

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
INSTITUTO DE ELETROTÉCNICA E ENERGIA**

**CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO AMBIENTAL E  
NEGÓCIOS NO SETOR ENERGÉTICO**

**DOUGLAS VALADÊ DE ALMEIDA CAMPOS**

**O USO DE INDICADORES AMBIENTAIS DO MEIO FÍSICO E  
ECOSSISTEMAS TERRESTRES NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL  
INTEGRADA DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS EM  
BACIAS HIDROGRÁFICAS NO BRASIL**

**SÃO PAULO  
2012**

DOUGLAS VALADÊ DE ALMEIDA CAMPOS

“O USO DE INDICADORES AMBIENTAIS DO MEIO FÍSICO E ECOSISTEMAS  
TERRESTRES NA AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA DE  
EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS EM BACIAS HIDROGRÁFICAS NO  
BRASIL”

Monografia para conclusão do Curso de  
Especialização em Gestão Ambiental e  
Negócios no Setor Energético do Instituto de  
Eletrotécnica e Energia da Universidade de  
São Paulo.

Orientador: Dra. Lorétti Portofé de Mello

SÃO PAULO  
2012

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

## RESUMO

CAMPOS, D.V.A. **O uso de indicadores ambientais do meio físico e ecossistemas terrestres na Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos em Bacias Hidrográficas no Brasil.** Monografia de especialização – Curso de Especialização em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo. 2012. 65 f.

O trabalho consiste numa revisão dos estudos de Avaliação Ambiental Integrada de aproveitamentos hidrelétricos realizados em diversas bacias hidrográficas no Brasil, com foco na identificação de indicadores ambientais adotados nesses estudos, especificamente com relação ao componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. A análise concentra-se em esclarecer a forma de organização das informações sobre tais indicadores em cada estudo, bem como as nomenclaturas utilizadas, seguida da seleção, conceituação e comparação qualitativa e quantitativa dos mesmos, apontando suas similaridades e diferenças. O objetivo é identificar aspectos e levantar questões que possam contribuir para o enriquecimento das discussões sobre o tema, visando a um futuro aperfeiçoamento do instrumento. Os resultados permitem concluir que os Termos de Referência estabelecidos para subsidiar a elaboração dos estudos de AAI, e que se encontravam disponíveis para consulta, possuem caráter genérico, dando margem à subjetividade na abordagem dos indicadores ambientais. Além disso, destaca-se a falta de padronização entre os estudos na construção dos indicadores, o que torna sua utilização complexa, quando não, impossível.

**Palavras-chave:** Bacias Hidrográficas. Estudos de Planejamento Ambiental. Avaliação Ambiental Integrada. Indicadores Ambientais.

## ABSTRACT

CAMPOS, D.V.A. **The use of environmental indicators of the physical environment and terrestrial ecosystems in Integrated Environmental Assessment of Hydroelectric Projects in River Basins in Brazil.** 2012. 65 f. Specialization monography – Environmental Management and Energy Sector Business of the Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

The study consists of a review of studies on integrated environmental assessment of hydroelectric performed in several river basins in Brazil, focusing on the identification of environmental indicators adopted in these studies, specifically with respect to the Physical and Biotic Environments. The analysis aims at clarifying how the indicators used in these studies were organized, as well as the terms used in each study and its selection in a qualitative and quantitative ways. By means of comparing the indicators adopted in these studies, their similarities and differences were listed. The goal is to identify issues and raise questions that can contribute to enrich the discussions, aiming at achieving a future improvement of the instrument. The results showed that the Terms of Reference generated to the development of the studies, which are available for consultation at the EPE homepage, are generic, and give birth to subjectivity in the use of the environmental indicators. Besides, among the studies, there is a lack of standardization in the construction of the indicators, making their utilization difficult, or even impossible.

**Keywords:** River Basins. Studies of Environmental Planning. Integrated Environmental Assessment.Environmental Indicators.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2. AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA: ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES</b> .....	10
2.1. Referencial Teórico .....	10
2.2. Estrutura da Avaliação Ambiental Integrada .....	22
2.3. Indicadores/Índices.....	26
2.4. Indicadores Ambientais do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres.....	28
2.4.1. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (BRASIL, EPE, 2007a).....	28
2.4.2. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (BRASIL, EPE, 2007b).....	31
2.4.3. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (BRASIL, EPE, 2007c).....	32
2.4.4. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins (BRASIL, EPE, 2007d).....	33
2.4.5. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba (BRASIL, EPE, 2007e).....	35
2.4.6. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BRASIL, EPE, 2007f).....	37
2.4.7. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires (BRASIL, EPE, 2009).....	38
2.4.8. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Juruena (BRASIL, EPE, 2010).....	40
2.4.9. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Branco (BRASIL, EPE, 2011a).....	41
2.4.10. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jari (BRASIL, EPE, 2011b).....	42
2.4.11. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia (BRASIL, EPE, 2011c).....	43
2.4.12. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (BRASIL, EPE, 2011d).....	44
2.5. Análise Comparativa.....	45
<b>3. CONCLUSÃO</b> .....	56
<b>4. REFERÊNCIAS</b> .....	60

## 1. INTRODUÇÃO

O aumento da disponibilidade de energia elétrica é fator *sine qua non* para promover maior progresso econômico ao Brasil e, conseqüentemente, gerar melhorias nas condições de vida da população. Para garantir a disponibilidade desse insumo, o sistema elétrico necessita ser norteado por medidas que promovam a segurança no fornecimento de energia como, por exemplo, a diversificação de sua matriz energética. Todavia, questões de ordem econômica, muitas vezes ditadas pela abundância natural de determinada fonte no país, devem ser consideradas. Dessa forma, é compreensível a grande participação da hidroeletricidade na matriz energética brasileira (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005). A priorização por essa forma de geração é corroborada por Bortoleto (2001) ao afirmar que as usinas hidrelétricas foram difundidas no Brasil como a melhor e mais viável forma de produção de energia elétrica.

Segundo o Plano Nacional de Energia – PNE 2030 (BRASIL, EPE, 2007), a produção de eletricidade no Brasil é maciçamente proveniente de usinas hidrelétricas, cuja geração representou, em 2005, um total de 75% da potência instalada no país, gerando 93% da energia elétrica requerida no Sistema Interligado Nacional. Esse estudo cita que cerca de 30% do potencial hidrelétrico nacional foi aproveitado, ressaltando o grande potencial ainda a ser explorado (estimado em 90 GW de acordo com inventários hidrelétricos elaborados até aquele ano). Já o Plano Decenal de Energia – PDE 2020 (BRASIL, EPE, 2011) estima que até o ano de 2020 entrem em operação novas usinas hidrelétricas que, juntas, somam 18.971 MW de potência total. Tais empreendimentos correspondem àqueles cujos projetos já foram concedidos e aos projetos indicativos cujos estudos estavam em fase de conclusão (ou seja, a serem viabilizados).

Contudo, embora sejam indiscutíveis as inúmeras vantagens oriundas da produção de eletricidade, deve-se ressaltar que a implantação de aproveitamentos hidrelétricos resulta em diversos impactos socioambientais negativos. Tais impactos ocorrem tanto na fase de construção quanto na fase de operação dessas usinas (SOUSA, 2000). Além disso, conforme citado por Bortoleto (2001), os impactos causados à região onde são construídos os empreendimentos hidrelétricos são complexos e ultrapassam os limites físicos de sua área de implantação, uma vez que se trata de obras de grande abrangência geográfica.

Para que sejam minimizados os impactos negativos e otimizados os impactos positivos decorrentes da implantação e operação desses aproveitamentos, é necessário que as questões

ambientais sejam contempladas desde o início do projeto, perdurando ao longo da toda sua vida útil (DZEDZEJ et al., 2011). Tucci e Mendes (2006) indicam que, devido ao modelo hidroelétrico no qual se baseia a matriz energética nacional, é primordial que as articulações entre os diversos setores na economia sejam orientadas no sentido de administrar os conflitos existentes entre a abordagem do aproveitamento ótimo energético e a necessidade de adoção de medidas que visem à conservação ambiental, básicas ao desenvolvimento sustentável.

Nesse contexto, ressalta-se a importância da aplicação de instrumentos de gestão ambiental, como a Avaliação Ambiental Integrada de Bacias – AAIB.

Ainda segundo os mesmos autores, esse instrumento deve ser utilizado anteriormente ao processo de licenciamento ambiental dos aproveitamentos hidrelétricos e deve contemplar uma abordagem ambiental integrada para avaliar a implantação dessa tipologia de empreendimento, considerando seus efeitos cumulativos e sinérgicos sobre os recursos naturais e as populações humanas, tendo-se a bacia hidrográfica como unidade territorial para gestão dos recursos hídricos (TUCCI; MENDES, 2006).

O primeiro estudo dessa natureza, em âmbito federal, denominado de “Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos localizados na Bacia do Rio Uruguai – AAIB” foi realizado como resultado de um Termo de Compromisso firmado em 15 de setembro de 2004, entre Ministério de Minas e Energia – MME, Ministério de Meio Ambiente – MMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Advocacia Geral da União – AGU, Empresa Energética Barra Grande S.A. – BAESA e Ministério Público Federal. Tendo sido concluído em 2007 sob responsabilidade da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, o estudo foi orientado por diretrizes metodológicas acordadas entre o Ministério do Meio Ambiente – MMA, o Comitê de Gestão Integrada de Empreendimentos de Geração do Setor Elétrico – CGISE, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, a Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler do Rio Grande do Sul – FEPAM, a Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina – FATMA e a própria EPE, e oficializadas por meio de um Termo de Referência datado de março de 2005 (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011c).

No bojo do escopo dos procedimentos metodológicos apresentados nesse Termo de Referência foram estabelecidos índices ambientais com o intuito de contribuir com a tomada de decisão, por parte dos órgãos ambientais licenciadores, quanto à viabilidade ambiental de cada empreendimento projetado na bacia (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005). Para a construção desses índices, foi necessário identificar indicadores ambientais “que permitam a

quantificação e qualificação dos efeitos de pressões sobre os ecossistemas terrestre, aquático e sobre as interações socioeconômicas, devido à implementação dos aproveitamentos hidrelétricos, considerando os usos do solo e dos recursos hídricos da bacia” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p.17).

Todavia, o referido Termo de Referência não define quais devem ser os indicadores a serem analisados num estudo dessa natureza, apontando, apenas, exemplos a serem utilizados, o que dá margem à subjetividade na seleção desses indicadores.

Observa-se que “o mesmo Termo de Referência tem sido utilizado para orientar a realização das demais AAI”, tendo sido realizados apenas alguns poucos acréscimos (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011c, p.21, grifo do autor).

Com base na problemática que envolve a questão da qualidade do Termo de Referência utilizado para embasar os estudos de Avaliação Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas e, dada a importância de tal estudo como instrumento de gestão ambiental, o presente trabalho pretende contribuir, mesmo que pontualmente, para o enriquecimento das discussões sobre o tema, visando a um futuro aperfeiçoamento do instrumento. Nesse sentido, objetiva realizar um levantamento dos indicadores ambientais adotados nesses estudos, especificamente com relação ao componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres, destacando a diversidade de parâmetros considerados em sua formulação e ressaltando as principais similaridades e diferenças existentes entre tais indicadores.

Para tanto, foi realizada uma pesquisa com base em dados bibliográficos, destacando-se as Avaliações Ambientais Integradas de Bacias disponibilizadas no sítio eletrônico da Empresa de Pesquisas Energética – EPE, sendo estas:

- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba do Sul.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba.

- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Doce.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Juruena.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Branco.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Jari.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia.
- Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi.

Para selecionar os indicadores supramencionados foi necessário realizar a análise da estrutura dos estudos de Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos na Bacia Hidrográfica para seleção dos capítulos que tratam do assunto em questão, tanto no que tange à seleção dos indicadores, como em relação à sua conceituação. Em seguida, foram levantadas as nomenclaturas definidas pelos estudos para agrupar os indicadores do componente-síntese em análise.

Equalizados os procedimentos metodológicos, os indicadores foram selecionados e conceituados, buscando-se sempre que possível utilizar as definições estabelecidas pelos próprios estudos.

Por fim, foi realizada a comparação quantitativa e qualitativa dos mesmos, ressaltando questões como: relação entre indicadores e suas variáveis, quantidade de indicadores utilizados pelos estudos para cada linha temática, repetição no uso de indicadores entre os estudos, uso de variáveis idênticas entre as AAI para compor diferentes indicadores, entre outras.

## 2. AVALIAÇÃO AMBIENTAL INTEGRADA: ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES

No presente capítulo, apresenta-se, inicialmente, uma revisão bibliográfica dos principais termos e conceitos que permeiam os estudos de Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos em Bacias Hidrográficas.

Na sequência, descreve-se a estrutura das AAI, conforme definido pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE e apresentado nos Termos de Referência desenvolvidos para subsidiar a elaboração desses estudos.

Em seguida, é feita uma breve exposição dos termos e conceitos de “índices” e “indicadores ambientais”, no que tange ao componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres, adotados pelos estudos, além da apresentação dos procedimentos metodológicos para sua definição.

Posteriormente, são citados os indicadores ambientais contemplados pelas AAI elaboradas entre os anos de 2007 e 2011.

Por fim, é feita uma análise comparativa desses indicadores, buscando-se ressaltar as principais diferenças e similaridade entre os mesmos.

### 2.1. Referencial Teórico

#### Referente às Bacias Hidrográficas

As Bacias Hidrográficas, também conhecidas como Bacias de Drenagem são áreas geográficas cujo conjunto de terras, através de desníveis nos terrenos, drenam as águas pluviais para locais de menor altitude, formando um conjunto de drenagens que irá descarregar toda a vazão efluente através de uma saída simples (SERGIPE, SEMARH, s/d, online).

Tal definição também é aceita pela Secretaria do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Sul, que entende por Bacia Hidrográfica “toda a área de captação natural de água da chuva que escoam superficialmente para um corpo de água (que dá nome à bacia) ou seu contribuinte”, cujos limites são estabelecidos por divisores de água – áreas mais elevadas do relevo. Tais bacias são formadas pelo conjunto de sub-bacias que, por sua vez, constituem extensões menores de terras, delimitadas pelos seus próprios divisores d’água e que reúnem

canais de drenagem (alimentados direta ou indiretamente por nascentes) que funcionam como contribuintes da bacia principal (RIO GRANDE DO SUL, SEMA, s/d, online).

Desta forma, as relações de causa e efeito da dinâmica natural e ação humana ocorridas no conjunto das sub-bacias permitem que as bacias hidrográficas sejam adotadas como unidades básicas para gestão dos recursos hídricos e, até mesmo, para gestão ambiental como um todo (RIO GRANDE DO SUL, SEMA, s/d, online). Nascimento e Villaça (2008) destacam que as bacias hidrográficas constituem a mais eficaz unidade de análise, planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, conceito reforçado por Oliveira e Revello (2009), ao definirem as bacias hidrográficas como importantes ferramentas de planejamento do espaço geográfico.

Já segundo o estabelecido pela Agenda 21, em seu capítulo que trata sobre a proteção da qualidade e do abastecimento dos recursos hídricos, “o manejo integrado dos recursos hídricos, inclusive a integração de aspectos relacionados à terra e à água deve ser feito ao nível de bacia ou sub-bacia de captação” (ECOLNEWS, s/d, online).

Nascimento e Villaça (2008) mencionam, ainda, que, devido às suas características, a bacia hidrográfica é considerada, em diversos países, como a mais apropriada unidade para o gerenciamento e otimização de seus usos múltiplos, transcendendo os limites políticos para uma delimitação física que permite, ainda, a análise do desenvolvimento econômico e social.

Tal entendimento é reforçado por Rutkowski e Santos (1998a) ao introduzirem as bacias hidrográficas como área primária em estudos de planejamento ambiental, devendo estas reconhecer e otimizar as potencialidade do meio natural, de maneira a torná-lo mais “sadio”.

Todavia, para Rutkowski e Santos (1998b, p.5) a determinação das bacias hidrográficas como unidade de estudo deve ser analisada com cautela, visto que tal delimitação pode se tornar inadequada,

[...] principalmente quando tal unidade territorial é entendida como uma “caixa preta”, onde fenômenos e interações são interpretados, considerando-se somente as informações de entrada e saída, face ao objeto de estudo em questão.

Os autores observam ainda que a dinâmica socioeconômica produz unidades homogêneas, as quais nem sempre coincidem com os limites das bacias hidrográficas, exemplificando que dados censitários, de infraestrutura e estatísticos normalmente são agrupados por municípios, cujas áreas limítrofes normalmente não correspondem à área da bacia (RUTKOWSKI e SANTOS, 1998b).

No Brasil, as primeiras ações que tomaram as bacias hidrográficas como unidade de gestão ambiental datam de 1976, quando foi firmado um acordo entre o Ministério de Minas e Energia e o governo do Estado de São Paulo com vistas a melhorar as condições sanitárias das bacias do Alto Tietê e Cubatão, cujos resultados positivos induziram à criação, dois anos mais tarde, do Comitê Especial de Estudos Integrados de Bacias Hidrográficas (CEEIBH) e, posteriormente, de diversos outros comitês executivos para outras bacias (PORTO; PORTO, 2008). Já no ano de 1986, com a publicação da Resolução CONAMA nº 001/86, surgiu, no âmbito federal, a necessidade de incorporar a bacia hidrográfica como área de influência de estudos de impacto ambiental elaborados para subsidiar o licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011c).

Quanto aos Comitês de Bacias Hidrográficas, observa-se que, atualmente, os mesmos integram o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (criado pela Lei 9433, de 8 de janeiro de 1997) e, como organismos colegiados, representam os diversos setores usuários das águas de suas respectivas bacias, conferindo-lhes poder de decisão sobre sua gestão (BRASIL, ANA, s/d, online).

### Referente aos Estudos de Planejamento Ambiental

Planejamento, na definição de OREA (1994, apud SILVA, 2003, p.6)

[...] é um veículo de integração e previsão ambiental. Ele garante a integração dos projetos, determinando a capacidade de suporte do meio para uma série de atividades atuais ou futuras, identificadas a partir dos recursos e processos naturais, das aptidões, atitudes da população e da potencialidade do sistema de núcleos e infraestruturas.

O processo de planejamento ambiental, fase inicial de qualquer gestão de recursos naturais, deve ser conduzido de tal forma que abranja as diversas relações da região em foco e do seu entorno (SANTOS; RUTKOWSKI, 1998b), buscando o melhor ordenamento da paisagem para que se cause o mínimo de alteração e degradação no ambiente.

Segundo DORNEY (1989, apud SILVA, 2003, p.8), o planejamento ambiental é realizado com vistas a efetuar um melhor ajuste entre o homem e a natureza, iniciando-se “com um processo de desenvolvimento, um processo governamental ou um processo de formulação de políticas”.

Para MENEGUZZO (2006, p.13), o planejamento ambiental pode ser conceituado como “uma forma de se preverem atividades que possam acarretar danos ao meio ambiente”. Já para LANNA (1995, apud MENEGUZZO, 2006, p.14), o planejamento ambiental consiste em

[...] um processo organizado de obtenção de informações, reflexão sobre os problemas e potencialidades de uma região, definição de metas e objetivos, definição de estratégias de ação, definição de projetos, atividades e ações, bem como definição do sistema de monitoramento e avaliação que irá retroalimentar o processo. Este processo visa organizar a atividade socioeconômica no espaço, respeitando suas funções ecológicas, de forma a promover o desenvolvimento sustentável.

No que tange aos marcos legais, ressalta-se a Lei nº 9433, de 8 de janeiro de 1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e dá outras providências, e tem dentre suas diretrizes, “a articulação do planejamento de recursos hídricos com o dos setores usuários e com os planejamentos regional, estadual e nacional” (BRASIL, 1997). Para tanto, dentre seus instrumentos, institui os Planos de Recursos Hídricos, definidos como “planos diretores que visam a fundamentar e orientar a implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e o gerenciamento dos recursos hídricos”, contendo: diagnóstico dos recursos hídricos; análises prospectivas de crescimento demográfico, evolução de atividades produtivas e modificações dos padrões de uso e ocupação do solo; balanço quali-quantitativo entre disponibilidades e demandas hídricas; medidas, programas e projetos a serem executados para atendimento às metas de racionalização de uso dos recursos hídricos; aumento da quantidade e qualidade dos recursos hídricos disponíveis, dentre outros.

Observa-se, ainda, a Lei nº 6938, de 31 de agosto de 1981, que, dentre outras providências, dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, tendo essa, como um de seus princípios, o “planejamento e fiscalização do uso dos recursos ambientais” (BRASIL, 1981). Para tanto, a lei institui diversos instrumentos, dos quais se destacam a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento e revisão de atividades efetiva ou potencialmente poluidoras.

Para estabelecer as definições, responsabilidades, critérios básicos e diretrizes para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental como instrumento de gestão ambiental, publicou-se no Brasil a Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986, que cria a figura do Estudo de Impacto Ambiental – EIA e respectivo Relatório de Impacto Ambiental – RIMA, os quais subsidiam o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente (BRASIL, 1986).

Tal Estudo apresenta uma visão do empreendimento pretendido, bem como um diagnóstico do meio em que o mesmo se insere, abordando os fatores físicos, bióticos e socioeconômicos

da região em questão, levantando-se os impactos gerados ao meio ambiente pela execução de tal empreendimento e propondo-se medidas mitigadoras, compensatórias e de recuperação, bem como Programas Socioambientais para monitoramento de tais medidas.

Todavia, conforme citado por Tucci e Mendes (2006), à medida que o Estudo de Impacto Ambiental e estudos similares foram sendo utilizados como instrumento de avaliação de impacto ambiental, verificaram-se deficiências nos processos de gestão ambiental, especificamente quanto à ausência de antecipação do planejamento da área e de avaliação conjunta de projetos sobre uma determinada região.

Nesse sentido, foram desenvolvidos novos conceitos e estudos de planejamento ambiental, com destaque à Avaliação Ambiental Estratégica – AAE e à Avaliação Ambiental Integrada – AAI.

Quanto à AAE, a mesma “trata da avaliação antecipada e integrada das políticas, planos e programas que afetam o meio ambiente”, tendo como exemplos: “a política de recursos hídricos, os Planos Nacionais, Regionais e de Bacia, além dos setoriais e os programas deles derivados” (TUCCI; MENDES, 2006, p.236).

Para SÁNCHEZ (2008), as Avaliações Ambientais Estratégicas referem-se a qualquer tipo de avaliação de impacto que contemple ações mais amplas que apenas projetos individuais, considerando as consequências ambientais de políticas, planos e programas – PPP (sejam eles macroeconômicos ou setoriais, como os de transporte e de energia) e, ao mesmo tempo, influenciando a própria formulação desses PPP.

Segundo a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (MINAS GERAIS, SEMAD, s/d, online), a AAE tem por objetivo analisar a ação do Estado e os potenciais impactos ambientais que destas decorrem, subsidiando a tomada de decisão e a seleção de alternativas mitigadoras que os minimizem na implantação de políticas e projetos governamentais.

Aplicada internacionalmente como avaliação ambiental de planejamento regional, a Avaliação Ambiental Estratégica foi amplamente discutida na conferência Associação Internacional para Avaliação de Impacto em junho de 2002 (SOUZA, 2007). De acordo com PARTIDÁRIO (1999 apud SOUZA, 2007, p.4), a AAE pode ser definida como:

[...] um processo sistemático e contínuo para analisar a qualidade do meio ambiente, as consequências e visões alternativas, intenções de desenvolvimento de política, no planejamento, ou em programas, se certificando de completa integração de relevantes considerações biofísicas, econômicas, sociais e políticas.

A importância da aplicação da AAE é destacada por SÁNCHEZ (2008) ao relatar que é comum a ocorrência de degradação ambiental decorrente de políticas de incentivos fiscais ou subsídios econômicos que não contemplem as questões ambientais. Como exemplo, o autor cita as políticas de incentivo à ocupação da Amazônia Legal, as quais, por não considerarem uma avaliação estratégica que abordasse os fatores ambientais, resultaram em impactos significativos ao meio ambiente, seja pelo desmatamento excessivo, seja pela ocupação desordenada da região.

### Referente às Avaliações Ambientais Integradas

Avaliação Ambiental Integrada, na ótica de Rocha, Cruz e Wenceslau (2010, p.1), consiste em:

[...] uma análise interdisciplinar e integrada de bacia hidrográfica à luz de uma abordagem metodológica que hierarquiza trechos de rios com base em análises de variáveis ambientais, sociais e culturais. Esta perspectiva é construída a partir de aspectos que levam em conta a heterogeneidade das bases de dados, as diferenças locais e a diversidade dos ambientes regionais.

Para Tucci e Mendes (2006, p.236), a “AAI é uma ferramenta que pode ser utilizada pela AAE na identificação dos impactos e na avaliação dos cenários propostos em suas políticas, planos e programas”.

Conforme relatado pelo Ministério Público Federal (2011c, p.5), as discussões sobre Avaliação Ambiental Integrada no âmbito federal surgiram no ano de 2003, “quando o IBAMA passou a exigir, no licenciamento ambiental de usinas hidrelétricas, que a bacia hidrográfica fosse considerada como área de influência dos estudos, conforme determina a Resolução CONAMA nº 01/86”. Meses mais tarde, no início de 2004, discussões foram suscitadas entre o Ministério do Meio Ambiente e o Ministério de Minas e Energia a respeito da necessidade de se realizar tal estudo como “estratégia para minimizar os diversos conflitos que vinham eclodindo nos licenciamentos dos empreendimentos hidrelétricos” (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011a, p.6). Segundo a mesma fonte, correu em paralelo a tais discussões a incorporação da Avaliação Ambiental Integrada como instrumento de planejamento de diversos Estados, como o Paraná, Goiás e Rio Grande do Sul, com o objetivo de subsidiar os processos de licenciamento ambiental de aproveitamentos hidrelétricos.

Para CRUZ et al. (2010, p.1), no Brasil, os estudos de Avaliação Ambiental Integrada representam um instrumento para implementação das diretrizes estabelecidas pela Resolução CONAMA 001/86, de maneira a inserir a bacia hidrográfica como “unidade de planejamento no sistema de licenciamento ambiental de barragens”, tendo sido a FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental), no ano de 2001, a responsável pelas primeiras iniciativas de elaboração desse tipo de estudo, inicialmente com foco na bacia dos rios Taquari-Antas, seguido da bacia dos rios Ijuí, Piratinim, Icamauã e Butuí, afluentes do rio Uruguai e, posteriormente, da bacia dos rios Apuaê-Inhandava, afluentes do rio Pelotas.

Como já citado anteriormente, no âmbito federal, o primeiro estudo dessa natureza foi elaborado para a Bacia do Rio Uruguai, tendo sido denominado de “Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai”, cuja conclusão se deu no ano de 2007 (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011c). Realizado sob responsabilidade da Empresa de Pesquisa Energética – EPE, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, tal estudo foi orientado por diretrizes metodológicas oficializadas em um Termo de Referência datado de março de 2005.

De acordo com esse documento, a Avaliação Ambiental Integrada tem por objetivo:

[...] avaliar a situação ambiental da bacia com os empreendimentos hidrelétricos implantados e os potenciais barramentos, considerando: (i) seus efeitos cumulativos e sinérgicos sobre os recursos naturais e as populações humanas; e (ii) os usos atuais e potenciais dos recursos hídricos no horizonte atual e futuro de planejamento, tendo em conta a necessidade de compatibilizar a geração de energia com a conservação da biodiversidade e manutenção dos fluxos gênicos, a sociodiversidade e a tendência de desenvolvimento socioeconômico da bacia, a luz da legislação e dos compromissos internacionais assumidos pelo governo federal (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p.5).

Ainda no ano de 2007, o Ministério de Minas e Energia, por meio de sua Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético, publicou uma nova edição do Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas, revisando a versão anterior, publicada em 1997 pela Eletrobrás. Nessa revisão, incorporou-se a Avaliação Ambiental Integrada dentro do conceito de desenvolvimento sustentável, visando a uma avaliação da capacidade de suporte do meio socioambiental frente à implantação dos aproveitamentos hidrelétricos numa determinada bacia (BRASIL, MME, 2007).

De acordo com o referido Manual, a AAI realizada no escopo dos estudos de inventário avalia os efeitos cumulativos e sinérgicos relativos ao conjunto de aproveitamentos existentes ou planejados na bacia hidrográfica, considerando diferentes cenários prospectivos de desenvolvimento da área de estudo. Além disso, propõe:

[...] diretrizes e recomendações para subsidiar a concepção e implantação dos empreendimentos e o processo de licenciamento ambiental, visando a sustentabilidade socioambiental da região, tendo por referência indicadores de sustentabilidade formulados no âmbito do próprio estudo. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA, 2007, p.597)

### Contestações à Avaliação Ambiental Integrada

Segundo descrito por CRUZ et al. (2010, p.2), o estudo de AAI realizado pela EPE para a bacia do rio Uruguai, “embora rico em informações sobre a região, não oportunizou aos tomadores de decisão a possibilidade de assessorar a construção de diretrizes de licenciamento ambiental para a bacia”. Como consequência, o Ministério de Ciência e Tecnologia, em encomenda do Ministério do Meio ambiente, criou o Projeto FRAG-RIO, com vistas a complementar o estudo anteriormente realizado, “integrando informações através do uso da abordagem metodológica estabelecida previamente no estudo da bacia dos rios Apuaê-Inhandava (FEPAM/UFSM, 2005, apud CRUZ et al., 2010, p.1).

Além disso, observa-se que inúmeras discussões foram incitadas ao longo do processo de elaboração da AAI da Bacia do Rio Uruguai (e após a conclusão do mesmo), por parte da sociedade civil organizada e órgãos públicos, criticando o conteúdo dessas diretrizes e a qualidade técnica das mesmas.

Como exemplo, cita-se a Ação Civil Pública nº 2005.72.00.003232-7 (SC), movida em 11 de abril de 2005, tendo como autor o NÚCLEO AMIGOS DA TERRA BRASIL, cujo objetivo principal consiste na “suspensão dos efeitos do termo de compromisso firmado em 15 de setembro de 2004” entre o MME, o MMA, o IBAMA, a AGU, a BAESA e o Ministério Público Federal, referente ao estudo de AAI da Bacia do Rio Uruguai (AYRES, 2009).

Ainda com relação ao mesmo processo, cita-se a Ação Civil Pública proposta pelo Ministério Público Federal que visa a “enfrentar as deficiências em relação à metodologia adotada, e suas consequências, no estudo ambiental denominado *Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Uruguai*“. Cabe transcrever trecho desse instrumento processual, que afirma (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011c, p. 24):

Assim, conclui-se sem sombras de dúvida que os estudos de AAI, nos moldes conduzidos pela EPE, não tem outra finalidade que não seja referendar os aproveitamos hidroelétricos previamente definidos, os quais foram eleitos a partir do exclusivo parâmetro do "aproveitamento ótimo" [...].

De acordo com a Instrução Técnica nº 45, que apresenta a análise da equipe técnica da 4ª Câmara de Coordenação e Revisão do Ministério Público Federal, a AAI da Bacia do Rio Uruguai “não deve ser vista como modelo acabado/ideal para futuras Avaliações”. O documento cita, ainda, que um Grupo de Trabalho foi instituído pela Portaria nº 488/2007 do MMA, tendo como um dos objetivos “a análise da metodologia utilizada na AAI, visando os ajustes cabíveis, para que a mesma pudesse ser adotada como diretriz geral no desenvolvimento de novas avaliações” (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011c, p. 21). Dessa forma, alguns poucos acréscimos foram realizados nos Termos de Referência elaborados para subsidiar os estudos de AAI posteriores, podendo ser resumidos em (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011c, p.21):

- A partir da AAI da Bacia do Rio Tocantins: inclusão, na seção que trata da caracterização socioeconômica, dos itens Estrutura fundiária; Identificação de agentes sociais atuantes na bacia; Principais atividades econômicas e; Informações acerca da articulação político-institucional.
- A partir da AAI da Bacia do Rio Paraíba do Sul: acréscimo, na caracterização dos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, dos itens Características hidrogeológicas e; Distribuição dos aquíferos. Além disso, no item de Avaliação Ambiental Distribuída, foi incluído o indicador ambiental “ocorrência de espécies endêmicas e ameaçadas de extinção da flora e da fauna<sup>1</sup>”.

Todavia, a despeito de tais inserções, o MPF não considera adequada a orientação dada pelos órgãos públicos (MMA e MME) para realização das AAI: ressalta que o MME, através da EPE, “reproduziu esse modelo, sem bases técnicas seguras estabelecidas pelo MMA [...] ou mesmo por outros órgãos integrantes do SISNAMA, em outras importantes bacias hidrográficas brasileiras”, através da “incorporação da metodologia suspeita no Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas” (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011c, p.22).

Mais recentemente, em janeiro de 2011, o Ministério Público Federal ajuizou ação civil pública em face do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, Instituto Ambiental do Paraná – IAP, Empresa de Pesquisa Energética – EPE e Advocacia Geral da União, com vistas a “enfrentar as deficiências em relação à metodologia adotada, e suas consequências, no estudo ambiental denominado Avaliação

---

<sup>1</sup> Os Termos de Referência elaborados a partir da AAI da Bacia do Rio Paraíba do Sul não estão disponíveis para consulta no sítio eletrônico do MME.

Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tibagi” (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011a, p.2).

Em decisão do Ministério Público Federal (liminar/antecipação da tutela), data de junho de 2001, breve histórico sobre as avaliações ambientais integradas desenvolvidas no Brasil em nível federal foi apresentado, tendo sido ressaltada, conforme apresentado na Informação Técnica nº 045/2008 elaborada pela equipe de peritos vinculados à 4ª Câmara de Coordenação e Revisão (Meio Ambiente e Patrimônio Cultural) do Ministério Público Federal, que “a AAI da bacia do Rio Uruguai foi feita visando exclusivamente **a auxiliar o licenciamento dos futuros empreendimentos hidrelétricos já planejados**”, não servindo, sequer, “ao propósito de avaliar os efeitos cumulativos e sinérgicos da implantação de uma série de empreendimentos naquela bacia” (MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL, 2011b, p.1, grifo do autor).

Nesse sentido, reforçam-se os objetivos do presente trabalho que, em especial, pretende contribuir, ainda que pontualmente, para o aperfeiçoamento dos futuros Termos de Referência a serem elaborados para embasar novos estudos de Avaliação Ambiental Integrada.

#### Referente aos Indicadores Ambientais

AFONSO (2004) considera que, num contexto em que a integração de componentes ambientais nas políticas nacionais e internacionais aumenta progressivamente, somada à relação evidente entre as disciplinas de conhecimento, destaca-se a importância dos indicadores ambientais como ferramentas, facilmente quantificáveis, mensuráveis e modeláveis, de apoio à persecução do desenvolvimento sustentável, tanto na fase de definição dos objetivos a serem alcançados, como nas etapas de acompanhamento e avaliação final dos resultados. Dessa forma, a informação produzida pode ser utilizada por todos os agentes envolvidos na busca dos objetivos estabelecidos, como gestores, políticos, tomadores de decisão e público em geral. O autor destaca ainda que os indicadores “não podem se limitar a identificar a existência (ou não) de alterações num dado sistema”, sendo fundamental que estes subsidiem os tomadores de decisão a compreender o motivo de uma possível mudança.

Os indicadores são definidos pelo MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, s/d, online) como ferramentas de avaliação de determinados fenômenos que permitem a apresentação de informações qualitativas de cunho científico de forma que permita a fácil compreensão e seu uso em processos de decisão em todos os níveis da sociedade, apresentando suas mudanças (tendências e progressos) ao longo do tempo.

Tal definição é confirmada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT, s/d, online) que considera como objetivo dos indicadores a simplificação de “informações de caráter técnico e científico para transmiti-las de forma sintética, melhorando a comunicação de fenômenos complexos”.

A *Organisation for Economic Co-Operation and Development* (OECD, 2002) reforça, ainda, a importância da padronização de indicadores, que devem ser capazes de mensurar de forma clara e objetiva os resultados de políticas públicas relacionadas à qualidade de vida e aos impactos decorrentes do uso de recursos naturais pelas atividades antrópicas em diferentes países.

Segundo o Manual de Indicadores Ambiental desenvolvido pela Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN, 2008, p.11), os indicadores permitem “avaliar o desempenho de políticas ou processos com o maior grau de objetividade possível”.

Afonso (2004) destaca que inúmeros modelos elaborados para subsidiar a construção e seleção de indicadores ambientais foram desenvolvidos, aperfeiçoando-se ao longo dos últimos anos, em busca de uma descrição mais completa e adequada a cada sistema que faz uso dessa ferramenta. Tais modelos são citados e brevemente comentados abaixo.

### **Modelo Pressão – Resposta**

Rapport e Friend (1979) idealizaram o modelo Pressão – Resposta, que se baseia na estrutura causa-efeito, que entende os “esquemas ‘causais’ das estatísticas ambientais como a base física para a contabilização completa dos recursos ambientais que pode estar em ligação com o Sistema de Contas Nacionais da ONU” (AFONSO, 2004, p.2; FAO, s/d, online).

### **Modelo Pressão – Situação – Resposta (PSR)**

Desenvolvido pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (*Organisation for Economic Co-Operation and Development* – OECD) em 1991, esse modelo considera que as atividades humanas exercem pressões sobre os ambientes, induzindo mudanças nos mesmos, ou seja, alterando a qualidade e quantidade dos recursos naturais. Em resposta a essa mudança na “situação ambiental”, a sociedade estabelece políticas e programas ambientais e econômicos, para prevenir, mitigar ou modelar tais pressões (FAO, s/d, online).

Para ROSSETTO et al. (2004, p.10), o sistema PSR (também denominado de Pressão – Estado – Resposta) é baseado no “entendimento comum de seus pressupostos, servindo como referência e sendo o mais adotado no mundo”. Tal sistema também pode ser conceituado da seguinte maneira:

Atividades humanas exercem pressão sobre o meio ambiente e mudam sua qualidade e a quantidade dos recursos naturais (estado). A sociedade responde a estas mudanças através de políticas ambientais, econômicas e setoriais (resposta social). [...] estes passos formam parte de um ciclo (política) ambiental que inclui a percepção dos problemas, a formulação de políticas, monitoramento e avaliação política. (OECD, 1993 apud ROSSETTO et al., 2004, p.10).

Para a Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais (MINAS GERAIS, SEMAD, s/d, online), que adotou o método de Pressão – Estado – Resposta na construção de indicadores ambientais para avaliação de desempenho das políticas públicas estaduais na área ambiental, as realidades ambientais e socioeconômicas da região a serem analisadas devem ser consideradas quando do uso de tais instrumentos de avaliação.

### **Modelo Força Motriz – Situação – Resposta**

Elaborado pela Comissão das Nações Unidas para o Desenvolvimento Sustentável, esse modelo diferencia-se do modelo anteriormente apresentado apenas por utilizar o termo “força motriz” em substituição ao termo “pressão”, com o intuito de contemplar não apenas os impactos negativos, mas permitir que atividades humanas que resultem em impactos positivos sejam adequadamente consideradas (AFONSO, 2004 e FAO, s/d, online).

### **Modelo Força Motriz – Pressão – Situação – Impacto – Resposta**

Derivado do Modelo PSR e atualmente utilizado pela Agência Europeia de Ambiente, o modelo em questão “proporciona um mecanismo mais segmentado que os anteriores na análise dos problemas ambientais” (AFONSO, 2004, p.4).

Como exemplificado pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO, s/d, online) e Afonso (2004, p.4) as **forças motrizes** (como a indústria e os transportes), produzem **pressões** sobre o ambiente (como emissões poluidoras), degradando sua **situação** e causando **impacto** na saúde humana e nos ecossistemas, levando a sociedade a **responder** com diferentes medidas de ordem política (como regulamentos, informações ou impostos), que podem ser dirigidas a qualquer parte do sistema.

## 2.2. Estrutura da Avaliação Ambiental Integrada

A estruturação da Avaliação Ambiental Integrada aplicada às bacias hidrográficas, conforme apresentado nos Termos de Referência publicados pela EPE e aplicado, de maneira genérica, nos estudos de AAI, pode ser dividida da seguinte maneira:

- Introdução – onde são apresentadas as justificativas, objetivos e estratégias, abrangência espacial e temporal, além das normas e legislações aplicáveis.  
Cenários: destaca-se a seção de abrangência temporal pela necessidade de se realizar avaliações considerando o tempo presente e futuro, sendo que o “*cenário atual*” deve abranger os empreendimentos em operação, em instalação e com estudos de viabilidade aprovados e licenças prévias obtidas, considerando o estágio atual do desenvolvimento socioeconômico, incluídos os usos e impactos existentes, enquanto que os *cenários prospectivos* devem considerar as características do cenário atual adicionando-se os empreendimentos hidrelétricos em processos de licenciamento ambiental e com estudos de inventário hidrelétrico aprovados, considerando o desenvolvimento socioeconômico previsto para o horizonte em questão.
- Caracterização Socioambiental da Área de Estudo – aborda os componentes-síntese Recursos Hídricos e Ecossistema Aquático; Meio Físico e Ecossistemas Terrestres e; Socioeconomia. A caracterização da área de estudo deve identificar, no espaço e no tempo, os principais aspectos socioambientais de tal forma que permitam uma visão abrangente dos efeitos cumulativos e sinérgicos dos aproveitamentos hidrelétricos e dos principais usos de recursos hídricos e do solo da bacia.
- Avaliação Ambiental Distribuída – esse capítulo tem por objetivos:
  - a. Subdividir a área de estudo: de forma a facilitar as análises a serem realizadas, a partir do conhecimento mais detalhado dos efeitos dos empreendimentos sobre o uso do solo e os recursos hídricos.
  - b. Identificar os indicadores: cada subdivisão deve ser representada por indicadores quali-quantitativos que reflitam os efeitos das pressões sobre o meio ambiente em decorrência da implantação dos aproveitamentos hidrelétricos.
  - c. Avaliar os indicadores: qualificar e quantificar os indicadores no espaço e nos cenários temporais.

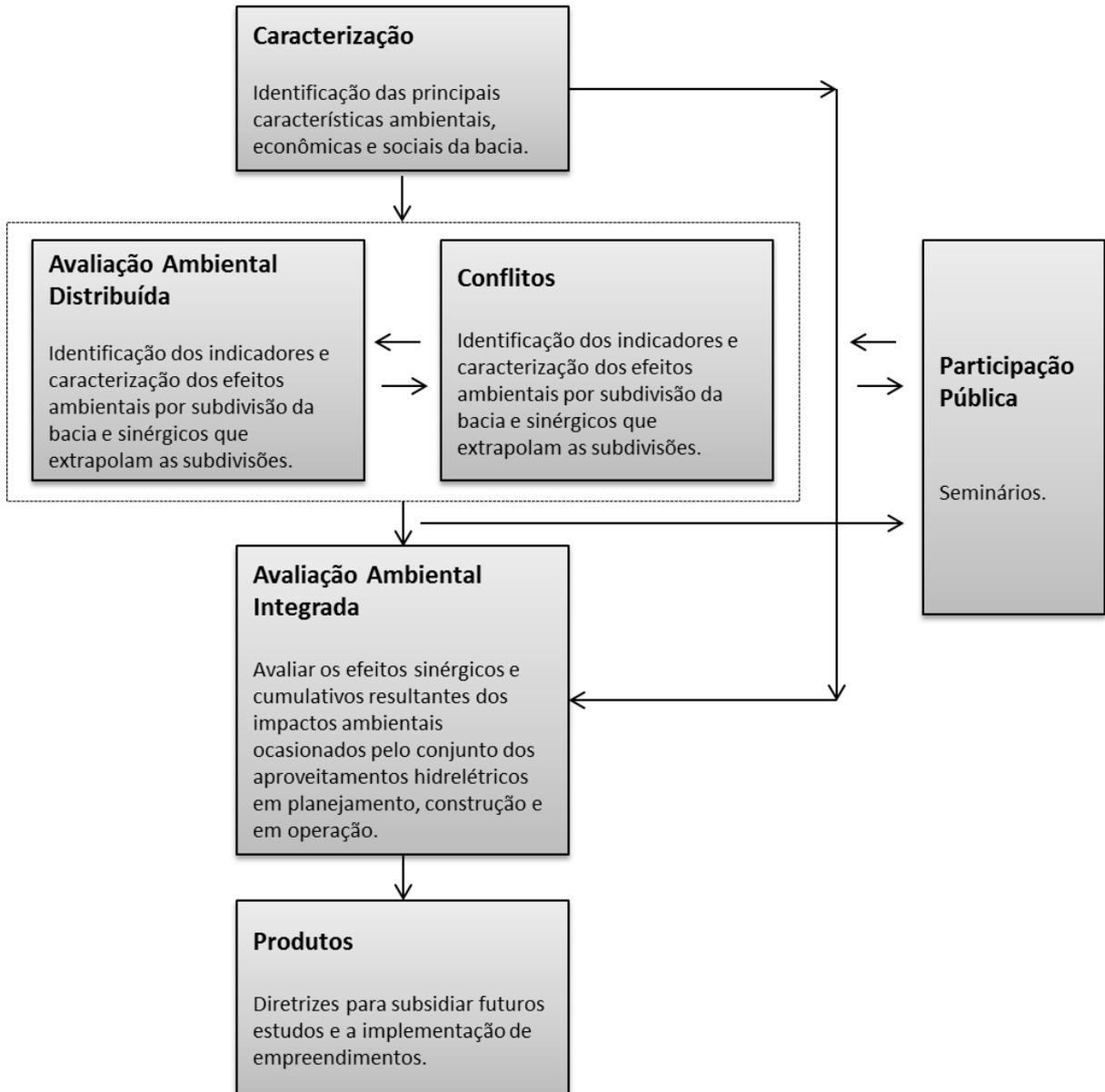
- d. Hierarquizar e mapear os indicadores: atribuir pesos aos indicadores de forma a permitir sua hierarquização e o mapeamento de cada subdivisão, apontando as áreas mais críticas/frágeis.
  - e. Identificação dos potenciais efeitos sinérgicos e cumulativos: avaliar quais os efeitos locais identificados que podem apresentar efeitos sinérgicos e cumulativos nas subdivisões.
- Conflitos – analisam-se as características socioambientais da região, bem como os planos e programas existentes, avaliando-se a possibilidade de surgimento ou agravamento de conflitos de usos dos recursos hídricos e do solo, a necessidade de conservação da biodiversidade a manutenção dos fluxos gênicos, em função da implantação de novos empreendimentos. Alguns exemplos de conflitos são:
    - a. Conflitos gerados pela forma de reassentamento de população urbana e rural.
    - b. Substituição de usos da terra, desarticulação das relações sociais e da base produtiva; especulação imobiliária.
    - c. Interferência sobre o patrimônio arqueológico, histórico e cultural.
    - d. Áreas com conflito pelo uso da terra.
    - e. Interferência sobre a base de recursos naturais para o desenvolvimento.
    - f. Perda de potencial turístico.
    - g. Perda de recursos naturais (minerais, biodiversidade).
    - h. Conflitos em relação ao uso múltiplo dos recursos hídricos (navegação, geração de energia, captação para abastecimento humano, dessedentação de animais, diluição de efluentes, irrigação).
    - i. Interferências sobre Terras Indígenas.
  - Avaliação Ambiental Integrada – é onde ocorre a integração das informações anteriormente geradas, ressaltando-se situações críticas existente e potenciais, suas relações de causa e efeito, as potencialidades da região e os requisitos básicos para sustentabilidade e relação aos recursos naturais, considerando os aproveitamentos hidrelétricos em planejamento, construção e operação na bacia, as áreas mais frágeis em relação aos impactos mais significativos decorrentes desses aproveitamentos, os cenários alternativos de desenvolvimento da bacia em relação aos recursos hídricos, a biodiversidade e ao uso do solo, devidamente inseridos na dinâmica de desenvolvimento inter-regional e nacional. De forma geral, a avaliação integrada envolve as seguintes etapas: principais aspectos ambientais; seleção de variáveis,

indicadores e os modelos; simulação dos cenários; avaliação dos cenários e dos aspectos ambientais de forma integrada; medidas preventivas e; diretrizes.

- Resultados – consolidam as análises realizadas, “apresentado medidas preventivas como diretrizes, recomendações para estudos complementares e elementos fundamentais para os Estudos de Impacto Ambiental (TUCCI; MENDES, 2006, p.253).

Além disso, deve ser considerada a participação pública, em seminários a serem realizados de maneira distribuída espacialmente na bacia, com o intuito de envolver os principais segmentos sociais da região de estudo ao longo do desenvolvimento dos trabalhos, coletando-se informações e subsídios ao desenvolvimento do estudo, bem como retornando os resultados às partes interessadas.

A figura 1 abaixo, cópia do Termo de Referência referente à AAI da Bacia do Rio Uruguai (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p.13), ilustra a estrutura metodológica de uma Avaliação Ambiental Integrada de Empreendimentos Hidrelétricos em Bacias Hidrográficas no Brasil.



**Figura 1: Estrutura Metodológica de uma Avaliação Ambiental integrada**

Fonte: Termo de Referência referente à AAI da Bacia do Rio Uruguai (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p.13).

### 2.3. Indicadores/Índices

Conforme apresentado no capítulo introdutório do presente trabalho, os procedimentos metodológicos estabelecidos nas Avaliações Ambientais Integradas para a construção de **índices** ambientais têm por princípio básico o agrupamento de diversos **indicadores ambientais** que possuam afinidade entre si, permitindo a representação de três linhas temáticas: Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos; Meio Físico e Ecossistemas Terrestres e; Meio Socioeconômico.

Todavia, comparando-se os métodos adotados entre tais estudos, observam-se diferenças nos conceitos e nas terminologias utilizadas para quantificação e qualificação da sensibilidade dos ecossistemas e das interações socioeconômicas diante das pressões geradas pela construção e operação dos aproveitamentos hidrelétricos.

Conforme já citado, tal diferenciação é resultado da subjetividade inerente aos Termos de Referência elaborados pela Empresa de Pesquisa Energética para subsidiar a elaboração desses estudos, permitindo a adoção de opiniões distintas na definição dos métodos a serem contemplados nas AAI.

Dessa forma, destaca-se que, em determinados estudos, é utilizado o termo “**índice**” para apresentar o agrupamento dos indicadores, representando os componentes-síntese a partir de um único valor. Nesse sentido, via de regra, quanto maior o índice, maior é a sensibilidade do ambiente. Em outros estudos, é utilizado o termo “**sensibilidade**” que também considera todos os indicadores, porém, sem representá-los num valor único.

Além disso, em algumas das Avaliações a sensibilidade dos ambientes é analisada a partir de indicadores que avaliam tanto a sua vulnerabilidade (ou seja, sua baixa capacidade em reagir quando afetado por uma ação humana, resultando numa piora do seu estado de qualidade) quanto sua potencialidade (ou seja, sua aptidão em responder positivamente quando interage com uma atividade antrópica, resultando em melhorias no seu estado de qualidade) perante a implantação e ao funcionamento das usinas hidrelétricas. Nesses casos, os indicadores são denominados de **Indicadores de Sensibilidade**.

Em outros estudos, a sensibilidade dos ambientes é analisada de maneira individualizada, definindo-se **Indicadores de Fragilidade** para os casos em que o ambiente apresenta vulnerabilidade frente à ação humana, e **Indicadores de Potencialidade** para os casos em que o ambiente apresenta potencial para incorporar melhorias frente à ação antrópica.

Vale ressaltar que, independente do método adotado, todos os estudos fazem uso dos indicadores socioambientais para representar as relações que ocorrem no ambiente estudado, permitindo a análise de cenários prospectivos de médio e longo prazos.

Os estudos que abordaram em seus procedimentos metodológicos o conceito de **Indicadores de Fragilidade e de Potencialidade** são os seguintes:

- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Uruguai.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tocantins.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Parnaíba.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Teles Pires.

Já as Avaliações que adotaram o conceito de agrupar os indicadores em **Indicadores de Sensibilidade**, são as seguintes:

- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Doce.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Paraíba do Sul.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Paranaíba.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Juruena.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Branco.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Araguaia.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Jari.
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tibagi.

Com relação aos indicadores, esses podem ser definidos como “a combinação de uma ou mais variáveis para caracterizar um ou mais efeitos esperados para um local ou locais na bacia hidrográfica” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p.18). Ainda segundo a mesma fonte, as referidas variáveis podem ser entendidas como “funções que representam a variação no tempo e no espaço de um determinado processo ou fenômeno”.

Como exemplo de variáveis, o Termo de Referência estabelecido para orientar a elaboração da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Uruguai cita:

[...] (a) a precipitação diária representa o total de água que entra numa bacia hidrográfica em um dia; e (b) a concentração de sedimentos em suspensão representa o processo de transporte de sedimentos ao longo de um rio ou reservatório (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p.18).

## 2.4. Indicadores Ambientais do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres

O componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres apresenta os atributos do meio natural no que tange à geologia, geomorfologia, pedologia, uso e ocupação do solo, bem como aqueles relacionados à fauna e à flora.

Segundo os Termos de Referência, o escopo da caracterização desse componente-síntese deve contemplar informações como (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2005, p.16):

- a) as unidades geológicas e geomorfológicas, identificando a dinâmica superficial da bacia, suas principais feições, grau de estabilidade e suas formas erosivas e deposicionais;
- b) caracterização do solo da bacia, descrevendo a aptidão agrícola e silvicultural e diferentes tipos e níveis de suscetibilidade à erosão;
- c) caracterização da fauna e flora de áreas representativas da bacia, destacando os aspectos relevantes relacionados à biodiversidade ao nível das diferentes formações vegetais e demais ecossistemas presentes, seus estados de conservação e os componentes mais comumente afetados por aproveitamentos hidrelétricos;
- d) áreas de sensibilidade ambiental, unidades de conservação e demais áreas protegidas por legislação específica.

Dessa forma, os indicadores que representam o componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres e devem expressar a situação na qual o meio ambiente se encontra no presente (período de elaboração dos estudos), no que diz respeito ao grau de equilíbrio natural dos atributos acima descritos, permitindo a análise da sensibilidade dos parâmetros envolvidos diante da proposta de implantação e operação de empreendimentos de geração hidrelétrica.

A seguir são apresentados os indicadores selecionados em cada Avaliação Ambiental Integrada, bem como as variáveis consideradas na formulação dos mesmos, no que diz respeito ao Meio Físico e Ecossistemas Terrestres.

Na sequência, é feita uma comparação quantitativa e qualitativa desses indicadores, ressaltando as principais diferenças e semelhanças adotadas nas diferentes AAI.

### 2.4.1. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai (BRASIL, EPE, 2007a)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Uruguai selecionou 6 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

– Espécies da Flora Terrestre de Características Especiais

Para compor o indicador em análise, foram consideradas de características especiais as espécies de vegetação nativa que apresentam prioridades no que tange à sua conservação frente às demais espécies vegetais existentes da região de estudo. Dessa forma, com base na lista de espécies apresentada na etapa de caracterização, foram levantadas aquelas consideradas ameaçadas em nível regional e nacional, as espécies endêmicas e aquelas ditas como “imunes ao corte no Rio Grande do Sul”.

No que tange à última variável citada, destaca-se que as espécies imunes ao corte no Rio Grande do Sul são aquelas que constam no Código Florestal do referido Estado e são classificadas como “categoria IC”.

– Espécies da Fauna Terrestre de Características Especiais

Assim como foi adotado para as Espécies da Flora Terrestre de Características Especiais, o indicador em questão considera a ocorrência de espécies que possuem algum grau de proteção ou que apresentam interesse quanto à sua preservação.

Dessa forma, foram consideradas as variáveis: ocorrência de endemismos e; ocorrência de espécies ameaçadas em nível regional, nacional e mundial.

– Taxa de ocupação da Unidade Hidrográfica por Unidades de Conservação de Proteção Integral

Com relação às Unidades de Conservação, cabe ressaltar que as mesmas foram estabelecidas pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que “regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) e dá outras providências”.

De acordo com a referida lei, as unidades de conservação (UC) que compõem o Sistema são divididas em dois grupos, sendo estes:

- a) Unidades de Proteção Integral, cujo objetivo básico é “preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos seus recursos naturais”. São elas:
- Estação Ecológica.
  - Reserva Biológica.

- Parque Nacional.
  - Monumento Natural.
  - Refúgio da Vida Silvestre.
- b) Unidades de Uso Sustentável, tendo como objetivo principal “compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais”.
- São elas:
- Área de Proteção Ambiental.
  - Área de Relevante Interesse Ecológico.
  - Floresta Nacional.
  - Reserva Extrativista.
  - Reserva de Fauna.
  - Reserva de Desenvolvimento Sustentável.
  - Reserva Particular de Patrimônio Natural.

A contabilização exclusiva das Unidades de Conservação de Proteção Integral para formulação do índice em análise, excluindo-se as áreas ocupadas pelo grupo de Unidade de Conservação de Uso Sustentável, é explicada pelo caráter mais restritivo dessa primeira classe de UC o que, conseqüentemente, permite deduzir que tais áreas favorecem o abrigo de espécies mais sensíveis à mudanças em seu habitat.

- Taxa de ocupação por Unidades de Conservação de Uso Sustentável e pela Reserva da Biosfera

O indicador em foco compreende as variáveis: Unidades de Conservação de Uso Sustentável e; Reservas da Biosfera da Mata Atlântica – RBMA.

Com relação à última categoria citada, a AAI da Bacia do Rio Uruguai destaca a seguinte definição dada pela SEMA (Secretaria Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul):

é um modelo de gestão integrada, adotado internacionalmente, para conservação dos recursos naturais e melhoria da qualidade de vida das populações (RIO GRANDE DO SUL, SEMA, 2006 apud BRASIL, EPE, 2007a, p.388).

O estudo apresenta ainda que os objetivos da RBMA tem por objetivos:

(1) a conservação da biodiversidade, paisagens e recursos hídricos; (2) a valorização da sociodiversidade e do patrimônio étnico e cultural; (3) o apoio ao desenvolvimento econômico que seja sustentável a nível social, ecológico e cultural e (4) o fomento a projetos que visem à produção e à difusão de conhecimento. (RIO GRANDE DO SUL, SEMA, 2006 apud BRASIL, EPE, 2007a, p.388)

- Taxa de ocupação por áreas proposta para a criação de unidades de conservação da biodiversidade

Com relação ao indicador em epígrafe, foram consideradas as Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade – APCB, definidas pelo PROBIO (Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira), especificamente para os biomas Mata Atlântica e Campos Sulinos.

- Taxa de ocupação da Unidade Hidrográfica por vegetação florestal natural

Este indicador é formado pelas formações vegetais nativas de porte arbóreo, desconsiderando seu estado de conservação. De acordo com a AAI, a exclusão das demais formas de vegetação nativa, ou seja, aquelas que não possuem porte arbóreo, é justificada pelo fato de parte das formações vegetais naturais que ocupam a bacia do rio Uruguai apresentarem características campestres e poderem ser confundidas com áreas antropizadas como áreas de pastagem ou de plantio agrícola.

#### 2.4.2. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba (BRASIL, EPE, 2007b)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Paranaíba selecionou 3 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Sensibilidade Geológico-geotécnica

O indicador de sensibilidade geológica contemplou as variáveis: locais de sismos induzidos (atividades sísmicas induzidas pela ação dos reservatórios artificiais); relevos cársticos (indicam áreas com grande infiltração, podendo gerar riscos ao empreendimento e perigo de contaminação dos aquíferos); recursos minerais (referente às áreas com potencial de

ocorrência de conflitos de uso, decorrente de atividades de extração mineral frente à implantação dos aproveitamentos hidrelétricos, em especial seus reservatórios hídricos) e; presença de cavernas, sítios geológicos e paleo-biológicos (que, além de grande riqueza ambiental, apresentam-se frágeis diante da implantação dos AHE).

- Sensibilidade à Erosão dos Solos

Assim como nos estudos elaborados para as AAI das bacias dos rios Doce e Paraíba do Sul, que também contemplaram o indicador de sensibilidade à erosão dos solos, esse é composto pelas variáveis: tipos de solo; precipitação e uso e ocupação do solo.

- Sensibilidade dos Ecossistemas Terrestres

O indicador selecionado considerou como variáveis: a dimensão dos remanescentes de vegetação florestal; a distribuição e extensão das paisagens savânicas; Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável e suas respectivas zonas de amortecimento; Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade e; conectividade de fragmentos florestais (corredores).

Observa-se que as paisagens savânicas foram consideradas na formação do índice em questão devido à importância que a mesma apresenta na região de estudo, destacando-se sua função de abrigo para espécies endêmicas da flora e da fauna.

#### 2.4.3. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (BRASIL, EPE, 2007c)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Paraíba do Sul selecionou 3 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Sensibilidade dos Aquíferos e dos Recursos Minerais

O indicador selecionado teve por objetivo levantar as áreas que representam maior fragilidade do que diz respeito aos aquíferos e aos recursos minerais existentes na bacia do rio Paraíba do Sul.

Com relação aos aquíferos, esses foram elencados em função de sua importância nos compartimentos onde foram analisados (no que tange à disponibilidade hídrica para consumo dos centros populacionais), bem como a partir de sua localização e do seu potencial.

Já com relação aos recursos minerais, foram consideradas sua importância para a construção civil e para a economia de alguns dos municípios existentes nos compartimentos, assim como sua potencialidade de gerar conflitos de uso das terras e sua ocorrência nas subáreas.

- Sensibilidade à Erosão dos Solos

Para formulação do indicador em questão, foram consideradas as seguintes variáveis: tipos de solo; pluviosidade e; uso e ocupação do solo, tendo sido objetivado o levantamento das áreas mais suscetíveis à ocorrência de processos erosivos.

- Sensibilidade dos Ecossistemas Terrestres

O indicador de sensibilidade dos ecossistemas terrestres procurou analisar os seguintes parâmetros: declividade; presença de remanescentes de vegetação florestal (áreas acima de 10 ha); concentração de Unidades de Conservação (de Proteção Integral e de Uso Sustentável) e respectivas zonas de amortecimento e; classificação das Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade – APCB (PROBIO).

Cabe aqui a ressalva de que a variável “declividade” foi considerada na formação do indicador em epígrafe por ser relevante na distribuição espacial de diversos fatores ambientais, como os fragmentos florestais.

#### 2.4.4. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins (BRASIL, EPE, 2007d)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tocantins selecionou 6 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Relação entre Áreas Suscetíveis (terrenos suscetíveis à erosão / assoreamentos e à erosão no horizonte C) e Área do Compartimento

De maneira sintética, esse indicador representa a suscetibilidade dos terrenos à erosão, tendo sido selecionadas duas categorias identificadas na etapa de caracterização dos estudos: suscetibilidade à erosão/assoreamentos e; suscetibilidade à erosão no horizonte C.

Conforme apresentado na AAI, o comportamento geotécnico dos referidos terrenos dependem de parâmetros como: natureza do substrato litológico, relevo, clima e uso e ocupação do solo. Com relação especificamente ao horizonte C, vale esclarecer que este se refere à camada do solo localizada nas porções mais inferiores, ou seja, mais próximas à camada de origem (rocha alterada), sendo constituído por material de origem pouco afetado pelos mecanismos de gênese do solo, apresentando-se como rocha intemperizada.

- Relação entre Áreas Vulneráveis (terrenos com vulnerabilidade de aquíferos) e Área do Compartimento

Para caracterizar este indicador, a variável selecionada tem por objetivo identificar as suscetibilidades dos terrenos à contaminação do lençol freático.

- Relação entre Área de Vegetação (níveis de conservação dos ecossistemas terrestres) e Área do Compartimento

Para constituir o indicador em análise, utilizou-se como variável a vegetação nativa existente na bacia do rio Tocantins.

A cobertura vegetal natural foi selecionada para representar os níveis de conservação dos ecossistemas terrestres, pois entende-se que a mesma mostra-se como um bom indicador da qualidade do meio, uma vez que constitui “importante elemento estruturador de habitats e fonte de recursos tróficos e de abrigo para a fauna”.

- Relação entre Áreas de UC e TI e Área do Compartimento<sup>2</sup>
- Relação entre AP (Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade) e Área do Compartimento<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> O estudo não descreve o conceito adotado para formação desse índice.

<sup>3</sup> Idem.

– Áreas destinadas à conservação da biodiversidade

Sendo constituída pela reunião dos dois indicadores anteriores (“Relação entre Áreas de UC e TI e Área do Compartimento” e “Relação entre AP (Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade) e Área do Compartimento”), foram consideradas áreas que têm por objetivos conservar a diversidade biológica, sendo contempladas áreas instituídas por força legal ou não.

Para tanto, esse índice abordou a união das variáveis: Unidades de Conservação (de Proteção Integral e de Uso Sustentável); Terras Indígenas e; Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade.

Com relação às Terras Indígenas (TI), observa-se que as mesmas apresentam relação direta com a preservação da biodiversidade, uma vez que os recursos naturais são considerados subsídios fundamentais para manutenção do modo de vida dessas populações. Conforme apresentado pela Constituição da República Federativa do Brasil de 1988, no §1º do art. 231, as Terras Indígenas são aquelas “utilizadas para suas atividades produtivas, as imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e as necessárias a sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições”.

– Heterogeneidade da Paisagem

O índice em questão tem o intuito de representar a diversidade de fitofisionomias existentes em cada compartimento, tanto quantitativa quanto qualitativamente. Dessa forma, entende-se que, quanto maior o número de fisionomias vegetais e quanto maior a presença de ambientes mais incomuns nas áreas com grande potencial de sofrer impactos resultantes da implantação dos aproveitamentos hidrelétricos (como, por exemplo, as Florestas Ripárias), maior a diversidade de habitats e maior a probabilidade de existência de um grande número de espécies da fauna e da flora, incluindo aquelas que constam nas listas de espécies ameaçadas de extinção (ou seja, maior a diversidade biológica).

2.4.5. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba (BRASIL, EPE, 2007e)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Parnaíba selecionou 5 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Erosão (Laminar, Concentrada e Erosividade da Chuva)

O indicador de erosão foi elaborado a partir de três variáveis distintas, sendo elas: erosão laminar, erosão concentrada e erosividade da chuva. Os conceitos dessas formas de erosão são descritos abaixo, conforme apresentados no capítulo de caracterização da AAI do Rio Parnaíba.

Com relação à erosão laminar, também conhecida como erosão superficial, observa-se que esta ocorre principalmente na camada superficial do solo, relacionando-se diretamente com as características dos terrenos, sua topografia e a natureza das chuvas, cobertura vegetal e uso e manejo desses solos.

Já a erosão concentrada, esta depende não apenas dos parâmetros citados para a erosão laminar, mas, também, das características do subsolo, como a natureza do substrato geológico ou a profundidade do mesmo, bem como a dinâmica hídrica superficial.

Por fim, tem-se a variável “erosividade da chuva”, definida como o potencial de agressividade das chuvas em causar processos erosivos.

- Sismicidade

Para a estimativa desse indicador, considerou-se a presença de zonas sismogênicas na área da bacia do rio Parnaíba. Tais zonas podem ser definidas como faixas que dividem a litosfera em placas, geralmente associadas à presença de atividade vulcânica (MOLINA, s/d, p.13).

- Unidades de Conservação

O indicador que expressa a existência de Unidades de Conservação das macrozonas da bacia do rio Parnaíba contempla os dois grupos instituídos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC, ou seja, aquelas definidas como de Proteção Integral e as de Uso Sustentável, tendo sido selecionadas as UC que apresentam área maior que 5 km<sup>2</sup>.

- Indicações do PROBIO

O presente indicador foi constituído pelas indicações originadas dos seminários do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira – PROBIO, especificamente com relação às Áreas Prioritárias para Conservação da Natureza dos biomas caatinga e cerrado.

- Cobertura Vegetal, Riqueza e Diversidade de Espécies e Biótopos

A formulação desse indicador considerou um grupo de variáveis relacionadas ao tema biótico: a cobertura vegetal, no que diz respeito à integridade da mesma (considerando tanto as matas naturais quanto parte das áreas destinadas às pastagens, visto que essas também guardam “uma biodiversidade por vezes significativa e uma cobertura vegetal importante”) e; a riqueza e diversidade de espécies e biótopos (habitats), que também considera sua relevância para conservação, conforme análises dos workshops do PROBIO.

#### 2.4.6. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce (BRASIL, EPE, 2007f)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Doce selecionou 3 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Sensibilidade Geológica

O indicador de sensibilidade geológica contemplou as variáveis: locais de sismos induzidos (atividades sísmicas induzidas pela ação dos reservatórios artificiais); relevos cársticos (indicam áreas com grande infiltração, podendo gerar riscos ao empreendimento e perigo de contaminação dos aquíferos); recursos minerais (referente às áreas com potencial de ocorrência de conflitos de uso, decorrente de atividades de extração mineral frente à implantação dos aproveitamentos hidrelétricos, em especial seus reservatórios hídricos) e; presença de cavernas, sítios geológicos e paleo-biológicos (que, além de grande riqueza ambiental, apresentam-se frágeis diante da implantação dos AHE).

– Sensibilidade à Erosão dos Solos

Tal indicador também é formado por um conjunto de variáveis, sendo estas: tipos de solos; pluviosidade e; uso e ocupação do solo, ambas levantadas com o intuito de se identificarem as áreas mais frágeis sob o aspecto de erosão dos solos.

Com relação ao uso e ocupação do solo, observa-se que esse indicador foi elaborado considerando-se seu tipo de cobertura e, conseqüentemente, sua potencialidade de sofrer processos erosivos.

– Sensibilidade dos Ecossistemas Terrestres

Para formar o indicador em questão foram consideradas as seguintes variáveis: tamanho dos remanescentes de vegetação florestal; remanescentes florestais com ocorrência do primata *Brachyteles arachnoides* (mono-carvoeiro); concentração de Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável, incluindo suas áreas de amortecimento e; classificação das áreas prioritárias para conservação (PROBIO).

A variável que considera a presença do primata mono-carvoeiro (ou miqui) foi selecionada devido à relevância dessa espécie, que se encontra ameaçada de extinção. Conforme apresentado no capítulo de caracterização da AAI da bacia do Rio Doce, essa é uma espécie endêmica cuja ocorrência se restringe à Mata Atlântica do sudeste do Brasil, “sendo conhecido por cerca de 1.200 indivíduos vivendo em 19 populações isoladas”. Assim sendo o relatório:

“Dois terços dessas populações ocorrem em grandes áreas protegidas de floresta nativa não perturbada, onde apresentam baixa densidade populacional. Entretanto, a espécie ocorre em altas densidades nos pequenos fragmentos de floresta perturbada da RPPN Feliciano Miguel Abdala, em Caratinga, na bacia do rio Doce (STRIER, 2000 apud BRASIL, EPE, 2007f, p.205)”.

#### 2.4.7. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires (BRASIL, EPE, 2009)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Teles Pires selecionou 4 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

#### – Extrativismo Mineral

O objetivo do indicador “extrativismo mineral” foi avaliar a fragilidade do ambiente em função de potenciais impactos resultantes de atividades de extração mineral (lavra) que ocorrem ou venham a ocorrer na bacia do rio Teles Pires, cujos processos tenham sido cadastrados no Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM.

Tal indicador foi contemplado na AAI da bacia do Rio Teles Pires, pois, segundo apresentado nesse estudo, entende-se que, por vezes, as atividades de lavra fazem uso de “procedimentos caracterizados por um baixo aporte tecnológico, uma assistência técnica precária ou inexistente e ausência ou ineficiência de medidas de controle ambiental”.

#### – Vulnerabilidade à Erosão

Para avaliar a vulnerabilidade dos solos à ação dos processos erosivos, o indicador em questão abordou os seguintes parâmetros: natureza físico-química do solo (profundidade, textura, atividade da argila); relevo (plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado, montanhoso e escarpado); tipo de uso da terra (áreas urbanizadas, áreas degradadas por atividades antrópicas como mineração e pastagem, áreas ocupadas por atividades agrícolas, pastagens e reflorestamentos) e; cobertura vegetal (independente de sua tipologia).

#### – Cobertura Vegetal

O indicador selecionado contemplou os parâmetros: “níveis de conservação dos ecossistemas terrestres”; “análise das paisagens e fragmentação de habitats” e; “grau de fragmentação dos ecossistemas terrestres”.

Com relação ao parâmetro “níveis de conservação dos ecossistemas terrestres”, este se concentrou na análise da cobertura vegetal para determinar o grau de conservação dos ecossistemas terrestres presentes em cada compartimento.

Para o parâmetro “análise das paisagens e fragmentação de habitats”, são considerados diversos atributos da paisagem: área remanescente de habitat, grau de fragmentação dos ecossistemas terrestres e isolamento, já que influenciam na composição e riqueza de espécies em remanescentes de habitat.

Já para o parâmetro “grau de fragmentação dos ecossistemas terrestres<sup>4</sup>”, um bom índice é a densidade de manchas no nível de paisagem: quanto maior o grau de fragmentação, maior é a fragilidade, com maior risco de extinção para as espécies dependentes dessas tipologias vegetais.

- Unidades de Conservação

Assim como em outros estudos já apresentados, o parâmetro Unidades de Conservação abordou tanto o grupo de Proteção Integral quanto o grupo de Uso Sustentável.

#### 2.4.8. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Juruena (BRASIL, EPE, 2010)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Juruena selecionou 4 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Recursos Minerais

A variável considerada para formulação desse índice é representada pela disponibilidade de recursos minerais, adotando-se o conceito de envoltórias de potencialidade mineral, que permite a organização de informações de maneira especializada, sendo essas: a qualidade econômica das mineralizações, a qualidade da contiguidade, do tipo de mineral preponderante e da categoria geotectônica do terreno onde se localizam as jazidas minerais.

- Sismicidade

O parâmetro adotado no presente caso diz respeito às Zonas Sismogênicas, sendo analisadas as áreas onde há maior ou menor probabilidade de ocorrência de eventos sísmicos.

---

<sup>4</sup> A expressão “grau de fragmentação dos ecossistemas terrestres” é utilizada indistintamente, tanto para representar uma variável do indicador “cobertura vegetal”, quanto para representar um atributo da variável “análise das paisagens e fragmentação de habitats”.

– Potencial Erosivo

Os parâmetros considerados para construção desse indicador são: erosão laminar, erosão concentrada<sup>5</sup>.

Com relação à erosão laminar, considerou-se “a interação entre as classes de solo (fator de erodibilidade) e as classes de relevo (plano, suave ondulado, ondulado, forte ondulado e escarpado/montanhoso).

Quanto à erosão concentrada, esta se refere à formação de voçorocas e ravinas, que dependem diretamente do tipo do solo e do material rochoso sotoposto, existentes nos compartimentos da bacia do rio Juruena.

– Ecologia da Paisagem

A ecologia da paisagem foi o indicador adotado para definição do componente-síntese “Ecossistemas Terrestres”, sendo formado pelas seguintes variáveis: grau de fragmentação da cobertura vegetal e grau de conectividade entre Unidades de Conservação, Terras Indígenas e fragmentos florestais.

#### 2.4.9. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Branco (BRASIL, EPE, 2011a)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Branco selecionou 3 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

– Sensibilidade Geológica

Conforme apresentado na AAI da bacia do Rio Branco, a seleção das variáveis que compõem o indicador de Sensibilidade Geológica considerou aspectos relacionados à suscetibilidade a alterações. Dessa forma, foram levantadas as seguintes variáveis: sismos naturais e falhas geológicas de movimentação recente; áreas suscetíveis à instabilização de maciços; recursos

---

<sup>5</sup> O capítulo 5.2 “Sensibilidades do Componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres” do referido estudo, à página 182, tem dentre seus objetivos descrever os conceitos de cada uma dessas variáveis. Todavia, observa-se que a variável “erosividade das chuvas”, embora citada no item 5.2.3 “Suscetibilidade à Erosão”, não foi abordada no trabalho.

minerais (presença de recursos minerais e títulos minerários) e; hidrogeologia (avaliando-se as estruturas de sistemas de aquíferos e sua sensibilidade à poluição).

Com relação à primeira variável citada, destaca-se que esta contempla falhas de idade cuja última movimentação tenha ocorrida a mais de 1,3 milhões de anos, tendo sido consideradas possíveis implicações em relação à instabilização geológica regional, observando-se a potencialidade de desencadeamento de sismos induzidos pelos reservatórios.

Quanto às áreas suscetíveis à instabilização de maciços rochosos ou terrosos, foi analisada a sensibilidade relacionada às formações geológicas e geomorfológicas.

#### – Sensibilidade à Erosão do Solo

As variáveis selecionadas para compor o indicador em questão são: geomorfologia e entalhamento das drenagens (avaliando-se o efeito da declividade e entalhamento do relevo quanto à estabilidade dos solos); erodibilidade (avaliando-se a suscetibilidade dos solos à erosão); erosividade (verificando-se os efeitos das chuvas no que tange à erosão dos solos) e; cobertura vegetal e uso do solo (analisando-se a cobertura do solo decorrente de seu uso, seja antrópico seja pelas diferentes fitofisionomias existentes).

#### – Sensibilidade dos Ecossistemas Terrestres

Avaliaram-se as seguintes variáveis para compor o índice em epígrafe: Unidades de Conservação (de Proteção Integral e de Uso Sustentável e suas respectivas zonas de amortecimento); Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade – APCB (ordenadas em função de sua importância biológica segundo o PROBIO); exclusividade de habitats e presença de espécies endêmicas ou raras (considerando-se a representatividade das formações vegetais, tanto na bacia como um todo como no bioma Amazônia, bem como a relevância ecológica e o grau de antropização desses habitats) e; paisagem (contemplando a função ecológica que a paisagem exerce na manutenção da biodiversidade, a partir da análise do grau de fragmentação das formações vegetacionais nativas).

2.4.10. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jari (BRASIL, EPE, 2011b)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Jari selecionou 3 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Sensibilidade Geológica

Para análise do indicador de sensibilidade geológica foram consideradas as seguintes variáveis: áreas suscetíveis a instabilização de maciços; recursos minerais e; hidrogeologia. Observa-se que os conceitos relacionados a tais variáveis são os mesmos apresentados anteriormente para o indicador de mesmo nome, pertencente à bacia do rio Branco.

- Sensibilidade à Erosão do Solo

Foram estudadas as seguintes variáveis: geomorfologia e entalhamento das drenagens; erodibilidade; erosividade e; cobertura vegetal e uso do solo. Assim como para o indicador de sensibilidade geológica, os conceitos das variáveis que compõem o indicador de sensibilidade à erosão do solo são os mesmos daqueles já apresentados na AAI da bacia do Rio Branco.

- Sensibilidade dos Ecossistemas Terrestres

Para composição do índice de sensibilidade dos ecossistemas terrestres foram abordadas as variáveis: Unidades de Conservação (de Proteção Integral e de Uso Sustentável, bem como suas respectivas zonas de amortecimento); Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade (PROBIO) e; integridade de habitats e presença de espécies endêmicas ou raras.

Com relação à variável integridade de habitats e presença de espécies endêmicas ou raras, observa-se que “foram consideradas a representatividade das formações vegetacionais nativas na bacia, a relevância ecológica e o grau de antropização desses habitats”.

#### 2.4.11. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia (BRASIL, EPE, 2011c)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Araguaia selecionou 2 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Sensibilidade de Erosão dos Solos

Abordaram-se as seguintes variáveis: suscetibilidade à erosão; pluviosidade e; uso e ocupação do solo, analisando-se questões como tipo de solo, declividade dos terrenos, usos agrícolas dos solos e padrões de chuvas.

- Sensibilidade de Ecossistemas Terrestres

Para o indicador em questão foram consideradas as variáveis: tamanho dos remanescentes de vegetação nativa; Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável e suas zonas de amortecimento; Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade e; conectividade com a área fonte (corredores entre a Planície do Bananal e áreas marginais da bacia).

#### 2.4.12. Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi (BRASIL, EPE, 2011d)

A Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tibagi selecionou 4 indicadores para representar as características do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres. São eles:

- Quantidade de Habitat

A quantidade de habitat foi avaliada tomando-se como base a variável “proporção de habitat”, considerando-se os habitats nativos (ambientes florestais ou campestres) e antropizado. Foram avaliados os seguintes elementos para composição do indicador: uso e cobertura do solo; importância dos fragmentos e; distância da borda.

- Configuração do Habitat

Para análise da configuração do habitat, foi considerada a variável “distribuição espacial dos tamanhos dos remanescentes”. Tal variável permite a avaliação da sensibilidade dos remanescentes não apenas considerando o total de área desses, mas o tamanho de cada um em

si, uma vez que fragmentos de grande porte possuem sensibilidade distinta quando em comparação a fragmentos de tamanhos reduzidos.

Além disso, foram considerados os padrões de conectividade entre os fragmentos de vegetação, divididos em conectividade estrutural (como distâncias entre manchas e presença de corredores) e funcional (“considera as respostas comportamentais aos elementos da paisagem junto com a estrutura espacial”).

#### – Espécies da Fauna Ameaçadas de Extinção

Foram levantadas as espécies ameaçadas de extinção listadas nas federal e estadual incidentes, focando-se nas espécies da mastofauna e avifauna.

#### – Áreas de Relevante Interesse para Conservação

O indicador em questão foi avaliado tomando-se como base as seguintes variáveis: Unidades de Conservação (de Proteção Integral e de Uso Sustentável) e Terras Indígenas e; Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade – APCB definidas pelo PROBIO.

### 2.5. Análise Comparativa

Nesta seção é feita uma comparação entre as Avaliações Ambientais Integradas, no que diz respeito aos indicadores ambientais do componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres, destacando as principais diferenças e similaridades entre as mesmas.

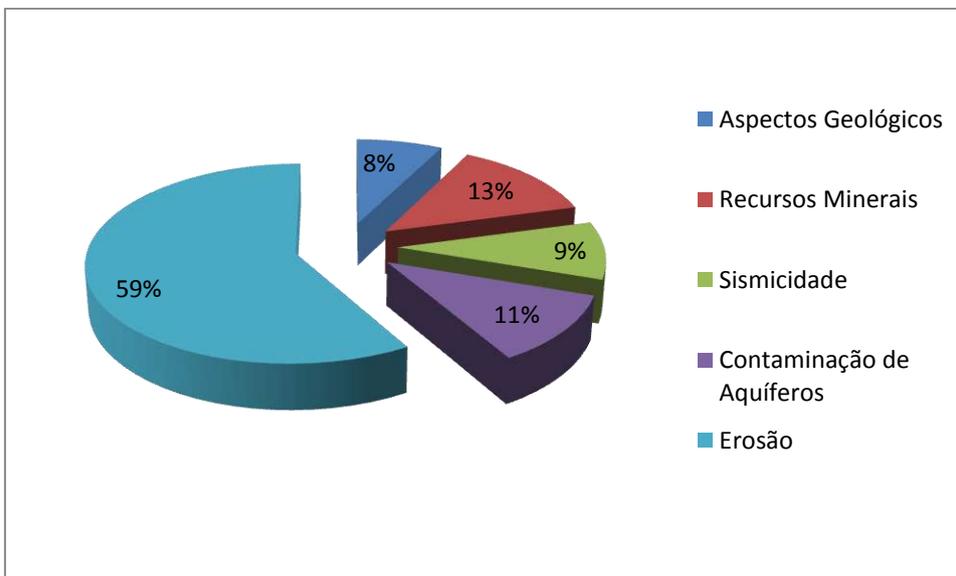
Dessa forma, observa-se que o tema “Ecossistemas Terrestres” é considerado por todos os 12 estudos analisados, tendo sido considerados 25 indicadores ambientais (incluindo suas repetições), enquanto que o tema “Meio Físico” é abordado em 10 estudos, com a análise de 20 indicadores (incluindo suas repetições). Os estudos que não abordam o tema “Meio Físico” são a AAI da Bacia do Rio Uruguai e a AII da Bacia do Rio Tibagi.

Em todos as Avaliações Ambientais Integradas, são considerados indicadores simples, formados por apenas 1 variável, bem como indicadores compostos, formados por 2 ou mais variáveis.

## Meio Físico

Com relação ao Meio Físico, o tema “**erosão**” é abordado por 10 indicadores (incluindo as repetições), enquanto que aspectos que tratam conjuntamente de diversos fatores relacionados à “**geologia**”, como sismicidade, contaminação de aquíferos e recursos minerais, são representados em 5 indicadores. Já os demais indicadores são abordados com menor frequência, da seguinte maneira: “**contaminação de aquíferos**” – 1 indicador; “**recursos minerais**” – 2 indicadores e; “**sismicidade**” – 2 indicadores.

Para compor os indicadores ambientais do Meio Físico, são utilizadas 53 variáveis (considerando suas repetições), divididas neste trabalho da seguinte maneira: 31 para erosão, 7 para recursos minerais, 6 para contaminação de aquíferos, 5 para sismicidade e 4 para outros aspectos geológicos (como suscetibilidade à instabilização de maciços e presença de cavernas, sítios geológicos e paleo-biológicos). Ressalta-se que, comparando-se todas as Avaliações Ambientais Integradas, há casos em que uma mesma variável é utilizada ora para compor um indicador simples (formado por apenas 1 variável), ora para compor um indicador composto (formado por mais de 1 variável), ou seja, variáveis idênticas são utilizadas para compor diferentes indicadores. O gráfico 1 ilustra essa distribuição.



**Gráfico 1 – Distribuição das variáveis do tema “Meio Físico”**

Organizado pelo autor

Dentre os 10 indicadores que abordam o tema “**erosão**”, a variável “uso e ocupação do solo” é considerada por 8 indicadores, enquanto que a variável “potencial de erosividade das chuvas” (ou seja, o efeito das chuvas na erosão dos solos) é analisado por 7 indicadores. Já a

“susceptibilidade dos solos à erosão” (ou erodibilidade), é contemplada em 5 indicadores. Em seguida, as variáveis utilizadas com maior frequência pelas AAI para compor os indicadores do tema erosão são: “geomorfologia” e “tipos de solos”, com 3 citações cada, “erosão concentrada” e “erosão laminar”, com 2 citações cada, e “natureza físico-química do solo”, considerada por apenas 1 indicador.

Observa-se que 6 estudos utilizam o indicador denominado “sensibilidade à erosão dos solos”, porém, esses apresentam diferenças entre as variáveis que os compõem, ou seja: para a AAI dos rios Doce, Paraíba do Sul e Paranaíba, as variáveis selecionadas foram tipos de solos; pluviosidade e; uso e ocupação do solo. Já as AAI dos rios Branco e Jari consideram 4 variáveis para formar o indicador em questão, sendo essas a geomorfologia e entalhamento das drenagens; a erodibilidade; a erosividade e; a cobertura vegetal e uso e ocupação do solo. Os demais estudos consideram indicadores distintos (num total de 4), não havendo repetição desses entre as AAI, tanto com relação aos nomes dados a esses indicadores, quanto em relação ao conjunto de variáveis utilizados por cada um desses estudos.

Dentre os 5 indicadores que abordam a linha temática “**geologia**”, variáveis que tratam da poluição dos aquíferos possuem 5 ocorrências, assim como as variáveis que abordam os recursos minerais e a sismicidade. A variável “Presença de cavernas, sítios geológicos e paleo-biológicos” apresenta 2 ocorrências.

Observa-se que 3 Avaliações Ambientais Integradas fazem uso do indicador “sensibilidade geológica”, sendo estas as AAI dos rios Doce, Branco e Jari. Os demais estudos (AAI dos rios Paranaíba e Paraíba do Sul) abordam indicadores exclusivos. Todavia, não existe duplicidade da formulação dos indicadores em questão, independente do nome dado aos mesmos.

Com relação aos indicadores que tratam única e exclusivamente do tema “**sismicidade**”, observa-se que os mesmos surgem em apenas dois estudos, sendo esses: AAI da Bacia do Rio Paranaíba e AAI da Bacia do Rio Juruena. Em ambos os casos, apenas a variável “zonas sismogênicas” é utilizada para compor o indicador denominado de “sismicidade”.

Já os indicadores que tratam apenas do tema “**recursos minerais**” são considerados nas AAI das bacias dos rios Teles Pires (com o nome de “extrativismo mineral”, tendo como variável o “potencial de impacto pela atividade de lavra”) e Juruena (com o nome de “recursos minerais”, também formado por apenas 1 variável, denominada de “envoltórias de potencialidade mineral”).

Ainda se tratando dos indicadores do “Meio Físico”, tem-se a “**contaminação de aquíferos**”, indicador este que surge para tratar do tema de maneira exclusiva apenas na Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tocantins. Para formar tal indicador, foi considerada

uma única variável, denominada de “susceptibilidades dos terrenos a contaminação do lençol freático”.

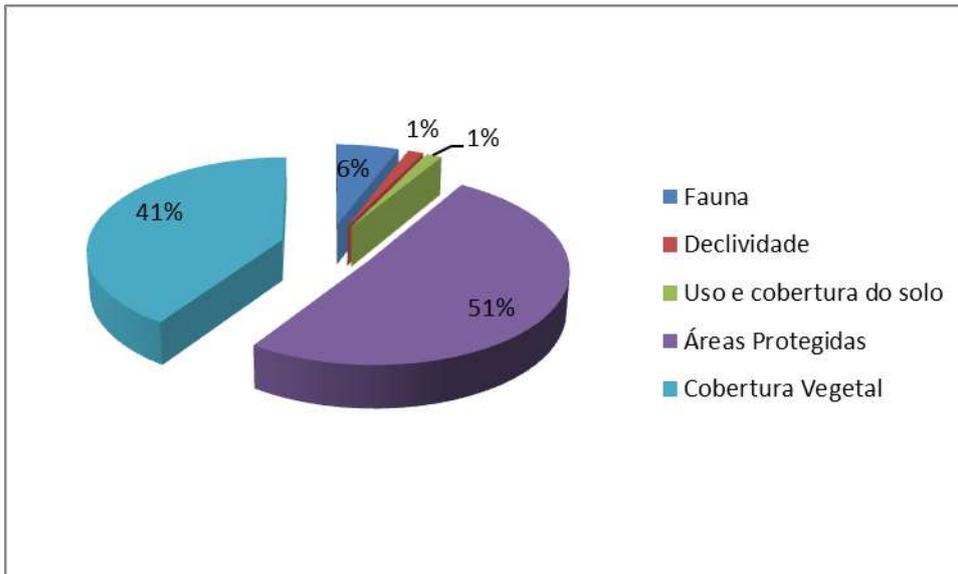
Ademais, observa-se que para o “Meio Físico”, variáveis que dizem respeito à sismicidade são utilizadas para formular indicadores de dois grandes temas definidos no presente trabalho, sendo estes: “geologia” e “sismicidade”. Como exemplo, citam-se as variáveis que tratam de contaminação de aquíferos, que surgem tanto para formar indicadores de “sensibilidade geológica” (AAI das bacias dos rios Branco, Jari e Doce), quanto de “sensibilidade ao aquífero e aos recursos minerais” (AAI da Bacia do Rio Paraíba do Sul) e “sensibilidade geológico-geotécnica” (AAI da Bacia do Rio Paranaíba). Não há outros casos em que uma mesma variável é utilizada para construir indicadores que representam temas diferentes.

Analisando-se cada AAI de maneira isolada (ou seja, independente dos demais estudos), não foram identificadas variáveis que se repetem para mais de 1 indicador, no que diz respeito ao tema “Meio Físico”.

### Ecossistemas Terrestres

Com relação aos Ecossistemas Terrestres, o tema com maior número de ocorrência diz respeito à “**cobertura vegetal**”, que aborda fatores como espécies vegetais endêmicas e ameaçadas de extinção, área ocupada por vegetação nativa, diversidade de fitofisionomias, conectividade entre fragmentos vegetais, entre outros, com 9 ocorrências, seguido dos indicadores que tratam do assunto “**áreas protegidas**”, sendo citado por 8 indicadores. Na sequência, o tema que trata da “**sensibilidade dos ecossistemas terrestres**” que, por sua vez, aborda fatores como vegetação, Unidades de Conservação e Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade, surge em 6 indicadores. Por fim, tem-se o tema “**fauna**”, citado isoladamente em 2 indicadores.

No que tange aos indicadores dos “Ecossistemas Terrestres”, são utilizadas 69 variáveis (incluindo suas repetições), agrupadas neste trabalho em 5 grandes temas, com a seguinte proporção: 35 para áreas protegidas, 28 para cobertura vegetal, 4 para fauna, 1 para declividade e 1 para uso e cobertura do solo. Ressalta-se que, da mesma maneira como ocorre para o “Meio Físico”, comparando-se todas as Avaliações Ambientais Integradas no que tange aos “Ecossistemas Terrestres”, há casos em que uma mesma variável é utilizada ora para compor um indicador simples (formado por apenas 1 variável), ora para compor um indicador composto (formado por mais de 1 variável), ou seja, variáveis idênticas são utilizadas para compor diferentes indicadores. O gráfico 2 ilustra tal agrupamento.



**Gráfico 2 – Distribuição das variáveis do tema “Ecosistemas Terrestres”**

Organizado pelo autor

Dentre os 8 indicadores que abordam o tema “**áreas protegidas**”, a variável “Unidades de Conservação de Proteção Integral” é considerada em 5 casos, situação essa que se repete no que diz respeito à variável “Unidades de Conservação de Uso Sustentável”. Em seguida, a variável com maior frequência de uso diz respeito às “Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade”, considerada por 4 indicadores. As duas últimas variáveis utilizadas para compor os indicadores da linha temática em análise são: “Terras Indígenas”, abordada por 2 indicadores e; “Reservas da Biosfera da Mata Atlântica”, considerada apenas pelo indicador de áreas protegidas da AAI da Bacia do Rio Uruguai.

Observa-se que 2 estudos (AAI da bacia dos rios Teles Peres e Parnaíba) utilizam o indicador denominado “Unidades de Conservação” e, em ambos os casos, as variáveis selecionadas para compor tais indicadores são as mesmas, a saber: “UC de Proteção Integral” e “UC do Uso Sustentável”. Já nas AAI da bacia dos rios Tocantins e Tibagi, as mesmas variáveis (“UC de Proteção Integral”; “UC do Uso Sustentável”; “Terras Indígenas” e; “Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade”) são utilizadas para formar indicadores de diferentes nomes. No caso do primeiro estudo citado, o indicador é denominado de “Áreas destinadas à conservação da biodiversidade” e no caso da AAI da Bacia do Rio Tibagi, o indicador recebe o nome de “Perda de Área de Relevante Interesse para Conservação (ARIC)”.

Os demais estudos consideram indicadores distintos (num total de 4), não havendo repetição desses entre as AAI, tanto com relação aos nomes dados a esses indicadores, quanto em relação ao conjunto de variáveis utilizados por cada um desses estudos.

Com relação aos indicadores que tratam exclusivamente do tema “**fauna**”, esses são abordados por apenas em 2 ocasiões: na AAI da Bacia do Rio Uruguai, o indicador “Espécies da Fauna Terrestre da Características Especiais” é formado pelas variáveis “Espécies Ameaçadas em Nível Regional, Nacional e Mundial” e “Espécies Endêmicas da Fauna”. Já na AAI da Bacia do Rio Tibagi, o indicador “Espécies da fauna ameaçada de extinção” é formado apenas pela variável “Número de espécies ameaçadas”, referindo-se apenas aos grupos mastofauna e avifauna.

Já com relação aos 9 indicadores que tratam da linha temática “**cobertura vegetal**”, são utilizadas 19 variáveis conceitualmente distintas. Não ocorre repetição desses indicadores entre os estudos.

Por fim, no que tange aos 6 indicadores que tratam do tema “sensibilidade dos ecossistemas terrestres”, as variáveis “APCB”, “UC de Proteção Integral” e “UC de Uso Sustentável” possuem, cada uma, 6 ocorrências (ou seja, todos os estudos consideram essas variáveis). As demais variáveis, num total de 12, possuem apenas 1 ocorrência cada.

No que diz respeito à repetição de indicadores, cita-se a “sensibilidade dos ecossistemas terrestres”, utilizada pelas Avaliações Ambientais Integradas das bacias dos seguintes rios: Araguaia, Branco, Doce, Jari, Paraíba do Sul e Paranaíba. Entretanto, embora muito similares, cada um desses indicadores é formado por um conjunto de variáveis distinto. Outro indicador que possui mais de uma ocorrência diz respeito à “Unidades de Conservação”, que tanto para a AAI da Bacia do Rio Teles Pires, como para a AII da Bacia do Rio Parnaíba, é formado pela união das variáveis “UC de Proteção Integral” e “UC de Uso Sustentável”.

Ademais, observa-se que para os “Ecossistemas Terrestres”, variáveis que dizem respeito à cobertura vegetal são utilizadas para formular indicadores de dois grandes temas definidos neste trabalho, sendo estes: “sensibilidade dos ecossistemas terrestres” e “cobertura vegetal”. Como exemplo, cita-se a variável “tamanho dos remanescentes de vegetação”, que é utilizada pela AAI da Bacia do Rio Doce na construção do indicador “sensibilidade dos ecossistemas terrestres”, bem como pela AAI da Bacia do Rio Tibagi, que aborda a mesma variável para formar o indicador “configuração de habitat”.

Também com relação à variável APCB, observa-se seu uso tanto na formulação de mais de um indicador, a saber: AAI das bacias dos rios Doce, Paraíba do Sul, Paranaíba, Branco, Araguaia e Jari – indicador “sensibilidade dos ecossistemas terrestres”; AAI da Bacia do Rio Tocantins – indicador “Áreas destinadas à conservação da biodiversidade”; AAI da Bacia do Rio Tibagi – indicador “Perda de Área de Relevante Interesse para Conservação (ARIC)”; AAI da Bacia do Rio Parnaíba – indicador “Indicações do PROBIO” e; AAI da Bacia do Rio

Uruguai – indicador “Taxa de ocupação por áreas proposta para a criação de Unidades de Conservação da Biodiversidade”.

Citam-se, ainda, as variáveis “Unidades de Conservação de Proteção Integral” e “Unidades de Conservação de Uso Sustentável”, ambas utilizadas por Avaliações Ambientais Integradas para compor diferentes indicadores (de diferentes linhas temáticas), quando comparados tais estudos.

Analisando-se cada AAI de maneira isolada (ou seja, independente dos demais estudos), não foram identificadas variáveis que se repetem para mais de 1 indicador, no que diz respeito ao tema “Ecossistemas Terrestres”.

A Tabela 1 a seguir apresenta os indicadores ambientais e suas respectivas variáveis, para cada Avaliação Ambiental Integrada.

Tabela 1 – Indicadores ambientais e respectivas variáveis

Bacia	Indicadores	Variáveis
Uruguai	Espécies da flora terrestre da características especiais	Áreas ameaçadas em nível regional e nacional Espécies endêmicas Espécies imunes ao corte no Rio Grande do Sul
	Espécies da fauna terrestre da características especiais	Espécies ameaçadas em nível regional, nacional e mundial Espécies Endêmicas
	Taxa de ocupação por Unidades de Conservação de Proteção Integral	UC de Proteção Integral
	Taxa de ocupação por Unidades de Conservação de Uso Sustentável e pela Reserva da Biosfera	UC de Uso Sustentável Reservas da Biosfera da Mata Atlântica
	Taxa de ocupação por áreas proposta para a criação de Unidades de Conservação da Biodiversidade	APCB (Mata Atlântica e Campos Sulinos)
	Taxa de ocupação da unidade hidrográfica por vegetação florestal natural	Vegetação nativa de porte arbóreo
Tocantins	Relação entre áreas suscetíveis e área do compartimento	Terrenos suscetíveis à erosão/assoreamentos Terrenos suscetíveis à erosão no horizonte C
	Relação entre áreas vulneráveis e área do compartimento	Suscetibilidades dos terrenos à contaminação do lençol freático
	Relação entre área de vegetação e área do compartimento	Vegetação nativa
	Áreas destinadas à conservação da biodiversidade	UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável Terras Indígenas APCB
	Heterogeneidade da paisagem	Diversidade de fitofisionomias

continua...

continuação

Tabela 1 – Indicadores ambientais e respectivas variáveis

Bacia	Indicadores	Variáveis
Parnaíba	Erosão	Erosão laminar Erosão concentrada Potencial de erosividade da chuva
	Sismicidade	Sismicidade
	Unidades de Conservação	UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável
	Indicações do PROBIO	APCB (Caatinga e Cerrado)
	Cobertura vegetal, riqueza e diversidade de espécies e biótopos	Cobertura vegetal ( <i>matas naturais e parte das pastagens</i> ) Riqueza e diversidade de espécies e biótopos
Doce	Sensibilidade geológica	Sismos induzidos Relevos cársticos Recursos minerais Presença de cavernas, sítios geológicos e paleo-biológicos
	Sensibilidade à erosão dos solos	Tipos de solos Pluviosidade Uso e ocupação do solo Tamanho dos remanescentes de vegetação florestal
	Sensibilidade dos ecossistemas terrestres	Remanescentes florestais com ocorrência de mono-carvoeiro UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável APCB
	Sensibilidade ao aquífero e aos recursos minerais	Aquíferos Recursos minerais
	Sensibilidade à erosão dos solos	Tipos de solos Pluviosidade Uso e ocupação do solo Declividade
Paraíba do Sul	Sensibilidade dos ecossistemas terrestres	Remanescentes de vegetação florestal UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável APCB

continua...

continuação

Tabela 1 – Indicadores ambientais e respectivas variáveis

Bacia	Indicadores	Variáveis
Paranaíba	Sensibilidade geológico-geotécnica	Sismos induzidos Relevos cársticos Recursos minerais Presença de cavernas, sítios geológicos e paleo-biológicos Tipos de solos
	Sensibilidade à erosão dos solos	Precipitação Uso e ocupação do solo Dimensão dos remanescentes de vegetação florestal
	Sensibilidade dos ecossistemas terrestres	Distribuição e extensão das paisagens savânicas UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável APCB Conectividade de fragmentos florestais
Teles Pires	Extrativismo mineral	Potencial de impacto pela atividade de lavra Natureza físico-química do solo
	Vulnerabilidade à erosão	Relevo Tipos de usos da terra
	Cobertura vegetal	Cobertura vegetal ( <i>independente da tipologia</i> ) Níveis de conservação dos ecossistemas terrestres Análise das paisagens e fragmentação de habitats Grau de fragmentação dos ecossistemas terrestres
	Unidades de Conservação	UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável
Juruena	Recursos minerais	Envoltórias de potencialidade mineral
	Sismicidade	Zonas Sismogênicas
	Potencial erosivo	Erosão concentrada Erosão laminar
	Ecologia da paisagem	Grau de fragmentação da cobertura vegetal Grau de conectividade entre UC, TI e fragmentos vegetais
Branco	Sensibilidade geológica	Sismos naturais e falhas geológicas de movimentação recente Áreas suscetíveis à instabilização de maciços Recursos minerais Hidrogeologia Geomorfologia e entalhamento das drenagens Erodibilidade
	Sensibilidade à erosão do solo	Erosividade ( <i>efeito das chuvas na erosão dos solos</i> ) Cobertura vegetal e uso do solo UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável
	Sensibilidade dos ecossistemas terrestres	APCB Exclusividade de habitats e presença de espécies endêmicas ou raras Paisagem

continua...

continuação

Tabela 1 – Indicadores ambientais e respectivas variáveis

Bacia	Indicadores	Variáveis
Araguaia	Sensibilidade à erosão dos solos	Suscetibilidade à erosão Pluviosidade Uso e ocupação do solo
	Sensibilidade dos ecossistemas terrestres	Tamanho dos remanescentes de vegetação nativa UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável APCB Conectividade com a área fonte
Jari	Sensibilidade geológica	Áreas suscetíveis à instabilização de maciços Recursos minerais Hidrogeologia Geomorfologia e entalhamento das drenagens Erodibilidade
	Sensibilidade à erosão do solo	Erosividade ( <i>efeito das chuvas na erosão dos solos</i> ) Cobertura vegetal e uso do solo UC de Proteção Integral UC de Uso Sustentável
	Sensibilidade dos ecossistemas terrestres	APCB Integridade de habitats e presença de espécies endêmicas ou raras Uso e cobertura do solo
Tibagi	Quantidade de habitat	Importância dos fragmentos Distância da borda Tamanho dos remanescentes
	Configuração de habitat	Conectividade estrutural Conectividade funcional UC de Proteção Integral
	Perda de Área de Relevante Interesse para Conservação (ARIC)	UC de Uso Sustentável Terras Indígenas APCB
	Espécies da fauna ameaçada de extinção	Número de espécies ameaçadas

Organizado pelo autor

Além das diferenças no uso dos indicadores e variáveis ambientais, destaca-se, também, que não há regularidade na definição dos períodos que compõem os cenários temporais, pelas Avaliações Ambientais Integradas, conforme apresentado na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Cenários temporais

Avaliação Ambiental Integrada	Cenários Referenciais		
	Atual	Médio Prazo	Longo Prazo
AAI da Bacia do Rio Uruguai	2005	2015	2025
AAI da Bacia do Rio Tocantins	2006	2015	2025
AAI da Bacia do Rio Parnaíba	2006	2015	2025
AAI da Bacia do Rio Doce	2005	2015	2025
AAI da Bacia do Rio Paraíba do Sul	2005	2015	2025
AAI da Bacia do Rio Paranaíba	2005	2015	2025
	Inicial	Final	
AAI da Bacia do Rio Teles Pires	2007	2017	
AAI da Bacia do Rio Juruena	2006	2026	
AAI da Bacia do Rio Branco	2010	2030	
AAI da Bacia do Rio Araguaia	2006	2026	
AAI da Bacia do Rio Jari	2010	2030	
AAI da Bacia do Rio Tibagi	2011	2030	

Organizado pelo autor

Como pode ser apreciado acima, as 6 primeiras AAI desenvolvidas pela EPE consideram 3 cenários referenciais, denominados “Cenário Atual”, “Cenário de Médio Prazo” e “Cenário de Longo Prazo”. Em todos esses estudos o período considerado para cada cenário é muito similar. Já para os demais estudos, foram considerados apenas 2 cenários temporais: “Cenário Atual” e cenário futuro, sendo que o período entre ambos varia entre as AII, de 10 a 20 anos. Destaca-se ainda que, no que diz respeito à Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tibagi, além dos indicadores apresentados, o estudo elaborou novos indicadores, denominados de “indicadores de sustentabilidade socioambiental”, como objetivo de embasar o “acompanhamento e monitoramento da sustentabilidade da bacia” (BRASIL, EPE, 2011d, p.198).

### 3. CONCLUSÃO

Considerando que os indicadores têm por objetivo apresentar informações de caráter científico de maneira objetiva, permitindo sua fácil compreensão e uso, entende-se que a falta de padronização na formulação dos mesmos torna sua utilização complexa, quando não, impossível.

Conforme já comentado, o Termo de Referência estabelecido para orientar a elaboração das Avaliações Ambientais Integradas possui caráter genérico, deixando a cargo do desenvolvedor do estudo a definição da forma de abordagem no que tange aos indicadores ambientais. Nesse sentido, é possível concluir que a ausência de uniformidade nos procedimentos adotados em cada um desses estudos dificulta a comparação entre eles.

Na análise dos indicadores do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres em cada uma das Avaliações Ambientais Integradas observaram-se algumas particularidades no trato dessa questão, a saber:

- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Uruguai

Segundo apresentado pela AAI do Rio Uruguai, “alguns indicadores comuns às questões do meio físico, como condições morfológicas dos terrenos, tipos de solos e potencial de erosão, dentre outros, não foram abordados na análise de fragilidade, pois se considerou que estes aspectos possuem condições de interferir com maior expressão nos empreendimentos hidrelétricos do que serem influenciados por eles” (BRASIL, EPE, 2007a, p.31).

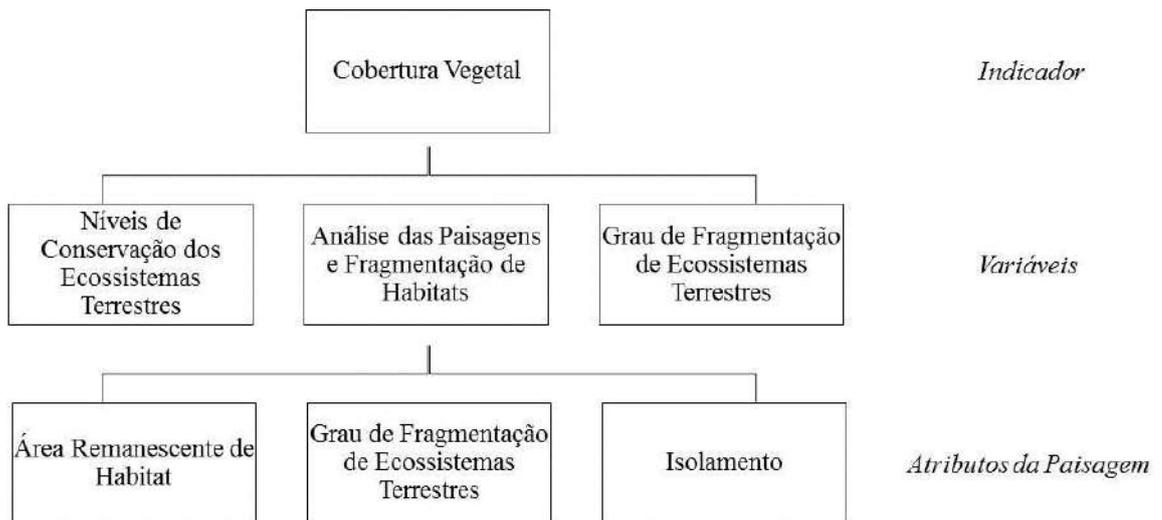
- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tocantins

Conforme consta no capítulo 2.4.2 do presente trabalho, a AAI da Bacia do Rio Tocantins considera 6 indicadores ambientais para representar o componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres.

Todavia, embora a “Tabela 8 – Indicadores de Fragilidade da bacia do rio Tocantins”, à pág. 90, e a “Tabela 42 – Índice de Fragilidade do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres, por Compartimento”, à pág. 130, contenham tais indicadores, o tópico que trata da descrição dos “Indicadores de Fragilidade do Meio Físico e Ecossistemas Terrestres”, à página 96, agrupa os indicadores “Relação entre Áreas de UC e TI e Área do Compartimento” e “Relação entre AP (Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade) e Área do Compartimento” num único indicador, denominado “Áreas destinadas à conservação da biodiversidade”.

- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Teles Pires

A expressão “grau de fragmentação dos ecossistemas terrestres” é utilizada indistintamente, tanto para representar uma variável do indicador “cobertura vegetal”, quanto para representar um atributo da variável “análise das paisagens e fragmentação de habitats”. A figura 2 abaixo ilustra a hierarquia entre variáveis e atributos.



**Figura 2: Hierarquia entre variáveis e atributos**

Organizado pelo autor

- Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Juruena

Dentre os indicadores ambientais selecionados para o componente-síntese Meio Físico e Ecossistemas Terrestres da Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Juruena, destacam-se “grau de fragmentação da cobertura vegetal” e “grau de conectividade entre Unidades de Conservação, Terras Indígenas e fragmentos florestais”, conforme apresentado no capítulo de Avaliação Ambiental Distribuída. Todavia, o capítulo de Avaliação Ambiental Integrada – AAI apresenta indicadores com denominações diferentes e conceitos similares, conforme indicado na Tabela 3 abaixo. Além disso, observa-se a supressão da variável “zonas sismogênicas” no referido capítulo (AAI).

Tabela 3 – Relação entre variáveis citada na AAD e na AAI

Tema	AAD	AAI
	Envoltórias de Potencialidade Mineral	Potencial mineral
M. Físico	Erosão Concentrada e Erosão Laminar	Potencial erosivo da bacia
	Zonas Sismogênicas	-
	Grau de Fragmentação da Cobertura Vegetal;	% habitats nativos afetados
M. Biótico	Grau de Conectividade entre UC, TI e Fragmentos Vegetais	% áreas de conectividade entre maciços vegetais; % áreas de relevante interesse para a conservação

Organizado pelo autor

Pode-se observar que os diferentes trabalhos adotam distintas formas de abordar a questão, com escolha de diferentes variáveis para caracterizar as condições do meio físico e dos ecossistemas terrestres nas bacias hidrográficas analisadas. Essa liberdade de opção metodológica foi facultada pela oportunidade oferecida pelos Termos de Referência que orientaram a elaboração das Avaliações Ambientais Integradas. Isto, por um lado, oferece oportunidade a que cada equipe responsável pelo trabalho organize da maneira mais adequada os dados disponíveis, porém, por outro, dificulta a comparação entre os resultados obtidos nos diferentes estudos.

Outro aspecto que merece ser observado na comparação entre os diversos estudos de Avaliação Ambiental Integrada consiste no fato de que não há uniformidade nos intervalos de tempo adotados para definição dos cenários temporais, sendo que os primeiros estudos de AAI adotaram entre 9 e 10 anos e os demais 10 a 20 anos. Além disto, nos primeiros foram adotados três cenários temporais: **curto prazo, médio prazo e longo prazo**, enquanto que nas últimas AAI somente cenários **iniciais e finais** foram considerados. Supõe-se que essa seja uma orientação oriunda dos Termos de Referência, porém não se conhece as razões para esta alteração.

Ademais, a análise dos estudos permite gerar conclusões a respeito da potencialidade do ambiente em progredir frente à inserção dos AHE, fator esse que se restringe ao tema Socioeconomia (indicadores de potencialidade/indicadores de sensibilidade positiva), pois, segundo as Avaliações Ambientais Integradas, apenas os aspectos relacionados à esse tema são capazes de sofrer transformações positivas quando postos às pressões das ações antrópicas.

Além das observações acima, o trabalho suscitou algumas interrogações que não puderam ser esclarecidas no âmbito desta pesquisa. Considera-se que essas dúvidas merecem investigações futuras, e podem contribuir para o aperfeiçoamento do instrumento de planejamento ambiental. Como sugestões para futuros estudos, mencionam-se:

- Análise comparativa dos indicadores ambientais das demais linhas temáticas consideradas pelos estudos de AAI, a saber: “Recursos Hídricos e Ecossistema Aquático” e “Socioeconomia”.
- Tendo-se em vista que nem todos os Termos de Referência elaborados pela EPE para subsidiar os estudos de AAI estão disponíveis para consulta, sugere-se realizar uma pesquisa acerca dos cenários temporais adotados em cada AAI, de modo a verificar as justificativas da adoção de diferentes intervalos de tempo entre os cenários de implantação de empreendimentos hidrelétricos nas bacias, bem como as vantagens e desvantagens dessa diferenciação para subsidiar o planejamento visando à implantação de futuros empreendimentos na bacia hidrográfica.
- Outro parâmetro que pode ser avaliado em futuros trabalhos diz respeito aos pesos dados às variáveis que compõem os indicadores ambientais; às escalas estabelecidas para quantificar as variáveis (escalas dos pesos) e aos limites definidos para esses os pesos (valores de referência máximo a mínimo).
- Considerando-se que uma das orientações dos Termos de Referência supracitados diz respeito à necessidade de subdivisão da área da bacia hidrográfica, a fim de permitir o conhecimento detalhado dos efeitos dos empreendimentos hidrelétricos sobre as características do meio físico, do meio biótico e da socioeconomia nela presentes, e que esses Termos de Referência não impõem os critérios para a delimitação desses subespaços a serem analisados, ressalta-se que cada uma das AAI analisadas adotou uma forma própria de compartimentar a área estudada, tanto na abordagem horizontal (isto é: diferentes critérios para delimitar o espaço para análise dos diferentes temas - físico/biótico/socioeconômico), quanto vertical (ou seja, subdivisões distintas da bacia hidrográfica nas distintas fases do trabalho: “Caracterização”, “Avaliação Ambiental Distribuída”, “Avaliação Ambiental Integrada”). Uma interessante análise comparativa dos diversos estudos de AAI consistiria na avaliação das similaridades e diferenças de abordagem adotadas, a fim de verificar os critérios utilizados, e compará-los em termos de vantagens e desvantagens.

#### 4. REFERÊNCIAS

AFONSO, J. *Indicadores Ambientais*. Disponível em: <<https://dspace.ist.utl.pt/bitstream/2295/40947/1/Trabalho%202021%20Indicadores%20Ambientais.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

AYRES, M. J. *O processo decisório de implantação de projetos hidrelétricos no Brasil. Análise dos casos-referência das usinas de Barra Grande e do Complexo Hidrelétrico do Rio Madeira à luz da avaliação ambiental estratégica*. 2009. 2v. (Dissertação de Mestrado) – Departamento de Direito, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2009.

BORTOLETO, E. M. A Implantação de Grandes Hidrelétricas: Desenvolvimento, Discurso e Impactos. In: **Revista Geografares** (Universidade Federal do Espírito Santo) nº 2, pp. 53-62, junho de 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. *O que é um CBH?* Disponível em: <<http://www.cbh.gov.br/GestaoComites.aspx>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. *Resolução Conama nº 001, de 23 de Janeiro de 1986*. Diário Oficial da União em 17 fev. de 1986.

\_\_\_\_\_. *Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981*. Diário Oficial da União em 02 set. de 1981.

\_\_\_\_\_. *Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997*. Diário Oficial da União em 09 jan. de 1997.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Plano Decenal de Expansão de Energia 2020*. Brasília, DF: MME/EPE, 2011.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Plano Nacional de Energia 2030*. Brasília, DF: MME/EPE, 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. *Manual de Inventário Hidroelétrico de Bacias Hidrográficas*. Rio de Janeiro: MME/CEPEL, 2007.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai*. Relatório Final, Consórcio Themag/Andrade & Canellas/Bourscheid. Brasília, março de 2007a.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba*. Relatório Final, Sondotécnica. Brasília, abril de 2007b.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul*. Relatório Final, Sondotécnica. Brasília, julho de 2007c.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins*. Relatório Final, Consórcio CNEC/ARCADIS Tetraplan. Brasília, julho de 2007d.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba*. Relatório Final, Consórcio CNEC/Projetec. Brasília, agosto de 2007e.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Doce*. Relatório Final, Sondotécnica. Brasília, novembro de 2007f.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Teles Pires*. Relatório Final, Consórcio Leme/Concremat. Brasília, abril de 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Juruena*. Relatório Final, CNEC. Brasília, setembro de 2010.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Branco*. Relatório Final, Hydros Engenharia. Brasília, fevereiro de 2011a.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Jari*. Relatório Final, Hydros Engenharia. Brasília, fevereiro de 2011b.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Araguaia*. Relatório Final, Engevix. Brasília, abril de 2011c.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia – MME. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. *Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Tibagi*. Relatório Final, CNEC. Brasília, agosto de 2011d.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Departamento de Gestão Estratégica. *Indicadores Ambientais*. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/sitio/index.php?ido=conteudo.monta&idEstrutura=219>>. Acesso em: 20 jan. 2012.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente – MMA. *Termo de Referência para o Estudo de Avaliação Ambiental Integrada dos Aproveitamentos Hidrelétricos da Bacia do Rio Uruguai*. s/l, s/e, 28 p., março 2005.

CRUZ, R. C.; SILVEIRA, G. L.; VILELLA, F. S.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, S. C. A. A Avaliação Ambiental Integrada de Bacias Hidrográficas como Instrumento de Negociação entre a Política Ambiental e Políticas Setoriais: o caso da Análise de Fragmentação do Rio Uruguai por Barragens. In: VI Seminário Latino Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. *Actas do VI Seminário Latino Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física*. Coimbra : Universidade de Coimbra, 2010. p. 1-11.

DZEDZEJ, M.; FLAUZINO, B. K.; ÁLVARES, J. M.; SANTOS, A. H. M. Sistemas de informações geográficas como ferramenta para avaliação ambiental integrada de potenciais hidrelétricos. In: *Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR (INPE)*, Curitiba, PR, Brasil, pp.8841-8848, maio de 2011.

ESTADO DE MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável – SEMAD. *Indicadores Ambientais*. Disponível em: <<http://www.semad.mg.gov.br/programas-e-projetos/indicadores-ambientais>>. Acesso em: 12 set. 2011.

ESTADO DE SERGIPE. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. *O que é uma bacia hidrográfica?* Disponível em: <<http://www.semarmh.se.gov.br/comitesbacias/modules/tinyd0/index.php?id=22>>. Acesso em: 12 dez. 2011.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Secretaria do Meio Ambiente - SEMA. *O que é uma bacia hidrográfica?* Disponível em: <[http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod\\_menu=54](http://www.sema.rs.gov.br/conteudo.asp?cod_menu=54)>. Acesso em: 12 jan. 2012.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO RIO DE JANEIRO – FIRJAN. Manual de indicadores ambientais. Rio de Janeiro: DIM/GTM, 2008.

GOLDEMBERG, J.; MOREIRA, J. R. Política energética no Brasil. In: *Revista Estudos Avançados* (Universidade de São Paulo) nº 19, pp. 215-228, outubro de 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. *Avaliação ambiental integrada e desenvolvimento de indicadores ambientais*. Disponível em: <[http://www.ipt.br/solucoes/74-avaliacao\\_ambiental\\_integrada\\_e\\_desenvolvimento\\_de\\_indicadores\\_ambientais.htm](http://www.ipt.br/solucoes/74-avaliacao_ambiental_integrada_e_desenvolvimento_de_indicadores_ambientais.htm)>. Acesso em: 19 jan. 2012.

MINISTÉRIO PÚBLICO FEDERAL. PROCURADORIA DA REPÚBLICA DO RIO GRANDE DO SUL. *Ação Civil Pública 2005.71.07.000158-5*. Caxias do Sul, 2005.

\_\_\_\_\_. PROCURADORIA DA REPÚBLICA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA. *Ação Civil Pública 5000063-51.2011.404.7001/PR*: Visa a enfrentar as deficiências em relação à metodologia adotada, e suas consequências, no estudo ambiental denominado Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Tibagi, 2011a.

\_\_\_\_\_. PROCURADORIA DA REPÚBLICA DO MUNICÍPIO DE LONDRINA. *Ação Civil Pública 5000063-51.2011.404.7001/PR*: *Decisão (liminar/antecipação de tutela)*: Concede parcialmente a antecipação de tutela referente à Ação Civil Pública ajuizada pelo Ministério Público Federal em face da UNIÃO, EPE, IMABA e IAP, 2011b.

\_\_\_\_\_. PROCURADORIA DA REPÚBLICA NO DISTRITO FEDERAL. *Ação Civil Pública 2005.72.00.003232-7/SC*: Visa enfrentar as deficiências em relação à metodologia adotada, e suas consequências, no estudo ambiental denominado Avaliação Ambiental Integrada da Bacia do Rio Uruguai, 2011c.

MENEGUZZO, I. S. *Análise da Degradação Ambiental na Área Urbana da Bacia do Arroio Gertrudes, Ponta Grossa, PR.: Uma Contribuição ao Planejamento Ambiental*. 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

MOLINA, E. C. *A estrutura da Terra*. Comunicação Oral. IAG / USP. Disponível em: <<http://www.iag.usp.br/~eder/deriv.ppt>>. Acesso em: 20 dez. 2011.

NASCIMENTO, W. M.; VILLAÇA, M. G. Bacias Hidrográficas: Planejamento e Gerenciamento. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros*, n. 07, ano 05, 2008.

OLIVEIRA, E. G.; REBELLO, A. Planejamento Ambiental em Bacias Hidrográficas: Um Estudo Preliminar de Indicadores Socioambientais na Microbacia do Quarenta (Manaus-AM). In: *XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada*. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em:  
<[http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos\\_completos/eixo3/027.pdf](http://www.geo.ufv.br/simposio/simposio/trabalhos/trabalhos_completos/eixo3/027.pdf)>. Acesso em: 12 dez. 2011.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT – OECD. Rumo a um desenvolvimento sustentável: indicadores ambientais. *Série Cadernos de Referência Ambiental*, v. 09, 2002.

PORTO, M. F.; PORTO, R. L. L. Gestão de bacias hidrográficas. *Estudos Avançados*, v. 22, n. 63, p. 43-60, 2008.

ROCHA, J. M.; CRUZ, R. C; WENCESLAU, F. F. Avaliação Ambiental Integrada: Uma Experiência Interdisciplinar na Bacia do Rio Uruguai-Brasil. In: VI Seminário Latino Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra - Portugal. *Actas do VI Seminário Latino Americano e II Seminário Ibero Americano de Geografia Física*, 2010. v. 01. p. 01-13.

ROSSETTO, A. M.; ORTH, D. M.; KALIL, R. M. L.; ROSSETTO, C. R. Proposta de gestão integrada do ambiente urbano utilizando indicadores de sustentabilidade. *Seminário – A Questão ambiental urbana: experiências e perspectivas*. Brasília, DF: UnB : NEUR/CEAM, 2004.

RUTKOWSKI, E.; SANTOS, R. F. Bacia Ambiental: Um Outro Olhar para a Gestão das Águas Doces Urbanas. In: *Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*. Zaragoza (Espanha). 1998b.

RUTKOWSKI, E.; SANTOS, R. F. Planejamento Ambiental como Estratégia para Reabilitação de Águas Urbanas: Um Estudo de Caso (Rio Cotia, São Paulo, Brasil). In: *Congreso Ibérico sobre Planificación y Gestión de Aguas*. Zaragoza (Espanha). 1998a.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação Ambiental Estratégica e sua Aplicação no Brasil. *Seminário Rumos da Avaliação Ambiental Estratégica no Brasil*, em 9 de dezembro de 2008 no Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo. 2008.

SILVA, J. S. V. *Análise multivariada em zoneamento para planejamento ambiental; estudo de caso: bacia hidrográfica do alto rio Taquari MS/MT*. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Campinas, 2003.

SOUSA, W. L. *Impacto Ambiental de Hidrelétricas: Uma Análise Comparativa de Duas Abordagens*. 2000. 159 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético) – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2000.

SOUZA, C. M. M. Avaliação Ambiental Estratégica (AAE): Limitações dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA). In: *XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*, São Paulo. 2007.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: MMA, 2006.

#### **Sites consultados**

[www.saofrancisco.cbh.gov.br](http://www.saofrancisco.cbh.gov.br)

[www.sema.rs.gov.br](http://www.sema.rs.gov.br)

[www.ecolnews.com.br](http://www.ecolnews.com.br)

[www.cbh.gov.br](http://www.cbh.gov.br)

[www.ipt.br](http://www.ipt.br)

[www.fao.org](http://www.fao.org)

[www.mma.gov.br](http://www.mma.gov.br)

[www.semاد.mg.gov.br](http://www.semاد.mg.gov.br)

<http://www.cbh.gov.br>