meio de imagem de satélite.
    - **Industriais (inclusive mineração)** – na bacia do rio do Sono não há indústrias, nem atividades de mineração significativas.
    - **Armazéns** – os aproveitamentos previstos na bacia do rio do Sono não atingirão diretamente os núcleos urbanos, portanto os armazéns não serão afetados significativamente.
    - **Comerciais** – os aproveitamentos previstos não atingirão diretamente os núcleos urbanos, portanto o comércio não será atingido significativamente.
    - **Grau de impacto (GIEA)** – consiste no somatório dos estabelecimentos agrícolas (EA), industriais (EI) e comerciais (EC) atingidos relacionando -se

este número com o total dos estabelecimentos agrícolas atingidos na bacia, conforme a expressão a seguir:

$$GIEA = \frac{EA + EI + EC}{EA_i}$$

- **Índice equalizado (GIEAeq)** - obteve-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia:

$$GIEAeq = \frac{GIEA_{aprov.}}{GIEA_{max.}}$$

- **Produção agropecuária afetada**
  - **Produção por hectare (R\$/ano)** – corresponde a “produção por hectare”, presente na tabela “Indicadores Econômicos”.
  - **Área produtiva alagada (ha)** – corresponde a “área produtiva perdida” da planilha “Modos de Vida”.
  - **Valor da produção municipal (R\$ x 10<sup>6</sup>)** - corresponde a “porcentagem do valor médio da produção agropecuária atingida nos municípios”, presente na coluna “valor médio da produção agropecuária nos municípios (R\$ x 10<sup>6</sup>)” da planilha “Indicadores Econômicos”.
  - **Grau de impacto (GIPA)** – obteve-se pelo produto entre produção por hectare (PH) e a área produtiva alagada (AP), dividido pelo valor da produção municipal (PM), conforme a expressão a seguir:

$$GIPA = \frac{PH \cdot AP}{PM}$$

- **Índice equalizado (GIPAeq)** - calculou-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, descrita abaixo:

$$GIPA_{eq} = \frac{GIPA_{aprov.}}{GIPA_{max.}}$$

- **Renda Suprimida**

- **Área produtiva alagada** – corresponde a área produtiva alagada da planilha “Base Econômica”.

- **Valor da produção perdida (VPP)** – obteve-se pelo produto entre a “produção por hectare” e a “área produtiva alagada”, descrita pela seguinte expressão:

$$VPP = PH \cdot AP$$

- **Grau de impacto (GIRS)** - consiste na relação entre o valor da “produção perdida” em cada aproveitamento pelo total desta produção na bacia, conforme a expressão a seguir:

$$GIRS = \frac{VPP}{VPP_t}$$

- **Índice equalizado (GIRSeq)** - obteve-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, de acordo com a seguinte fórmula:

$$GIRSeq = \frac{GIRS_{aprov.}}{GIRS_{max.}}$$

- **Número de empregos suprimidos**

- **População diretamente afetada** – este dado consta como “população diretamente afetada” na planilha “Organização Territorial”.

- **Grau de impacto (GIES)** – calculou-se a relação entre a “população diretamente afetada” (PA) e a “população rural nos municípios atingidos” (PR), esta presente na planilha “Modos de Vida”, conforme a expressão descrita a seguir:

$$GIES = \frac{PA}{PR}$$

- **Índice equalizado (GIESeq)** - obteve-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, de acordo com a expressão abaixo:

$$GIESeq = \frac{GIES_{aprov.}}{GIES_{max.}}$$

- **Grau de impacto (GIAE)** – calculou-se pela média entre os graus de impacto para os estabelecimentos atingidos, produção agropecuária afetada, renda suprimida e número de empregos suprimidos, conforme a expressão descrita a seguir:

$$GIAE = \frac{GIEA + GIPA + GIRS + GIES}{4}$$

- **Índice equalizado (GIAEq)** – foi obtido por meio da média entre os índices equalizados dos estabelecimentos atingidos, produção agropecuária afetada, renda suprimida e número de empregos suprimidos, de acordo com a seguinte fórmula:

$$GIAEq = \frac{GIEAeq + GIPAEq + GIRSeq + GIESeq}{4}$$

#### ➤ **Potencialidades atingidas**

- **Recursos minerais**

- **Alvarás (NA)** – na bacia do rio do Sono não há atividades de mineração significativas.
- **Requerimentos (NR)** – na bacia do rio do Sono não há atividades de mineração significativas.

- **Grau de impacto (GIRM)** – calculou-se por meio do somatório entre o número de “alvarás” e o número de “requerimentos”, dividido pelo total do somatório entre os alvarás e requerimentos, de acordo com a seguinte fórmula:

$$GIRM = \frac{NA + NR}{NA_t + NR_t}$$

- **Índice equalizado (GIRMeq)** – calculou-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, conforme a expressão a seguir:

$$GIRMeq = \frac{GIRM_{aprov.}}{GIRM_{max.}}$$

- **Potencial turístico**

- **Cavernas (nº)** – na bacia do rio do Sono não há cavernas que serão atingidas pelos aproveitamentos.
- **Cachoeiras e corredeiras** – este dado consta na planilha “Ecossistemas Aquáticos”, como “número de corredeiras no barramento”.
- **Beleza cênica** – este dado foi obtido por meio de imagem de satélite do programa Google Earth Pro (ano 2000).
- **Grau de impacto (GIPT)** – calculou-se por meio do somatório entre o número de “cavernas” (NC), “cachoeiras e corredeiras” (NCC) e “beleza cênica” (NB), dividido pelo total do somatório entre estes, conforme descrito pela seguinte expressão:

$$GIPT = \frac{NC + NCC + NB}{NC_t + NCC_t + NB_t}$$

- **Índice equalizado (GIPTeq)** – obteve-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, de acordo com a seguinte fórmula:

$$GIPTeq = \frac{GIPT_{aprov.}}{GIPT_{max.}}$$

- **Recursos hídricos atingidos** – refere-se aos diferentes usos da água que podem ser comprometidos após a instalação dos aproveitamentos hidrelétricos.
- **Grau de impacto (GIPA)** – obteve-se por meio da média entre os graus de impacto para os recursos minerais, potencial turístico, fazendo parte desta média, os recursos hídricos atingidos, conforme a seguinte expressão:

$$GIPA = \frac{GIRM + GIPT + RH}{3}$$

- **Índice equalizado (GIPAEq)** – calculou-se por meio da média entre os índices equalizados dos recursos minerais, potencial turístico, fazendo parte desta média, os recursos hídricos atingidos, de acordo com a expressão descrita a seguir:

$$GIPAEq = \frac{GIRMeq + GIPTeq + RH}{3}$$

#### ➤ **Arrecadação municipal**

- **Comprometimento das finanças municipais**

- **Produção nos municípios afetados (R\$/ano)** – refere-se ao “valor da produção municipal” da planilha “Base Econômica”.
- **Valor da produção afetada (R\$/ano)** – calculou-se pelo produto entre “produção por hectare” e “área produtiva alagada”, presentes na planilha “Base Econômica”, conforme a expressão a seguir:

$$VPA = PH \cdot APA$$

- **Grau de impacto (GIAM)** – obteve-se pela relação entre o “valor da produção afetada” (VPA) e a “produção nos municípios afetados” (PMA), de acordo com a expressão descrita a seguir:

$$GIAM = \frac{VPA}{PMA}$$

- **Índice equalizado (GIAMeq)** - obteve-se da relação entre o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, de acordo com a seguinte fórmula:

$$GIAMeq = \frac{GIAM_{aprov.}}{GIAM_{max.}}$$

- **Cálculo do indicador de impacto da Base Econômica**
  - **Índice** – este índice foi obtido pela media ponderada entre os três indicadores ambientais (comprometimento de atividades econômicas, expressão dos recursos potenciais atingidos, e comprometimento da arrecadação municipal):
    - Comprometimento de Atividades Econômicas: peso 0,60;
    - Expressão dos Recursos Potenciais Atingidos: peso 0,10;
    - Comprometimento da Arrecadação Municipal: peso 0,30.

### **Indicadores Populações Tradicionais e Assentamentos**

Esta planilha foi feita com o objetivo de subsidiar informações para a construção do componente síntese “Populações Tradicionais e Assentamentos”. Portanto, nesta são apresentados os seguintes dados:

- **População Indígena**
  - ❖ **Proximidade do Empreendimento** – observou-se a proximidade de terras indígenas com os possíveis empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio do Sono.
  - ❖ **Terra Indígena** – a partir dos bancos de dados georreferenciados da Agência Nacional de Águas - ANA e das Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE foi possível a espacialização da área de estudo e a visualização da terra indígena Xerente na bacia do rio do Sono.
  - ❖ **Município** – este dado foi obtido pelo mesmo método descrito para a terra indígena.

- ❖ **Área Total (ha)** – obteve-se o cálculo da área total a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.
- ❖ **Área (ha) no município pertencente a bacia do rio do Sono** – obteve-se o cálculo da área atingida a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.
- ❖ **População** – obteve-se esta informação a partir dos bancos de dados georreferenciados da Agência Nacional de Águas - ANA e das Centrais Elétricas do Norte - ELETRONORTE.
- ❖ **Área Atingida (ha)** – obteve-se o cálculo da área atingida a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.

➤ **Populações Quilombolas**

- ❖ **Proximidade do Empreendimento** – observou-se a proximidade de comunidades quilombolas com os possíveis empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio do Sono.
- ❖ **Comunidade** – a partir de pesquisas bibliográficas foi possível localizar as comunidades presentes nos municípios da bacia em estudo.
- ❖ **Município** – este dado foi obtido pelo mesmo método descrito para comunidade.
- ❖ **Área Total (ha)** – foi possível a partir de contatos realizados por telefone com a comunidade local.
- ❖ **Área Atingida (ha)** – obteve-se o cálculo da área atingida a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.

➤ **Assentamentos INCRA**

- ❖ **Proximidade do Empreendimento** – observou-se a proximidade de assentamentos do INCRA com os possíveis empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio do Sono.
- ❖ **Assentamento** – a partir dos bancos de dados georreferenciados da Agência Nacional de Águas - ANA e das Centrais Elétricas do Norte - ELETRONORTE foi possível a espacialização da área de estudo e a visualização dos assentamentos do INCRA na bacia do rio do Sono.
- ❖ **Município** – este dado foi obtido pelo mesmo método descrito para assentamento.



- ❖ **Área Total (ha)** – obteve-se o cálculo da área total a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.
- ❖ **Área (ha) no município pertencente a bacia do rio do Sono** – obteve-se o cálculo da área atingida a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.
- ❖ **Capacidade de assentamento (nº de famílias)** – obteve-se esta informação a partir dos bancos de dados georreferenciados da Agência Nacional de Águas - ANA e das Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE.
- ❖ **Famílias assentadas** – este dado foi obtido pelo mesmo método descrito para a capacidade de assentamentos (nº de famílias).
- ❖ **Área Atingida (ha)** – obteve-se o cálculo da área atingida a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.

#### POPULAÇÕES TRADICIONAIS E ASSENTAMENTOS

Esta planilha apresenta dados para “Populações indígenas”, “Populações quilombolas” e “Assentamentos do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA”, sendo que no EIBH não consta a metodologia para esse componente -síntese. Como foi constatado na área de estudo a presença de populações tradicionais e assentamento houve necessidade de aplicar um indicador de impacto para este componente -síntese, a metodologia utilizada é descrita a seguir:

##### ➤ **População Índigena**

- **Terra indígena** – a partir dos bancos de dados georreferenciados da Agência Nacional de Águas - ANA e das Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE foi possível a espacialização da área de estudo e a visualização da terra indígena Xerente na bacia do rio do Sono.
- **Município** – este dado foi obtido pelo mesmo método descrito para a terra indígena.
- **Área Total (ha)** – obteve-se o cálculo da área total a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.
- **Área Atingida (ha)** – obteve-se o cálculo da área atingida a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.

- **Grau de impacto (GIPI)** – este foi calculado por meio da relação entre a área atingida e a área total, conforme a expressão a seguir:

$$GIPI = \frac{AA}{AT}$$

- **Índice equalizado (GIPIeq)** – obteve-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, este cálculo foi feito de acordo com a seguinte fórmula:

$$GIPIeq = \frac{GIPI_{aprov.}}{GIPI_{max.}}$$

- **Populações Quilombolas** – não foi constatado nenhuma comunidade Quilombola que seria afetada pelos reservatórios dos empreendimentos.

➤ **Assentamentos INCRA**

- **Assentamento** – a partir dos bancos de dados georreferenciados da Agência Nacional de Águas - ANA e das Centrais Elétricas do Norte do Brasil - ELETRONORTE foi possível a espacialização da área de estudo e a visualização dos assentamentos do INCRA na bacia do rio do Sono.
- **Município** – este dado foi obtido pelo mesmo método descrito para assentamento.
- **Área Total (ha)** – obteve-se o cálculo da área total a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.
- **Área Atingida (ha)** – obteve-se o cálculo da área atingida a partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.
- **Grau de impacto (GIPQ)** – este foi calculado por meio da relação entre a área atingida e a área total, conforme a expressão a seguir:

$$GIPQ = \frac{AA}{AT}$$

- **Índice equalizado (GIPQeq)** – obteve-se o índice equalizado, dividindo-se o grau de impacto de cada empreendimento pelo maior grau de impacto da bacia, de acordo com a seguinte fórmula:

$$GIPQ_{eq} = \frac{GIPQ_{aprov.}}{GIPQ_{max.}}$$

- **Cálculo do indicador de impacto das Populações Tradicionais e Assentamentos**
  - **Índice** – para se obter este índice foi feita a média entre os três indicadores ambientais (população indígena, populações tradicionais e assentamentos do INCRA).
  - **Índice** – para obter este cálculo efetuou-se a média ponderada dos graus de impacto para cada indicador ambiental:
    - População indígena: peso 0,45;
    - Populações quilombolas: peso 0,45;
    - Assentamentos do INCRA: peso 0,10.

## RESULTADOS

- **Grau de impacto – analítico** – apresenta os “graus de impacto” obtidos para cada componente-síntese (ecossistema aquático, ecossistemas terrestres, modos de vida, organização territorial e base econômica), bem como o índice ambiental obtido a partir destes.
  - **Ecossistema aquático** – este apresenta os graus de impacto para “hierarquia fluvial”, “ambientes estratégicos”, “rotas migratórias”, “perda de ambientes de alta energia”, “qualidade da água”, “perda de vegetação marginal”, e o índice obtido por meio da media ponderada, no qual os pesos para cada um desses dados foi mostrado anteriormente.
  - **Ecossistemas terrestres** - este mostra os graus de impacto obtidos para “perda de vegetação marginal”, “perda de outras fisionomias de vegetação”, “relevância da fauna afetada”, e o índice calculado por meio da media simples.
  - **Modos de vida** – os graus de impacto foram calculados para “estratégias de sobrevivência”, “socialidade historicamente constituída”, e o índice obtido por meio da media ponderada, no qual os pesos para cada um desses dados foi mostrado anteriormente.
  - **Organização territorial** – os graus de impacto foram obtidos para “fluxos de circulação e comunicação”, “padrões de assentamento e mobilidade”,

“comprometimento político-administrativo”, e o índice calculado por meio da media simples.

- **Base econômica** – os graus de impacto foram calculados para “comprometimento de atividades econômicas”, “expressão dos recursos potenciais atingidos”, “comprometimento da arrecadação municipal”, e o índice calculado por meio da media simples.
  - **Populações tradicionais e assentamentos** – os graus de impacto foram obtidos para “população indígena”, “populações quilombolas” e “assentamentos do INCRA”, no qual os pesos para cada um desses dados foi apresentado acima.
- **Grau de impacto – sintético** – consiste em uma compilação dos índices ambientais obtidos anteriormente na tabela “Grau de impacto - analítico” para cada componente-síntese (ecossistema aquático, ecossistemas terrestres, modos de vida, organização territorial, base econômica e populações tradicionais e assentamentos).
- **Índice equalizado – analítico** – apresenta os “índices equalizados” obtidos para cada componente-síntese (ecossistema aquático, ecossistemas terrestres, modos de vida, organização territorial, base econômica e populações tradicionais e assentamentos), bem como o índice ambiental obtido a partir de stes. Os cálculos para o índice foram feitos da mesma forma da tabela “Grau de impacto – analítico”.
- **Índice equalizado – sintético** – consiste em uma compilação dos índices ambientais obtidos anteriormente na tabela “Índice equalizado - analítico” para cada componente-síntese (ecossistema aquático, ecossistemas terrestres, modos de vida, organização territorial, base econômica e populações tradicionais e assentamentos), gerando o índice médio da bacia do rio do Sono.

## METODOLOGIA BENCHMARK

Na planilha “BenchMark” consta a tabela “Padrões de energia da bacia do rio do Sono”, na qual são apresentados dados que subsidiaram a montagem das tabelas seguintes:

- **Energia firme (MW)** – estes valores foram obtidos no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO

TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997), para cada aproveitamento (Rio Sono, Novo Acordo, Brejão, Cachoeira da Velha, Jalapão, Soninho 1/2 , Arara e Perdida II).

- **Profundidade média (m)** – a profundidade média pode ser obtida por meio da relação entre o volume e a área inundada.
- **Área inundada (km<sup>2</sup>)** – dado obtido no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Volume (10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)** – este também foi obtido no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Vazão MLT (m<sup>3</sup>/s)** – dado obtido no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).
- **Área do reservatório (10<sup>3</sup> km<sup>2</sup>)** – foi calculada partir da ferramenta de geoprocessamento ArcGis.
- **Vazão MLT (m<sup>3</sup>/dia)** – a vazão anterior, dada em m<sup>3</sup>/s, foi transformada em m<sup>3</sup>/dia. Multiplicou-se a primeira vazão por 86400 segundos.
- **Tempo de residência (dias)** – calculou-se pela relação entre o volume e a vazão (m<sup>3</sup>/dia), conforme a fórmula a seguir:

$$TR = \frac{Vol}{Q}$$

- **População atingida** – foi estimada, por meio de imagem de satélite, o número de casas afetadas em cada estabelecimento rural atingido e admitiu -se que para cada casa haveria seis pessoas. Desse modo, efetuou -se a multiplicação do número de casas afetadas pelo número de pessoas para se obter a população atingida. Esta informação foi obtida na planilha “Modos de Vida”, feita para a metodologia do EIBH.
- **Perímetro do reservatório** – este valor foi obtido a partir do software Arc View.

As tabelas “Benchmarks” apresentam os indicadores selecionados:

- **Rios** - foram consideradas as drenagens principais de cada empreendimento, que constam no inventário hidrelétrico da bacia do rio do Sono (COMPANHIA DE ENERGIA ELÉTRICA DO ESTADO DO TOCANTINS. UNION ENGENHARIA LTDA, 1997).

➤ **Impacto de inundação**

- **MW firme x km<sup>2</sup> de reservatório** – foi feita a relação entre “energia firme (EF)” e “área do reservatório (AR)”, segundo a seguinte expressão:

$$MR = \frac{EF}{AR}$$

- **MW firme x km<sup>2</sup> de área inundada** – calculou-se a relação entre “energia firme (EF)” e “área inundada (AI)”, de acordo com a fórmula a seguir :

$$MAI = \frac{EF}{AI}$$

- **MW firme x população atingida** – obteve-se por meio da relação entre “energia firme (EF)” e “população atingida (PA)”, conforme a seguinte expressão:

$$MPA = \frac{EF}{PA}$$

➤ **Risco de erosão**

- **MW firme x perímetro do reservatório** – foi calculado a partir da relação entre “energia firme (EF)” e “perímetro do reservatório (PR)”, de acordo com a expressão a seguir:

$$MPR = \frac{EF}{PR}$$

➤ **Risco de eutrofização**

- **Tempo de residência do reservatório (dias)** – foi obtida pela relação entre “energia firme (EF)” e “tempo de residência (TR)”, conforme a seguinte fórmula:

$$MTR = \frac{EF}{TR}$$

- **Profundidade média do reservatório (m)** – calculou-se por meio da relação entre “energia firme (EF)” e “profundidade média (PM)”, de acordo com a expressão a seguir:

$$MPM = \frac{EF}{PM}$$

A tabela “Resultados”, apresenta de forma simplificada os indicadores médios obtidos a partir das tabelas “Benchmarks”, e também calcula o índice médio que varia de 0 a 1. Esta tabela refere-se aos seguintes dados:

- **Indicador Médio/ Impacto de Inundação** – foi feita a média entre os elementos presentes na tabela “Indicadores Ambientais” que geram o impacto de inundação, para cada empreendimento, de acordo com seguinte expressão:

$$IMII = \frac{MR + MAI + MPA}{3}$$

- **Indicador Médio/ Risco de Erosão** – foi utilizado o valor obtido anteriormente em “Indicadores Ambientais”, para “MW Firme x Perímetro do Reservatório”, que corresponde aos indicadores do reservatório – risco de erosão.
- **Indicador Médio/ Risco de Eutrofização** – obteve-se a média entre os elementos da tabela “Benchmark” que geram o risco de eutrofização, segundo a fórmula a seguir:

$$IMRE = \frac{TR + PMR}{2}$$

- **Indicador Médio Total** – foi calculada a média entre os indicadores médios de impacto de inundação, risco de erosão e risco de eutrofização, para cada aproveitamento, de acordo com a seguinte fórmula:

$$IMT = \frac{IMII + IMRER + IMRE}{3}$$

- **Índice Médio** – foi obtido pela relação entre o maior indicador médio total e o indicador médio total de cada empreendimento, conforme a seguinte expressão:

$$IM = \frac{IMT_{\max.}}{IMT_{\text{aprov.}}}$$



**APÊNDICE C - ENTREVISTA COM REPRESENTANTE DO MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO DO ESTADO DO TOCANTIS**

**ENTREVISTADA – Sra. Sandra Delmondes**

**1. Há reflexões sobre os empreendimentos hidrelétricos projetados para a bacia do rio do Sono nas reuniões da CIAT Jalapão?**

Não há porque a sociedade ainda está alheia às obras e seus impactos ambientais, sociais, econômicos. Geralmente as conversas são entre os poderes, as discussões não acontecem com o povo, no espaço dos conselhos municipais. Se existir ela ficou limitada aos órgãos ambientais que têm escritórios no território que são o Instituto Natureza do Tocantins - NATURATINS e o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA.

**2. Qual o conhecimento dos representantes da sociedade local sobre a implantação de usinas hidrelétricas na região?**

Quase nenhum, se limita em alguns casos apenas aos gestores públicos, suas equipes e aos órgãos ambientais. A sociedade no seu conjunto toma conhecimento quando as obras são iniciadas, não há discussão.

**3. Em que medida os impactos gerados por essas usinas são levados em conta, e como são avaliados pelos representantes de modo geral?**

Hoje em dia, as comunidades que estão próximas aos rios Balsas e Ponte Alta, reclamam muito do desaparecimento dos peixes, que estão ficando escassos; de áreas férteis que foram alagadas; entre outras. É uma proposta do Conselho Municipal de Ponte Alta do Tocantins criar um instrumento para reivindicar junto a empresa responsável a construção de escadas para garantir a subida dos peixes e povoamento do rio. No momento não tenho informação de outros, nem como estão procedendo para solucionar.

**4. No seu ponto de vista, qual o grau de percepção (ruim, regular, bom ou ótimo) dos representantes dos municípios pertencentes ao território do Jalapão sobre o ambiente onde estão inseridos?**

<b>PARÂMETROS</b>	<b>RUIM</b>	<b>REGULAR</b>	<b>BOM</b>	<b>ÓTIMO</b>
Emprego e renda			X	
Sistema educacional		X		
Sistema de saúde		X		
Sistema elétrico		X		
Sistema de comunicação		X		
Saneamento básico		X		
Sistema de transporte		X		
Patrimônio paisagístico				X
Turismo e lazer				X

**5. Já se observa conflitos de interesse de uso da água e uso do território? Pode citar outros conflitos no território do Jalapão?**

Não, por uso da água até o momento são inexistentes. Mas não posso afirmar com certeza, tendo em vista que o meu tempo de Jalapão é muito curto apenas 18 meses. Outros, não sei se chamaremos de conflitos, que é o problema das queimadas em áreas de proteção ambiental, praticados por pecuaristas em determinadas épocas do ano para garantir a pastagem para o gado criado solto. Isso ameaça o ecossistema, tendo em vista a sua fragilidade nesta região.