

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS

Centro de Engenharias

Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais



Defesa de Mestrado

Análise Integrada dos Impactos Ambientais de Usinas hidrelétricas

Marília da Costa Alvarengo

Pelotas, 2022

Marilia da Costa Alvarengo

Análise Integrada dos Impactos ambientais de Usinas hidrelétricas

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, do Centro de Engenharias da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Flavio M. Rodrigues da Silva Júnior

Co-orientador: André Luiz Missio

Pelotas, 2022

Marília da Costa Alvarengo

Análise integrada dos Impactos ambientais de Usinas hidrelétricas.

Defesa de Dissertação de Mestrado apresentada como requisito para obtenção do título de Mestra em Ciências Ambientais, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa de Mestrado: Dia de 03 de agosto de 2022

Banca examinadora

Prof. Ng Haig They, Doutor em Oceanografia pela Universidade Federal do Rio Grande.

Prof. Robson Andreazza, Doutor em Ciências do Solo pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Prof.^a Luciara Bilhalva Corrêa, Doutora em Educação Ambiental pela Universidade do Rio Grande. (suplente)

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

A314a Alvarengo, Marilia da costa

Análise integrada dos impactos ambientais de usinas hidrelétricas / Marilia da costa Alvarengo ; Flavio Manoel Rodrigues da Silva Júnior, orientador ; André Luiz Missio, coorientador. — Pelotas, 2022.

68 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharias, Universidade Federal de Pelotas, 2022.

1. Usinas hidrelétricas. 2. Impactos ambientais. 3. Redes de interação. 4. Lista de verificação. I. Silva Júnior, Flavio Manoel Rodrigues da, orient. II. Missio, André Luiz, coorient. III. Título.

CDD : 628

Elaborada por Aline Herbstrith Batista CRB: 10/1737

Agradecimentos

Aos meus pais, por serem grandes apoiadores e incentivadores para que eu sempre busque meus objetivos.

A minha família, parceiros e amigos, por serem grandes apoiadores.

Ao meu orientador Flávio Manoel pela orientação e persistência e meu co-orientador André Luiz Missio.

E a Universidade Federal de Pelotas – UFPEL pela oportunidade.

Obrigada.

Resumo

Alvarengo, Marília da Costa. **Análise Integrada dos Impactos Ambientais de Usinas Hidrelétricas. 2022.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharia, Universidade de Pelotas, 2022.

Por mais de um século a energia gerada nas usinas hidrelétricas é considerada limpa devido a não emissão de gases de efeito estufa. No entanto, nos dias atuais, estudos tem mostrado que os custos ambientais e sociais da implantação desses empreendimentos são consideravelmente altos e apesar da eficiência energética, esse sistema está longe de gerar uma energia socioambientalmente responsável. Neste sentido, energias reconhecidamente tidas como renováveis, nem sempre estão isentas dos impactos ambientais advindos do seu uso. O objetivo do estudo foi desenvolver um método integrado para identificação e avaliação da importância dos principais impactos ambientais gerados por empreendimentos hidrelétricos, tendo por base, os processos de licenciamento ambiental na esfera federal. O método compreendeu no desenvolvimento de uma rede de interação e uma lista de verificação para uso em Estudos de Impactos Ambientais dos processos de licenciamento de esfera federal e foram criadas a partir da análise de 8 processos de usinas hidrelétricas. São vários os impactos identificados tanto físicos, bióticos e sócios-econômicos, os quais variam de acordo com o local de instalação. Para o checklist foram incluídos 15 impactos físicos, 20 impactos ao meio biótico e 19 impactos no meio socioeconômico. Foram criadas 9 redes de interação que apontaram a conectividade entre os impactos. Alguns dos potenciais impactos podem ser considerados comum a todos os empreendimentos, enquanto outros são local-dependente. Estes elementos demonstram a importância da utilização de metodologias visando o aprimoramento dos processos vigentes.

Palavras chaves: Usinas hidrelétricas. Impactos Ambientais. Redes de Interação. Lista de verificação

Abstract

Alvarengo, Marília da Costa. **Integrated Analysis of Environmental Impacts of Hydroelectric Power Plants. 2022.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) Programa de Pós- Graduação em Ciências Ambientais, Centro de Engenharia, Universidade de Pelotas, 2022.

For more than a century the energy generated in hydroelectric plants is considered clean due to the non-emission of greenhouse gases. However, nowadays, studies have shown that the environmental and social costs of the implementation of these projects are considerably high and despite the energy efficiency, this system is far from generating a socio-environmentally responsible energy. In this sense, energies recognized as renewable are not always exempt from the environmental impacts arising from their use. The objective of the study was to develop an integrated method to identify and assess the importance of the main environmental impacts generated by hydroelectric projects, based on the environmental licensing processes at the federal level. The method involved the development of an interaction network and a checklist for use in Environmental Impact Studies of federal licensing processes and were created from the analysis of 8 processes of hydroelectric plants. There are several identified physical, biotic and socio-economic impacts, which vary according to the installation location. For the checklist, 15 physical impacts, 20 biotic impacts and 19 socioeconomic impacts were included. Nine interaction networks were created that pointed out the connectivity between the impacts. Some of the potential impacts can be considered common to all developments, while others are site-dependent. These elements demonstrate the importance of using methodologies aimed at improving existing processes.

Keywords: Hydroelectric plants. Environmental Impacts. Interaction Networks. checklist.

Lista de Figuras

Figura 1: Usina hidrelétrica. Fonte: LIMA, 2017.....	15
Figura 2 : Quadro conceitual de um potencial ambientalmente viável para o desenvolvimento de hidrelétricas. Fonte: ZANG et al., 2014.....	21
Figura 3: Rede de interação dos impactos ambientais referentes à obtenção de cobre por lixiviação (MARTIM, 2013).....	24
Figura 4: : Fluxograma das etapas metodológicas.....	29
Figura 5: Quantificação do número de impactos identificados, conforme o meio.....	32
Figura: 6 Rede de interação 1.....	36
Figura: 7 Rede de interação 2.....	37
Figura: 8 Rede de interação 3.....	38
Figura: 9 Rede de interação 4.....	39
Figura: 10 Rede de interação 5.....	40
Figura: 11 Rede de interação 6.....	41
Figura: 12 Rede de interação 7.....	42
Figura: 13 Rede de interação 8.....	43
Figura: 14 Rede de interação 9.....	44

Lista de Tabelas

Tabela 2: Extrato de Lista de Verificação de características ambientais.....	26
Tabela 2: Extrato de Lista de Verificação de características ambientais.....	27
Tabela 3: Localização das Usinas Hidrelétricas.....	30
Tabela 4: Modelo de lista de atividades componentes de uma Usina hidrelétrica e Impactos Ambientais.....	31
Tabela 5: Tabela 5: Impactos comuns entre os estudos analisados.....	33
Tabela 6: Lista de Verificação genérica para Usinas hidrelétricas e Impactos Ambientais.....	45

Sumário

1	Introdução.....	11
2	Objetivos.....	12
	2.1 Objetivos geral.....	12
	2.2 Objetivos específicos.....	12
	2.3 Hipótese.....	12
	2.4 Justificativa e problema de pesquisa.....	12
3	Revisão Bibliográfica	13
	3.1 Usinas hidrelétricas	13
	3.2 Impacto ambiental, ênfase em impactos de atividades de usinas hidrelétricas.....	17
	3.3 Métodos de identificação de impactos ambientais.....	22
	3.3.1 Redes de interação.....	22
	3.3.2 Métodos de lista de verificação ou check-lists.....	24
	3.3.3.1 Lista de controle simples.....	26
	3.3.3.2 Lista de controle descritiva.....	27
	3.3.3.3 Lista de controle escalar.....	28
4	Metodologia.....	29
	4.1 Primeira etapa.....	29
	4.2 Segunda etapa.....	31
	4.3 Terceira etapa	32
5	Resultados	32
6	Discussão	46
7	Conclusão.....	49
8	Considerações finais.....	49
	Referencias bibliográficas.....	50
	Anexos 1.....	58

1. Introdução

A energia gerada por empreendimentos hidrelétricos tem sido reportada por mais de um século como uma forma limpa de obtenção de energia, em razão da não geração/emissão de gases de efeito estufa. No entanto, os estudos mais recentes apontam para a existência de custos ambientais e sociais elevados com a implantação e operação destes empreendimentos, colocando em “xeque” a posição socioambiental sustentável das usinas hidrelétricas (Rahman et al 2022).

Estudos apontam que mesmo empreendimentos de pequeno e médio porte podem gerar impactos ambientais significativos (Zeleňáková et al 2018) oriundos do represamento de grandes rios (Kehew 2006) e os desdobramentos desta ação em um sistema de cascata. A construção de barragens em empreendimentos hidrelétricos é capaz de alterar a paisagem pela inundação de ambientes tipicamente terrestres, a partir da sobreposição de uma massa d'água. As alterações na paisagem e nas comunidades biológicas acontecem em curto período de tempo, mas persistem para períodos mais longos (Kirmani et al 2021).

Os dados para o ano de 2015 remontam um cenário global com 57.000 barragens construídas e estas afetavam mais da metade dos grandes rios do planeta (International Rivers 2019). No contexto brasileiro, as regiões Sul e Sudeste se destacaram por muitos anos como as principais regiões para a instalação de usinas hidrelétricas. No entanto, mais recentemente houve uma expansão da instalação de usinas hidrelétricas nas regiões Norte e Centro-Oeste (Barleta et al. 2010), ampliando as discussões ambientais para dentro do domínio Amazônico.

O país possui até hoje uma capacidade expressiva de expansão da matriz energética oriunda de hidrelétricas (Lopes et al 2022). A região amazônica e as bacias dos rios Paraná e Uruguai são destaques nesta possibilidade de expansão e também são regiões com destaque para importância ambiental e para biodiversidade.

Berkun (2010) cita que é inevitável que o desenvolvimento de hidrelétricas cause impactos aos ecossistemas aquáticos, especialmente os desenvolvimentos em cascata, que trazem efeitos em maiores escalas ao rio a jusante (Zhang et al., 2014). A construção de barragens bloqueia a

conectividade fluvial e forma reservatórios que inundam adjacentes, causando a destruição de habitats, deposição de sedimentos e degradação da qualidade da água (Asaeda; Rashid, 2012; De Almeida et al., 2005; Zhang et al., 2005; Zhang et al., 2014). Zhang et al. (2014) defendem que o estudo dos impactos ambientais de usinas hidrelétricas leve à limitação de tais projetos, devendo o potencial ambientalmente viável ser mensurado de forma a limitar a ocorrência desses impactos em uma escala aceitável. Tanto os impactos da planta em si devem ser mensurados, como os impactos à jusante do reservatório.

Ainda assim, apesar do grau de rigor comumente adotado para condução de estudos de Avaliação de Impactos Ambientais e da sua importância para os tomadores de decisão, não é incomum a existência de EIAs incompletos, de avaliação espacial limitada ou falta de transparência dos elementos eleitos para investigação (Peeters et al 2022). Entre as metodologias disponíveis para suporte da avaliação de impacto ambiental nos processos de licenciamento, tem-se a chamada listas de controle/verificação ou *checklist*. Esta refere-se à elaboração de uma lista de impactos ambientais, que podem estar desmembrados por fase do empreendimento e por meio afetado, seja ele físico, biológico ou socioeconômico (Sanchez, 2020).

De acordo com Oliveira (2009), numa fase inicial, a lista de verificação representa um dos métodos mais utilizados em AIA. Consiste na identificação e enumeração dos impactos, os técnicos deverão relacionar os impactos identificados no licenciamento ambiental do empreendimento, categorizando-os em positivos ou negativa. Esta metodologia apresenta como vantagem seu emprego imediato na avaliação qualitativa de impactos mais relevantes. Entretanto, por não considerar relações de causa/ efeito entre os impactos, é apenas adequada em avaliações preliminares.

Portanto, o desenvolvimento, a utilização e a melhoria de métodos específicos para o Estudo de Impacto Ambiental em projetos de grande porte, mais precisamente voltados à geração de energia elétrica através das Usinas Hidrelétricas que utilizem recursos naturais, tornam-se importantes, para maior agilidade da análise dos processos, diminuindo o tempo do licenciamento ambiental. Neste sentido, o objetivo do presente estudo é o desenvolvimento de um método integrado para identificação e avaliação da importância dos

principais impactos ambientais gerados por empreendimentos hidrelétricos, tendo por base, os processos de licenciamento ambiental na esfera federal.

2. Objetivos

2.1 Objetivo Geral

Utilizar o método integrado para identificação e avaliação da importância dos principais impactos ambientais gerados por empreendimentos hidrelétricos, tendo por base, os processos de licenciamento ambiental na esfera federal.

2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver redes de interação para as diferentes atividades do empreendimento e os impactos ambientais gerados pela atividade de usinas hidrelétricas identificados nos Estudos de impactos ambiental;
- Construir uma lista de verificação dos impactos gerados pelas atividades relacionadas a usinas hidrelétrica, a partir das redes de interação.

2.3 Hipótese

As análises realizadas nos estudos de impactos ambientais de Usinas Hidrelétricas dos processos disponibilizados pelo IBAMA não exploram nem identificam todos os impactos ambientais provocados pela implantação dessa atividade.

2.4 Justificativa e problema da pesquisa

A criação dos órgãos de controle ambiental em nível federal, estadual e municipal e da própria legislação ambiental veio auxiliar o poder público no dimensionamento e resolução de questões ambientais, e entre estas preocupações temos o aumento do desmatamento, emissão de gás carbônico (CO₂) e gás metano (CH₄) e alteração do ecossistema do local do empreendimento. A instalação de hidrelétricas, como atividade potencialmente impactante para o ambiente deve seguir as leis e regulamentações específicas. Entre as medidas, deverão adotar o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) para obtenção das licenças ambientais para funcionamento, como para ampliação de suas atividades já existentes.

Portanto, a utilização de métodos específicos para o Estudo de Impacto Ambiental em projetos de grande porte, mais precisamente voltados à geração

de energia elétrica através das Usinas Hidrelétricas que utilizem recursos naturais, tornam-se importantes, para maior agilidade da análise dos processos, diminuindo o tempo do licenciamento ambiental.

Um dos grandes questionamentos e reclamações sobre o processo de licenciamento ambiental é a demora na análise nos Estudos de Impacto Ambiental solicitado pelo órgão licenciador. Reclamações por parte do órgão licenciador pela falta de informações nos EIAs, deixando a análise mais demorada, originando uma lista de pendências pelo órgão analisador do qual o empreendedor deve responder todas as pendências para o andamento do processo.

Em suma, quanto maior o conhecimento e quanto melhor forem às técnicas e métodos para Avaliação de Impacto Ambiental destes projetos, mais efetivas e rápidas serão as análises dos responsáveis pela tomada de decisão.

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Usinas Hidrelétricas

O Brasil baseia uma importante parte de sua produção de energia a partir de fontes renováveis, sendo que a energia oriunda de hidrelétricas corresponde a um percentual superior a 60% de toda produção de energia do país. De acordo com dados da ANEEL (2019), o país possui 1.347 barragens de usinas hidrelétricas e os três tipos de empreendimento responsáveis pela geração de energia hidrelétrica são as Centrais Geradoras de Hidroeletricidade (CGHs), as Usinas Hidrelétricas (UHEs) e as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Cada tipo de empreendimento tem um potencial de produção de energia diferente e graus distintos de impactos potenciais, em ordem crescente de capacidade de produção de energia tem-se as CGHs, as PCHs e as UHEs.

A Usina Hidrelétrica é uma instalação industrial destinada a produzir energia elétrica por intermédio da transformação da energia proveniente do movimento das águas dos rios, utilizando o desnível natural – como queda d'água - ou artificial produzido por desvio do curso original do rio (Fracassi, 2017).

As hidrelétricas (HE) geram energia do qual promovem benefício econômico aos brasileiros, pois o país possui experiência de toda a sua cadeia

produtiva, não dependendo de tecnologias de outros países. As HE caracterizam-se por gerar energia de baixo custo favorecendo a produção de produtos numa competição com outras nações. Portanto, ainda existe o desafio quando se trata de utilizar desse bem, sem causar impactos socioambientais e a sociedade em geral (WCD, 2000 e Winemiller et al., 2016).

Um dos fatores para a escolha do local é o potencial hidráulico do rio, caracterizado pela vazão hidráulica e pela concentração dos desníveis existentes ao longo de seu curso. A vazão de um rio depende de suas condições geológicas, como largura, inclinação, tipo de solo, obstáculos, quedas, além da quantidade de chuvas que o alimentam (MME, 2008).

Para que seja atestada a viabilidade da construção de uma usina é realizado um estudo, iniciado pelo inventário das bacias hidrográficas, onde são pesquisados os locais apropriados para a construção das usinas, buscando o aproveitamento ótimo da bacia sob o aspecto energético, econômico e socioambiental. Após a aprovação dos estudos de viabilidade é realizado o licenciamento ambiental da usina (WCD, 2000 e Winemiller et al., 2016).

O Governo Federal vem, nos últimos anos, ampliando e revisando os estudos de inventários das bacias hidrográficas. Hoje, 42% do potencial hidrelétrico do Brasil está localizado na região Norte e somente 10% desse potencial foi explorado, o que demonstra que a utilização da energia hidrelétrica ainda poderá crescer no país, tornando cada vez mais importante a conscientização para a importância do desenvolvimento econômico sustentável. Obviamente o crescimento do uso desta matriz deve estar aliado à manutenção de uma política socioambiental efetiva, garantindo assim esse direito fundamental de todo ser humano que é um meio ambiente equilibrado (EPE, 2021).

As principais estruturas de uma usina hidrelétrica estão mostradas na Figura 1 e podem ser divididas nas seguintes partes de acordo com Cordova, (2014):

- Reservatório– formado pelo represamento da água do rio, por meio da construção de barragens;
- Vertedouro - estrutura que controla o nível do reservatório;
- Conduto ou duto de entrada – é a estrutura que canaliza a entrada da água do reservatório até a turbina;
- Turbina – equipamento que transforma energia hidráulica em energia mecânica, por força da água com grande pressão nas pás montadas em torno de um eixo;
- Gerador – equipamento que transforma energia mecânica em energia elétrica, por efeitos de induções magnéticas entre o estator (parte fixa) e rotor (parte móvel);
- Casa de Força – ambiente onde estão instalados equipamentos eletromecânicos utilizados para a geração de energia elétrica;
- Transformador - equipamento eletromecânico destinado a elevar a tensão (voltagem) de geração, para que a energia seja enviada a grandes distâncias pelas linhas de transmissão.

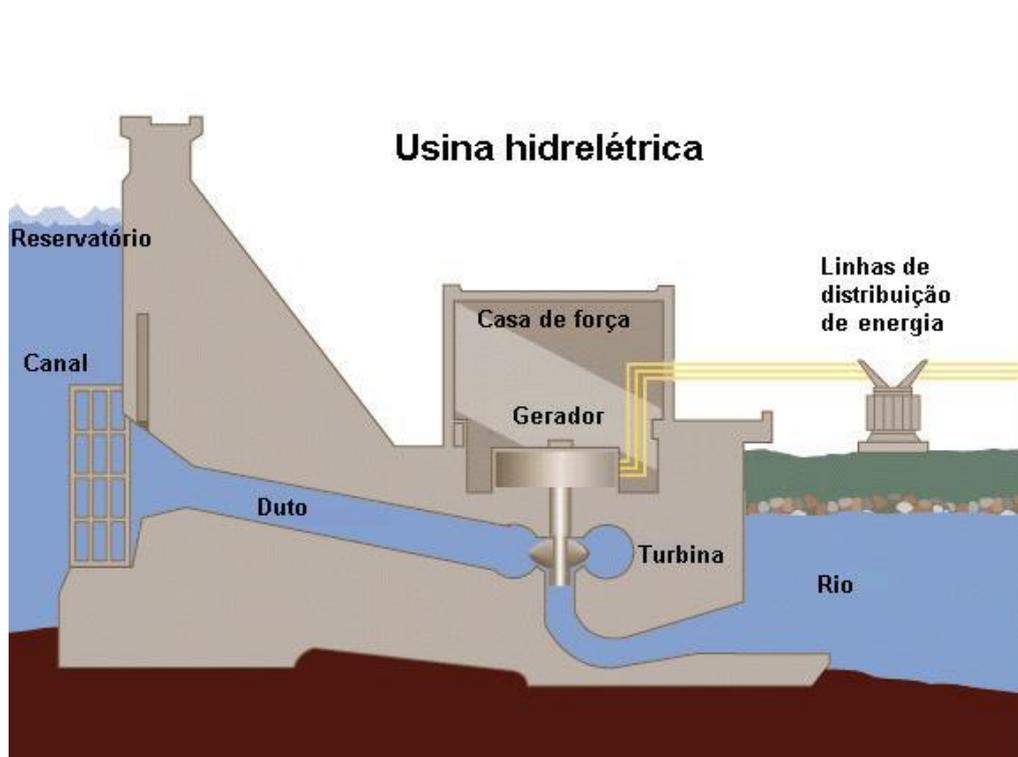


Figura 1: Usina hidrelétrica. Fonte: LIMA, 2017

A disponibilidade de recursos hídricos no Brasil, em decorrência de suas características físicas e geográficas, foi determinante para que o país se

tornasse o terceiro maior potencial hidráulico do mundo (CERPCH, 2011). Os projetos de construções das usinas hidrelétricas no território nacional visam incrementar a matriz energética e atender o aumento da demanda, no entanto, têm gerado inúmeras discussões no que se refere aos impactos ambientais para às comunidades indígenas, à fauna, à flora e ao ecossistema (RIMA, 2009).

Segundo Bortoleto (2001), o setor elétrico brasileiro cresceu e se fortaleceu com a criação da Empresa Brasileira Eletrobrás, havendo assim a instalação de um grande número de hidrelétricas, mas com um olhar limitado na intensidade de seus impactos em longo prazo. Neste contexto, acreditava-se que os benefícios gerados pelas hidrelétricas iriam se sobressair aos impactos causados ao longo do tempo, ou seja, a questão energética seria um fator mais importante do que os efeitos negativos provocados pela instalação e operação de usinas.

No entanto, como comentado anteriormente, a criação e a operação de usinas hidrelétricas podem acarretar em inúmeros impactos ambientais (Abbud; Tancredi, 2010). Entre os impactos locais causados pelas instalações de usinas hidrelétricas estão: a alteração na qualidade da água, do ar e do microclima local, assoreamento de rios, redução da cobertura vegetal nativa, alteração na estrutura da vegetação, aprisionamento de peixes em áreas ensecadas, alterações na dinâmica de populações de peixes, perda de moradias e fontes de rendimento e subsistência, perda de áreas de produção agrossilvipastoril, inundações, aumento do risco de doenças infecciosas e veiculadas pela água, em decorrência da formação do reservatório.

A construção das represas provoca inundações em grandes áreas de vegetação, alterando e interferindo no fluxo dos rios, causam perdas de espécies vegetais, interferindo e causando danos à fauna, na ocupação humana e influenciando diretamente no meio ambiente. Os processos de inundação na área de vegetação podem alterar os processos de decomposição, afetando a biodiversidade local e possivelmente o aumento da liberação de metano na atmosfera, sendo este um dos gases responsáveis pelo efeito estufa (Inatomi; Udaeta, 2005).

Este cenário reforça a necessidade de estudos ambientais da área de implantação das usinas hidrelétricas, para que esses impactos sejam

dimensionados e mitigados, em um curto período de tempo. Ainda, ressalta-se a importância de tornar a população e o meio ambiente prioridade nesse processo de recuperação da área alterada por esse tipo de atividade (RIMA, 2009, Inatomi; Udaeta, 2005).

A avaliação de impacto ambiental se constitui por um conjunto de procedimentos sequenciais, interligados de forma lógica, permitindo que se faça um diagnóstico dos impactos ambientais que, ao final, servirá de subsídio para a tomada de decisão em relação à aprovação ou não de determinado projeto (Milaré, 201; Glasson et al., 201; Sánchez, 2013).

3.2 Impacto ambiental, ênfase em impactos de atividades de usinas hidrelétricas

A legislação brasileira na Resolução do CONAMA 01/86 considera impacto ambiental:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e V - a qualidade dos recursos ambientais” (CONAMA 01, 1986).

De acordo com Sánchez (2020), impacto ambiental é alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana.

Um dos países pioneiros na determinação de dispositivos legais que trouxe uma das primeiras definições de objetivos e princípios da política ambiental foram os Estados Unidos, por meio da Lei Federal chamada de “*National Environment Policy Act – NEPA*” aprovada em 1969. Diante dos reflexos da aplicação do NEPA, organismos internacionais como ONU (Organização das Nações Unidas), BID (Banco Interamericano de desenvolvimento) e BIRD (Internacional para Reconstrução e Desenvolvimento) do qual passaram a exigir em seus programas de cooperação econômica a observância dos estudos de avaliação de impacto ambiental (Soares, 2001).

De acordo com Sánchez (2020), a Avaliação de Impacto Ambiental está passando por modificações e evolução de acordo com os contextos políticos e culturais de cada país, porém mantendo fins primários de precaver a degradação ambiental e subsidiar o processo decisório de AIA, com o intuito de as consequências sejam apreendidas antes mesmo das decisões serem tomadas.

Para avaliar os impactos ambientais que surgem do desenvolvimento hidrelétrico, cada país tem suas políticas para avaliar as operações e as ações de mitigação. As políticas para avaliação de impacto ambiental têm semelhanças entre países que utiliza este tipo de estudo ambiental, e existe variação de protocolos para a avaliação entre os países (ONU, 2018).

Nos estudos ambientais, há diversas classificações para os tipos de impactos. Quanto à sua natureza, se considerada de forma mais comum os impactos do meio físico, biótico e os socioeconômicos. O impacto está associado ao potencial do empreendimento em causar danos ao meio ambiente. Estes serão dimensionados nos estudos e projetos realizados, sendo classificados em impactos de caráter positivo ou negativo. Em empreendimentos de geração de energia, os impactos são identificados em todas as suas etapas, tanto na implantação quanto na operação, ou seja, na geração, produção ou a distribuição de energia (Moreira, 2002).

De acordo com Sousa (2000), os impactos ambientais mais comuns nas atividades de usina hidrelétrica são os que ocorrem no meio físico, sendo a diminuição da vazão do rio, alterando dinâmica do meio ambiente aquático e beneficiando o acúmulo de sedimentos. Segundo Tucci e Mendes (2006), os impactos da produção de energia hidrelétrica são decorrentes principalmente das obras hidráulicas e da formação da represa. Estes autores dividem os impactos ocorridos a montante e a jusante do empreendimento. A montante, elencam:

- Desapropriação e deslocamento de pessoas da área de inundação do lago, como um impacto social;
- Redução da velocidade do escoamento, aumento da largura e formação do lago, deposição de sedimentos na entrada do lago e o assoreamento ao longo do reservatório. Com a retenção de sedimentos, a água para jusante tem, em geral, pouco sedimento;

- Estratificação térmica com a profundidade e redução da qualidade da água com a profundidade, resultado da inundação de matéria orgânica durante o enchimento e a retenção dos poluentes provenientes de montante;
- Aumento do tempo de residência e entrada de nutrientes. Há tendência à eutrofização, com geração de gases e crescimento de algas que podem produzir toxinas;
 - Alteração da fauna e flora devido à variação dos níveis e da velocidade do fluxo, bem como alteração no corredor biológico devido à presença da barragem;
 - Acumulação de carga poluente no fundo do reservatório que pode se misturar com a massa de água, gerando forte demanda de oxigênio e impactando o sistema aquático;
 - Riscos de inundação a montante, em função da sedimentação do lago, incertezas em sua delimitação e na operação das comportas do vertedor e operação das turbinas. A jusante, enrolam os demais impactos:
 - Variabilidade dos níveis em função da operação da barragem, principalmente em Usinas de Ponta que operam com a demanda.

Os problemas consequentes variam entre a navegação, tomada de água, alterações no subsolo pela alteração no lençol freático, ação dinâmica entre as matas ciliares e as margens, bem como alteração na fauna e flora a jusante;

- Qualidade da água resultante da saída das turbinas ou vertedores em função da cota de onde a água é retirada dos reservatórios. Tendência a ser anaeróbia em camadas inferiores e com significativa carga poluente;
 - Aumento dos processos erosivos, pois a água que escoar tem menos sedimentos, com característica mais erosiva.
 - Recurso hídrico com menos nutrientes e turbidez, reduzindo a produção primária e recursos pesqueiros;
 - Nos rios menos profundos, a redução da turbidez a jusante permite maior penetração de luz solar, que pode atuar no depósito bentônico e produzir um boom de algas;
 - O período de enchimento dos reservatórios deve proporcionar uma vazão à jusante adequada para a sustentabilidade ambiental;
 - Possibilidade de controle de inundação;
 - Efeitos decorrentes do rompimento de barragens, fenômeno que não possui legislação pertinente no Brasil.

Moreira (2002) coloca que a compreensão dos impactos resultantes pelas centrais hidrelétricas depende da concepção das mesmas, sua

capacidade de regularização, onde três tipos distintos podem ser mencionados: usinas a fio d'água, usinas de acumulação com regularização diária do reservatório e usinas de regularização mensal.

As pequenas centrais hidrelétricas têm seus impactos principais os mesmos gerados pelas grandes usinas hidrelétricas, contudo em menor escala. Salientam a utilização do solo pela geração do lago, alteração do curso natural do rio, alteração da velocidade da água (Lucena, 2010).

A despeito dos impactos positivos, como o aumento da oferta de energia elétrica, geração de empregos, atendimento a populações isoladas, arrecadação de impostos, diversos autores tem reportado uma série de impactos negativos. Além dos reportados anteriormente, outros estudos ainda mencionam: o aumento do tráfico de veículos na localidade, aumento do risco de acidentes, alteração da vegetação pela supressão, alteração química, física e biológica da água, afugentamento da fauna e poluição sonora e atmosférica, alteração do solo, diminuição da vazão do rio no trecho entre a barragem e o canal de fuga. Pode-se se conduzir discussão a estágios estratégicos do qual permite antever em possíveis impactos gerados em caráter socioambiental em diferentes configurações, a análise dos impactos associados a uma única fonte não devendo a se resumir a isso, mas sim as consequências de todo as opções feitas a matriz (Freitas, 2008), bem como evidenciando tanto os impactos sinérgicos e cumulativos gerados pela atividade.

A diversidade de organismos aquáticos é extremamente associada à influência antropogênica no ambiente aquático, em razão de uma série de condições, tais como alteração dos componentes abióticos do ecossistema e da estrutura e dinâmica das comunidades (Callisto et al. 2004). Esta conexão reforça a importância da avaliação dos impactos antrópicos nos ecossistemas e comunidades biológicas para a conservação ambiental (Teresa e Casatti, 2012). As comunidades aquáticas tem sido consideradas bons bioindicadores de alterações ambientais para impactos de curta e longa duração e esta condição se estende para um grande número de grupos biológicos, entre eles: plâncton, perifíton, macrófitas, peixes e insetos (Cortezzi et al. 2009; Martins et al. 2014; Nogueira et al. 2011; Silva, 2006). Parâmetros como abundância, densidade, riqueza e diversidade destes organismos são potencialmente

afetados pela redução do fluxo de água causado pelo barramento, à montante ou à jusante do empreendimento (Martins et al. 2014).

O desenvolvimento proposto pelos autores está ilustrado na Figura 2. Para Zhang et al. (2014) o potencial ambientalmente aceitável é derivado da quantificação dos impactos ambientais e das restrições, sendo possível determinar, inclusive, o potencial especificamente relacionado a inserção de Pequenas centrais hidrelétricas consideradas também para Usinas Hidrelétricas.

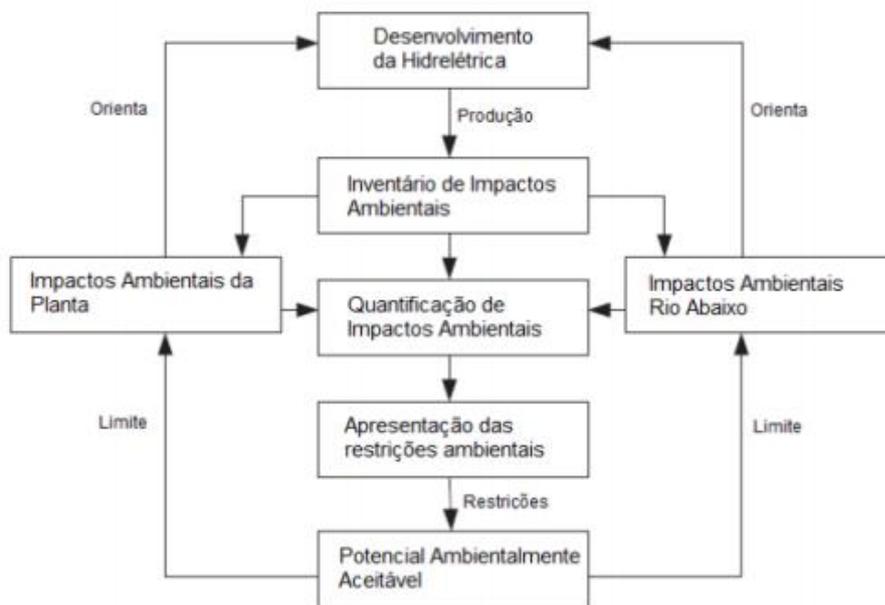


Figura 2 : Quadro conceitual de um potencial ambientalmente viável para o desenvolvimento de hidrelétricas. Fonte: ZANG et al., 2014.

Ainda, Zhang et al. (2014) dividem os impactos ambientais da planta e do rio abaixo do reservatório. Destacam, em relação à planta:

- Alteração da qualidade do solo pelas obras civis e aumento da possibilidade de processos erosivos;
- Poluição ambiental causada pelos resíduos da construção na água, no solo e no ar;
- Destruição de habitats dos nêctons pela modificação do fluxo do curso d'água;
- Geração de gases de efeito estufa e comprometimento da qualidade da água pela formação do reservatório e inundação de vegetação;
- Perda de qualidade da cobertura do solo e da sua produtividade;
- Destruição de habitats humanos e necessidade de realocação;

- Perda de biodiversidade, degradação ecológica e conflitos sociais como impactos secundários.

Para a identificação e avaliação dos impactos ambientais gerados por uma atividade, busca-se métodos, ferramentas para a identificação prévia dos impactos que poderão ser gerados nas diversas fases do empreendimento, afetando o meio ambiente em diversos aspectos, tais como o meio socioeconômico, meio físico, meio biótico e também a saúde humana. Independente da metodologia escolhida, para ser possível definir os impactos ambientais causados pela atividade em estudo sobre o seu ambiente, é fundamental conhecer suficientemente todas as suas ações e o seu ciclo de vida (SOUSA, 2000).

De acordo com Finucci (2010), os elementos ambientais estão interligados criando redes por meio de reconhecimento dos aspectos, onde se dividem em vários fatores que podem causar os primeiros impactos ambientais. Normalmente, um efeito pode ter mais de um impacto ambiental, levando a novos impactos em sequência ou rede de impactos (MORAES; D´AQUINO, 2016).

3.3 Métodos de Identificação de Impactos Ambientais

3.3.1 Redes de Interação

Consistem em esquemas que representam o seguimento de operações entre os elementos de um projeto (Morris; Therivel, 1995). As redes de interações buscam estabelecer relações de precedência entre ações de um empreendimento e os impactos por ele causados, sejam de primeira ordem até ordem “n” não ser mais considerada significativa ou segunda ordem (Sanhéz, 2020). Essa metodologia visa o estabelecimento de uma sequência de impactos ambientais provenientes de determinada intervenção, representando-os por meio de gráficos. As mesmas podem ainda ser utilizadas para orientar as medidas a serem propostas para a minimização dos impactos observados (Finucci, 2010).

Os métodos de redes de interações estabelecem relações do tipo causa-condição-efeito, propiciando, relativamente, uma apreciável e sucinta identificação dos impactos e suas inter-relações, assim como a identificação

dos impactos indiretos e suas inter-relações. Além disso, identifica impactos indiretos e secundários de forma subsequente ao impacto principal (Finucci, 2010; Morgan, 1998). A possibilidade de cruzamento de disciplinas, podendo analisar em uma mesma cadeia de impactos efeitos sobre a economia, fauna, água, dentre outros, pode ser considerado uma grande vantagem (erickson, 1994).

Estas redes apresentam como principais vantagens, o fácil entendimento dos impactos indiretos e a possibilidade de introdução de parâmetros estatísticos, permitindo que se estimem futuras modificações possíveis. Visam também orientar as condições a serem propostas para o gerenciamento dos impactos identificados, recomendando medidas mitigadoras que possam ser aplicadas desde o momento de efetivação das ações provocadas pelo empreendimento e propor soluções de manejo, fiscalização e controle ambientais. A única desvantagem na utilização do referido método consiste no fato de que as redes não detectam aspectos temporais, dinâmica do sistema e importância relativa dos impactos (Carvalho; Lima, 2010; Achon et al, 2005).

Atividades Impactantes	Impacto Primário		Impacto Secundário		Impacto Terciário
1. Implantação da atividade mineradora	Geração de emprego e necessidade de infraestrutura local		Direcionamento da formação profissional e estrutura da cidade para a atividade de mineração		Alteração nas condições socioeconômicas da comunidade
2. Abertura da cava devido à extração de malaqueta	Perda da geologia local		Empobrecimento do solo		Alteração na permeabilidade do solo
	Perda de habitats.		Impacto visual		Interferência no ecossistema
3. Estoque de malaqueta	Possível perda da vegetação local.		Perda de habitats		Prejuízos à biodiversidade local
4. Atividades mecânicas de máquinas como britador e aglomerador	Geração de poeira por veículos e máquinas como o britador e o aglomerador		Decaimento da qualidade do ar		Prejuízos ao meio antrópico (saúde pública), a fauna e à flora
	Aumento no nível de ruído provocado pelas máquinas e equipamentos		Desconforto		Afastamento da fauna
5. Armazenamento de reagentes químicos	Risco de contaminação ambiental por reagentes químicos		Degradação da qualidade dos recursos hídricos		Comprometimento da fauna aquática e possibilidade de eutrofização
6. Formação de pilhas de lixiviação					
7. Irrigação da pilha de lixiviação com soluções ácidas	Geração de resíduos		Tratamento dos resíduos por empresa especializada		Desequilíbrio no ecossistema
8. Filtração de soluções			Funcionamento de estação de tratamento		Impacto visual
9. Resfriamento e lavagem das placas para produção do concentrado de cobre					

Figura 3: Rede de interação dos impactos ambientais referentes à obtenção de cobre por lixiviação (MARTIM, 2013).

3.3.2 Método de Listas de Verificação ou *Check-lists*

As listas de verificação podem ter variadas formas e são constituídas de atributos ambientais que podem ser afetadas pelo projeto em análise. Variam de simples listas de impactos ambientais causados pelo projeto até complexos inventários (UNEP, 2000), como mostra nos exemplos nas tabelas 1 e 2.

A bibliografia cita cinco tipos de listas de controle básicas que são: simples, descritivas, escalares e questionários (SUREHMA/GTZ, 1992 e Rodrigues, 1998). As principais vantagens deste método são: a sua facilidade de compreensão, lista todos os fatores ambientais que podem ser afetados (SUREHMA/GTZ, 1992), podendo até avaliá-los através de critérios próprios, bom método para fixação de prioridades e ordenação de informações e seleção de locais (MMA, 1995, p.88).

Como desvantagens deste método, podem ser citadas: não identificam impactos diretos e indiretos, não consideram características temporais e espaciais, não unem a ação ao impacto, não analisam interações entre impactos ambientais, não consideram a dinâmica dos sistemas ambientais, quase nunca indicam a magnitude dos impactos ambientais e seus resultados são subjetivos (SUREHMA/GTZ, 1992).

Tabela 1: Modelo de Listagem de identificação de Impactos Ambientais de Usina Hidrelétrica

	Impactos Ambientais	Impacto Identificado	Impacto Não Identificado
Meio Físico	Modificação do relevo por efeito da construção da usina e as escavações		
	Alteração do curso fluvial do rio		
	Modificação na forma da camada terrestre		
	Mudança nas características físicas e químicas e microbiológicas do perfil do solo		
	Alteração do regime hídrico		
Meio Biótico	Poluição sonora pelo aumento no trânsito veicular e pelos trabalhos do processo de construção		
	Perda/alteração de habitats pela infraestrutura de apoio e obras civil		
	Perda/alteração de habitats decorrente de enchimento		
	Interferências nas comunidades de animais		
	Fugas de animais para regiões adjacentes		
	Perda de animais por afogamento		
	Interferência com as comunidades icticas na área do reservatório		
	Interferência com as comunidades icticas adjacentes		
	Criação de novos ambientes		
	Proliferação de vetores		

Fonte: Sanchés, 2020

Tabela 2: Extrato de Lista de Verificação de características ambientais

1. Característica Socioeconômico do Público Afetado
1.2 Situação econômica e empregatícia dos grupos sociais afetados
Base econômica
Distribuição de Renda
Indústria local
Taxa de escala de crescimento do emprego
Atração de mão de obra de outros locais
Permanência de pessoas de fora após o término das obras
Oportunidade de trabalho para recém-egresso de escolas
Tendência de desemprego de curto e longo prazo
1.2. Bem estar
Incidência de crime, abuso de drogas ou violência
Número de pessoas sem-teto
Adequação dos serviços públicos
Adequação de serviços sociais como creches e abrigos para crianças de rua
Qualidade de vida
2. Uso potencial do solo e características da paisagem
2.1. Considerações gerais aplicáveis a todos os projetos
Compatibilidade de usos do solo na área
Qualidade da paisagem
Sentido de lugar
Preservação de vistas cênicas e feições valorizadas
Revitalização de grandes áreas degradadas
Necessidade de zonas-tampões para processos naturais como erosão costeira, movimentação de dunas em canais fluviais etc.
1. Características Ecológicas do local e Entorno
3.1 Comunidades naturais
Importância local, regional ou nacional das comunidades naturais (por exemplo, econômica, científica, conservacionista, educativa)
Funcionamento ecológico de comunidades naturais devido à destruição física do habitat, redução do tamanho da comunidade, qualidade do fluxo da água, subterrânea, presença ou introdução de espécies exóticas invasoras, barreiras ao movimento ou migração de animais etc.

Fonte: Sanchés,2020.

3.3.3. Listas de controle simples

As listas de controle simples levam em consideração apenas os atributos ambientais. São úteis para evitar que algum tipo de atributo seja omitido. Não considera o comportamento de cada tipo de impacto, a técnica para sua previsão e nem os dados requeridos para a avaliação da significância sobre os atributos listados. Uma forma de tornar esta listagem mais completa é a inclusão de tópicos (atributos) abrangentes, por exemplo: ar, água, flora, fauna, clima, etc.

Um exemplo deste tipo de lista é aquela que apresenta os atributos ambientais com suas características físico-químico-biológicas. Pode incluir ainda as ações de desenvolvimento para um dado projeto, dividida em possíveis alterações no cenário ambiental, com seus respectivos impactos.

As listas de controle simples também podem listar os atributos (fatores ambientais) e em qual fase do desenvolvimento do projeto este atributo irá incidir. A lista de controle simples pode ser adaptada a vários tipos de especificidades, através da inclusão de outros atributos ou variáveis. De acordo com Rodrigues (1998), este tipo de lista pode ser importante para a avaliação das implicações do projeto, constituindo-se numa lista inicial para uma formulação mais elaborada. Serve também para diagnosticar ambientalmente uma área de influência.

3.3.3.2 Listas de controle descritivas

Neste outro tipo de lista de controle além dos atributos são incluídas informações sobre os critérios de avaliação dos impactos. Estes critérios visam relacionar os efeitos ambientais aos atributos e seus grupos sociais afetados. Esta informação adicional visa facilitar a definição dos objetivos para a obtenção das informações necessárias para uma tomada de decisão sobre o projeto em análise.

Estas informações servem também para um diagnóstico dos tipos de mitigação e monitoramento que serão necessários. Um exemplo deste tipo de lista é a apresentação dos fatores ambientais com as consequências ligadas à implantação do projeto e seus respectivos critérios de avaliação.

Segundo SUREHMA/GTZ (1992), as listas de controle descritivas podem tomar a forma de questionário, no qual uma série de perguntas em cadeia tenta dar um tratamento integrado à análise de impactos.

Este tipo de lista de controle não permite a quantificação dos valores dos impactos, somente a sua identificação e relacionamento com alguns atributos. Portanto não é o tipo ideal para comparação entre alternativas de projeto visando a sua otimização, ou mesmo à avaliação da viabilidade de realização ou não do projeto em análise.

3.3.3.3 Listas de controle escalar

Servem para análise de projetos com várias alternativas de viabilização, permitindo a comparação entre elas numa base definida. Podem ser utilizadas para a comparação entre os estados anterior e posterior à implementação do projeto (Rodrigues, 1998). A escolha da melhor alternativa pode ser feita

através da atribuição de valores numéricos, sinais ou letras para cada fator ambiental.

A escala de atributos deverá ter a sua complexidade definida considerando-se o tipo de projeto, sua escala, seus impactos ambientais, etc. Os atributos também podem ser selecionados considerando-se a legislação vigente e seus respectivos limites de tolerância.

Estes dados podem ser apresentados em uma lista, considerando-se para cada atributo os níveis estimados antes e após a implementação do projeto para a mesma alternativa. Neste caso fornecem uma avaliação do projeto antes e depois da sua implantação.

4. Metodologia:

A metodologia foi realizada em três etapas conforme o esquema apresentado e descritas em sequência, na Figura 4:

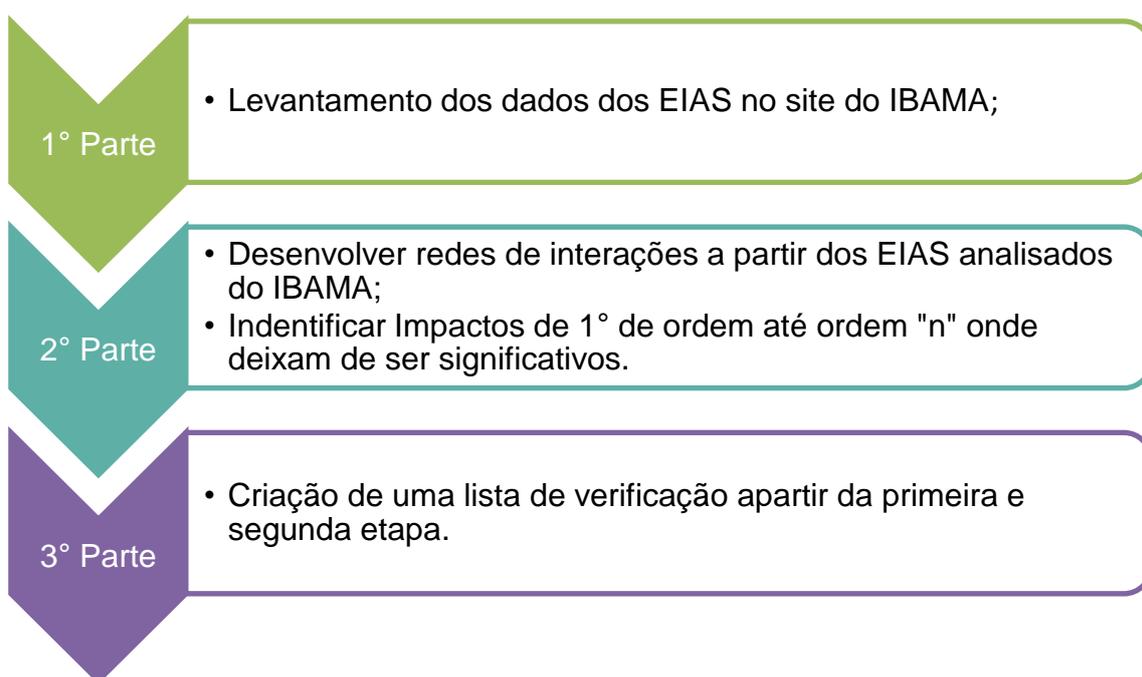


Figura 4: Fluxograma das etapas metodológicas

Primeira etapa:

Na primeira etapa foi realizado o levantamento das Usinas Hidrelétricas (HE) que estão disponível no site do IBAMA <http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/>. Foram utilizados os processos nos quais os Estudos de Impactos Ambientais estavam disponíveis de maneira

eletrônica. Um total de 76 processos de Usinas Hidrelétricas estavam listados, mas destes apenas 8 processos de Licenciamento Ambiental possuíam arquivos disponíveis. Estes processos disponíveis cobriram um espaço temporal entre os anos de 2009 e 2014. Todos os documentos foram lidos na íntegra a fim de extrair todos os dados relevantes para o estudo.

Tabela 3: Localização das Usinas Hidrelétricas

Usinas Hidrelétricas	Cidade
1 Usina de Belo monte	Vitória do Xingu- PA
2 Usina Hidrelétrica Foz do Chapecó	Santa Catarina-SC
3 Usina Hidrelétrica de Cachoeira	Região Nordeste do Brasil, no curso do rio Parnaíba- PI e MA
4 Usina Hidrelétrica de Salvador	São Salvador do Tocantins- TO
5 Usina Hidrelétrica Couto Magalhães	Santa Rita do Araguaia – GO Alto Araguaia - MT
6 Usina Hidrelétrica de Estrito	Estreito –MA Aguiarnópolis -TO
7. Usina Hidrelétrica Canto do Rio	Rio Parnaíba-PI e MA
8. Usina Castelhanos	Bacia hidrográfica Parnaíba- PI e MA

Foi criada uma lista de atividades componentes de uma Usina Hidrelétrica e Impactos ambientais, como demonstrado no modelo de Tabela 4 abaixo e extraídas as informações disponíveis nos documentos recuperados do sitio eletrônico do IBAMA. Estas foram agrupadas em impactos ao meio físico, ao meio biótico e ao meio socioeconômico. Para as etapas subsequentes (elaboração das redes de interação e da lista de verificação), foram incluídos aqueles impactos de maior ocorrência, quando considerados os 8 processos incluídos no estudo.

Tabela 4: Modelo de lista de atividades componentes de uma Usina hidrelétrica e Impactos Ambientais.

	Atividades/componentes	Impacto Ambiental
Meio físico		
Meio Biótico		
Meio Sócio econômico		

Segunda Etapa:

Foram criadas diferentes redes de interação para os impactos físicos, biológicos e socioeconômicos identificados nos empreendimentos hidrelétricos, a fim de se avaliar os impactos de primeira ordem (diretos) e ordens superiores (indiretos) até deixarem de ser considerados como significativos. As redes de interação foram realizadas para poder visualizar os impactos gerados baseados nos levantamentos dos estudos de impactos ambientais disponíveis no site do órgão licenciador IBAMA e estudos científicos (<http://licenciamento.ibama.gov.br/Hidreletricas/>).

A partir da análise dos EIAs, foi realizado um levantamento detalhado dos impactos citados e impactos questionados pelos técnicos do IBAMA que fazem a análise, pois na análise dos técnicos são questionados na maioria das vezes impactos não citados pela equipe de técnicos que desenvolvem os estudos ambientais. Após esta análise foi realizado o levantamento dos

impactos e analisando qual a sua ordem, do qual vão compor a rede de interação.

Terceira Etapa:

Após todos os impactos terem sido listados e identificados por meio das diferentes redes de interação, foi construída uma lista de verificação genérica, do qual abrangeu os impactos identificados para utilização nos estudos ambientais para usinas hidrelétrica. As listas foram organizadas incluindo os impactos mais frequentemente listados e baseando-se em outros estudos já realizados. As vantagens deste método consistem na apresentação concisa e organizada dos impactos de forma simples e estática, adequado para avaliações preliminares e representando uma lista para este tipo de atividade.

5. Resultados:

Foi realizado o levantamento dos impactos identificados nos Estudos de Impactos Ambientais analisados dos processos de licenciamento do IBAMA. Foram identificados 99 impactos do meio físico, 127 meio biótico e 155 do meio socioeconômico, como demonstrado na Figura 5.

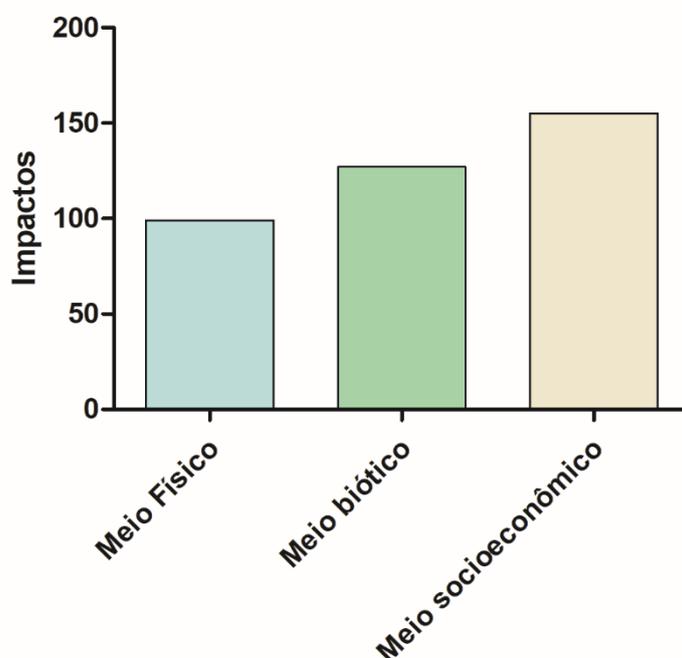


Figura 5: Quantificação do número de impactos identificados, conforme o meio.

A partir do levantamento dos impactos foi possível criar uma tabela com os impactos comuns entre os estudos analisados. Dentro dos componentes físicos, 15 impactos foram os mais frequentemente reportados. No meio biológico foram mais frequentes 20 impactos, enquanto no meio socioeconômico, 19 impactos foram os mais frequentemente reportados (Tabela 5). Os detalhes contendo todos os impactos extraídos dos processos de cada usina hidrelétrica estão listados na tabela em anexo, ao final do documento.

Tabela 5: Impactos comuns entre os estudos analisados.

Meio físico	Meio Biótico	Meio socioeconômico
Alteração de paisagem	Perda de habitats	Aumento de oferta de trabalho
Ocupação desordenada do solo	Perda de fauna	Aumento de oferta de trabalho
Alteração da qualidade d' água	Afugentamento de Fauna	Aumento do potencial turístico
Alteração microclimática	Perda da Flora	Perda de referência socioespacial e culturais
Modificação do regime fluvial	Alteração de comunidades aquáticas	Perda de áreas produtivas
Aumento de ruídos e vibrações	Perda de indivíduos de ictiofauna	Aumento na demanda de saneamento
Áreas inundadas	Fragmentação de populações	Alteração de locais de pesca
Alteração da qualidade do ar	Proliferação de zoonoses	Aumento na atração de imigrantes
Ocorrência de processos erosivos	Aumento de pesca e caça predatória	Perda de equipamentos sociais
Elevação do lençol freático	Redução de sítios de reprodutivos	População urbana e rural afetada
Aumento da vazão de aquíferos	Aumento de geração de resíduos	Geração de receita
Indução de sismos	Restrição a migração	Deslocamento compulsório de população
Aumento de retenção de sedimentos	Aumento de populações oportunistas	Aumento de problemas de segurança pública
Movimento de terra e rocha	Alteração do aporte de nutrientes	Alteração do mercado imobiliário

Criação de novo atributos paisagísticos	Alteração das condições limnológicas	Mudanças de padrões de ocupação do solo
	Aumento sobre o efeito borda sobre remanescentes	Perdas de sítios arqueológicos
	Adensamento de populações	Pressão (perda) sobre terras indígenas
	Alteração da estrutura trófica de comunidades	Alteração de hábitos alimentares indígenas
	Alteração das comunidades de microorganismos	Ocupação de solo desordenada
	Alteração das comunidades da classe insecta	

Utilizou – se os métodos de rede de interação e o método de lista de verificação a partir do levantamento dos principais impactos ambientais identificados. As metodologias usadas em uma Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) abrangem, além da interdisciplinaridade determinada pelo conteúdo, as demandas de parcialidade, os critérios que proporcionem a avaliação dos impactos identificados. Podendo assim, ser capaz de analisar a ocorrência de estes impactos acontecerem.

Para uma melhor visualização, as redes de interação criadas (total de 9 redes), foram construídas a partir de 9 impactos frequentes descritos no meio físico e as consequentes conexões (interações) com os demais componentes. Estas redes de interação estão mostradas nas Figuras 6 a 14. As redes listadas permitem identificar e conectar os principais impactos apontados pelos estudos sobre os meios físicos, bióticos e socioeconômico de Usinas Hidrelétricas, uma vez que ao estabelecer os impactos diretos e indiretos (primários, secundários e terciários) das ações associadas do processo de instalação e operação, durante a análise pode-se perceber pelos diagnósticos apresentados nos estudos que os principais impactos começam no meio físico. Através da rede de interação os impactos diretos sendo mais fáceis de identificar, analisar e descrever, já os impactos indiretos sendo mais difícil de identificar.

É importante salientar que quando há a diminuição dos impactos diretos do empreendimento utilizando a metodologia da rede de interação, esta

colabora na diminuição dos impactos ambientais indiretos produzidos desde o início das atividades. Neste sentido, o uso dessa ferramenta nos projetos de Usinas Hidrelétricas é capaz de diminuir os impactos ambientais que possam vir a surgir.

São vários os impactos identificados tanto físicos, bióticos e sócios econômicos do qual variam de acordo com o local de instalação. Os impactos dependendo do seu local podem ocorrer (ou não ocorrer) de forma mais significativa em uma Usina que em outra. O trabalho procurou se deter nos impactos que foram mais apontados nos estudos analisados, e suas redes de interações unificando-as. As redes de interação trás esses impactos demonstrando as suas ligações entre os meios e suas interdisciplinaridades, pois um impacto pode acarretar em outro de maior significância ou não.

Pode se analisar a através da rede de interação a diversidade de impactos citados nos estudos analisados, porém durante a análise podemos constatar que os processos abordam diferentes impactos também por se tratar de ações que dependem do grau de conhecimento do corpo técnico do órgão licenciador, por serem processos longos, e por serem realizados por empresas com limitações, e conseguir identificar o maior número de impactos para que se possa ter medidas mitigadoras mais eficazes.

Através desta análise e rede de interação se criou uma lista de verificação genérica (Tabela 5) dos principais impactos identificados no estudo para auxiliar tanto o corpo técnico do órgão licenciador, como os profissionais que elaboram os estudos, possam ao analisar o local de instalação previamente já com um olhar prévio dos impactos que podem encontrar, assim aprofundar a análise dos impactos ambientais.

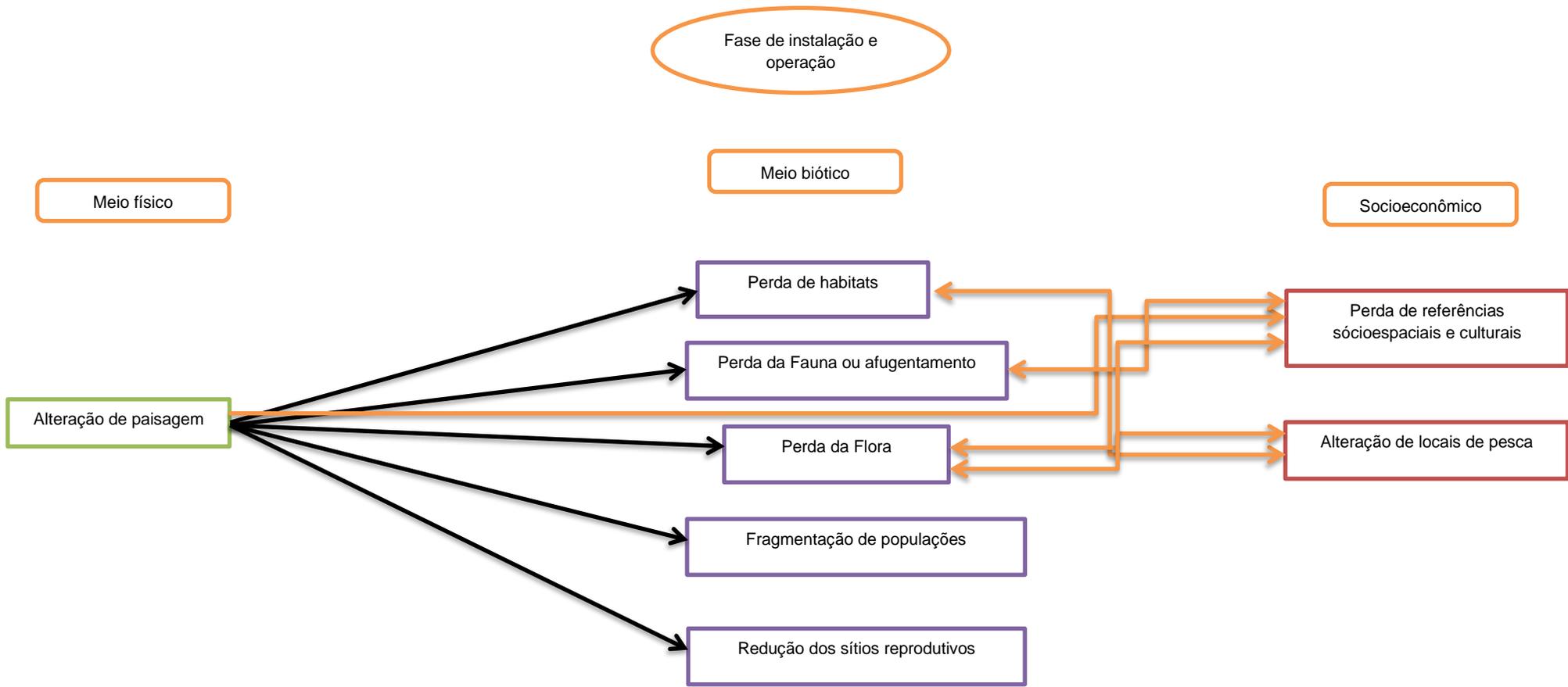


Figura 6: Rede de interação 1

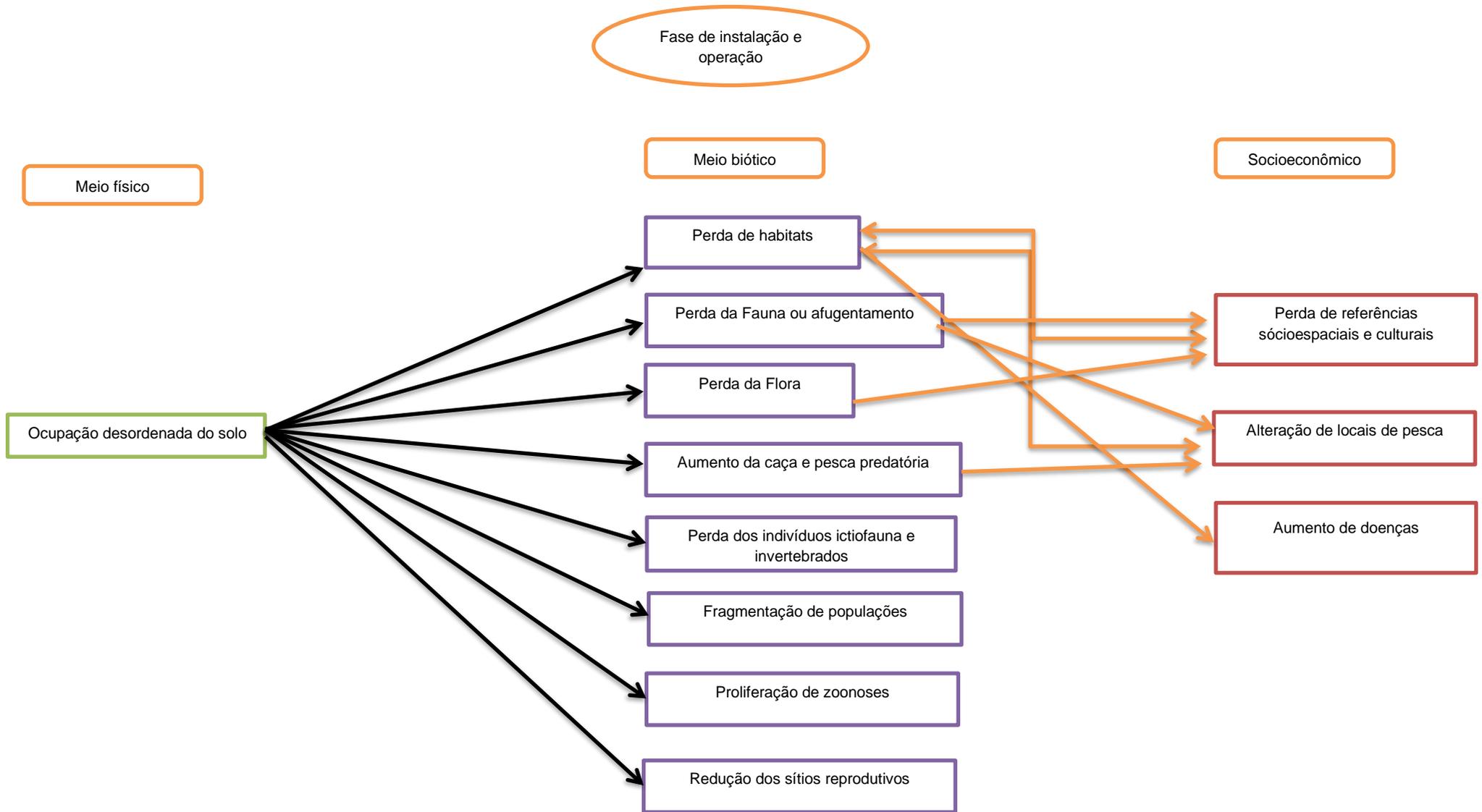


Figura 7: Rede de interação 2

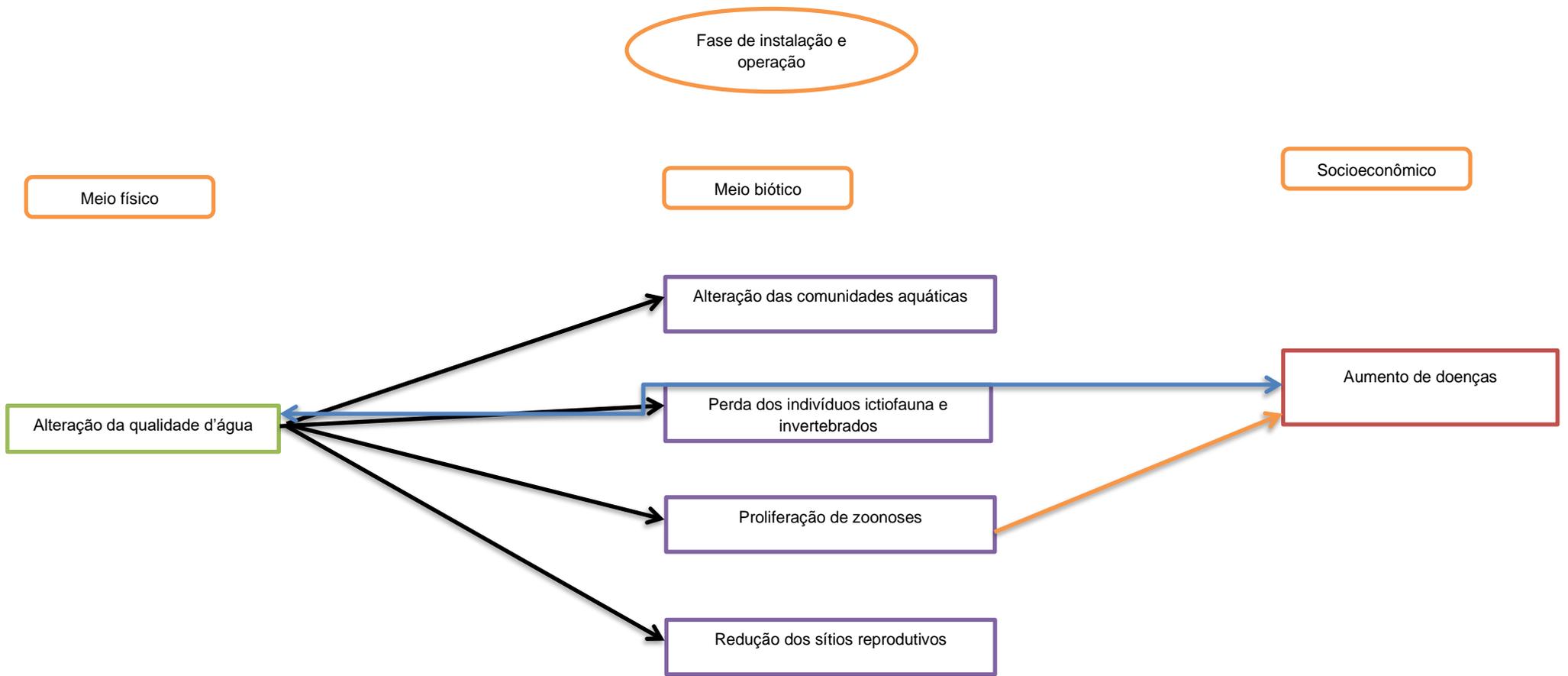


Figura 8: Rede de interação 3

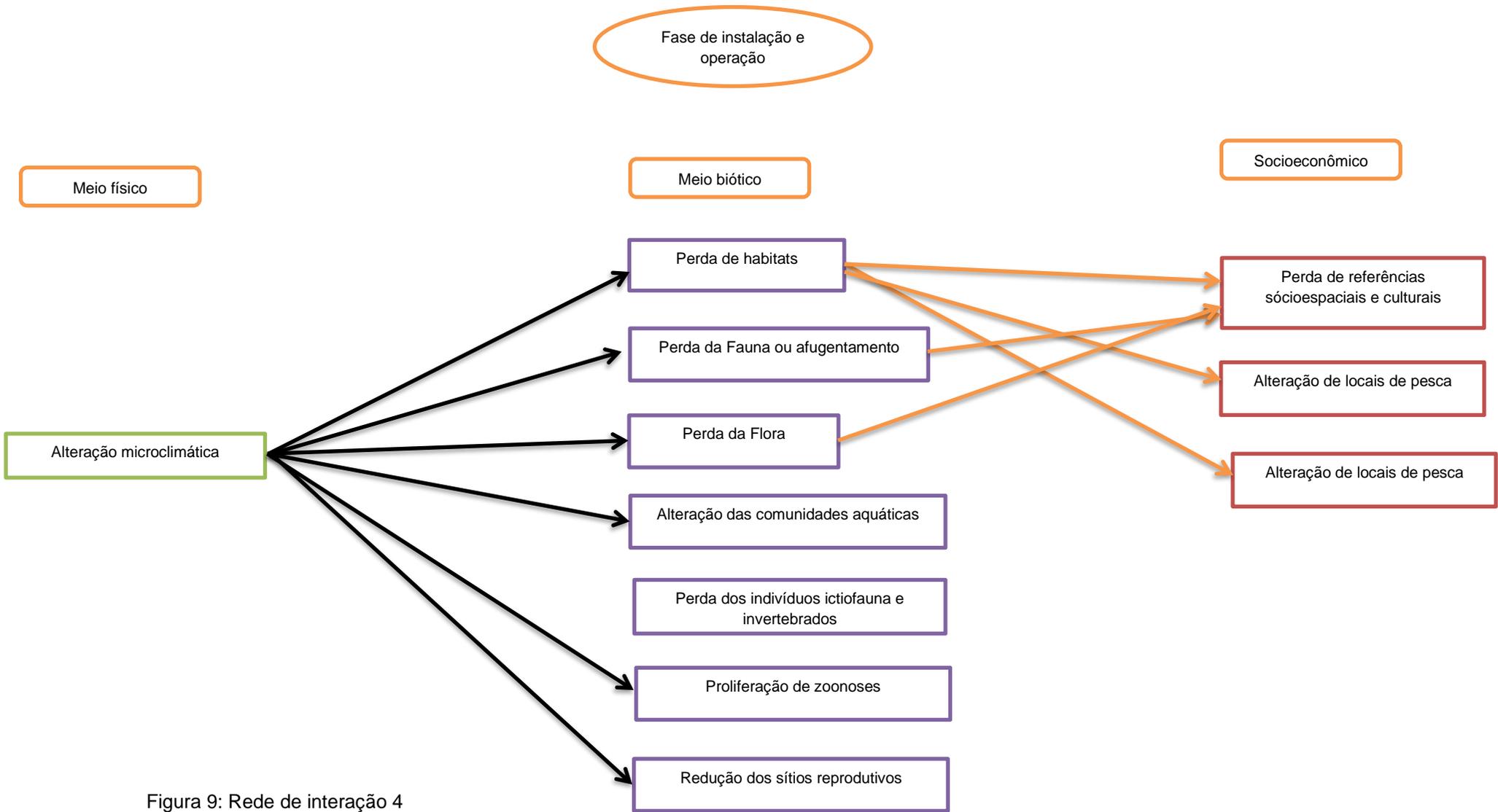


Figura 9: Rede de interação 4

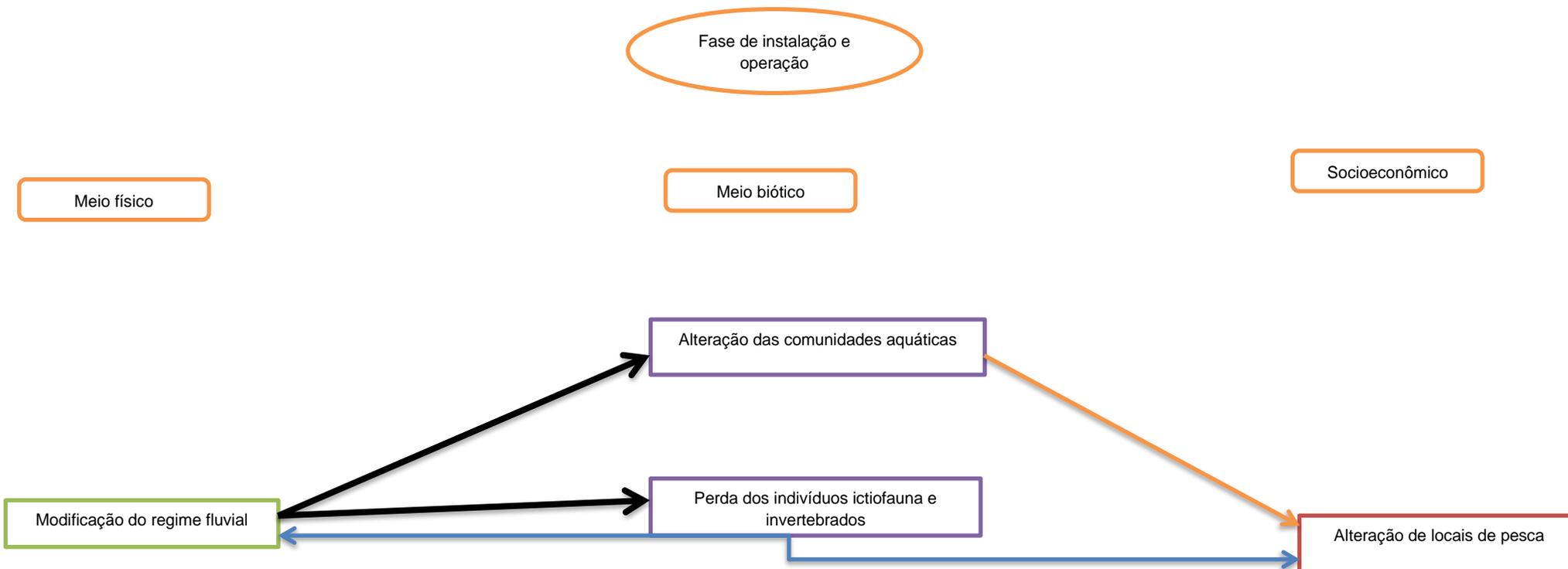


Figura 10: Rede de interação 5

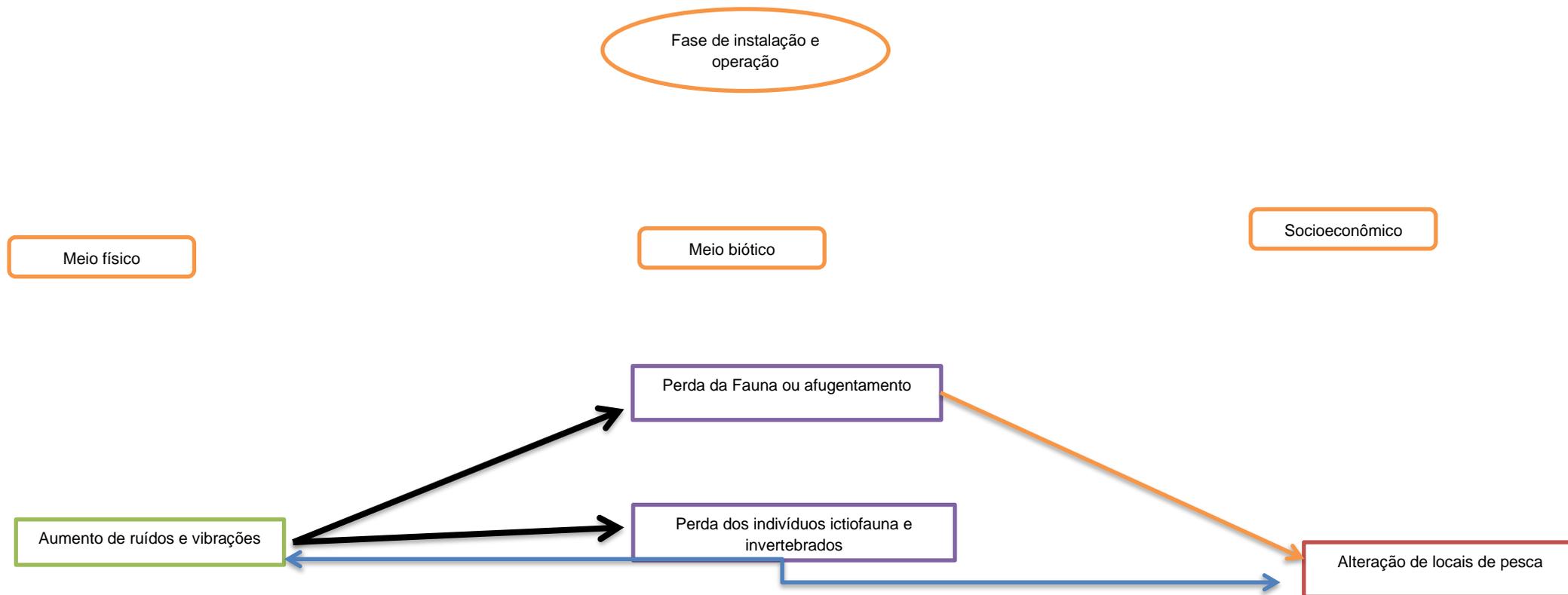


Figura 11: Rede de interação 6

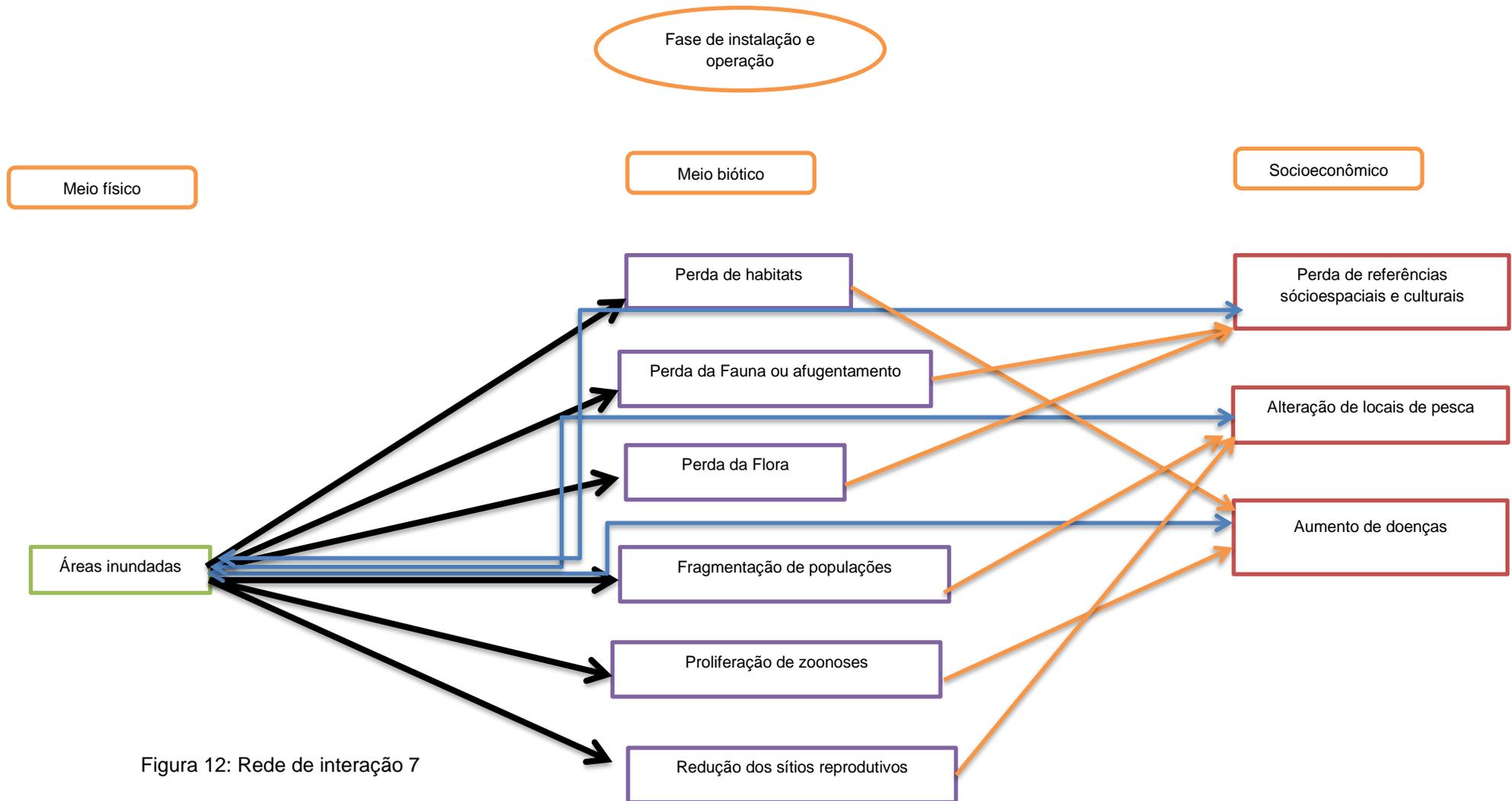


Figura 12: Rede de interação 7

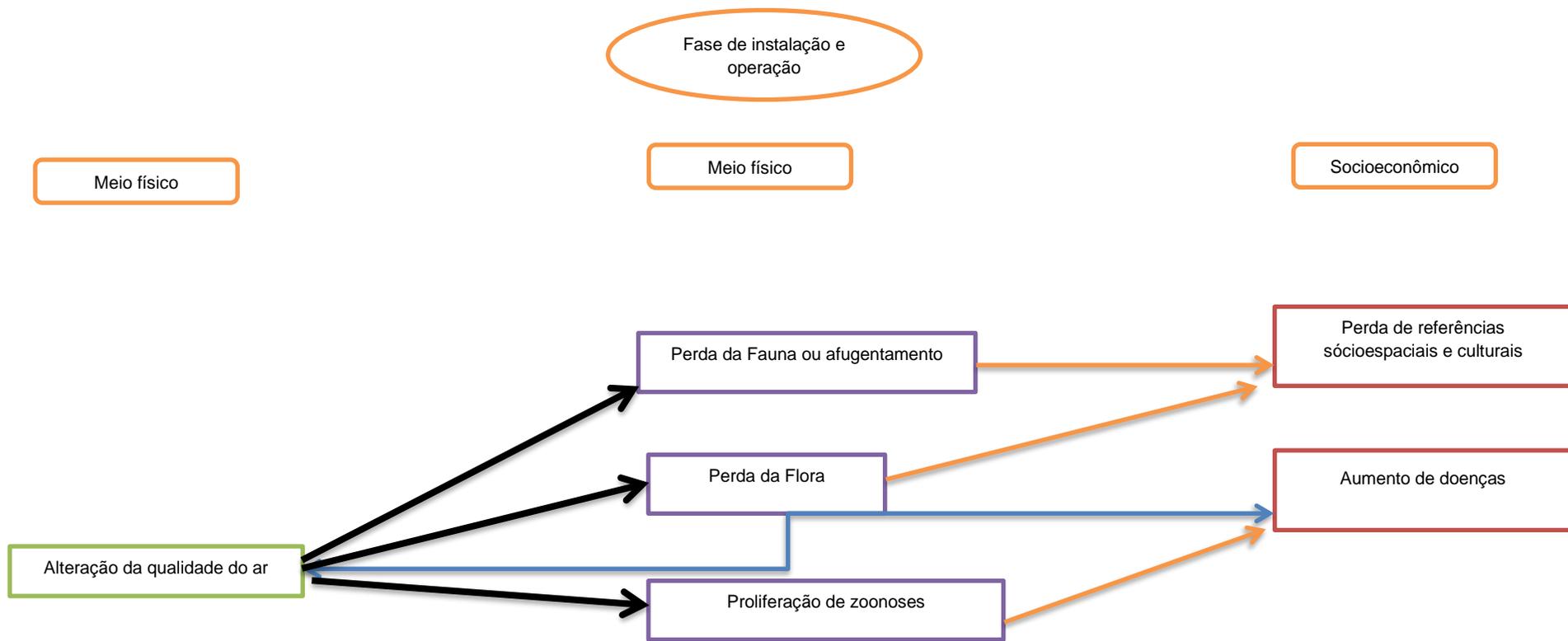


Figura 13: Rede de interação 8

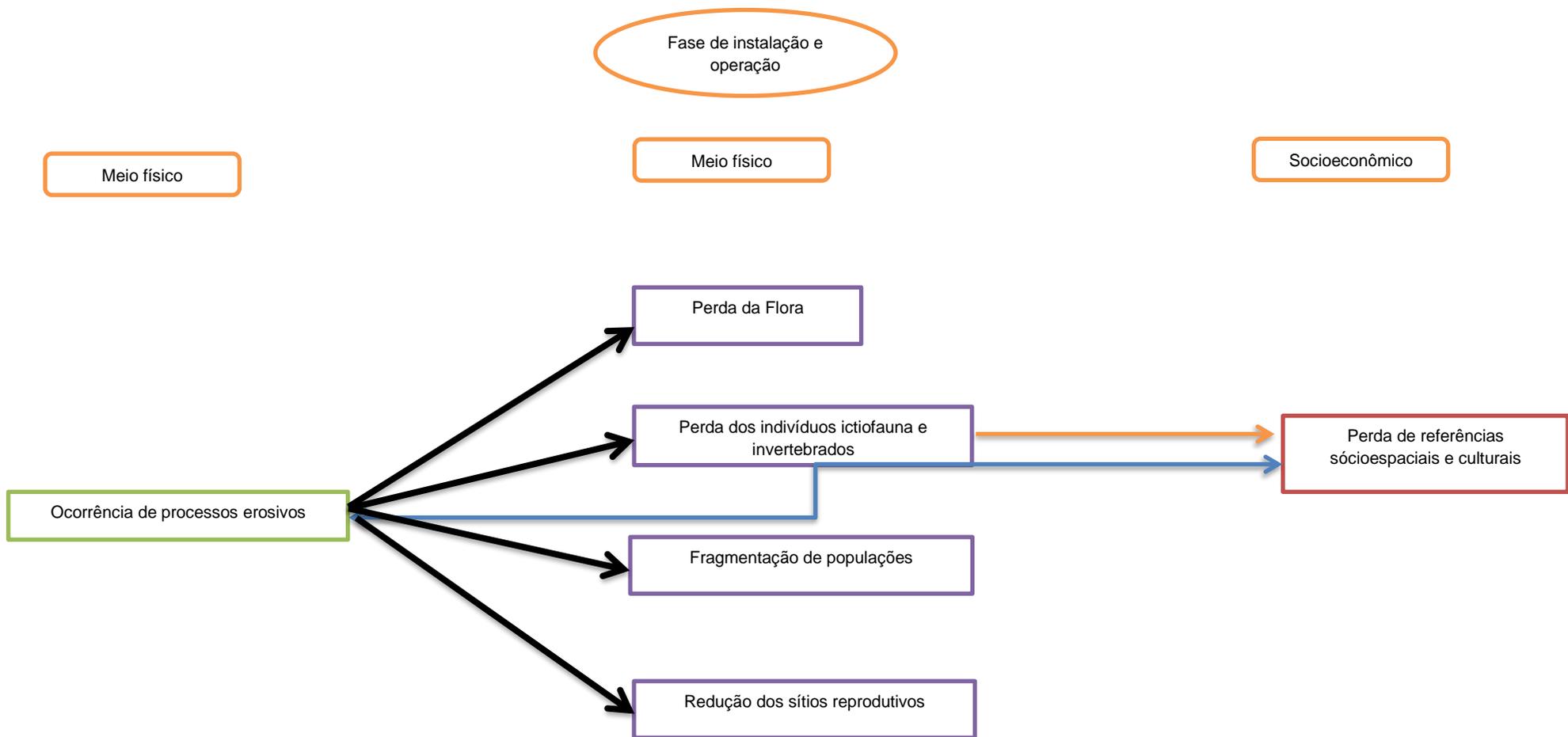


Figura 14: Rede de interação 9

Tabela 6: Lista de Verificação genérica para Usinas hidrelétricas e Impactos Ambientais

	Atividades/componentes	Impacto Ambiental	
		Sim	Não
Meio físico	Alteração de paisagem		
	Ocupação desordenada do solo		
	Alteração da qualidade d' água		
	Alteração microclimática		
	Modificação do regime fluvial		
	Aumento de ruídos e vibrações		
	Áreas inundadas		
	Alteração da qualidade do ar		
	Ocorrência de processos erosivos		
	Elevação do lençol freático		
	Aumento da vazão de aquíferos		
	Indução de sismos		
	Aumento de retenção de sedimentos		
	Movimento de terra e rocha		
	Criação de novo atributos paisagísticos		
Meio Biótico	Perda de habitats		
	Perda de fauna		
	Afugentamento de Fauna		
	Perda da Flora		
	Alteração de comunidades aquáticas		
	Perda de indivíduos de ictiofauna		
	Fragmentação de populações		
	Proliferação de zoonoses		
	Aumento de pesca e caça predatória		
	Redução de sítios de reprodutivos		
	Aumento de geração de resíduos		
	Restrição a migração		
	Aumento de populações oportunistas		
	Alteração do aporte de nutrientes		
	Alteração das condições limnológicas		
	Aumento sobre o efeito borda sobre remanescentes		
	Adensamento de populações		
	Alteração da estrutura trófica de comunidades		
	Alteração das comunidades de		

Meio Sócio econômico	microorganismos
	Alteração das comunidades da classe insecta
	Aumento de oferta de trabalho
	Aumento de oferta de trabalho
	Aumento do potencial turístico
	Perda de referência socioespacial e culturais
	Perda de áreas produtivas
	Aumento na demanda de saneamento
	Alteração de locais de pesca
	Aumento na atração de imigrantes
	Perda de equipamentos sociais
	População urbana e rural afetada
	Geração de receita
	Deslocamento compulsório de população
	Aumento de problemas de segurança pública
	Alteração do mercado imobiliário
	Mudanças de padrões de ocupação do solo
	Perdas de sítios arqueológicos
	Pressão (perda) sobre terras indígenas
	Alteração de hábitos alimentares indígenas
Ocupação de solo desordenada	

6. Discussão:

A análise documental dos oito Estudos de Impactos Ambientais para obtenção de licenças ambientais para atividade de usina hidrelétrica solicitados pelo IBAMA incluídos neste estudo lista impactos negativos e positivos elencados e traz a importância desses estudos na identificação dos impactos significativos. De acordo com Sandoval e Cerri (2009), os Estudos de Impacto Ambiental (EIA), como componente central do processo de avaliação dos impactos, ainda apresentam deficiências de dados pela falta de alguns estudos não utilizarem de metodologia para auxiliar na identificação. Elas atingem desde a caracterização do projeto e do meio em que se pretende implantá-lo, até a identificação, a previsão e a avaliação dos impactos, apresentando também problemas de redação que dificultam o entendimento dos tomadores de decisão e do público.

As deficiências encontradas na identificação e avaliação dos impactos acabam por resultar na deficiência e insuficiência de dados e metodologias para uma análise mais completa se tornando deficientes, com estrutura longa, medidas mitigadoras não eficazes e liberação de licenças sem os reais impactos significativos identificados. Mazzei et al (2018) investigando também os bancos de dados de estudos de impacto ambiental de empreendimentos hidrelétricos, com atenção aos parâmetros hidrológicos incluídos nos estudos, reforçam a necessidade de exigir a utilização de metodologias para identificação dos impactos ambientais (inclusive legais) que apontem as variáveis que devem ser estudadas para uma padronização dos processos para instalação de novas usinas hidrelétricas.

É importante salientar a diferença de biomas encontrados no Brasil e que cada localidade poderá ter impactos significativos distintos, em razão do Brasil ser um país com características continentais. No país, o bioma Amazônia ocupa um território de 49.3% da área total, o Cerrado 23.9 %, a Mata Atlântica 13.0%, a Caatinga 9.9%, o Pampa 2.1% e o Pantanal 1.8%. Esses biomas têm alta relevância significativa para a qualidade e equilíbrio dos recursos naturais e a biodiversidade. O Cerrado e a Mata Atlântica, por exemplo, são reconhecidos biomas de prioridade para preservação mundial pela sua riqueza em biodiversidade e às ameaças a estes recursos naturais podem ter reflexos em larga escala (Oliveira, 2008; Scarana, 2015). Essas peculiaridades regionais devem ser levadas em conta inclusive porque os programas ambientais estabelecidos nos EIAs precisam contemplar especificidades (Okochi; Marques 2019).

Um dos impactos mais comuns da construção de Usinas hidrelétricas são o desmatamento e supressão vegetal, consequências dos impactos físicos como ocupação desordenada do solo, causando prejuízos e gerando outros impactos como a fauna local. Estes impactos também causam alteração de paisagem e inundações de áreas verdes (Lima; Pinto, 2017). As falhas identificadas no setor de geração de energia hidrelétrica no país incluem ações com vinculação direta de desdobramentos da avaliação de impacto ambiental, incluindo o estabelecimento de medidas compensatórias adequadas e que tenham vinculação direta com os impactos gerados pela instalação/operação do empreendimento (De Souza e Socool, 2020).

Os métodos empregados para identificação dos impactos são de extremas importantes e tem como objetivo identificar, avaliar e mitigar os efeitos dos projetos nas áreas de influência ambiental. Isto propicia de forma precoce, a discussão e o diagnóstico imparcial dos impactos positivos e negativos dos empreendimentos, possibilitando evitar prejuízos e potencializar os benefícios, sua eficácia das soluções. Os estudos de impactos ambientais não consistem em instrumentos de tomadas de decisões, mas sim sendo um instrumento que fornece dados, informações para a tomadas de decisões (PIMENTEL; PIRES, 1992) .

Uma das metodologias importante para identificação de impactos está a rede de interação do qual foi utilizada no presente estudo, demonstrando os impactos citados nos estudos de impactos ambientais nos processos de licenciamento ambiental analisados do IBAMA e sua integralidade entre os meios físicos, bióticos e socioeconômico. Métodos mais sistematizados que incluem análise em rede, métodos estatísticos e lógicos e diagramas causais são importantes ferramentas pois adicionam componentes objetivos, simples, rápidos e replicáveis (Voegeli et al 2019, McManamay et al 2020, Sarmah et al 2020).

No caso do estudo a rede de interação não traz incorporados parâmetros, ela traz a interação e os impactos identificados. De acordo com Sánchez (2013) as redes de interação possuem uma vantagem do qual permite um bom entendimento das relações entre as ações impactantes resultantes, sejam eles diretos ou indiretos, a rede de interação também possibilita evidenciar impactos de ordem sucessiva sem limites.

Outra metodologia utilizada foi a lista de verificação, após a identificação foi criada uma lista genérica do qual trás os impactos mais comuns para auxiliar previamente os locais de futuros empreendimentos. De acordo com Sánchez (2013), as listas de verificação são instrumentos fáceis de usar e práticos, uma vez que todas as listas existentes são genéricas e uteis para uma primeira aproximação à identificação dos impactos de um determinado projeto, principalmente se a equipe não tiver experiência prévia para análise do projeto.

De acordo com Silva (2004), a metodologia de listagem foi o primeiro método adotado para avaliar os impactos ambientais. Esta metodologia, comumente chamada de *checklist* ou listas de controle/verificação, refere-se simplesmente à elaboração de uma lista de impactos ambientais, que podem estar desmembrados

por fase do empreendimento e por meio afetado, seja ele físico, biológico ou socioeconômico. Esta abordagem pode aumentar a eficiência dos processos de EIA mantendo o rigor técnico e a transparência para dimensionar os impactos e ter elementos para sua mitigação, quanto pertinentes (McManamay et al 2020).

Inúmeros estudos ao redor do mundo têm utilizado a lista de verificação como instrumento de gestão para análise de impactos oriundos de empreendimentos de geração de energia hidroelétrica e mostrando a eficiência desta ferramenta (Pinho et 2007, Xu et al 2020). Obviamente o uso da ferramenta também possui limitações. Entre elas, estão a fragmentação das informações e pouca conectividade entre fatores ou impactos ambientais; desconsidera a dinâmica dos sistemas ambientais; e a impossibilidade de identificar impactos secundários (Martins e Júnior 2018). Por este motivo, a complementação das duas metodologias propostas é uma alternativa mais robusta para os estudos de impactos ambientais.

7. Conclusão:

Os resultados obtidos mostram a importância da utilização de metodologias como as redes de interação e lista de verificação para identificação dos impactos ambientais referentes aos Estudos de Impactos Ambientais em atividades de geração de energia usando hidroeletricidade. As metodologias são ferramentas complementares e devem ser utilizadas e adaptadas por gestores públicos do setor de meio ambiente, a fim de sistematizar e otimizar o trabalho.

8. Considerações Finais:

Considerando os objetivos propostos e de acordo com os resultados obtidos pela rede de interação e a lista de verificação, através da análise documental dos Estudos de impactos ambientais, este trabalho e seus resultados devem auxiliar a avaliação de impactos ambientais de usinas hidrelétricas, para maior eficácia dos estudos com a lista de verificação genérica para esse tipo de atividade, como também demonstrou a importância da utilização das redes de interação para entender os impactos encontrados e suas significâncias. Este tipo de estratégia é de extrema importância para o entendimento dos impactos visando que medidas mitigadoras sejam implementadas da forma mais eficaz possível, entendendo que o impacto pode vir a gerar outros impactos de maior complexidade e significância.

Referências bibliográficas:

ABBUD, OMAR Alves; TANCREDI, Márcio 2010. **Transformações recentes da matriz brasileira de geração de energia elétrica – causas e impactos principais.**

Disponível em: <http://www12.senado.gov.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-69-transformacoes-recentes-da-matriz-brasileira-de-geracao-de-energia-eletrica-causas-e-impactos-principais..>

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Banco de Informações de Geração-BIG: capacidade de geração do Brasil.**2009

ALMEIDA, A.T. et al. Multi-impact evaluation of new médium and large hydropower plants in Portugal centre region. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 9, p.149–167, 2005

Amazônia: **impactos ambientais e sociais na tomada de decisões sobre grandes obras.** Manaus, Editora INPA, 2015.

ASAEDA, T., RASHID, M. H. The impacts of sediment released from dams on downstream sediment bar vegetation. **Journal of Hydrology**, v. 430, p. 25–38, 2012.

BARLETTA, M.; JAUREGUIZAR, A.J.; BAIGUNS, C.; FONTOURA, N.F.; AGOSTINHO, A.A.; ALMEIDA-VAL, V.M.F.; TORRES, R.A.; JIMENES-SEGURA, L.F.; GIARRIZZO,T.; FABRÉ, N.N.; BATISTA, V.S.; LASSO, C.; TAPHORN, D.C.; COSTA, M.F.; CHAVES, P.T.; VIEIRA, J.P.; CORRÊA, M.F.M. **Fish and Aquatic Conservation in South America: a continental overview with emphasis on neotropical system.** Journal of Fish Biology, v.76, p, 2010.

CORDOVA, M. M.; FINARDI, E. C.; RIBAS, F. A. C.; MATOS, V. L.; SCUZZIATO, M. R. **Performance evaluation and energy production optimization in the real-time operation of hydropower plants.** Electric Power Systems Research, v. 116, p. 201-207, jul. 2014.

BERKUN, M. Hydroelectric potential and environmental effects of multistage Hydropower projects in Turkey. **Energy for Sustainable Development**, v. 14, p. 320–329, 2010.

CALLISTO, Marcos; GONÇALVES, José F.; MORENO, Pablo. **Invertebrados Aquáticos como Bioindicadores**. In: GOULART, Eugênio M.A. (Org.). Navegando o Rio das Velhas das Minas aos Gerais. Belo Horizonte, UFMG, 2004.

CERPCHC - Centro Nacional de Referência em pequenas Centrais hidrelétricas: Fontes Renováveis. Hidráulica: A água. Disponível em: <http://www.cerpch.unifei.edu.br/hidraulica.php>. Acesso em: 30/01/2013.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012**. MMA, Brasília, 2012.

Construtora andrade gutierrez s.a.. **RIMA 2009**. Centrais elétricas do norte do Brasil S.A. – eletronorte furnas centrais elétricas s.a.

COSTA, M.V.; CHAVES, P.S.V; OLIVEIRA, F.C. Uso das Técnicas de Avaliação de Impacto Ambiental em Estudos Realizados no Ceará. In: **XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação**, Anais 2005.

CORTEZZI, S.S.; BISPO, P.C.; PACIENCIA, G.; LEITE, R. **Influência da ação antrópica sobre a fauna de macroinvertebrados aquáticos em riachos de uma região de cerrado do sudoeste do Estado de São Paulo**. Iheringia, Série Zoologia, 2009.

DE SOUZA, L. L. D., SOCCOL, F. T. Breves apontamentos sobre a compensação ambiental e os impactos das hidrelétricas. **Direito Ambiental**. v. 193. P. 1-44, 2020.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional , 2016. Disponível em: <<https://ben.epe.gov.br/>>. Acesso em: abr. 2016

FEDRA, Kurt; WINKELBAUER, Lothar; PANTULU, Vedurumudi R. Expert systems for environmental screening. **An application in the lower Mekong basin**. 1991.

FINUCCI, M. **Metodologias utilizadas na avaliação do impacto ambiental para a liberação comercial do plantio de transgênicos**: Uma contribuição ao estado da arte do Brasil. 2010. 114 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

FREITAS, M. A. V.; SOITO, J. L. S. **“Energia e recursos hídricos: vulnerabilidade, impactos e possibilidades de adaptação da geração de energia hidrelétrica no Brasil às mudanças climáticas globais.”** In: Parcerias Estratégicas/Centro de gestão e Estudos Estratégicos. Número 27. p. 177-215. Dezembro de 2008. ISSN 1413-9375

GLASSON J, THERIVEL R, CHADWICK A. Introduction to environmental impact assessment. 4th ed. London: **Oxford Brookes University**; 2012.

INATOMI, T.; UDAETA, M. **Análise dos Impactos ambientais na produção de energia dentro do planejamento integrado de recursos**. p. 05. Disponível em: http://www.espacosustentavel.com/assets/pdf/INATOMI_TAHI_IMPACTOS_AMBIENTAIS.pdf. Acesso em: 06 Fev. 2021. 2005

KAEFER, J. E. **A avaliação de impactos ambientais em empreendimentos hidrelétricos**: Estudo de caso - a usina hidrelétrica de Salto Caxias e seus impactos sobre o município de Boa Vista da Aparecida - PR. 2003.f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003

KIRMANI, F. A. H. I. M.; PAL, A., MUDGAL, A.; SHRESTHA, A.; SIDDIQUI, A. Advantages and disadvantages of hydroelectric power plant. **International Journal of Innovative Science and Research Technology**. v. 6 (7), 715-718, 2021.

LIMA, Larissa Oliveira. Licenciamento ambiental das usinas hidrelétricas e a proteção socioambiental. **Monografia curso de Direito da faculdade de ciências jurídicas e sociais do centro universitário de Brasília**, Brasília, 2017.

LOHANI, B., J.W. Evans, H. Ludwig, R.R. Everitt, Richard A. Carpenter, and S.L. Tu. 1997. **Environmental Impact Assessment for Developing Countries in Asia**. Volume 1 - Overview. 356 pg.

Lopes, P. V. F.; Costa, C. M. D. S. B.; Almeida, A. K.; de Almeida, I. K. Sustainability assessment model for Brazilian hydroelectric projects using multicriteria analysis. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, 51, 101851, 2022.

LUCENA, A. F. P.; NOGUEIRA, L. P. P.; SCHAEFFER, R.; SZKLO, A. S. 2010. **Alternative Energy Generation Options: International Experience with Renewable Energy Implementation**. Relatório Técnico para PDG (Palmer Development Group) Consultant. COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

MARTINS, T. S.; JUNIOR, G. N. D. R. C. Avaliação de impacto ambiental: uma revisão sistemática sob a ótica metodológica. **ES Engineering and Science**, 7(2), 29-41, 2018.

MCMANAMAY, R. A., PARISH, E. S., DEROLPH, C. R., WITT, A. M., GRAF, W. L., & BURTNER, A. Evidence-based indicator approach to guide preliminary environmental impact assessments of hydropower development. **Journal of Environmental Management**, 265, 110489, 2020.

MARTIM, H. C.; SANTOS, V. M. L. **Avaliação de impactos ambientais em empresa de mineração de cobre utilizando redes de interação**. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. Revista Eletronica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET. v. 17n. 17 Dez 2013, p. 3246 – 3257.

MARTINS, D.M.; CHAGAS, R.M.; MELO-NETO, J.O.; MÉLLO JR., A.V. **Impactos da construção da usina hidrelétrica de Sobradinho no regime de vazões no Baixo São Francisco**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2011.

MAZZEI, C. A., MARANGONI, T. T., & OLIVEIRA, J. N. D. Análise quantitativa dos estudos de impactos ambientais de hidroelétricas existentes no banco de dados do IBAMA e avaliação dos parâmetros hidrológicos utilizados. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, 23, 425-429, 2018.

MILARÉ, Édis. Direito do ambiente: a gestão ambiental em foco: doutrina, jurisprudência, glossário. 7. ed. rev., atual. e reform. São Paulo: **Revista dos Tribunais**, 2011. 1647 p.

MORAES, C. D.; D'AQUINO, C. A. Avaliação de Impacto Ambiental: Uma Revisão da Literatura Sobre as Principais Metodologias, IN: **5º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense**. 2016, Santa Catarina. **Anais [...]**. Santa Catarina: IFSUL, 2016.

MOREIRA, I. V. D. **Origem e síntese dos principais métodos de avaliação de impacto ambiental (AIA)**. Manual de Avaliação de Impacto Ambiental, MAIA, 2002.

NOGUEIRA, D.S.; CABETTE, H.S.; JUAN, L. **Estrutura e Composição da Comunidade de Trichoptera (Insecta) de Rios e Áreas Alagadas da Bacia do Rio Suiá-Miçú, Mato Grosso, Brasil**. Iheringia, Série Zoologia, 2011.

OKOCHI, R. C. N., & MARQUES, E. E. Análise dos programas ambientais de saúde no licenciamento ambiental de hidrelétricas na Amazônia legal brasileira. **Revista Eletrônica Acervo Saúde**, 11(14), e1324-e1324, 2019.

OLIVEIRA DA, PIETRAFESA JP, BARBALHO MG DA S. **Manutenção da Biodiversidade e o Hotspots Cerrado**. Caminhos Da Geografia 2008.

OLIVEIRA, F.C.; MOURA, H.J.T. de. **Uso das metodologias de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará**. PRETEXTO, v.10, n.4. 2009.

ONU (Nações Unidas - Meio Ambiente, 2018. Avaliando Impactos Ambientais - **A Global Revisão da Legislação. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**, Nairobi, Quênia. ISBN No: 978-92-807-3679-3. <http://hdl.handle.net/20.500.11822/22691>

PEETERS, L. J., HOLLAND, K. L., HUDDLESTONE-HOLMES, C., & BOULTON, A. J. A spatial causal network approach for multi-stressor risk analysis and mapping for environmental impact assessments. **Science of The Total Environment**, 802, 149845, 2022.

PIMENTEL, G.; PIRES, S. H. Metodologias de avaliação de impacto ambiental: aplicações e seus limites. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro, v. 26, 1992.

PINHO, P.; MAIA, R.; MONTERROSO, A. The quality of Portuguese Environmental Impact Studies: The case of small hydropower projects. **Environmental Impact Assessment Review**, 27(3), 189-205, 2007.

RODRIGUES, Geraldo Stachetti. **Avaliação de impactos ambientais em projetos de pesquisas**: fundamentos, princípios e introdução a metodologia. Jaguariaúna: Embrapa, 1998. 66 p.

RAHMAN, A.; FARROK, O.; HAQUE, M. M. Environmental impact of renewable energy source based electrical power plants: Solar, wind, hydroelectric, biomass, geothermal, tidal, ocean, and osmotic. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 161, 112279, 2022.

SANCHEZ, L.E. Avaliação de Impacto Ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: **Oficina de textos**, 2020.

SANDOVAL, M.; CERRI, L. **Proposta de padronização em avaliação de impactos ambientais**. Engenharia Ambiental - Espírito Santo do Pinhal, 2009.

SARMAH, P., NEMA, A. K., & SARMAH, R. An approach to determine the quality of EIA reports of hydropower plants using analytic network process and fuzzy logic toolbox. **Environmental Impact Assessment Review**, 85, 106462, 2020.

SCARANO F, CEOTTO P. Brazilian Atlantic forest: **impact, vulnerability, and adaptation to climate change**. **Biodiversity and Conservation** 2015. doi:<https://doi.org/10.1007/s10531-015-0972-y>.

SOARES, G. F. S. **Direito Internacional do Meio Ambiente: emergência, obrigações e responsabilidades**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

SUREHMA/ GTZ. Manual de Avaliação de Impactos Ambientais (MAIA). **Secretaria Especial do Meio Ambiente**, Curitiba: 1992. 281 p.

STAMM, H. R. Método para Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) em projetos de grande porte: Estudo de caso de uma usina termelétrica. 2003. **Tese de Doutorado (Engenharia de Produção)**. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2003.

TERESA, F.B.; CASATTI, L. **Influence of Forest Cover and Mesohabitat Types on Functional and Taxonomic Diversity of Fish Communities in Neotropical Lowland Streams**. *Ecology of Freshwater Fish*, 2012.

TUCCI, CE; Mendes, CA *Curso de avaliação ambiental integrada de bacia hidrográfica* , 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/estruturas/sqa_pnla/_arquivos/sqa_3.pdf> Acesso em: out. 2020.

VOEGELI, G., HEDIGER, W., & ROMERIO, F. Sustainability assessment of hydropower: Using causal diagram to seize the importance of impact pathways. **Environmental Impact Assessment Review**, 77, 69-84, 2019.

WCD, 2000. The World Commission on Dams. Dams and Development – A new framework for decision-making. The report of the World Commission on Dams. Earthscan Publications.

WINEMILLER, K. O. et al. Balancing hydropower and biodiversity in the Amazon, Congo, and Mekong. *Science*, v. 351, n. 6269, p. 128-129, 2016.

World Bank. Environmental assessment sourcebook – Volume I. Policies, procedures, and cross- sectoral issues. World Bank Technical Paper 139, Washington, 1991a.

XU, Z.; NIU, Y.; LIANG, Y.; LI, Z.; IFTIKHOR, A. The integrated hydropower sustainability assessment in Tajikistan: A case study of Rogun hydropower plant. **Advances in Civil Engineering**, v. 2020, 8894072, 2020.

ZELEŇÁKOVÁ, M., FIJKO, R., DIACONU, D. C., & REMEŇÁKOVÁ, I. Environmental impact of small hydro power plant—a case study. **Environments**, 5(1), 12, 2018.

ZHANG, J. et al. Environmentally feasible potential for hydropower development regarding environmental constraints. **Energy Policy**, v. 73, p.552-562, 2014.

Anexo 1

Tabela de impactos ambientais do meio físico, biótico e socioeconômico identificados do estudo de impacto ambiental da usina hidrelétrica de Belo Monte.

Meio físico	Meio biótico	Socioeconômico
Alteração da Paisagem	Inundação Permanente dos Abrigos Assurini e da Gravura	Perda de Referências Socioespaciais e Culturais
Inundação Permanente dos Abrigos Assurini e da Gravura	Aumento do fluxo migratório	Perda de equipamentos sociais
Interrupção do escoamento de água nos igarapés do compartimento ambiental Reservatório dos Canais	Aumento da disseminação de doenças endêmicas e possibilidade de introdução de novas endemias	Aumento de demanda por equipamentos e serviços sociais
Interrupção da navegação entre Altamira e as comunidades a jusante do barramento no Sítio Pimental	Intensificação da perda de cobertura vegetal	Sobrecarga na gestão da administração pública
Alteração das características hidráulicas do rio Xingu	Redução de populações ou eliminação de espécies da ictiofauna intolerantes ao aumento da degradação dos habitats-chave ou recursos chave	Alteração na relação oferta demanda por insumos, mercadorias e serviços e dinamização da economia
Elevação do nível freático/cargas hidráulicas dos aquíferos de Altamira	Aumento da perda de habitats naturais	Ampliação de renda
Perda de jazidas de argila e possibilidade de alteração na extração de areia devido à formação do Reservatório do Xingu	Alteração de comunidades faunística	Ampliação da oferta de trabalho
Alteração da qualidade de águas superficiais com propensão ao desenvolvimento de cianofíceas, macrófitas aquáticas e vetores de doença	Alterações nos padrões de pesca devido às mudanças nas comunidades de peixes decorrentes de perturbações diretas ou indiretas nos habitats	Ampliação da oferta de trabalho
Comprometimento do abastecimento de água por poços rasos	Alteração da qualidade de águas superficiais com propensão ao desenvolvimento de cianofíceas, macrófitas aquáticas e vetores de doença	Perda de imóveis e benfeitorias
Intensificação do Uso e Ocupação Desordenado do Solo,	Alteração do aporte de nutrientes	Perda de renda e fontes de sustento
Alteração na Qualidade do Solo pela Geração de Efluentes	Alteração nos padrões fenológicos e composição florística da	Perda de Atividades Produtivas

Líquidos	vegetação aluvial	
Alteração na Qualidade das Águas pela Geração de Efluentes Líquidos e Sólidos, Inclusive de Embarcações;	Alteração de habitats reprodutivos e alimentares de quelônios aquáticos	Melhoria na acessibilidade pela ampliação do sistema viário
Interferência pela Dragagem e Disposição de Material Dragado	Redução de populações ou eliminação de espécies intolerantes às alterações hidrológicas que impossibilitem ou restrinjam o acesso aos recursos-chave	Segregação socioespacial da Vila Residencial de Altamira
Alteração da Qualidade do Ar pela Geração de Material Particulado e Gases de Combustão	Aumento da Pressão de Caça	Alteração da dinâmica urbana
Alteração nos Níveis de Pressão Sonora e Vibração	Aumento da Pressão sobre os Recursos Florestais Madeireiros e Não Madeireiros	Interrupção da navegação entre Altamira e as comunidades a jusante do barramento no Sítio Pimental
Aumento da Turbidez da Água	Aumento na População de Espécies Exóticas (Flora e Fauna)	Redução da produção agropecuária
Estabilização de Encostas, Ocorrência de Processos Erosivos e Carreamento de Sedimentos	Proliferação de Zoonoses	Alterações nos padrões de pesca devido às mudanças nas comunidades de peixes decorrentes de perturbações diretas ou indiretas nos habitats
	Perda de Habitat Natural	Perda de praias e áreas de lazer
	Aumento de acidentes com Animais Peçonhentos	Ampliação da arrecadação de tributos
		Aumento da confiabilidade do sistema de transmissão e distribuição de energia em Altamira
		Interrupção do escoamento da produção nos períodos de estiagem

2. Tabela de impactos ambientais do meio físico, biótico e socioeconômico identificados do estudo de impacto ambiental da usina hidrelétrica de Cachoeira.

Meio físico	Meio biótico	Socioeconômico
Alterações na infraestrutura socioeconômica (como a intensificação do uso e ocupação desordenado do solo)	Aumento da disseminação de doenças endêmicas e possibilidade de introdução de novas endemias	Aumento das tensões sociais em relação ao Empreendimento
Aumento do ruído e vibrações / poluição sonora	Aumento da Disseminação de Doenças Infectocontagiosas	Atração de fluxo migratório/Aumento temporário da

		população
Alteração da qualidade do ar	Proliferação de zoonoses	Especulação imobiliária.
Mudança da paisagem	Aumento na geração de resíduos sólidos	Criação de políticas públicas
A Intensificação do uso e ocupação desordenados do solo, em especial no entorno das vilas residenciais	Aumento do risco de acidentes causados por animais silvestres na população residente, decorrente da pressão sobre a fauna existente	Criação de políticas públicas específicas, Áreas de preservação histórica, cultural e arqueológica
Degradação da Qualidade de Água	Aumento da Pressão sobre os Recursos Florestais Madeireiros e Não Madeireiros	Estímulo para surgimento / atuação de organizações não governamentais
Criação de novos atributos paisagísticos	Risco de redução na riqueza da Flora; Introdução de Espécies Exóticas (Flora)	Fortalecimento comunitário e das organizações sociais locais
Uso predatório da água do reservatório e margens	Redução de área com vegetação nativa	Aumento das tensões sociais em relação ao Empreendimento.
Interferência nas captações e no uso da água para abastecimento humano, dessedentização de animais e irrigação	Restrição a migração da ictiofauna durante o período de cheias intensas	Alterações na relação oferta demanda por insumos, mercadorias e serviços e a consequente dinamização da economia; a ampliação da renda
Alteração do fluxo d'água de lótico para lântico	Aumento das Perturbações Fisiológicas e Comportamentais da Fauna; Afugentamento da Fauna	Aumento na arrecadação de tributos; e a ampliação da oferta de postos de trabalho
Desmoronamento de encostas do reservatório devido à saturação de materiais siliciclásticos	Redução das Populações ou Eliminação de Espécies da Ictiofauna Intolerantes ao Aumento da Degradação da Qualidade de Água	Aumento de demanda por equipamentos e serviços sociais
Formação de Áreas Alagadas, Surgimento de Nascentes, saturação dos solos	População, Fauna e Flora aquáticas	Sobrecarga na Gestão da Administração Pública; aumento da Demanda por Segurança Pública
Aumento da nebulosidade, da umidade relativa do ar, da intensidade dos ventos e redução da amplitude média da temperatura do a	Alteração da oferta de peixes	Impactos sobre os Recursos Pesqueiros
interferência com a ictiofauna e comunidade bentônica	Mudança de hábitos alimentares	A melhoria de acessibilidade poderá resultar em alteração da relação oferta-demanda por insumos, mercadorias e serviços e dinamização da Economia
	Alteração de Comunidades Faunísticas	Perda de referências socioespaciais e culturais por parte da população

		atingida
	Diminuição de Diversidade da Ictiofauna pela Redução de Habitats Fluviais	Aumento da ocorrência de doenças infectocontagiosas, de DST/AIDS
	Fragmentação de Populações – metapopulações, Eliminação de Espécies Dependentes de Conexão Lateral ou Longitudinal entre Habitats	Aumento das tensões sociais
	Aumento de populações de espécies oportunistas de peixes	Dificuldade de acessibilidade da população entre as margens do rio
	Risco de desaparecimento de espécies nativas	Supressão de equipamentos sociais e de uso coletivo existentes
	Modificações na composição da fauna e da flora aquática; aumento de populações de espécies oportunistas	Aumento do risco de perda do Patrimônio Arqueológico e Paleontológico
	nova dinâmica biológica nos sedimentos	O aumento do contingente populacional, decorrente da chegada de migrantes, deve gerar
	Quedas nas Taxas de Oxigênio Dissolvido, Possível eutrofização / acidificação, com proliferação de algas macrófitas, odor e sabor na água do reservatório	Aumento da Incidência de Doenças Respiratórias e Incômodos à População
		Perda das terras agriculturáveis principalmente para culturas de vazante e pecuária
		Melhoria das condições de produção de alimentos na região
		A Perda de Postos de Trabalho e Renda acarretará: Reversão do Fluxo Migratório; Possibilidade de Ociosidade e Deterioração dos Equipamentos e Serviços Sociais
		Aumento da oferta de energia elétrica nacional

3.Tabela de impactos ambientais do meio físico, biótico e sócioeconômico identificados do estudo de impacto ambiental da usina hidrelétrica de Canto do Rio.

Meio físico	Meio biótico	Socioeconômico
Alteração na disponibilidade hídrica (vazão)	Perda de trechos de rios e ambientes lóticos	Modificação potencial de pesqueiro
Alteração na qualidade da água	Alteração na estrutura das	Inundações de terras agricultáveis

	comunidades de peixes com redução de ictiobiodiversidade	
Supressão de áreas alagáveis e ou lagos marginais	Perda de trechos de cobertura vegetal	População rural e urbana afetada
Inundações de jazimentos minerais	Alterações da estrutura de biodiversidade	Atração de migrantes
Inundações de patrimônio geomorfológicos	Perda de habitats	Geração de receita
Nucleações inundadas	Alteração das comunidades aquáticas	Aumento na demanda na estrutura de saúde
Área urbana inundada	Modificação da comunidade vegetal às margens do reservatório	Criação de postos de trabalho
Inundação de estrutura viária	Aprisionamento de peixes nas enseadeiras	Aumento na demanda de saneamento
Assoreamento do reservatório	Alteração de habitats de fauna terrestre	Desarticulações de das relações socioeconômicas
Aumento da carga de sedimentos	Aumento de acidentes com animais peçonhentos	Dinamização das Atividades turísticas
Atividade sísmica induzida	Aumento da pressão antrópica dos recursos naturais	Deslocamento compulsório de populações
Alteração de microclima	Alteração do fluxo gênico e processos ecológicos	Aumento temporário de ofertas de emprego
Modificação do regime hidrológico	Interrupção do fluxo migratório da ictiofauna	Aumento de problemas na segurança pública
Alteração de paisagem	Alteração da Qualidade de Águas Superficiais com propensão ao desenvolvimento de vetores de doenças.	Aumento de tráfico nas estradas rurais e Br
Aumento de ruídos e vibrações		Interferência no sistema local de circulação
Alteração no nível do lençol freático e da qualidade das águas subterrâneas		Alteração das relações sociais e culturais
Mudança nos graus tróficos das do reservatório		Variação no perfil epidemiológico
Alteração da Qualidade de Águas Superficiais com propensão ao desenvolvimento de vetores de doenças.		

4. Tabela de impactos ambientais do meio físico, biótico e socioeconômico identificados do estudo de impacto ambiental da usina hidrelétrica de Castelhanos.

Meio físico	Meio biótico	Socioeconômico
-------------	--------------	----------------

Uso e ocupação desordenados do solo	Aumento da disseminação de doenças endêmicas e possibilidade de introdução de novas endemias	Arrecadação de tributos; e a ampliação da oferta de postos de trabalho.
Aumento do ruído e vibrações / poluição sonora	Aumento da Disseminação de Doenças Infectocontagiosas	Aumento das tensões sociais
Alteração da qualidade do ar	Proliferação de zoonoses	Alterações na infraestrutura socioeconômica
Mudança da paisagem	Impactos sobre os Recursos Pesqueiros	Aumento de demanda por equipamentos e serviços sociais
Alteração do fluxo d'água de lótico para lântico	Aumento na geração de resíduos sólidos	Sobrecarga na Gestão da Administração Pública
Formação de Áreas Alagadas, Surgimento de Nascentes, saturação dos solos	Desmatamento	Aumento da Demanda por Segurança Pública
Possível alteração microclimáticas no entorno do reservatório	Aumento da Pressão sobre os Recursos Florestais Madeireiros e Não Madeireiros	Aumento da disseminação de doenças endêmicas e possibilidade de introdução de novas endemias
Assoreamento do rio a jusante do reservatório, aumento da turbidez da água, redução do nível d'água, desestabilização de margens, de bancos de areia e de obras de arte especiais.	Risco de redução na riqueza da Flora; Introdução de Espécies Exóticas (Flora)	Aumento da Disseminação de Doenças Infectocontagiosas
Aumento da nebulosidade, da umidade relativa do ar, da intensidade dos ventos e redução da amplitude média da temperatura do ar	Redução de área com vegetação nativa	Impactos sobre os Recursos Pesqueiros
Desmoronamento de encostas do reservatório devido à saturação de materiais siliciclásticos	Restrição a migração da ictiofauna durante o período de cheias intensas	Perda de referências socioespaciais e culturais por parte da população atingida.
Poluição sonora; insegurança na população do entorno.	Aumento das Perturbações Fisiológicas e Comportamentais da Fauna	Aumento da ocorrência de doenças infectocontagiosas, de DST/AIDS
	Eutrofização da água	Dificuldade de acessibilidade da população entre as margens do rio
	Possível redução local da fauna e flora aquática	Alteração no cotidiano da população
	Redução de Habitats para a Fauna e Flora terrestres	Perda de Atividades Produtivas
	Interrupção da migração durante o trimestre mais chuvoso	Perda de Renda e Fontes de Sustento
	Perda de indivíduos de ictiofauna	Modificação / Desestruturação da

	Rede de Relações Sociais
Dessedentização de animais e irrigação	Surgimento de Tensões Sociais
Alteração de Comunidades Faunísticas	Melhoria da acessibilidade da população entre as margens do rio
Redução de Habitats Fluviais	Aumento da Incidência de Doenças Respiratórias e Incômodos à População
Fragmentação de Populações – metapopulações, Eliminação de Espécies	Intervenção no abastecimento de água das populações situadas a jusante
Aumento de populações de espécies oportunistas de peixes	Perda de Referências Socioespaciais e Culturais; Perda de praias de verão, quedas d'água, grotas, pontos turísticos e de lazer por parte da comunidade.
Risco de desaparecimento de espécies nativas	Perda das terras agriculturáveis principalmente para culturas de vazante e pecuária
Modificações na composição da fauna e da flora aquática	Perda de Atividades Produtivas
Riscos de degradação ambiental	Melhoria das condições de produção de alimentos na região.
Redução da vida útil do reservatório, diminuição de calado para navegação, alteração dos níveis d'água, interferência com a ictiofauna e comunidade bentônica	Riscos de ocupação desordenada
Possível redução dos teores de oxigênio dissolvido	
Possíveis processos de eutrofização; possível proliferação de algas e macrófitas aquáticas nos braços do reservatório	

5. Tabela de impactos ambientais do meio físico, biótico e socioeconômico identificados do estudo de impacto ambiental da usina hidrelétrica de Couto Magalhães.

Meio físico	Meio biótico	Socioeconômico
Clima- alteração do ar, ventos e nevoeiros	Redução da área de vegetação nativa	Especulação imobiliária
Alteração do nível da água a montante	Aumento da degradação dos remanescentes de vegetação	Geração de empregos e aumento da massa salarial em circulação
Alteração do nível a jusante da barragem	Perda de habitat	Aquecimento econômico dos núcleos urbanos

Trecho de vazão reduzida	Deslocamento de fauna terrestre	Perdas de áreas produtivas
Assoreamento a montante	Alteração nas estruturas de das populações silvestres	Aumento de arrecadação pública
Alteração de lençol freático e aquíferos	Redução de fragmentação de da vegetação em torno do reservatório	aumento da oferta da energia elétrica
Erosões nas encostas marginais e a da jusante da casa de força	Perda de habitat para as abelhas	Contribuição ao crescimento da economia regional
Solos e encostas marginais	Degradação temporária da qualidade da água	Geração de insegurança a população indiretamente e diretamente a HE
Sismicidade induzida pelo reservatório	Poluição dos corpos d'água por resíduos de maquinários da construção da barragem	Transtornos a população
Movimento de terra e rocha	Modificação de habitats pela substituição de ambiente lótico por lêntico	Possibilidade de atração de contingentes populacionais em busca de trabalho e pressão sobre equipamentos sociais e serviços de infraestrutura
	Modificação de habitats devido á diminuição da vazão	Deslocamento compulsório da população rural
	Alteração do ciclo reprodutivo e dos locais de desova das espécies	Alterações nas condições de saúde da população
	Proliferação de de vetores de doença	Alteração de paisagem
		Restrição do uso do solo na futura faixa de APP do reservatório

6. Tabela de impactos ambientais do meio físico, biótico e socioeconômico identificados do estudo de impacto ambiental da usina hidrelétrica de Davinópolis.

Meio físico	Meio biótico	Socioeconômico
Modificação do Regime Fluvial	Perda da diversidade da flora	Mudança no atual padrão de organização social
Alteração da Qualidade da Água	Perda de habitat da fauna terrestre, fragmentação de habitats e perda da conectividade entre fragmentos	Alteração nas atuais condições de vida da população
Alteração do Comportamento Hidrossedimentológico dos rios Paranaíba e Verde e no Transporte de Sedimentos	Redução da diversidade da fauna terrestre e afugentamento da fauna	Alteração nos atuais padrões de sociabilidade
Inundação de Bens Minerais	Pressão sobre a caça de animais silvestres e aumento do risco de	Aumento da mobilidade da força de trabalho

	atropelamento de animais	
Possibilidade da Ocorrência de Sismos Induzidos	Alteração na composição da fauna aquática	Aumento da oferta de postos de trabalho
Estabilização das Encostas Marginais do Reservatório (Surgimento de Processos Erosivos)	Interrupção do fluxo migratório das espécies de peixes de piracema	Perda de produção e meios de produção
Alteração do nível do lençol freático no entorno do reservatório	Possibilidade de ocorrência de mortalidade localizada de peixes	Alteração de estrutura de uso e ocupação do solo e uso dos recursos hídricos
	Possibilidade de interferência em prováveis sítios de reprodução da Andorinha-de-coleira (<i>Pygochelidon melanoleuca</i>)	Perda de infraestrutura
		Aumento da probabilidade de expansão de endemias
		Geração de expectativas
		Incremento de receitas pelo aquecimento da economia local/regional
		Risco de perda de patrimônio histórico, cultural
		Ruptura de relações sociais historicamente construídas
		Criação de oportunidades para algumas unidades familiares
		Pressão na infraestrutura de serviços
		Interferências de áreas de autorizações e concessões minerais com o reservatório
		Perda de área com potencial de aptidão agrícola do solo
		Interferência com sistemas de captação e abastecimento

7. Tabela de impactos ambientais do meio físico, biótico e socioeconômico identificados do estudo de impacto ambiental da usina hidrelétrica de Salvador.

Meio físico	Meio biótico	Socioeconômico
Alteração microclimática	Agravamento nas condições limnológicas e de qualidade da água	Geração de expectativas quanto ao empreendimento
Indução de sismos	Perda de biodiversidade local	Dinamismo (aquecimento) no mercado de bens e serviços e na renda regional

Reorganização da paisagem	Fragmentação de habitats	Alteração no mercado imobiliário
Aceleração ou início de processos erosivos na área do canteiro de obras	Alterações nos ambientes que compõem as margens do reservatório a ser formado	Aumento na oferta de emprego
Aceleração da erosão no reservatório	Aumento da pressão antrópica sobre a vegetação remanescente	Alteração nos fluxos migratórios populacionais
Elevação do nível do lençol freático.	Perda de indivíduos de espécies nativas com usos potenciais madeireiros, medicinais, ornamentais	Alteração nos fluxos migratórios populacionais
Alteração do regime hidrológico.	Aumento do efeito de borda sobre os remanescentes	Criação de pressão adicional sobre redes de serviços básicos
Aumento da retenção de sedimentos	Exacerbação da fragmentação dos habitats a jusante	Interferência no sistema de circulação e transporte
	Obstrução da migração de cardumes	Risco de atrito com a comunidade local
	Perda de diversidade íctica	Alteração na condição de subsistência de pequenos produtores
	Alteração da dinâmica das comunidades	Supressão de postos de trabalho rural
	redução da cobertura vegetal	Perda de benfeitorias
	Comprometimento da fauna semi-aquática	Mudanças nos padrões de uso e ocupação do solo
	Adensamento populacional de alguns grupos animais	Ruptura dos modos de vida historicamente constituídos
	Redução na riqueza de espécies animais	Interferências com o patrimônio arqueológico, histórico, cultural e paisagístico
	Isolamento populacional	Ampliação das responsabilidades e encargos associados aos poderes públicos municipais
	redução de sítios reprodutivos	Desaquecimento na economia com a desmobilização da obra
	Alteração da estrutura trófica de comunidades adaptadas a ambientes lênticos	Interferência e ampliação do potencial turístico local
	Morte de animais por afogamento	Expansão na oferta de energia elétrica
	Aumento da pressão de caça	
	Aumento da densidade de animais domésticos e exóticos	
	Proliferação de zoonoses	

8. Tabela de impactos ambientais do meio físico, biótico e socioeconômico identificados do estudo de impacto ambiental da usina hidrelétrica de Estreito.

Meio físico	Meio biótico	Socioeconômico
Elevação do Lençol Freático	Aumento da Pressão Antrópica sobre a Vegetação	Destruição de Sítios Arqueológicos
Aumento da Disponibilidade de Águas Subterrâneas	Supressão da Vegetação	Soterramento de Sítios Arqueológicos
Formação de Áreas Úmidas e Alagadas	Aumento da Fragmentação de Ambientes	Submersão de Sítios Arqueológicos
Contaminação de Aquífero Subterrâneo	Alteração dos Ambientes Marginais	Erosão e Dispersão de Sítios Arqueológicos Marginais e submersos
Desestabilização de Fundações e Estruturas Enterradas	Aumento da Pesca e Caça Predatória	Descaracterização do Entorno de Sítios Arqueológicos
Aumento da Vazão de Aquíferos Profundos	Perda e/ou Alteração de Hábitats da Fauna Terrestre	Alteração dos Hábitos Alimentares da Comunidade indígena
Desestabilização e Erosão de Taludes e Encostas marginais	Afugentamento da Fauna Terrestre	Pressão sobre as Terra Indígenas
Intensificação de Processo de Assoreamento	Redução Populacional de Vertebrados Terrestres	
Perda de Terras Agricultáveis	Aumento do Número de Acidentes com Animais peçonhentos	
Inundação	Proliferação dos Vetores de Interesse Médico	
Elevação do Lençol Freático	Alteração na Composição das Comunidades Íctias e de mamíferos aquáticos	
Alteração da Qualidade das Águas	Perda e/ou Alteração de Hábitats da Ictiofauna	
	Alteração na Composição das Comunidades Íctias	
	Alteração na Composição das Comunidades de micro-organismos	