



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA



Dissertação de Mestrado

O LICENCIAMENTO AMBIENTAL EVITA IMPACTOS DE HIDRELÉTRICAS?

Anita Macedo de Campos

Porto Alegre, julho de 2021.

O LICENCIAMENTO AMBIENTAL EVITA IMPACTOS DE HIDRELÉTRICAS?

Anita Macedo de Campos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia, do Instituto de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. Andreas Kindel

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez

Prof. Dr. Fernando Gertum Becker

Dra. Fernanda Zimmermann Teixeira

Porto Alegre, julho de 2021.

CIP - Catalogação na Publicação

Macedo, Anita
O licenciamento ambiental evita impactos de
hidrelétricas? / Anita Macedo. -- 2021.
60 f.
Orientador: Andreas Kindel.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Instituto de Biociências, Programa
de Pós-Graduação em Ecologia, Porto Alegre, BR-RS,
2021.

1. avaliação de impactos ambientais. 2.
licenciamento ambiental. 3. efetividade substantiva.
4. efetividade processual. 5. hierarquia da mitigação.
I. Kindel, Andreas, orient. II. Título.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente à UFRGS, instituição pública e de qualidade ímpar que me ofereceu oportunidades de aprendizado incríveis, desde a graduação. Ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e todos os professores que me guiaram por este caminho. Ao nosso querido NERF – Núcleo de Ecologia de Rodovias e Ferrovias que é muito mais do que um laboratório de pesquisa, é um local de criação de vínculos.

Gratidão aos membros da banca pela leitura crítica e sugestões ao trabalho. Dedico um agradecimento especial ao meu orientador Andreas Kindel, que me aceitou após muitos anos fora da academia, que me acolheu em uma das fases mais difíceis da minha vida pessoal, que me incentivou e animou quando eu achava que tudo tinha desandado, que escutou minhas ideias e conseguiu transformá-las em uma pesquisa aplicada “ao mundo real”, exatamente como eu queria. Minha gratidão eterna a toda ajuda, estímulo e compreensão que recebi.

Agradeço também à FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler, instituição em que tenho a honra de trabalhar, por ter disponibilizado os dados utilizados nesta pesquisa. Sobretudo a minha chefe Rosaura Heurich pela escuta empática e compreensão ao longo desses anos de depressão, atrasos, compensação de carga horária e pedidos de férias para avançar na dissertação.

Toda a gratidão do mundo aos meus amigos Bruna, Bibs, Isma, Mimi e Paulinho, que me ajudaram a executar algumas tarefas imprescindíveis desta pesquisa, principalmente no que envolveu ArcGIS e o bendito R. Sem essa ajuda eu certamente teria me desesperado mais do que o necessário.

Aos meus queridos amigos de grupos tão diferentes e que me acompanharam durante esses três anos, que me escutaram e estiveram presentes durante essa fase tão árdua, que me chamaram pra sair, comer, viajar, acampar, beber e comemorar a vida. De maneira especial aos Ronã que me acolheram em tantos momentos difíceis, sempre preocupados e se oferecendo para ajudar em algo na dissertação (muitos são biólogos), que me apresentaram a essência do amor, as boas brisas da vida e da cumplicidade. Como é bom ser nós.

A minha família, especialmente meus pais Flora, Enrique e Gilberto, que me ofertaram tantas oportunidades, desde criança, e que me deram ferramentas para conquistar meus objetivos na vida. E, por fim, a minha psicoterapeuta que me conduz nesse processo desafiador de desfazer os nós da vida.

Resumo

O licenciamento ambiental e a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) são instrumentos importantes da política ambiental na maioria dos países. Contudo, vêm sendo alvo de revisões e simplificações, sustentadas por críticas e pressões políticas. Diante desse cenário, torna-se urgente evidenciar a importância desses instrumentos para a garantia da qualidade de vida e da conservação da biodiversidade. A maioria das pesquisas sobre efetividade de AIA foca no cumprimento de etapas do processo (efetividade processual), e raramente na contribuição para redução de impactos (efetividade substantiva). Esse estudo objetiva estimar a influência do licenciamento e da AIA no evitamento e na redução de impactos, pela avaliação das negativas de permissão para a construção de hidrelétricas, e quais as razões para esse desfecho; e pela aferição da área que deixou de ser alagada pelos projetos negados. Foram analisados dados de um sistema estadual de licenciamento de hidrelétricas, com variadas potências e áreas de reservatório. Foram observadas negativas definitivas em 67 projetos, correspondendo a 40% dos requerimentos. Empreendimentos que foram autorizados pelo órgão ambiental têm superfície de reservatório menor do que os construídos antes da existência do licenciamento. A maioria dos indeferimentos foi de ordem administrativa, porém, em muitos casos foram revertidos e receberam licenças após recursos. Enquanto os indeferimentos definitivos foram determinados pelos resultados de estudos ambientais integrados na escala de bacias hidrográficas, ferramentas que deveriam ser aplicadas em todas as bacias com potencial para geração de energia, a fim de identificar locais ou rios que devem ser mantidos livres de barramentos, como estratégia de conservação. Foram evitados impactos em 26% da área potencialmente afetada pelos reservatórios, a partir da negativa de projetos. Esse estudo abordou um componente pouco estudado da efetividade, o substantivo, uma vez que foi mensurada a redução de impactos causada pela aplicação da AIA e do licenciamento ambiental, sendo fundamental realizar mais pesquisas com esse enfoque. Com base nesses resultados, é possível confirmar que o licenciamento e a AIA efetivamente reduzem e evitam impactos ambientais de conversão de área decorrentes de empreendimentos hidrelétricos, adicionando relevância à importância desses instrumentos para a garantia da qualidade ambiental. Com certeza inúmeros aspectos processuais e de qualidade dos estudos podem e precisam ser qualificados, mas não devem restar dúvidas de que afirmações como “o licenciamento não funciona” são infundadas.

Palavras-chave: efetividade substantiva, efetividade processual, hierarquia da mitigação

Abstract

Environmental permitting and Environmental Impact Assessment (EIA) are key instruments of environmental policy in most countries. However, they have been revised and simplified, supported by criticism and political pressure. Given this scenario, it is urgent to point out these instruments' value to guarantee life quality and biodiversity conservation. Most research on EIA effectiveness focuses on fulfilling process steps (procedural effectiveness), and rarely on contributing to impact reduction (substantive effectiveness). This study aims to estimate permitting and EIA influence in impacts avoidance and reduction, by evaluating permission denials for hydroelectric plants construction, and for what reasons; and by measuring the area that wasn't flooded due to denied projects. Data from a state system for permitting hydroelectric power plants, with different capacities and reservoir areas, were analyzed. Definitive rejections were observed in 67 projects, corresponding to 40% of the requests. Environmental agency authorized enterprises have a smaller reservoir surface than those built before environmental permitting process existence. Most rejections were administrative, but, in many cases were reversed and received licenses after appeals, though definitive rejections were determined by environmental integrated studies results at hydrographic basins scale. These tools should be applied in all basins with potential for energy generation, in order to identify places or rivers that should be kept dams free, as a conservation strategy. Impacts were avoided in 26% of the area potentially affected by reservoirs, as a result of projects denial. This study addressed substantive effectiveness, an understudied component, once impact reduction due to EIA and environmental permitting application was measured, more research about this theme is essential. Based on these results, it is possible to confirm that licensing and EIA effectively reduce and avoid environmental impacts of area conversion resulting from hydroelectric projects, adding relevance to the importance of these instruments for ensuring environmental quality. Certainly, numerous procedural and studies quality aspects can and need to be qualified, but there should be no doubt that statements such as "permitting doesn't work" are unfounded.

Key-words: substantive effectiveness, procedural effectiveness, mitigation hierarchy

Sumário

| | |
|---|-----------|
| <i>Introdução Geral</i> | 8 |
| <i>O licenciamento ambiental evita impactos de hidrelétricas?</i> | 15 |
| Resumo | 16 |
| 1. Introdução | 17 |
| 2. Métodos | 22 |
| 2.1. Sistema de estudo | 22 |
| 2.2. Obtenção e análise dos dados | 23 |
| 3. Resultados | 25 |
| 3.1. Perfil do sistema hidro energético no Rio Grande do Sul | 25 |
| 3.2. O evitamento de impactos pela negativa de projetos | 29 |
| 3.3. Relação entre a o porte do empreendimento (MW) e a probabilidade de ser indeferido | 33 |
| 3.4. Superfície que deixou de ser alagada pelos empreendimentos negados | 33 |
| 4. Discussão | 35 |
| 5. Conclusão | 41 |
| 6. Referências | 42 |
| <i>Considerações Finais</i> | 48 |
| <i>Material Suplementar</i> | 51 |
| <i>Referências</i> | 57 |

Introdução Geral

O Licenciamento Ambiental é um procedimento administrativo de avaliação de projetos que potencialmente causam impactos ambientais, em que um agente governamental analisa o projeto e seus impactos para decidir sobre a conveniência ou não de conceder a licença (CONAMA, 1997). No Brasil, o licenciamento e a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) são procedimentos vinculados, sendo conduzidos por órgãos municipais, estaduais e federais de meio ambiente (SÁNCHEZ, 2020b, p. 62). Configuram-se como importantes políticas ambientais de prevenção, cujas aplicações continuam durante todo o tempo de vida do projeto. É na etapa inicial, de avaliação da viabilidade do empreendimento que, atestada a viabilidade, são delineadas as medidas mitigadoras a serem implementadas, as ações a serem executadas, seu cronograma, os atores envolvidos, bem como são estabelecidos os indicadores para medir o sucesso das atividades (SÁNCHEZ, 2020a, p. 72).

A aplicação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), inerente ao licenciamento ambiental, é exigida por centenas de países ou por instituições e agências de desenvolvimento, como instituições financeiras e outros órgãos de fomento. Praticamente todos os países membros das Nações Unidas possuem legislações nacionais ou estão sujeitos a alguma forma de exigência internacional relacionada ao uso de AIA (MORGAN, 2012), tornando-se a ferramenta de política ambiental mais difundida globalmente (FONSECA; SÁNCHEZ; RIBEIRO, 2017). No Brasil, a avaliação de impactos ambientais e o licenciamento ambiental foram oficialmente instituídos no ano de 1981 como instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente (BRASIL, 1981).

Em vários países, esses procedimentos estão sendo revisados, sustentados por interesses de aumento de eficiência e simplificação dos processos de aprovação para os empreendedores (POPE *et al.*, 2013). Particularmente no Brasil, há um esforço por parte dos setores econômicos e políticos em propor significativas alterações ao sistema existente de licenciamento ambiental, com o intuito de fragilizar ou até mesmo virtualmente eliminá-lo como pré-requisito para a implantação de empreendimentos (FEARNSIDE, 2016; FONSECA; SÁNCHEZ; RIBEIRO, 2017). Diante deste cenário, torna-se urgente avaliar a importância destes instrumentos para a garantia da qualidade de vida e conservação da biodiversidade, bem como estruturar e promover mecanismos de monitoramento que avaliem a real implantação das medidas propostas e estimativa dos seus benefícios.

A AIA pode ser estudada sob o ponto de vista da qualidade - preocupações com a adequação das abordagens adotadas na execução do estudo, e da efetividade - implicações

diretas e indiretas dos procedimentos adotados no estudo para a tomada de decisão (LAWRENCE, 1997). Existem várias avaliações de efetividade da implantação deste instrumento, porém, geralmente, são essencialmente focadas na avaliação do processo, ou seja, no cumprimento da execução das etapas que compõem o licenciamento e sua contribuição para a tomada de decisão (p. ex. as fases de triagem, definição do escopo dos estudos, o estudo propriamente dito, os relatórios e acompanhamento pelos técnicos dos órgãos ambientais) (CHANCHITPRICHA; BOND, 2013; LOOMIS; DZIEDZIC, 2018; POPE *et al.*, 2018). Estudos que medem se e como a AIA leva à redução de impactos ambientais; estudos empíricos que mensurem a influência direta da AIA na tomada de decisão; estudos que tentem medir a relação custo-efetividade da AIA; assim como estudos focados em esferas infranacionais, dado que a maioria das AIA são implementadas por autoridades infra nação são lacunas persistentes na pesquisa (LOOMIS; DZIEDZIC, 2018). Desconhecemos estudos que tenham revisado e estimado a efetividade da avaliação de impactos e do licenciamento ambiental para o seu fim último que é a mitigação dos impactos negativos e a maximização de eventuais ganhos.

A efetividade da avaliação de impactos ambientais pode ser avaliada em múltiplas dimensões ou categorias: processual, que se concentra na estrutura do processo e do sistema e nas etapas a serem cumpridas; substantiva, que examina os efeitos da avaliação de impactos na tomada de decisão e no ambiente; transativa, que se relaciona com custos financeiros e temporais; e, por último, normativa, definida como a contribuição para objetivos políticos mais amplos como desenvolvimento sustentável e participação democrática (LOOMIS; DZIEDZIC, 2018; POPE *et al.*, 2018) (Figura 1). A efetividade substantiva pode ainda ser considerada quanto a seus resultados diretos e indiretos. Diretos quando há correlação ou influência na tomada de decisão, por exemplo, se novas alternativas foram identificadas e se medidas de mitigação foram incorporadas, tendo efeito mitigador sobre os impactos no ambiente. Indiretos ou incrementais, quando há mudanças mais amplas e em todo o sistema que resultem em proteção ambiental (POPE *et al.*, 2018). A efetividade substantiva depende de vários fatores, como estruturas regulatórias na implementação da avaliação de impacto no processo de tomada de decisão, mecanismos no contexto da tomada de decisão, a disponibilidade de partes interessadas e de participação pública e a qualidade e precisão do relatório de avaliação de impacto (CHANCHITPRICHA; BOND, 2013).

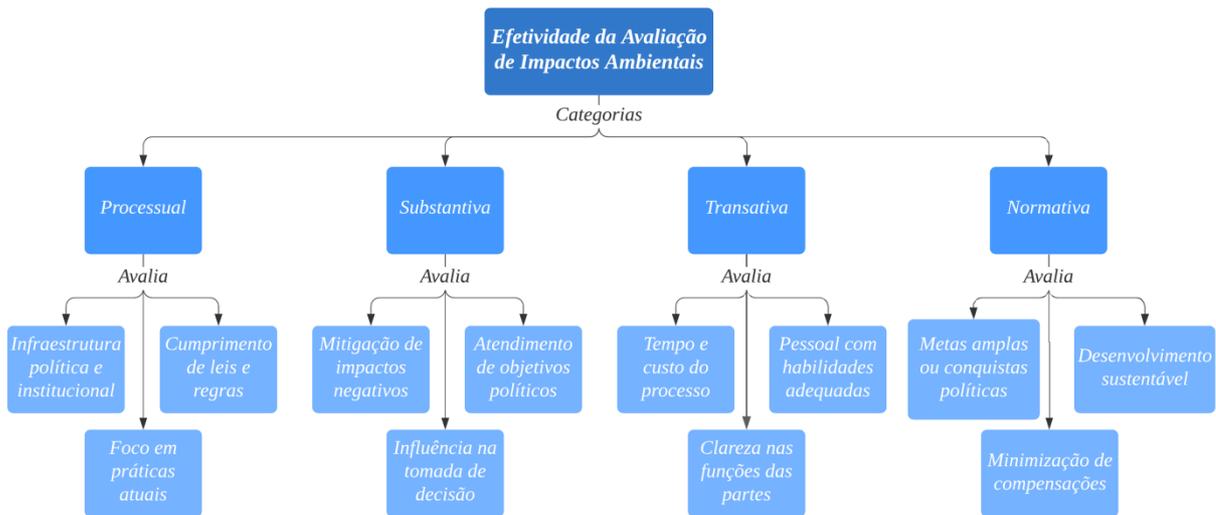


Figura 1: Mapa conceitual sobre a efetividade da Avaliação de Impactos Ambientais (com base em LOOMIS; DZIEDZIC, 2018; POPE *et al.*, 2018)

Uma abordagem que ordena e organiza as diferentes categorias de ações para reduzir os impactos é a hierarquia de mitigação (CEQ, 2000), que classifica as medidas em quatro intervenções sequenciais: evitar, minimizar, recuperar e compensar os impactos negativos (JACOB; PIOCH; THORIN, 2016; LARSEN; KØRNØV; CHRISTENSEN, 2018). A adesão à hierarquia da mitigação vem sendo reconhecida internacionalmente como uma ferramenta importante para reduzir os impactos negativos de diferentes projetos (SAHLEY *et al.*, 2017). Seguindo essa perspectiva, primeiramente as medidas de prevenção são tomadas para evitar impactos desde o planejamento, no início de um projeto. Depois a minimização, que inclui medidas tomadas para reduzir a duração, intensidade e/ou extensão dos impactos que não podem ser evitados. Seguidas pelas medidas de recuperação, aquelas tomadas para recompor ecossistemas impactados após a exposição a impactos não evitados ou minimizados. Por fim, as compensações, como último recurso, são medidas de contrapartida voltadas a eliminar quaisquer impactos residuais e significativos que não possam ser evitados, minimizados e/ou recuperados, a fim de se neutralizar perdas (“*no net loss*”) ou mesmo promover ganho líquido (“*net gain*”) para a conservação da biodiversidade (SAHLEY *et al.*, 2017).

O evitamento é a primeira e mais importante etapa da hierarquia da mitigação e exige que impactos sejam antecipados e eliminados antes que sejam tomadas decisões que levem a tais impactos (PHALAN *et al.*, 2018). Existem preocupações de que o evitamento de impactos seja frequentemente ignorado, mal compreendido e mal aplicado (VILLARROYA; BARROS; KIESECKER, 2014). Medidas de evitamento podem tanto ser aplicadas

individualmente em projetos específicos, quanto no sistema de licenciamento. Em projetos específicos, o evitamento pode ser alcançado quando as alternativas são totalmente consideradas antes e durante a avaliação de impacto, como identificação de alternativas tecnológicas, locais e temporais, incluindo até o cancelamento do projeto (PHALAN *et al.*, 2018).

Hidrelétricas são empreendimentos difundidos em todo o mundo, que causam impactos ambientais tanto durante sua construção quanto seu funcionamento. Tais impactos decorrem principalmente de ações transformadoras do ambiente realizadas durante as obras para a implantação de estruturas construtivas. O desenho dos projetos varia conforme especificidades dos locais em que serão implantados e de como a água será conduzida até as turbinas para geração da energia. Contudo, há estruturas que quase sempre estão presentes nesses empreendimentos, como barragens no curso d'água, reservatórios de água, túneis ou canais escavados para condução da água até as turbinas, trechos do rio com vazão reduzida, canais para escoamento da água após as turbinas. Os impactos ambientais dependem das especificidades dos projetos, porém são causados principalmente pela necessidade intrínseca desse tipo de projeto de barrar um curso d'água para acumular água a ser utilizada para a geração de energia. Os reservatórios causam impactos sobre ambientes terrestres e aquáticos, alagam áreas terrestres ocupadas geralmente por florestas ciliares, alteram o regime do fluxo da água, criando lagos profundos (lênticos) em locais que eram rios rasos com corredeiras (lóticos) (JONES; BULL, 2020). O alagamento de ambientes terrestres causa impactos sobre a flora e a fauna, decorrentes principalmente da perda de habitat causada pela supressão de florestas.

Medidas mitigadoras podem ser adotadas para evitar, minimizar, recuperar e compensar impactos negativos de hidrelétricas (Figura 2). Medidas para evitar impactos são geralmente relacionadas com a escolha de alternativas locais, tecnológicas ou temporais para prevenir impactos, como, por exemplo, estabelecer o canteiro de obras em locais já degradados para evitar o corte de vegetação florestal; bem como o cancelamento de projetos e a repotenciação de usinas antigas. Para minimizar impactos são adotadas medidas que alterem o projeto para reduzir a intensidade de impactos que não puderam ser evitados, como, por exemplo, diminuir a altura do barramento para reduzir o alagamento de ambientes terrestres, ou ainda adotar outras tecnologias como turbinas mais eficientes que não exijam tanta acumulação de água. As medidas de recuperação visam recompor os ambientes que foram degradados durante as obras, impactos que não puderam ser evitados nem minimizados,

como, por exemplo, a recuperação das áreas utilizadas para canteiro de obras. Por fim, as medidas de compensação visam à neutralização de impactos negativos que não puderam ser evitados, minimizados ou recuperados, como, por exemplo, a destinação de área conservada equivalente (em quantidade e qualidade) ao que foi suprimido pelo alague e pelas demais estruturas implantadas (JONES; BULL, 2020).

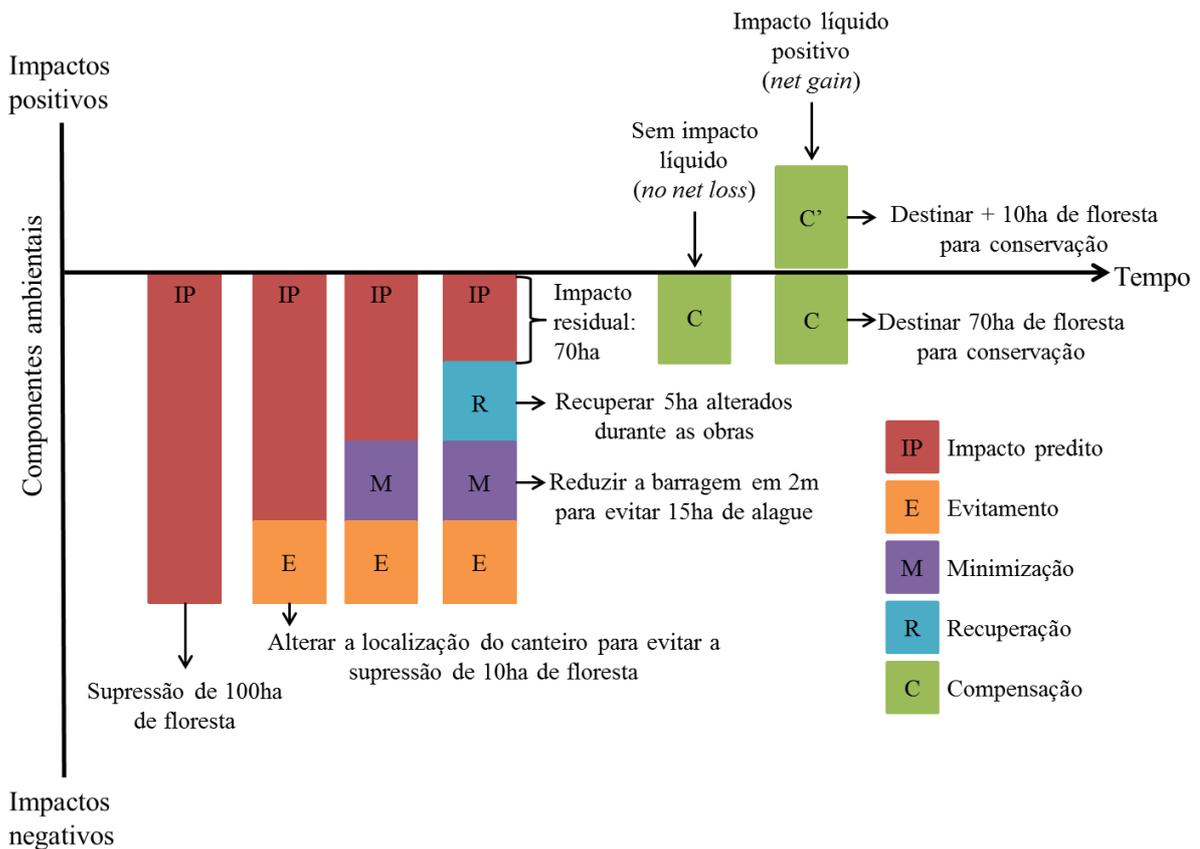


Figura 2: Etapas da hierarquia da mitigação e exemplo hipotético do impacto de supressão de vegetação florestal, com a repercussão de medidas mitigadoras de evitamento, minimização, recuperação e compensação.

Por que escolhi avaliar a efetividade do licenciamento em hidrelétricas?

Eu tenho interesse pelo licenciamento ambiental desde que, na graduação, resolvi sair da iniciação científica e adentrar “no mundo real” dos desafios ambientais, em 2009. Iniciei um estágio no Complexo Eólico de Osório, primeiro parque eólico instalado no Rio Grande do Sul. Neste estágio tive contato com o licenciamento ambiental pela primeira vez, auxiliando os biólogos responsáveis pelo monitoramento a avaliar a mortalidade de aves e morcegos no parque. Eu literalmente catava carniça no entorno dos aerogeradores.

Após minha formatura, permaneci trabalhando com licenciamento ambiental. Fui a bióloga responsável em uma empresa que licenciava pequenas minerações de extração de rochas ornamentais, brita e saibro. Eu tinha a responsabilidade de elaborar os estudos a serem protocolados nos órgãos ambientais e vivenciava o dia-a-dia dos processos de licenciamento. Em todo o tempo que trabalhei nessa empresa, três anos, vi apenas uma licença ser emitida pela FEPAM (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz Roessler), órgão ambiental responsável pelo licenciamento no Rio Grande do Sul. Vivi naquela época a angústia dos consultores que esperavam uma eternidade para ver seu processo analisado e ouvia as críticas do setor econômico ao licenciamento. Contudo, sempre utilizei a possível fiscalização do órgão ambiental como uma estratégia para fazer os empreendedores cumprirem os ritos e condicionantes das licenças.

Minha realidade mudou quando passei no concurso para a FEPAM e iniciei meu trabalho como Analista Ambiental, em 2016. Mudei de lado no balcão do licenciamento e passei a analisar os pedidos de licença dos empreendimentos. Fui designada para o setor que licencia energia, na equipe das hidrelétricas. Desde o início, passado o medo da responsabilidade, pensei que meu papel na FEPAM não é apenas licenciar, mas também promover o licenciamento como uma ferramenta para a mitigação dos impactos e para a conservação.

Nesta posição de analista de órgão ambiental, percebi mais intensamente as críticas ao sistema, oriundas de múltiplos setores envolvidos, como (i) dos empreendedores para os quais tudo demora, o licenciamento não interfere em nada e só atrapalha o desenvolvimento; e (ii) dos ambientalistas, que acreditam que a aprovação dos projetos já está de antemão politicamente decidida, que não protege o ambiente, que nenhum projeto é negado. Essas críticas difundidas na opinião pública estimularam minha curiosidade em buscar uma resposta a uma pergunta geral: o licenciamento ambiental funciona como instrumento de proteção ambiental?

A partir desta pergunta mais ampla, e em conjunto com a carga das frases que sintetizam as críticas anteriormente enumeradas, despertou-me uma curiosidade em buscar respostas a um conjunto de perguntas mais específicas a serem respondidas no artigo que compõe esta dissertação, como: (i) qual a proporção de empreendimentos negados?; (ii) quais as razões para essas negativas?; e (iii) quanta área deixou de ser impactada com essas negativas?

No artigo a seguir, buscamos essas repostas explorando as hidrelétricas como tipologia a ser analisada, principalmente, pela grande participação desse tipo de geração na matriz energética brasileira (61.74%; ANEEL, 2020a) e mundial (LEHNER; CZISCH; VASSOLO, 2005), pela relevância das pesquisas existentes (DUARTE; DIBO; SÁNCHEZ, 2017) e pelo conhecimento estabelecido na literatura sobre os impactos causados por esse tipo de empreendimento (TRUSSART *et al.*, 2002). Também consideramos questões pessoais na escolha, como esse ser o tipo de empreendimento que eu trabalho diretamente, bem como para aproveitar a experiência acumulada por mim com esse assunto e facilidade de acesso à documentação.

Artigo

O licenciamento ambiental evita impactos de hidrelétricas?

Este artigo será submetido para a revista *Environmental Impact Assessment Review*. Sua estruturação segue as normas para submissão para a revista, incluindo a inserção de figuras, tabelas e legendas no corpo do texto.

1 **Resumo**

2 O licenciamento ambiental e a Avaliação de Impactos Ambientais (AIA) são
3 instrumentos importantes da política ambiental na maioria dos países, contudo, vêm sendo
4 alvo de revisões e simplificações, sustentadas por críticas e pressões políticas. Avaliações de
5 efetividade desses instrumentos são excessivamente focadas no cumprimento de etapas do
6 processo e raramente quantificam sua contribuição para a redução de impactos negativos de
7 projetos. Objetivamos estimar a influência desses instrumentos no evitamento e na redução de
8 impactos, por meio da avaliação da frequência em que ocorre o indeferimento da permissão
9 para construção de hidrelétricas, e quais as razões para esse desfecho; bem como da aferição
10 da área que deixou de ser alagada pelos projetos negados. Analisamos dados de um sistema
11 infranacional de licenciamento de hidrelétricas, com variadas potências e áreas de
12 reservatório. Observamos que foram negados 67 projetos, correspondendo a 40% dos
13 requerimentos, e que as hidrelétricas autorizadas pelo órgão ambiental têm menor reservatório
14 do que os empreendimentos que foram construídos antes da existência do licenciamento. Os
15 indeferimentos definitivos foram determinados pelos resultados de estudos ambientais
16 integrados na escala de bacias hidrográficas, ferramentas que deveriam ser aplicadas em todas
17 as bacias com potencial para geração de energia, a fim de identificar locais ou rios que devem
18 ser mantidos livres de barramentos, como estratégia de conservação. Foram evitados impactos
19 em 26% da área potencialmente afetada pelos reservatórios, a partir da negativa de projetos.
20 Com base nesses resultados, é possível confirmar que o licenciamento e a AIA efetivamente
21 reduzem e evitam impactos ambientais de conversão de área decorrentes de empreendimentos
22 hidrelétricos, adicionando relevância à importância desses instrumentos para a garantia da
23 qualidade ambiental.

24 **Palavras-chave:** efetividade substantiva, efetividade processual, hierarquia da mitigação

25

26 **Abstract**

27 Environmental permitting and Environmental Impact Assessment (EIA) are key
28 instruments of environmental policy in most countries; however, they have been revised and
29 simplified, supported by criticism and political pressure. EIA effectiveness evaluations are
30 excessively focused on process steps fulfillment and rarely quantify their contribution to
31 negative impacts reduction on projects. We aim to estimate these instruments influence on
32 impacts avoidance and reduction, by evaluating the frequency of permission denials for

33 hydroelectric plants construction, and for what reasons; as well as by measuring the area that
34 wasn't flooded due to denied projects. We analyzed data from an infra-national hydroelectric
35 power plant permitting system, with different capacities and reservoir areas. We note that 67
36 projects were refused, corresponding to 40% of the requests, and that hydroelectric plants
37 authorized by the environmental agency have a smaller reservoir than the projects that were
38 built before permitting came into existence. Definitive rejections were determined by
39 environmental integrated studies results at hydrographic basins scale. These tools should be
40 applied in all basins with potential for energy generation, in order to identify places or rivers
41 that should be kept dam free, as a conservation strategy. Impacts were avoided in 26% of the
42 area potentially affected by reservoirs, as a result of projects denial. Based on these results, it
43 is possible to confirm that permitting and EIA effectively reduce and avoid environmental
44 impacts of area conversion resulting from hydroelectric projects, adding relevance to the
45 importance of these instruments for ensuring environmental quality.

46 **Key-words:** substantive effectiveness, procedural effectiveness, mitigation hierarchy

47

48 1. Introdução

49 O licenciamento ambiental é um procedimento para aprovação de projetos que,
50 aplicado em conjunto com a avaliação de impactos ambientais, desempenha um papel central
51 nas políticas de prevenção e controle dos impactos ambientais (Villarroya et al., 2014). Esses
52 processos estabelecem limites para os danos potenciais a terras protegidas,
53 às espécies ameaçadas ou às pessoas que vivem nas proximidades (Ulibarri et al., 2017),
54 sendo que a avaliação de impactos ambientais é a ferramenta de política ambiental mais
55 difundida globalmente (Morgan, 2012).

56 Há muito se discute que os processos de licenciamento são ineficientes, sendo alvo
57 de inúmeras críticas que incluem argumentos como a demora na emissão das licenças
58 (Ulibarri et al., 2017), que é muito rígido ou muito permissivo (Hochstetler, 2018), o excesso
59 de requerimentos processuais, bem como a suscetibilidade a pressões políticas e econômicas
60 que diminuem a qualidade dos estudos (Malvestio e Montañó, 2013). O processo enfrenta
61 ameaças sérias a sua existência por parte de governos e outros setores para quem a avaliação
62 de impacto nada mais é do que um obstáculo regulatório caro e demorado (Pope et al., 2013).
63 Os procedimentos estão sendo revisados em vários países, sustentados por interesses de
64 aumento de eficiência e simplificação de processos de aprovação para os empreendedores

65 (Pope et al., 2013). Particularmente no Brasil, há um esforço por parte dos setores econômicos
66 e políticos em propor significativas alterações ao sistema existente de licenciamento
67 ambiental, com o intuito de fragilizar ou até mesmo virtualmente eliminá-lo como pré-
68 requisito para a implantação de empreendimentos (Fearnside, 2016; Fonseca et al., 2017).
69 Diante deste cenário, torna-se urgente averiguar a importância e a efetividade do
70 licenciamento e da avaliação de impactos ambientais para a manutenção da qualidade
71 ambiental e a conservação da biodiversidade, bem como fornecer subsídios para fortalecer
72 esses procedimentos e promover mecanismos de monitoramento que avaliem o real efeito das
73 medidas mitigadoras implantadas.

74 Em resposta a essas críticas, a efetividade da avaliação de impactos ambientais é um
75 tópico recorrente de interesse e de pesquisa. A efetividade pode ser avaliada em múltiplas
76 dimensões ou categorias: processual, que se concentra na estrutura do processo e do sistema e
77 nas etapas a serem cumpridas; substantiva, que examina os efeitos da avaliação de impactos
78 na tomada de decisão e no ambiente; transativa, que se relaciona com custos financeiros e
79 temporais; e, por último, normativa, definida como a contribuição para objetivos políticos
80 mais amplos como desenvolvimento sustentável e participação democrática (Loomis e
81 Dziedzic, 2018; Pope et al., 2018). A efetividade substantiva pode ainda ser considerada
82 quanto a seus resultados diretos e indiretos. Diretos quando há correlação ou influência na
83 tomada de decisão, por exemplo, se novas alternativas foram identificadas e se medidas de
84 mitigação foram incorporadas, tendo efeito mitigador sobre os impactos no ambiente.
85 Indiretos ou incrementais, quando há mudanças mais amplas e em todo o sistema que
86 resultem em proteção ambiental (Pope et al., 2018). A efetividade substantiva depende de
87 fatores como estruturas regulatórias na implementação da avaliação de impacto no processo
88 de tomada de decisão, mecanismos no contexto da tomada de decisão, a disponibilidade de
89 partes interessadas e de participação pública e a qualidade e precisão do relatório de avaliação
90 de impacto (Chanchitpricha e Bond, 2013).

91 A maioria das pesquisas sobre impacto ambiental avalia a efetividade processual,
92 como a execução das etapas que compõem o processo do licenciamento (p. ex. triagem,
93 definição do escopo dos estudos, o estudo propriamente dito, relatórios e acompanhamento) e
94 a qualidade da execução dos estudos (Loomis e Dziedzic, 2018; Pope et al., 2018). Loomis e
95 Dziedzic (2018) estabelecem como lacunas persistentes na pesquisa os estudos que medem se
96 e como a avaliação de impactos leva à redução de impactos ambientais; estudos empíricos que
97 mensurem a influência direta da avaliação de impactos na tomada de decisão; assim como

98 estudos focados em esferas subnacionais, dado que a maioria das avaliações de impacto são
99 implementadas por autoridades infra nação. Desconhecemos estudos que tenham revisado e
100 estimado a efetividade do licenciamento ambiental, para o seu fim último que é a mitigação
101 dos impactos negativos.

102 Uma abordagem que organiza e ordena as diferentes categorias de medidas para
103 reduzir os impactos é a hierarquia de mitigação (CEQ, 2000), que classifica as medidas
104 mitigadoras em quatro intervenções sequenciais: evitar, minimizar, recuperar e compensar os
105 impactos negativos (Jacob et al., 2016; Larsen et al., 2018). A hierarquia da mitigação vem
106 sendo reconhecida como uma ferramenta importante para reduzir os impactos negativos
107 residuais de projetos, orientar esforços de recuperação e facilitar o planejamento de
108 compensação (Sahley et al., 2017). Segundo essa perspectiva, primeiramente são tomadas
109 medidas de prevenção para evitar impactos. Depois a minimização, que inclui medidas para
110 reduzir a duração, intensidade e/ou extensão dos impactos que não podem ser evitados.
111 Seguidas pelas medidas de recuperação, que são tomadas para restaurar ecossistemas
112 impactados após a exposição a impactos não evitados ou minimizados. Por fim as
113 compensações, como último recurso, são adotadas para compensar impactos residuais que não
114 possam ser evitados, minimizados e/ou restaurados (Sahley et al., 2017).

115 O evitamento é a primeira e mais importante etapa da hierarquia da mitigação e exige
116 que impactos sejam antecipados e eliminados antes que sejam tomadas decisões que levem a
117 tais impactos (Phalan et al., 2018). Existem preocupações de que o evitamento de impactos
118 seja frequentemente ignorado, mal compreendido e mal aplicado (Villarroya et al., 2014).
119 Medidas de evitamento podem tanto ser aplicadas individualmente em projetos específicos,
120 quanto no sistema de licenciamento. O sistema pode favorecer o evitamento de impactos
121 quando há leis e regras que determinem que os benefícios sociais de um projeto superem os
122 custos ambientais, que sejam atingidos objetivos de nenhuma perda líquida (*no net loss*) ou de
123 ganho em biodiversidade (*net gain*), que definam áreas e espécies protegidas (Phalan et al.,
124 2018), o que pode contribuir para o não licenciamento de alguns projetos e o evitamento em
125 sua versão mais extrema. Em projetos específicos, o evitamento pode ser alcançado quando as
126 alternativas são totalmente consideradas antes e durante a avaliação de impacto, como
127 identificação de alternativas tecnológicas, locacionais e temporais, incluindo até o
128 cancelamento do projeto (Phalan et al., 2018). A consideração de outros tipos de tecnologias
129 pode evitar impactos, como a discussão entre geração de energia a partir de fontes hídrica,
130 eólica ou solar. Medidas de evitamento podem ter relação com a alteração de localização de

131 projetos para evitar intervenções em habitat sensíveis (Sahley et al., 2017), ou ainda, em
132 locais cujos riscos são muito altos e provavelmente os esforços de mitigação não alcançariam
133 o objetivo de nenhuma perda líquida em biodiversidade ou em serviços ecossistêmicos (Tallis
134 et al., 2015). Alterações nos cronogramas de implantação também podem evitar impactos,
135 principalmente, evitando intervenções em períodos com presença de espécies migratórias ou
136 de reprodução de espécies protegidas. Por fim, o evitamento mais extremo seria a negativa do
137 projeto, que pode ser decidida caso os impactos ambientais do projeto sejam inaceitáveis, ou
138 ainda, se não foram cumpridos os ritos e regramentos estabelecidos pela legislação.

139 Um instrumento normativo complementar, que pode favorecer um padrão mais
140 sustentável de desenvolvimento, é a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE). A AAE vem
141 sendo difundida globalmente para identificar e avaliar potenciais impactos de políticas, planos
142 e programas e, por considerar questões ambientais e de sustentabilidade nas etapas iniciais de
143 planejamento, pode influenciar escolhas de alternativas de desenvolvimento e decisões
144 estratégicas (Fundingsland Tetlow e Hanusch, 2012). Enquanto a avaliação de impactos
145 ambientais de projetos individuais pode focar mais em reduzir impactos negativos de cada
146 projeto, a aplicação da AAE pode influenciar decisões estratégicas a partir da consideração de
147 efeitos cumulativos e em grande escala (Fundingsland Tetlow e Hanusch, 2012). No Brasil, a
148 AAE não é obrigatória, tampouco regulamentada, e costuma ser solicitada por grupos
149 investidores e agências de financiamento, assim como agências ambientais preocupadas com
150 limitações da avaliação isolada de projetos (Malvestio e Montaña, 2013). A Avaliação
151 Ambiental Integrada (AAI) e os Estudos Integrados de Bacia Hidrográfica foram criados
152 como tentativas de implantar a AAE na fase de planejamento de empreendimentos
153 energéticos (Andrade e Dos Santos, 2015). A AAI objetiva identificar potenciais conflitos
154 ambientais, minimizar restrições ao licenciamento ambiental de projetos, avaliar os efeitos
155 cumulativos e sinérgicos sobre os recursos naturais, biodiversidade, população humana e uso
156 futuro dos recursos hídricos (Malvestio e Montaña, 2013). Ainda, a AAI considera questões
157 mais relacionadas com as interferências causadas pelos reservatórios, podendo contribuir para
158 a seleção de alternativas que maximizem a geração de energia e reduzam impactos ambientais
159 negativos, por meio da análise de todas as hidrelétricas projetadas na bacia (Fortes Westin et
160 al., 2014). Apesar de essas outras ferramentas terem similaridades com a AAE, apresentam
161 mais características de avaliações de impactos cumulativos do que estratégicas.

162 Nesse estudo avaliamos em que medida o licenciamento ambiental, no contexto de
163 um sistema infranacional, resulta na prevenção de impactos ambientais causados por

164 hidrelétricas. A partir da análise documental de todos os empreendimentos hidrelétricos
165 avaliados pelo órgão ambiental do estado mais sulino do Brasil, nosso objetivo foi identificar
166 com que frequência ocorre a forma mais extrema de evitamento de impactos ambientais, o
167 indeferimento da viabilidade ou permissão para instalação de um empreendimento, e quais as
168 razões para este desfecho. Especificamente, nós descrevemos o sistema de geração
169 hidrelétrica do estado do Rio Grande do Sul em termos de potência e área alagada; avaliamos
170 a efetividade do licenciamento ambiental em evitar impactos, por meio da proporção de
171 empreendimentos negados e por quais razões foram indeferidos; estimamos a probabilidade
172 de um empreendimento ser indeferido em função da potência e área do reservatório
173 planejados; e compilamos a área que deixou de ser alagada.

174 Esperávamos que a proporção de empreendimentos negados fosse pequena e, por
175 conseguinte, o impacto (perda de habitat) evitado fosse proporcionalmente pequeno, baseados
176 no senso comum, na percepção predominante entre ambientalistas, consultores, analistas
177 ambientais e nos poucos estudos que avaliaram a negativa de projetos como resultado do
178 licenciamento ambiental (p. ex. Fonseca e Gibson, 2021). Também esperávamos que as
179 razões para o indeferimento dos empreendimentos fossem predominantemente
180 administrativas, como falta de documentos ou de atendimento a requerimentos do órgão
181 ambiental. Logo, essas negativas seriam mais facilmente reversíveis e, portanto, temporárias,
182 explicando a esperada pouca frequência de empreendimentos negados em definitivo.
183 Finalmente, esperávamos que quanto maior o empreendimento (potência instalada) menor a
184 chance de ele ser negado, pelo seu potencial impacto econômico e, portanto, pressão política
185 para a sua implantação.

186 Escolhemos utilizar as hidrelétricas como contexto para explorar a efetividade do
187 licenciamento ambiental em evitar impactos porque são empreendimentos predominantes
188 como fonte geradora de eletricidade nos países tropicais e mais ricos em biodiversidade
189 (Lehner et al., 2005), muito estudados (Duarte et al., 2017) e com potenciais impactos
190 ambientais bem conhecidos (Trussart et al., 2002). Sobre o meio terrestre, o principal impacto
191 direto é a alteração de ambientes para a realização das obras e, principalmente, pela formação
192 do reservatório (Andrade e Dos Santos, 2015). Sobre o meio aquático, destaca-se a alteração
193 de regime hídrico do rio tanto no reservatório quanto no trecho de vazão reduzida, bem como
194 a fragmentação do rio e da bacia hidrográfica pelo efeito de barreira causado pela barragem,
195 impedindo fluxo de nutrientes e espécies aquáticas (Anderson et al., 2015). Mesmo as
196 unidades geradoras de pequena potência podem introduzir mudanças ambientais significativa

197 nos rios, alterando o regime de fluxo de água e produzindo mudanças na área circundante a
198 partir da construção da usina hidrelétrica e outros elementos de infraestrutura (estradas, dutos,
199 aterros, minas, etc.) (Erikstad et al., 2020; Lillesund et al., 2017).

200

201 **2. Métodos**

202 *2.1. Sistema de estudo*

203 No Brasil, o licenciamento ambiental foi oficialmente instituído no ano de 1981
204 como um dos instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente, em conjunto com a
205 avaliação de impactos ambientais (BRASIL, 1981). Sua implantação foi iniciada a partir da
206 Resolução nº 001/1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1986). O
207 processo, na sua forma mais completa, compreende três etapas subsequentes, em que os
208 projetos precisam obter uma licença de viabilidade (Licença Prévia - LP), uma licença
209 autorizando a construção (Licença de Instalação - LI) e, por fim, uma Licença de Operação
210 (LO), que necessita de periódicas renovações (Fonseca et al., 2017).

211 O sistema é descentralizado, realizado por apenas um ente federativo (federal,
212 estadual ou municipal) (Fonseca et al., 2017). A agência federal é responsável pelo
213 licenciamento de hidrelétricas de grande porte (>300MW) e transfronteiriças (entre dois ou
214 mais estados ou países) (BRASIL, 2011). O restante é licenciado pelos estados, cujos
215 requisitos para a avaliação de impacto são extremamente diversos e estão em contínua
216 transformação (Fonseca e Gibson, 2021). O licenciamento estadual no Rio Grande do Sul é
217 realizado pelo órgão ambiental (Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luiz
218 Roessler - FEPAM), seguindo os mesmos critérios estabelecidos pela legislação nacional. As
219 hidrelétricas são licenciadas a partir da aplicação da AIA, com a realização de estudos que
220 embasam a tomada de decisão pela aprovação ou não de cada projeto.

221 As hidrelétricas são categorizadas pela agência reguladora de energia elétrica no
222 Brasil, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), em Centrais Geradoras
223 Hidrelétricas (CGH), cuja potência instalada é menor ou igual a 5 megawatts (MW);
224 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) cuja potência é maior do que 5 MW e menor ou igual
225 a 30 MW; e Usinas Hidrelétricas (UHE), cuja potência é maior do que 30 MW (ANEEL,
226 2020).

227

228

229 2.2. *Obtenção e análise dos dados*

230 Nosso universo amostral foram as unidades geradoras de hidroeletricidade
231 integralmente ocorrentes no território do estado do Rio Grande do Sul e licenciadas pelo
232 órgão ambiental estadual. O Rio Grande do Sul é o estado mais sulino do Brasil, com uma
233 superfície de 281,707.15 km² e população de 11,422.973 habitantes (Rio Grande do Sul,
234 2021). Obtivemos acesso aos dados do inventário hidrelétrico do estado por meio da tabela de
235 atributos do arquivo de dados espaciais da ANEEL (disponível em
236 <https://sigel.aneel.gov.br/Down/>, acessado em 21/04/2020). Não foram incluídas, portanto,
237 UHE localizadas no limite do Rio Grande do Sul com o estado de Santa Catarina, as quais são
238 licenciadas pelo órgão ambiental nacional (IBAMA). Foram obtidos dados de potência, área
239 do reservatório e ano de início de operação (Figura MS1; Material Suplementar).

240 Obtivemos os dados de licenciamento desses empreendimentos a partir de dois
241 relatórios do banco de dados do órgão ambiental do estado do Rio Grande do Sul (FEPAM),
242 com informações de todos os processos de licenças ambientais para a atividade “Geração de
243 energia a partir de fonte hídrica”. O primeiro relatório continha todos os processos que
244 obtiveram licenças, enquanto o segundo relatório continha os dados de todos os
245 indeferimentos. Os primeiros registros do órgão datam de 1995, não existindo compilação de
246 dados anterior a essa data, apesar de existirem hidrelétricas construídas anteriormente.
247 Consideramos para as análises a data limite de 31 de dezembro de 2019. Os dados
248 correspondem, portanto, à totalidade dos processos sistematizados no banco de dados do
249 órgão ambiental até essa data. Esses relatórios apresentam dados organizados por processos
250 de requerimento das três licenças (LP, LI, LO), com dados de potência instalada, data de
251 publicação da licença e coordenadas geográficas dos empreendimentos. Separamos os
252 empreendimentos conforme a última licença emitida, contando apenas uma vez cada
253 empreendimento.

254 Para obter as áreas do reservatório, consultamos os documentos licenciatórios de
255 todos os empreendimentos, tanto licenciados quanto indeferidos, disponíveis na página
256 eletrônica do órgão ambiental (<http://www.fepam.rs.gov.br/licenciamento/Area1/default.asp>).
257 A consulta foi realizada pelos números dos processos de licenciamento, disponíveis nos
258 relatórios obtidos. Para os empreendimentos cuja licença não continha a área de alague, foi
259 consultado o arquivo de dados espaciais do inventário hidrelétrico da ANEEL.

260 Comparamos os nomes dos empreendimentos entre os atributos do arquivo espacial
261 da ANEEL e o banco de dados do órgão ambiental estadual para verificar quais

262 empreendimentos haviam sido licenciados. Consideramos como licenciados aqueles
263 empreendimentos que passaram pelo processo de licenciamento, desde o princípio, portanto,
264 aqueles que obtiveram as LP e LI como primeiras licenças. Como regularizados,
265 consideramos os empreendimentos que obtiveram a LO como primeira licença e, portanto,
266 não passaram por todas as etapas do licenciamento ambiental. Essa abordagem resulta do fato
267 de que todos os empreendimentos em operação implantados antes da adoção do licenciamento
268 ambiental precisaram ser regularizados ambientalmente, o que acontece pela emissão da
269 Licença de Operação, após o atendimento de algumas condicionantes.

270 Para verificar se as áreas do reservatório diferem entre as categorias de potência e de
271 status de licenciamento (licenciado ou regularizado), fizemos uma análise de variância
272 (ANOVA) de dois fatores com interação, por meio do ajuste de modelo linear simples,
273 utilizando a plataforma R (R Core Team, 2019), versão 3.5.2.

274 Como indicador primário para avaliar a efetividade do licenciamento ambiental em
275 evitar impactos, utilizamos a proporção de empreendimentos que passaram pelo processo de
276 licenciamento e que foram indeferidos pelo órgão ambiental (não obtiveram a Licença Prévia
277 ou de Instalação). Decidimos considerar empreendimentos autorizados os que receberam
278 licenças de instalação, uma vez que esta resulta na autorização para o início das obras de
279 implantação, o que remete ao início dos impactos ambientais de responsabilidade direta do
280 empreendedor na área. Consideramos como empreendimentos negados os que receberam
281 indeferimentos nas fases iniciais do licenciamento (LP e LI) e que não foram revertidos após
282 os recursos administrativos, ou seja, que permaneceram indeferidos. Todos os indeferimentos
283 são passíveis de recurso administrativo, em que o empreendedor apresenta defesa aos motivos
284 pelos quais o requerimento foi negado. Após os recursos, há decisão administrativa pela
285 manutenção do indeferimento, ou por sua revogação, com o prosseguimento da análise
286 ambiental ou a emissão da licença ambiental requerida. Em 08 de maio de 2020 acessamos o
287 relatório de empreendimentos que tiveram indeferimentos revertidos no banco de dados do
288 órgão ambiental, confirmando a partir de nome do empreendimento e coordenada do
289 barramento se houve ou não reversão de algum indeferimento anteriormente computado. Os
290 empreendimentos que receberam algum indeferimento e depois dos recursos foram
291 licenciados foram contabilizados como autorizados quando receberam a LI.

292 Para avaliar por quais razões os empreendimentos foram indeferidos, acessamos os
293 pareceres publicados no portal do órgão ambiental e agrupamos os motivos em três
294 categorias: administrativa, avaliação integrada de bacia e inviabilidade socioambiental do

295 projeto. Consideramos como administrativos os indeferimentos que têm como motivo
296 primário alguma não conformidade, como o não atendimento de prazos de submissão de
297 ofícios, o não cumprimento da licença anterior, a falta de anuência de outros órgãos, entre
298 outros aspectos relacionados com a entrega de documentos e estudos. Visto que as Avaliações
299 Ambientais Integradas de Bacia podem ser uma forma de aplicação da Avaliação Ambiental
300 Estratégica no contexto da geração hidroelétrica no Brasil (Malvestio e Montaña, 2013), elas
301 também podem resultar em indeferimentos. Isso ocorre em decorrência do reconhecimento de
302 fragilidades ambientais realizados em escala de bacia hidrográfica, que determinam zonas,
303 rios ou bacias hidrográficas em que não devem ser instalados empreendimentos hidrelétricos
304 por uma estratégia regional de manutenção da qualidade ambiental (Becker et al., 2017;
305 Fortes Westin et al., 2014). Categorizamos como indeferimentos decorrentes de inviabilidade
306 socioambiental do projeto os casos em que a decisão foi baseada nos estudos do próprio
307 projeto, em virtude de riscos para espécies ameaçadas ou endêmicas, proteção de processos
308 migratórios de peixes, áreas protegidas, supressão de vegetação muito abrangente, usos
309 turísticos nas áreas dos projetos, entre outros aspectos relacionados com impactos ambientais
310 ou sociais locais.

311 Ajustamos uma curva logística para avaliar em que medida o indeferimento de um
312 empreendimento está associado à potência instalada ou à área do reservatório. Transformamos
313 a variável área de alagado (logaritmo base 10), devido à grande variação (entre 0,03 e 25.000
314 hectares alagados). Utilizamos a plataforma R (R Core Team, 2019) para o ajuste da curva
315 logística e para a construção dos gráficos o pacote *ggplot2* (Wickham et al., 2016).

316 Para estimar quanta área deixou de ser impactada em termos de hectares alagados,
317 somamos todas as áreas dos reservatórios dos empreendimentos negados, ou seja, aqueles que
318 não foram revertidos após os recursos, e comparamos com as áreas de reservatório dos
319 empreendimentos autorizados.

320

321 **3. Resultados**

322 *3.1. Perfil do sistema hidro energético no Rio Grande do Sul*

323 Até dezembro de 2019, 110 hidrelétricas encontravam-se em operação no estado,
324 totalizando 2476.06 MW de potência instalada e 57322.72 hectares de área de reservatório
325 (Tabela 1). Do total de unidades geradoras instaladas, 56% têm até 5 MW de potência
326 instalada (CGH), 33% têm entre 5 e 30 MW (PCH) e 11% têm mais de 30 MW de potência

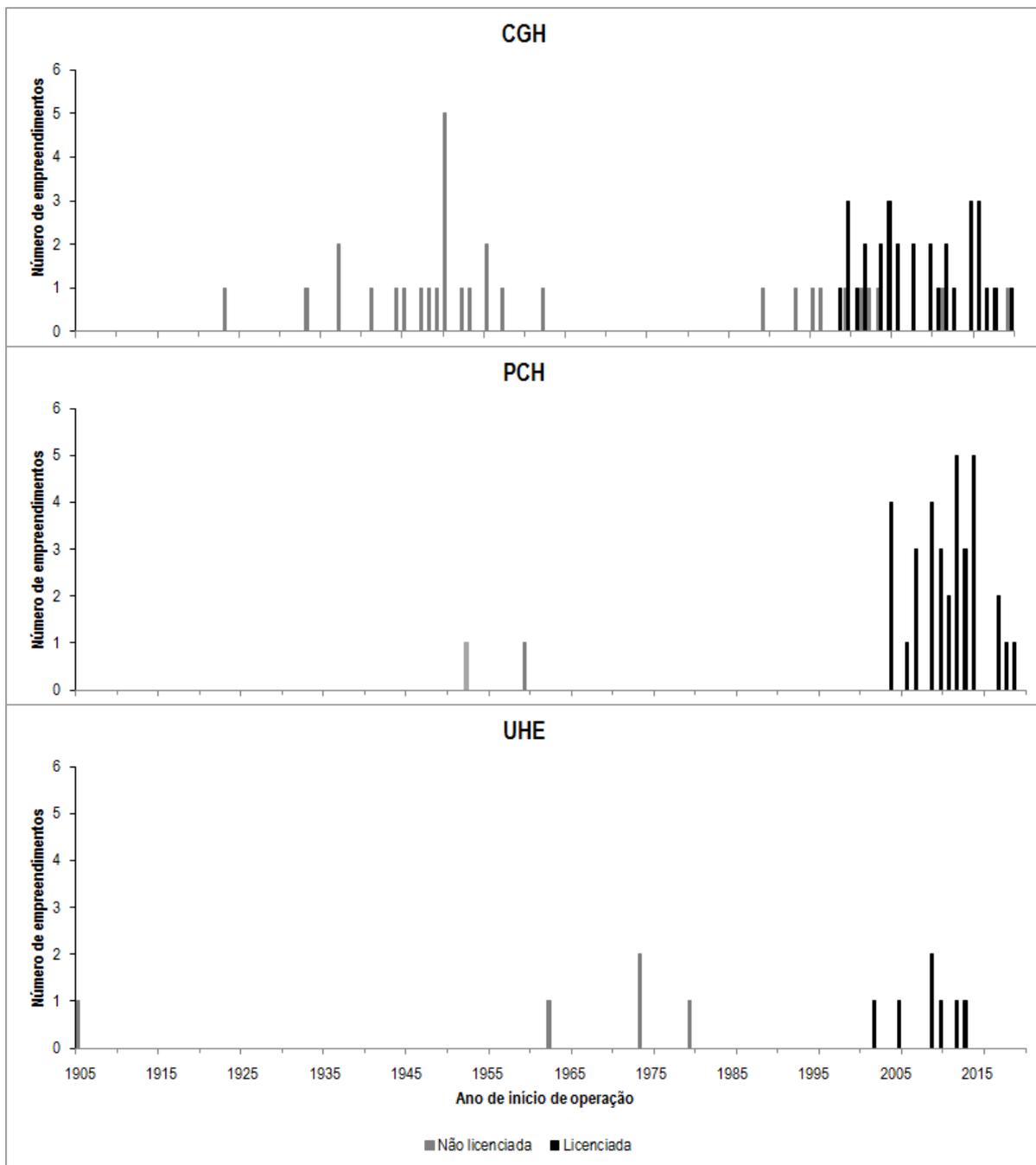
327 instalada (UHE) (Tabela MS2; Material Suplementar). Essas unidades geradoras estão
 328 predominantemente localizadas na porção norte do estado, nas regiões com maior desnível
 329 topográfico e em rios com maior vazão (Figura MS3; Material Suplementar).

| Licenciamento Ambiental | Nº Unidades | Potência Instalada (MW) | Área do reservatório (ha) | Eficiência energética média (MW/ha) |
|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|----------------------------------|--|
| Regularizada | 38 | 1176.51 | 45605.06 | 1.33 ± 4.33 |
| CGH | 31 | 36.99 | 5214.06 | 1.31 ± 4.57 |
| PCH | 2 | 30.32 | 304.00 | 0.11 ± 0.01 |
| UHE | 5 | 1109.20 | 40087.00 | 1.93 ± 3.52 |
| Licenciada | 72 | 1299.55 | 11717.66 | 0.72 ± 1.62 |
| CGH | 31 | 48.73 | 432.38 | 1.18 ± 2.36 |
| PCH | 34 | 563.82 | 3302.98 | 0.39 ± 0.34 |
| UHE | 7 | 687.00 | 7982.30 | 0.24 ± 0.29 |
| Total | 110 | 2476.06 | 57322.72 | 0.93 ± 2.88 |

330 Tabela 1: Hidrelétricas em operação no Rio Grande do Sul, potência instalada em MW e área
 331 do reservatório em hectares. Regularizada = empreendimentos construídos antes da existência
 332 do licenciamento ambiental (CONAMA, 1986); Licenciada = empreendimentos que passaram
 333 por todas as etapas do licenciamento ambiental; CGH = Centrais Geradoras Hidrelétricas;
 334 PCH = Pequenas Centrais Hidrelétricas e UHE = Usinas Hidrelétricas.

335

336 Ao longo do tempo, percebe-se que a trajetória de instalação dos diferentes tipos de
 337 unidades geradoras tem padrões distintos, com base nos dados obtidos da ANEEL. A
 338 instalação de CGH ocorreu em dois períodos principais com duração estendida, o primeiro na
 339 metade inicial do século 20 e o segundo posterior a 2000. Esse segundo período também
 340 concentrou a maior parcela das instalações das UHE e quase a totalidade das PCH (Figura 1).



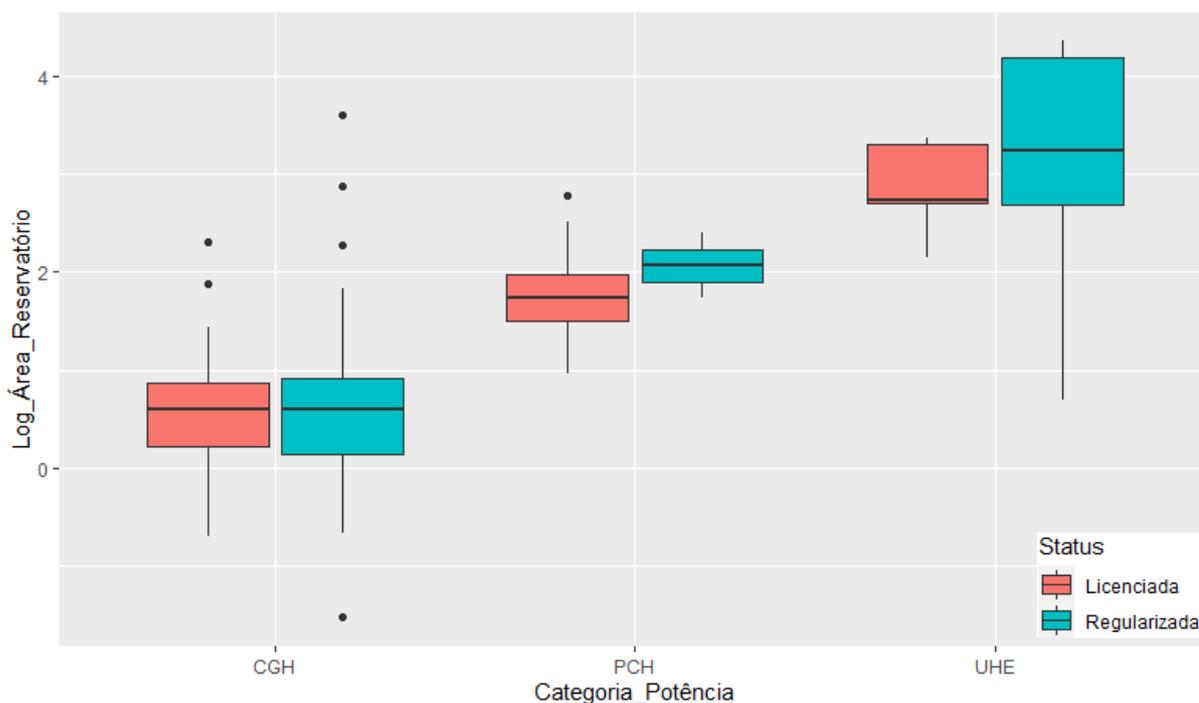
341

342 Figura 1: Número de unidades geradoras de hidroeletricidade que entraram em operação em
 343 cada ano, com base nos dados obtidos da ANEEL. CGH = Centrais Geradoras Hidrelétricas;
 344 PCH = Pequenas Centrais Hidrelétricas e UHE = Usinas Hidrelétricas. Em cinza as unidades
 345 regularizadas, que foram construídas sem licenciamento ambiental, e em preto as que tiveram
 346 a construção licenciada.

347

348 Os reservatórios das UHE licenciadas ocupam, em média, oito vezes menos área do
 349 que as que foram regularizadas, contudo, apresentam menor eficiência energética uma vez

350 que têm menor potência instalada. As áreas de alague são diferentes entre as demais
 351 categorias de geração e, no geral, as hidrelétricas licenciadas inundaram menor território e
 352 têm menor potência (Tabela 1; Figura 2). Dentre as hidrelétricas em operação, um terço (n =
 353 38) foi instalado antes de existir a legislação ambiental nacional que exige o licenciamento
 354 (CONAMA, 1986), correspondendo a 47 % da potência instalada e 80 % da área inundada
 355 (Tabela 1). A potência média instalada, a área média do reservatório e a eficiência energética
 356 (potência instalada/área do reservatório) diferem entre as unidades geradoras instaladas antes
 357 e depois do licenciamento, sendo as PCH licenciadas mais eficientes e as UHE e CGH
 358 licenciadas menos eficientes. Encontramos diferenças entre as áreas do reservatório conforme
 359 o tipo de licenciamento (licenciada, regularizada) ($F = 5.825$, $p < 0.01$), as categorias de
 360 potência (CGH, PCH e UHE) ($F = 19.017$, $p < 0.001$) e a interação das variáveis ($F = 13.170$;
 361 $p < 0.001$), ou seja, a área do reservatório é menor em unidades licenciadas, mas isso depende
 362 da categoria de potência instalada.



363

364 Figura 2: Boxplot (mediana, quartis 25 e 75, amplitude e *outliers*) da área do reservatório (em
 365 escala logarítmica) dos empreendimentos em operação que foram licenciados (vermelho) ou
 366 regularizados (azul), para as diferentes categorias de potencial energético. CGH = Centrais
 367 Geradoras Hidrelétricas; PCH = Pequenas Centrais Hidrelétricas e UHE = Usinas
 368 Hidrelétricas.

369

370 3.2. O evitamento de impactos pela negativa de projetos

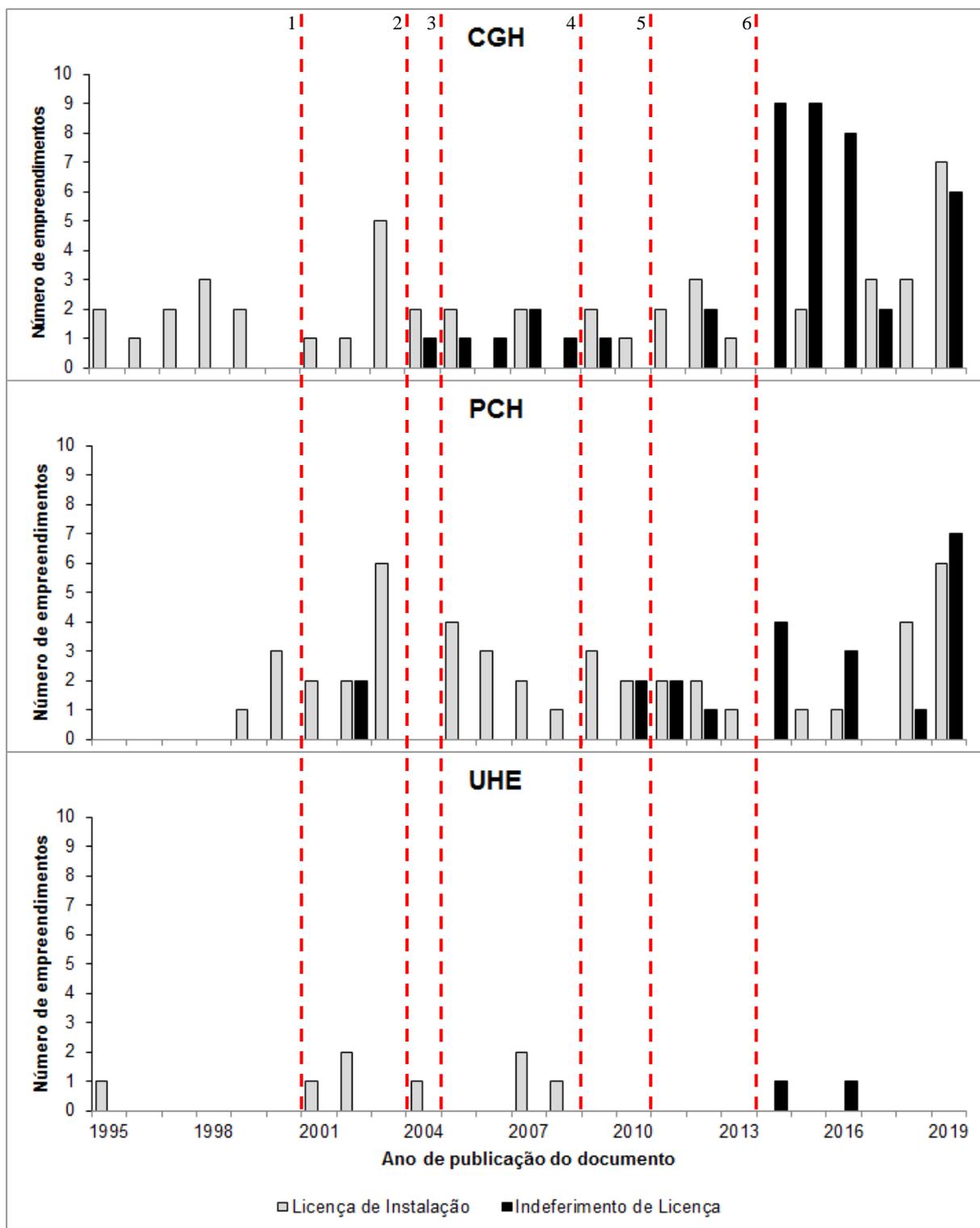
371 Foram negados definitivamente 67 projetos, o que corresponde a 40% dos requeridos
 372 no período de 1995 a 2019. Foram requeridas licenças para 168 empreendimentos dos quais
 373 101 receberam licenças de instalação, predominando CGH e PCH (Tabela 2). Os
 374 indeferimentos foram emitidos em todas as fases do licenciamento, contudo, como esperado,
 375 diminuem nas fases mais avançadas (de LP para LO), independentemente do tipo de unidade
 376 geradora. As unidades com menor capacidade geradora de energia têm maior proporção de
 377 negativas (Tabela 2). Indeferimentos de licença de operação foram registrados em
 378 empreendimentos que buscavam a regularização, uma vez que foram construídos antes da
 379 adoção do licenciamento ambiental no Brasil (CONAMA, 1986), contudo não obtiveram
 380 êxito nos recursos e permaneceram indeferidos.

| Tipo de documento emitido | Potencial energético | | | Total (%) |
|--|----------------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | CGH (%) | PCH (%) | UHE (%) | |
| Autorizados | | | | |
| Licença de Instalação | 47 (51) | 46 (70) | 8 (80) | 101 (60) |
| Negados | | | | |
| Indeferimento de Licença Prévia | 32 (35) | 16 (24) | 2 (20) | 50 (30) |
| Indeferimento de Licença de Instalação | 9 (10) | 4 (6) | | 13 (8) |
| Indeferimento de Licença de Operação | 4 (4) | | | 4 (2) |
| Total | 92 (100) | 66 (100) | 10 (100) | 168 (100) |

381 Tabela 2: Número e porcentagem (%) de projetos autorizados e negados, entre 1995 e 2019,
 382 conforme o potencial energético e o tipo de documento emitido. CGH = Centrais Geradoras
 383 Hidrelétricas; PCH = Pequenas Centrais Hidrelétricas e UHE = Usinas Hidrelétricas.

384

385 Não houve nenhum indeferimento antes da existência das Avaliações Ambientais
 386 Integradas. Somente a partir de 2002 começam a ser indeferidas licenças, logo após a
 387 publicação do primeiro Estudo Integrado de Bacia Hidrográfica (FEPAM, 2001). Durante os
 388 anos seguintes foram publicados mais quatro avaliações integradas de bacia (FEPAM e
 389 UFRGS, 2004; UFSM e FEPAM, 2005; UFSM e UNIPAMPA, 2011, 2009), culminando na
 390 negativa de mais empreendimentos. Observa-se grande aumento nas negativas a partir de
 391 2014, quando foi publicada a atualização do primeiro estudo (Becker et al., 2017) (Figura 3).



392

393 Figura 3: Número de empreendimentos que receberam licenças de instalação (cinza) e
 394 projetos que tiveram as licenças indeferidas a cada ano (preto). As linhas vermelhas
 395 pontilhadas correspondem aos anos de publicação das Avaliações Integradas de Bacia
 396 Hidrográfica: 1 (FEPAM, 2001); 2 (FEPAM e UFRGS, 2004); 3 (UFSM e FEPAM, 2005); 4
 397 (UFSM e UNIPAMPA, 2009); 5 (UFSM e UNIPAMPA, 2011); 6 (Becker et al., 2017). CGH

398 = Centrais Geradoras Hidrelétricas; PCH = Pequenas Centrais Hidrelétricas e UHE = Usinas
399 Hidrelétricas.

400

401 Ao longo do período analisado, foram emitidos 117 documentos de indeferimento de
402 licenças para 103 projetos distintos, sendo 82 indeferimentos de licença prévia, 28 de
403 instalação e sete de operação. Tanto as hidrelétricas que já estão em operação, quanto as que
404 estão em análise, eventualmente já tiveram um indeferimento ou mais. Catorze projetos foram
405 indeferidos duas vezes, enquanto os demais o foram apenas uma vez. Dos empreendimentos
406 que atualmente encontram-se em operação, 10 já receberam indeferimentos em alguma etapa
407 do licenciamento. Um terço dos projetos indeferidos teve sucesso nos recursos (n = 36) e
408 encontram-se, atualmente, em diferentes fases de licenciamento: alguns já em instalação ou
409 operação e outros em fase de elaboração de estudos para licenciamento prévio (Tabela 3).
410 Metade dos indeferimentos de licença de instalação foi revertida, cujos empreendimentos
411 encontram-se principalmente em fase de instalação e já operando.

| Indeferimento emitido | Recursos negados (%) | Recursos aceitos | | | Total (%) | |
|-----------------------|----------------------|---------------------|----------------|----------------|-----------------|------------------|
| | | Estudos prévios (%) | LP (%) | LI (%) | | LO (%) |
| Licença Prévia | 51 (76) | 11 (85) | 5 (71) | 1 (17) | 3 (30) | 71 (69) |
| Licença de Instalação | 12 (18) | 2 (15) | 2 (29) | 5 (83) | 4 (40) | 25 (24) |
| Licença de Operação | 4 (6) | | | | 3 (30) | 7 (7) |
| Total | 67 (100) | 13 (100) | 7 (100) | 6 (100) | 10 (100) | 103 (100) |

412 Tabela 3: Número e porcentagem de projetos negados (que permaneceram indeferidos após
413 recursos) e que tiveram os indeferimentos revertidos (conforme o tipo de documento que foi
414 emitido), entre 1995 e 2019. Para os empreendimentos que tiveram os recursos aceitos e os
415 indeferimentos revertidos, apresentamos a fase do licenciamento em que se encontram
416 atualmente, a partir da emissão de licenças (Estudos prévios = em elaboração dos estudos para
417 licenciamento prévio; LP = Licença Prévia; LI = Licença de Instalação; LO = Licença de
418 Operação).

419

420 A maioria dos indeferimentos emitidos pelo órgão ambiental no período analisado
421 foi decorrente de razões administrativas (Tabela 4). Razões socioambientais foram verificadas
422 em 15% dos indeferimentos, enquanto 26% foram decorrentes de estudos realizados na escala

423 das bacias hidrográficas, em que o resultado final estabeleceu zonas ou rios livres de
 424 empreendimentos hidrelétricos.

| Razões para indeferimento | Recursos negados (%) | Recursos aceitos | | | Total (%) | |
|--|-----------------------------|----------------------------|---------------|---------------|------------------|------------------|
| | | Estudos prévios (%) | LP (%) | LI (%) | | LO (%) |
| Administrativa | 39 (33) | 11 (9) | 3 (3) | 8 (7) | 9 (8) | 70 (60) |
| Avaliação Integrada Bacia Hidrográfica | 28 (24) | 1 (1) | | | 1 (1) | 30 (26) |
| Inviabilidade Socioambiental | 10 (9) | 2 (2) | 4 (3) | | 1 (1) | 17 (15) |
| Total | 77 (66) | 14 (12) | 7 (6) | 8 (7) | 11 (9) | 117 (100) |

425 Tabela 4: Número de documentos emitidos, e porcentagem do total, para projetos negados
 426 (que permaneceram indeferidos) e para os que tiveram sucesso nos recursos, entre 1995 e
 427 2019, por categoria dos motivos para os indeferimentos. Para os indeferimentos que foram
 428 revertidos, cujos recursos foram aceitos, apresentamos a fase atual do licenciamento em que
 429 se encontram, a partir da emissão de licenças (Estudos Prévios = em elaboração dos estudos
 430 para licenciamento prévio; LP = Licença Prévia; LI = Licença de Instalação; LO = Licença de
 431 Operação).

432

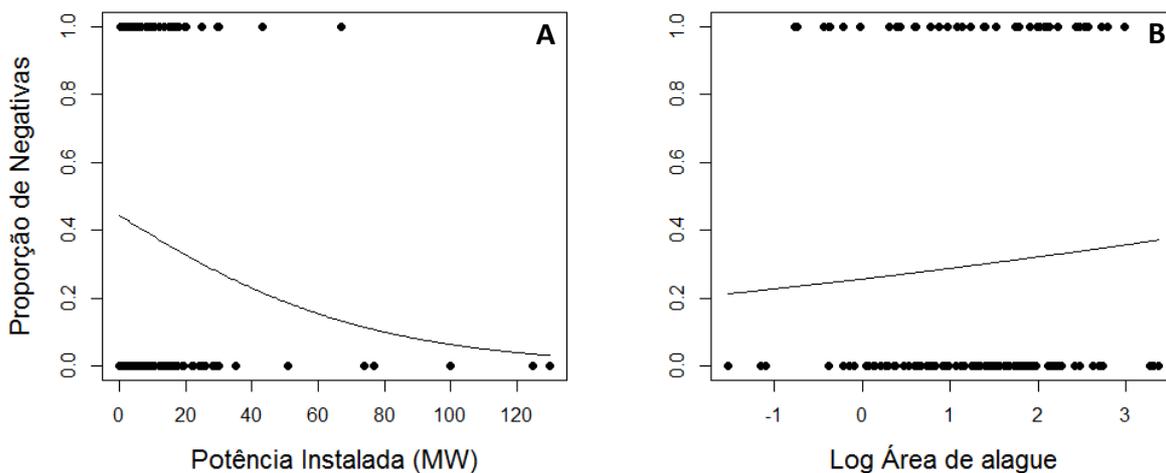
433 As negativas definitivas de projetos foram decorrentes principalmente das
 434 Avaliações Integradas de Bacia Hidrográfica, uma vez que 93% destes indeferimentos foram
 435 mantidos após recursos. Apenas dois indeferimentos desta categoria foram revertidos, um
 436 pelo fato de ser um empreendimento em operação desde a década de 1950, e o outro por
 437 alteração do estudo de avaliação de bacia que deu origem ao indeferimento. Esse
 438 empreendimento encontra-se em fase de elaboração do estudo ambiental para licenciamento
 439 prévio.

440 Apesar dos indeferimentos por razões administrativas serem mais numerosos, 44%
 441 foram revertidos após os recursos administrativos. Os indeferimentos motivados por
 442 inviabilidade socioambiental também foram bastante revertidos: 41% foram retomados,
 443 culminando em nova análise ambiental, com eventual emissão de licenças. Estes se referem a
 444 sete projetos, dentre os quais um já estava em operação e teve a ampliação negada, quatro
 445 receberam licenças prévias e dois encontram-se em elaboração dos estudos para nova análise
 446 do licenciamento prévio.

447

448 3.3. Relação entre a o porte do empreendimento (MW) e a probabilidade de ser indeferido

449 A probabilidade de um empreendimento ser negado foi relacionada negativamente
450 com a potência instalada (Figura 4A), contudo não houve relação com o tamanho da área
451 alagada (Figura 4B). De acordo com o melhor ajuste da curva, projetos de até 5 MW
452 (correspondentes a CGHs) tiveram em torno de 40% de probabilidade de serem indeferidos,
453 enquanto hidrelétricas maiores que 100 MW não foram negadas (Figura 4A).



454
455 Figura 4: Proporção de negativas de hidrelétricas, entre 1995 e 2019, conforme a potência
456 instalada ($p = 0.0543$) e a área alagada pelo reservatório ($p = 0.4007$).

457

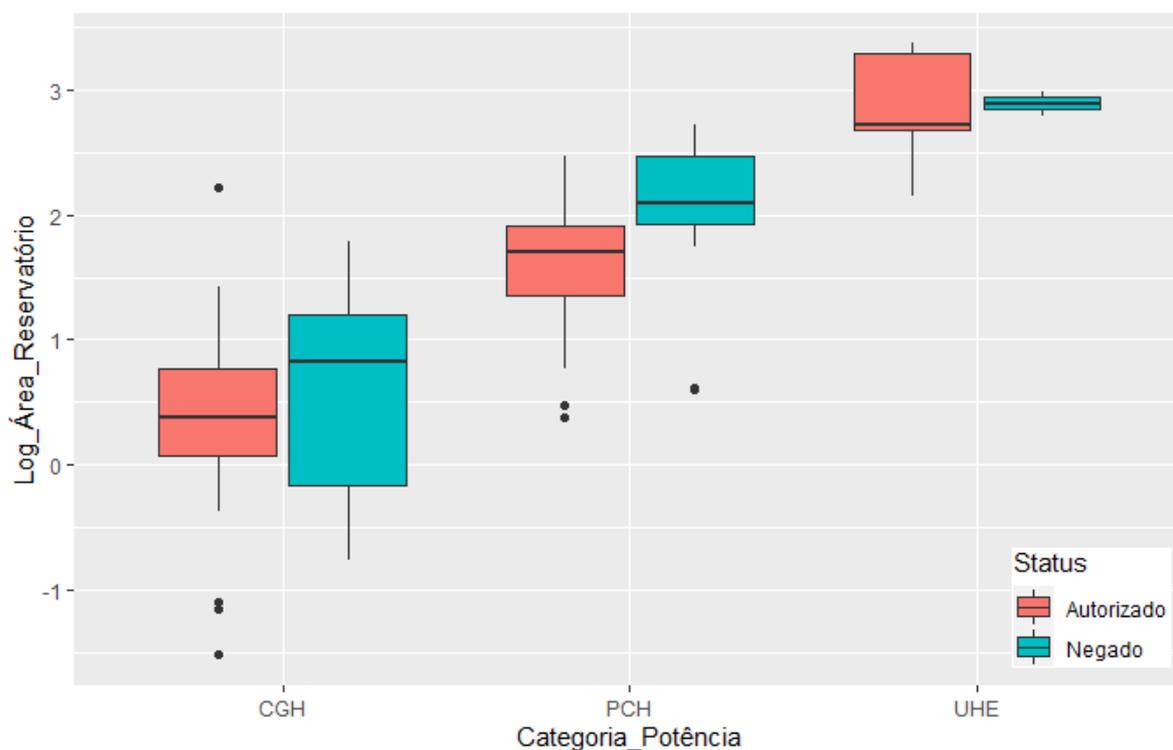
458 3.4. Superfície que deixou de ser alagada pelos empreendimentos negados

459 No período avaliado, de 1995 a 2019, deixaram de ser alagados cinco mil hectares
460 devido às negativas determinadas pelo órgão ambiental (Tabela 5) enquanto foram
461 impactados 12106.32 hectares pelos reservatórios das usinas autorizadas. Essa área evitada
462 corresponde a 26 % do impacto total potencial (19315.43 ha). Considerando os recursos aos
463 indeferimentos, ainda há hidrelétricas que foram indeferidas e tiveram sucesso nos recursos,
464 estando nas fases iniciais de licenciamento, em elaboração dos estudos ou que já receberam
465 licença prévia. Essas não foram consideradas autorizadas, pois ainda não receberam licença
466 para iniciar as obras de implantação, e seus impactos ainda não foram efetivados. A área que
467 deixou de ser alagada devido à negativa dos projetos fornece uma métrica de evitamento do
468 impacto de perda de habitat. Contudo, o resultado obtido está subestimado, uma vez que não
469 foi possível computar as áreas dos reservatórios de 34% dos projetos negados ($n = 43$), pois
470 essa informação não constava nos documentos consultados. Além do evitamento de perda de

471 habitat, evidenciamos que as hidrelétricas negadas projetavam área de reservatório em média
 472 maior do que a área dos reservatórios formados pelas autorizadas (Figura 5).

| Razões para indeferimento | Recursos negados | Recursos aceitos | | Total |
|------------------------------|------------------|------------------|---------------|-----------------|
| | | Estudos prévios | LP | |
| Administrativa | 1,605.60 | 1,992.51 | 157.7 | 3,856.81 |
| AI Bacia Hidrográfica | 1,975.97 | | | 1,975.97 |
| Inviabilidade Socioambiental | 1,457.85 | | 19.48 | 1,477.33 |
| Total | 5,039.42 | 1,992.51 | 177.18 | 7,310.11 |

473 Tabela 5: Superfície dos reservatórios (ha) de projetos negados (indeferidos
 474 permanentemente), e os que tiveram os recursos aceitos e ainda não iniciaram as obras de
 475 implantação, entre 1995 e 2019, conforme os motivos elencados nas negativas de licenças. AI
 476 Bacia Hidrográfica = Avaliação Integrada de Bacia Hidrográfica; Estudos prévios = em
 477 elaboração dos estudos para licenciamento prévio; LP = Licença Prévia.



478

479 Figura 5: Boxplot (mediana, quartis 25 e 75, amplitude e *outliers*) das áreas de reservatório
 480 (em escala logarítmica) dos empreendimentos que foram autorizados (vermelho) e que foram
 481 negados (azul) entre 1995 e 2019, para as diferentes categorias de potencial energético. CGH
 482 = Centrais Geradoras Hidrelétricas; PCH = Pequenas Centrais Hidrelétricas e UHE = Usinas
 483 Hidrelétricas.

484

485

486 4. Discussão

487 Nossos resultados mostram evidências de que o licenciamento ambiental e a
488 avaliação de impactos ambientais são efetivos ao evitar impactos. Analisamos o setor de
489 geração hidrelétrica implantado e avaliado por um sistema de licenciamento infranacional,
490 mas de grande número de empreendimentos instalados e abrangência geográfica.
491 Evidenciamos que quase metade dos projetos solicitados foi indeferida permanentemente
492 durante o processo do licenciamento, e que aqueles que foram autorizados apresentaram, em
493 média, um quarto da superfície de reservatório em relação aos empreendimentos que foram
494 regularizados. As Avaliações Ambientais Integradas, uma forma de Avaliação Ambiental
495 Estratégica, determinaram os indeferimentos definitivos, enquanto os indeferimentos
496 administrativos, apesar de numerosos, em muitos casos foram revertidos. Também
497 constatamos que a probabilidade de um projeto ser negado foi maior naqueles com menor
498 potência, uma vez que nenhuma hidrelétrica de grande potência foi negada pelo órgão
499 ambiental. Finalmente, apresentamos evidências objetivas e claras do valor do licenciamento
500 ambiental do ponto de vista da garantia da qualidade ambiental, tendo em vista que as
501 negativas dos projetos evitaram impactos em 26 % da área total potencialmente afetada pelos
502 reservatórios.

503 Observamos que quase metade das hidrelétricas requeridas foi negada pelo órgão
504 ambiental (40%), contrariando o senso comum de que a proporção de negativas seria
505 pequena, porém sustentando a função esperada para este instrumento da política ambiental de
506 qualquer país. Poucos estudos avaliaram a frequência de cancelamento de projetos em
507 decorrência do processo de licenciamento ambiental. Dentre esses, Andrade e Dos Santos
508 (2015) evidenciaram que 10 hidrelétricas tiveram o licenciamento prévio suspenso ou
509 recusado pela agência federal brasileira (IBAMA). Os autores revisaram 29 processos, nos
510 permitindo inferir que 19 projetos receberam licenças, equivalente a 34% de negativas,
511 resultado similar ao nosso. Ainda, Fonseca e Gibson (2021) avaliaram 12 negativas de
512 grandes projetos, sendo cinco no Canadá, correspondendo a 10% dos projetos requeridos, e
513 sete no Brasil, sem dados sobre projetos requeridos. Os autores avaliaram projetos grandes e
514 complexos, licenciados em nível federal, de diversos setores: minerações (4), hidrelétricas (3),
515 óleo e gás (2), portos (2) e transporte marítimo (1). Entretanto, nós avaliamos os
516 indeferimentos de hidrelétricas que podem ser consideradas menos complexas, por haver
517 grande proporção de projetos pequenos. Uma razão para a escassez de estudos abordando a
518 negativa de projetos pode ser o senso comum de que os resultados do processo decisório

519 seriam óbvios e por todos conhecidos, tornando os estudos inúteis. Contudo, os resultados
520 demonstrados neste estudo ilustram que essa expectativa não se sustenta. Resta claro que,
521 seguindo a recomendação de Fonseca e Gibson (2021), são necessários mais estudos sobre
522 negativas de projetos, abordando múltiplos setores e sistemas nacionais e infranacionais de
523 licenciamento, para se obter uma clara noção da magnitude de projetos aprovados e rejeitados
524 nessas diferentes realidades.

525 Um resultado interessante do nosso estudo foi a constatação de que a superfície dos
526 reservatórios de hidrelétricas licenciadas é menor do que as que foram regularizadas. Uma
527 primeira explicação possível para este padrão poderia ser o fato de o processo de
528 licenciamento promover condicionantes ambientais que resultaram em melhorias nos projetos,
529 por exemplo, na escolha de alternativas tecnológicas e locacionais menos impactantes e mais
530 eficientes. Contudo, não avaliamos as decisões tomadas nos processos de licenciamento dos
531 empreendimentos autorizados, assim, não podemos afirmar se houve ou não emprego de
532 mitigações que pudessem minimizar o tamanho dos reservatórios. Outra possível explicação
533 para os reservatórios serem menores, pode ser uma mudança generalizada dos
534 empreendedores em propor projetos do tipo fio d'água (*run-of-river*) (Andrade e Dos Santos,
535 2015), em que a vazão do rio é utilizada para a geração de energia sem a necessidade de
536 construção de grandes reservatórios para acumulação de água. Esse tipo de projeto vem sendo
537 utilizado com frequência e é amplamente considerado como menos prejudicial ao ambiente
538 (Anderson et al., 2015; Bejarano et al., 2019). Contudo, apesar de haver menores impactos
539 relacionados ao tamanho do reservatório, esses empreendimentos geralmente desviam água
540 do rio para a produção de energia, criando trechos com vazão reduzida e causando impactos
541 em organismos, conectividade de habitat e funções do ecossistema a jusante (Anderson et al.,
542 2015; Kelly-Richards et al., 2017). Além disso, mais recentemente houve uma clara migração
543 do setor de geração de energia para hidrelétricas com menor potência instalada (Figura 1).
544 Isso ocorreu em virtude do esgotamento dos rios com maior possibilidade de aproveitamento
545 energético no estado, bem como da existência de incentivos governamentais, de
546 financiamento privado e de simplificação de regulação à implantação de pequenas e micro
547 centrais hidrelétricas (Couto e Olden, 2018; Ferreira et al., 2016). No entanto, a redução
548 observada na dimensão dos reservatórios, após a introdução da política de licenciamento e em
549 todas as tipologias de unidades geradoras avaliadas neste estudo (Tabela 1), reforça a
550 percepção de que o licenciamento contribui fortemente para este padrão, embora possa existir
551 contribuição de outros fatores.

552 Como esperávamos, a maioria dos indeferimentos foi de ordem administrativa.
553 Contudo, muitas negativas dessa natureza foram posteriormente revertidas. Essas negativas
554 administrativas estão relacionadas com aspectos da efetividade processual (*sensu*
555 Chanchitpricha e Bond, 2013), em que é avaliado o cumprimento de etapas e da legislação,
556 uma vez que as principais causas para as negativas observadas foram o não atendimento de
557 ofícios requerendo informações deficientes ou adicionais. Padrão similar foi encontrado por
558 Andrade e Dos Santos (2015), os quais citam que em 67% dos casos analisados o órgão
559 ambiental devolveu o estudo em virtude da ausência do conteúdo mínimo determinado pelos
560 Termos de Referência, contribuindo para a demora da emissão da licença. Os autores ainda
561 afirmam que, há casos em que ocorrem alterações nos projetos de hidrelétricas como
562 consequências de uma negativa da licença requerida, por exemplo, alterações no nível de
563 inundação, na configuração do projeto e na localização do canteiro de obras. Com frequência
564 os indeferimentos funcionam como última advertência, motivando o empreendedor a cumprir
565 as exigências do órgão ambiental e, após os recursos administrativos, os licenciamentos são
566 retomados (obs. pessoal). Esse padrão aparentemente revela uma inabilidade de
567 empreendedores e de consultores ambientais em atender à legislação e ao que o órgão
568 ambiental requer. Um aspecto interessante a ser avaliado futuramente é se o licenciamento de
569 empreendimentos que têm negativas por problemas administrativos leva mais tempo do que
570 os que são negados por aspectos socioambientais.

571 Nossos resultados adicionam evidência à efetividade das Avaliações Ambientais
572 Integradas (AAI) para a prevenção de impactos. Os dados demonstram que um
573 empreendimento só é negado definitivamente quando o local de instalação pretendido está em
574 um curso d'água definido como de exclusão em um estudo de Avaliação Integrada de Bacia
575 Hidrográfica. Esse tipo de estudo foi criado para embasar a tomada de decisão, fornecendo
576 subsídios que ultrapassam a análise de impactos de projetos pontuais. No estado, há cinco
577 estudos avaliando as bacias que apresentam maior potencial energético em virtude da
578 topografia e da vazão. Para exemplificar, um dos estudos de avaliação na bacia do rio Uruguai
579 determinou que o rio da Várzea ficasse livre de barramentos para permitir o fluxo de peixes
580 migratórios (UFESM e UNIPAMPA, 2011). Em decorrência desse estudo, empreendimentos
581 com licença de instalação emitida (mas que não haviam iniciado as obras) tiveram suas
582 licenças revogadas. Essa condição foi mantida mesmo após recursos na esfera administrativa,
583 e hoje, são objetos de avaliação do judiciário, sem desfecho até a presente data. Em outros
584 contextos, a Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) foi aplicada no desenvolvimento de

585 hidrelétricas, como na bacia do rio Mekong na Ásia e no complexo do rio Madeira, na bacia
586 Amazônica (Fortes Westin et al., 2014), apesar desta última aplicação ter sido tardia (Margato
587 e Sánchez, 2014). A aplicação da AAE no planejamento energético permite discutir
588 alternativas estratégicas para a expansão da geração, identificar bacias hidrográficas a serem
589 protegidas e as que podem ser priorizadas para instalação de hidrelétricas, identificar conflitos
590 que podem surgir durante as obras, estabelecer diretrizes e ações que podem facilitar o
591 licenciamento dos projetos e, ainda, aumentar a transparência do processo de tomada de
592 decisão do setor energético (Andrade e Dos Santos, 2015). Embora haja um debate se as AAI
593 são mais semelhantes a avaliações estratégicas ou de impactos cumulativos, nesse estudo não
594 avaliamos o conteúdo dos referidos estudos, e entendemos que há objetivos comuns, apesar
595 dos diferentes nomes e potenciais resultados. Portanto, consideramos que a existência dessas
596 avaliações (estratégicas, cumulativas ou integradas) contribui fortemente para que a política
597 ambiental seja mais efetiva, a partir do uso integrado dessas ferramentas com o licenciamento
598 ambiental.

599 Diferindo do padrão de negativas definitivas encontrado neste estudo, fortemente
600 dependentes das Avaliações Integradas de Bacia, Fonseca e Gibson (2021) documentaram que
601 as principais razões para rejeições no Brasil e no Canadá estão relacionadas com impactos
602 negativos não mitigáveis em áreas sensíveis, impactos biofísicos negativos significativos e
603 questões socioeconômicas. Andrade e Dos Santos (2015) também evidenciaram que impactos
604 em componentes bióticos e físicos são a principal razão para rejeitar propostas de
605 empreendimentos hidrelétricos, bem como alagamento de áreas indígenas. Questões
606 locais também foram relevantes para as rejeições, especialmente em regiões sensíveis e
607 com projetos que dependem de recursos restritos a certa localização, como hidrelétricas e
608 mineração. Logo, pode-se dizer que projetos dependentes da localização são mais propensos a
609 serem rejeitados em comparação com projetos industriais que podem ser movidos para
610 diferentes locais menos sensíveis (Fonseca e Gibson, 2021). Nossos resultados demonstram
611 que sete projetos receberam negativas por inviabilidade socioambiental e após os recursos
612 receberam licenças ou encontram-se elaborando estudos para submeter à nova análise
613 ambiental (Tabela 4). Essa observação revela o caráter isolado das avaliações pontuais de
614 projetos, uma vez que na primeira análise os projetos foram negados e posteriormente pode
615 ter ocorrido análise dos mesmos profissionais sobre novos estudos, outros analistas podem ter
616 tido conclusões diferentes sobre os mesmos estudos, ou ainda o projeto dos empreendimentos
617 pode ter sido alterado em resposta aos indeferimentos recebidos previamente. Entretanto, não

618 obtivemos acesso aos processos para aferir os acontecimentos que desencadearam a reversão
619 dessas negativas, apesar da inviabilidade socioambiental identificada na primeira proposição
620 do projeto.

621 Como esperávamos, hidrelétricas de menor potência têm maior probabilidade de
622 serem indeferidas. Possíveis razões para esse padrão são a menor pressão política decorrente
623 da menor expectativa de energia a ser gerada e a possibilidade de identificação de múltiplas
624 alternativas locais, ou seja, essas pequenas unidades geradoras podem ser negadas em
625 alguns rios e aprovadas em outros. Além disso, há também alternativas tecnológicas para essa
626 micro geração, já que a mesma potência pode ser gerada por outras fontes, como eólica ou
627 solar, inclusive de forma descentralizada. Contudo, as possíveis razões merecem investigação
628 futura. Especificamente no cenário do estado avaliado (Rio Grande do Sul), os maiores
629 empreendimentos inventariados pela agência reguladora já foram implantados ou estão em
630 rios definidos como de exclusão. Há ainda projetos grandes propostos nos rios Pelotas e
631 Uruguai, na divisa com o estado de Santa Catarina ou nos limites entre Brasil e Argentina,
632 porém, esses projetos são licenciados pela agência federal e não foram objeto do nosso
633 estudo. Assim, restam disponíveis no estado aproveitamentos com menor geração potencial, o
634 que influencia diretamente na maior proporção de projetos pequenos presentes no nosso
635 conjunto de dados. Globalmente se verifica uma tendência ao desenvolvimento de
636 hidrelétricas menores (Couto e Olden, 2018), e no Brasil não é diferente (Athayde et al.,
637 2019). Uma característica comum desse tipo de projeto é que dificilmente são planejados
638 isoladamente e muitas vezes podem ser parte de uma cascata de barragens ao longo de um rio
639 e seus tributários (Athayde et al., 2019), o que acende o alerta para a necessidade de análise
640 de impactos cumulativos e sinérgicos. Nesse cenário, também precisamos considerar a
641 necessidade de escoamento da energia a ser gerada. Na cadeia de impactos subsequentes, é
642 importante avaliar os impactos das linhas de transmissão, pois, o sistema descentralizado de
643 geração implica no surgimento de uma malha dessas linhas a se interligarem no sistema
644 integrado nacional já existente e projetado. Esse é um impacto potencial difícil de ser
645 analisado fora do escopo integrado entre hidrelétricas e linhas de transmissão, no contexto de
646 Avaliações Ambientais Estratégicas ou Integradas.

647 Um dos resultados mais interessantes deste estudo é que, foram evitados impactos
648 em pelo menos 26% da área total potencialmente afetada pelos reservatórios dos projetos
649 requeridos, correspondentes a cinco mil hectares. Isso é uma subestimativa, uma vez que não
650 foi possível computar o tamanho do reservatório de 34% de todos os indeferimentos

651 definitivos, pois os relatórios analisados não continham esses dados. Além disso, nesse total
652 de área convertida não consideramos as áreas que seriam transformadas pelas obras de
653 implantação, como estradas de acesso, canteiros de obra e demais áreas de apoio. Embora
654 somem mais indeferimentos, a conversão de ambientes em usinas pequenas é, sobretudo,
655 resultante das áreas de infraestrutura e de apoio, em especial naquelas do tipo fio d'água;
656 enquanto em empreendimentos de geração de maior potência, a área do reservatório tem a
657 principal contribuição na conversão de ambientes (Lillesund et al., 2017). Por isso a
658 contribuição relativa de usinas de maior porte e de menor porte para o alagamento evitado
659 claramente difere. Ressaltamos também que não foram estimados em nosso estudo efeitos de
660 conversão da condição ambiental nos ecossistemas aquáticos, tampouco questões
661 socioeconômicas como alagamento de propriedades rurais e remoção de pessoas.

662 Considerando a hierarquia da mitigação (CEQ, 2000), nossa abordagem de avaliação
663 da efetividade substantiva do licenciamento focou no evitamento de impactos na sua forma
664 mais extrema, que é o cancelamento dos projetos. Consideramos neste estudo os
665 indeferimentos definitivos como representantes do evitamento de impactos, visto que os
666 empreendimentos não foram instalados e assim não houve impactos ambientais. Sendo assim,
667 é possível afirmar que impactos decorrentes de 40% dos empreendimentos hidrelétricos foram
668 evitados por meio do licenciamento ambiental. Contudo, como alertam Fonseca e Gibson
669 (2021), resta em aberto saber a real contribuição dessas negativas para a sustentabilidade. Os
670 autores afirmam que as rejeições evitaram efeitos negativos associados aos projetos, mas que
671 também preveniram os positivos. É urgente avaliar como condicionantes incorporadas ao
672 processo de licenciamento de empreendimentos autorizados resultaram no evitamento,
673 minimização, recuperação e compensação de impactos. A maioria dos impactos pode ter a sua
674 abrangência (superfície afetada) medida, (ver McManamay et al., 2015 para alguns exemplos
675 de múltiplas escalas) seja no ambiente terrestre ou aquático. Portanto, é possível comparar o
676 impacto que era esperado com o projeto original e o que resultou da implantação do projeto,
677 depois de passar pelo licenciamento. Desconhecemos trabalhos dessa natureza em qualquer
678 tipo de empreendimento e julgamos uma lacuna a ser preenchida para avançarmos no
679 entendimento da efetividade substantiva do licenciamento ambiental.

680 Esse é um dos poucos estudos a explorar a efetividade substantiva a partir da
681 quantificação da redução de impactos negativos decorrente da aplicação da Avaliação de
682 Impactos Ambientais (AIA) e do licenciamento ambiental. A efetividade substantiva tem sido
683 examinada, principalmente, a partir da aplicação de questionários de percepção de atores

684 envolvidos no licenciamento sobre a influência dos estudos ambientais na tomada de decisão
685 (Loomis e Dziedzic, 2018). Cashmore et al. (2004) compilaram pesquisas realizadas na
686 Europa por meio de aplicação de questionários sobre a contribuição da AIA para a efetividade
687 substantiva, como a aprovação e a alteração do desenho dos projetos. Existe uma escassez de
688 estudos empíricos sobre a influência da AIA em evitar impactos negativos de projetos
689 (Loomis e Dziedzic, 2018). Entendemos que essa lacuna contribui para que discursos como
690 “o licenciamento é um entrave ao desenvolvimento” encontrem eco em alguns setores da
691 sociedade e sejam, frequentemente, utilizados para promover a fragilização ou mesmo a
692 extinção deste instrumento da política ambiental (Fearnside, 2016; Fonseca et al., 2017). Com
693 base nos nossos resultados, concluímos que afirmações como “o licenciamento não funciona”
694 são infundadas. Com a realização de mais pesquisas empíricas sobre a efetividade substantiva,
695 nossa expectativa é que tais afirmações serão consistentemente refutadas. Isso não significa
696 negar que inúmeros aspectos processuais e de qualidade dos estudos precisem ser melhorados
697 (Bond et al., 2018; Hochstetler, 2018; Loomis and Dziedzic, 2018; Rocha et al., 2019;
698 Sánchez e Mitchell, 2017), sobretudo porque se espera que ao promover essas melhorias a
699 efetividade substantiva será ainda maior.

700 Em síntese, os resultados desse estudo confirmam a importância do licenciamento
701 como um instrumento de política ambiental, tendo importantes contribuições para a garantia
702 da qualidade ambiental. O fato de termos realizado um censo, ou seja, foram avaliados todos
703 os empreendimentos que compõem o sistema de geração de energia de fonte hidrelétrica de
704 uma jurisdição, confere elevada robustez aos resultados encontrados. Contudo, é importante
705 investigar se um padrão similar é encontrado em outros contextos infranacionais ou nacionais
706 para hidrelétricas e para outros tipos de empreendimentos e as razões para os resultados
707 encontrados.

708

709 **5. Conclusão**

710 Com esse estudo nós demonstramos que o licenciamento ambiental e a Avaliação de
711 Impactos Ambientais (AIA) efetivamente evitam impactos decorrentes do alagamento de
712 hidrelétricas. Também observamos que esses procedimentos levam à minimização deste
713 impacto, uma vez que quase metade dos projetos requeridos foi negada e que as áreas de
714 reservatório dos empreendimentos que foram autorizados pelo órgão ambiental correspondem
715 a um quarto da área dos projetos que foram regularizados. Em decorrência da negativa de

716 projetos, foram evitados impactos em pelo menos 26% da área que seria potencialmente
717 alagada caso o licenciamento ambiental não existisse.

718 Destacamos a relevância das Avaliações Ambientais Integradas (AAI), no contexto
719 de bacias hidrográficas, uma vez que definitivamente esse foi o instrumento responsável pelo
720 evitamento de impactos. Esta ferramenta deveria ser aplicada em todas as bacias com
721 potencial para geração de energia, a fim de identificar os locais ou rios que devem ser
722 mantidos livres de barramentos. Com o uso integrado da AAI, da AIA e do licenciamento
723 ambiental, é possível conferir maior estabilidade à decisão de negativa de projetos,
724 consequentemente evitando impactos ambientais.

725 Nosso estudo abordou a efetividade substantiva avaliando a contribuição da AIA e
726 do licenciamento na redução e no evitamento de impactos. Os poucos estudos existentes sobre
727 esse componente da efetividade não avaliam a influência direta desses procedimentos com
728 uso de variáveis que descrevam a finalidade última do licenciamento: garantir a qualidade
729 ambiental. Assim, essa é uma perspectiva de avaliação da efetividade que precisa ser
730 reforçada e explorada com mais frequência e abrangência tanto de setores, quanto de
731 contextos regulatórios.

732

733 **Agradecimentos**

734 Gostaríamos de agradecer à FEPAM pela disponibilização dos dados, aos membros da banca
735 Prof. Dr. Luis Enrique Sánchez, Prof. Dr. Fernando Gertum Becker e Dra. Fernanda
736 Zimmermann Teixeira pela leitura crítica e sugestões e, por fim, aos amigos que revisaram o
737 texto e auxiliaram nas análises.

738

739 **6. Referências**

740 Anderson, D., Moggridge, H., Warren, P., Shucksmith, J., 2015. The impacts of ‘run-of-river’
741 hydropower on the physical and ecological condition of rivers. *Water Environ. J.* 29,
742 268–276. <https://doi.org/10.1111/wej.12101>

743 Andrade, A.D.L., Dos Santos, M.A., 2015. Hydroelectric plants environmental viability:
744 Strategic environmental assessment application in Brazil. *Renew. Sustain. Energy Rev.*
745 52, 1413–1423. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.152>

746 ANEEL, 2020. RESOLUÇÃO NORMATIVA N° 875, DE 10 DE MARÇO DE 2020.

747 Athayde, S., Duarte, C.G., Gallardo, A.L.C.F., Moretto, E.M., Sangoi, L.A., Dibo, A.P.A.,
748 Siqueira-Gay, J., Sánchez, L.E., 2019. Improving policies and instruments to address
749 cumulative impacts of small hydropower in the Amazon. *Energy Policy* 132, 265–271.
750 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.05.003>

751 Becker, F.G., Pineda, M.D., Carvalho, L.F., Perelló, Pagel, S.M., Ribeiro, G.V.B., Leite,
752 E.H., Audibert, E.A., Guadagnin, D.L., 2017. Síntese da avaliação ambiental regional na
753 Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas para fins de licenciamento de
754 empreendimentos hidrelétricos. *Fepam em Rev. Rev. da Fundação Estadual Proteção*
755 *Ambient. Henrique Luís Roessler* 11, 5–25.

756 Bejarano, M.D., Sordo-Ward, A., Gabriel-Martin, I., Garrote, L., 2019. Tradeoff between
757 economic and environmental costs and benefits of hydropower production at run-of-
758 river-diversion schemes under different environmental flows scenarios. *J. Hydrol.* 572,
759 790–804. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.048>

760 Bond, A., Retief, F., Cave, B., Fundingsland, M., Duinker, P.N., Verheem, R., Brown, A.L.,
761 2018. A contribution to the conceptualisation of quality in impact assessment. *Environ.*
762 *Impact Assess. Rev.* 68, 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.10.006>

763 BRASIL, 2011. Lei Complementar nº 140 de 08 de dezembro de 2011.

764 BRASIL, 1981. Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente.

765 Cashmore, M., Gwilliam, R., Morgan, R., Cobb, D., Bond, A., 2004. The interminable issue
766 of effectiveness: substantive purposes, outcomes and research challenges in the
767 advancement of environmental impact assessment theory. *Impact Assess. Proj. Apprais.*
768 22, 295–310. <https://doi.org/10.3152/147154604781765860>

769 CEQ, C. on E.Q., 2000. Protection of the environment (under the National Environmental
770 Policy Act). Washington, DC, USA.

771 Chanchitpricha, C., Bond, A., 2013. Conceptualising the effectiveness of impact assessment
772 processes. *Environ. Impact Assess. Rev.* 43, 65–72.
773 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.05.006>

774 CONAMA, C.N.D.M.A., 1986. Resolução CONAMA nº 001, de 23 de janeiro de 1986.

775 Couto, T.B., Olden, J.D., 2018. Global proliferation of small hydropower plants – science and
776 policy. *Front. Ecol. Environ.* 16, 91–100. <https://doi.org/10.1002/fee.1746>

777 Duarte, C.G., Dibo, A.P.A., Sánchez, L.E., 2017. What Does The Academic Research Say
778 About Impact Assessment And Environmental Licensing In Brazil? *Ambient. Soc.* 20,
779 261–292. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20150268r1v2012017>

780 Erikstad, L., Hagen, D., Stange, E., Bakkestuen, V., 2020. Evaluating cumulative effects of
781 small scale hydropower development using GIS modelling and representativeness
782 assessments. *Environ. Impact Assess. Rev.* 85, 106458.
783 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2020.106458>

784 Fearnside, P.M., 2016. Brazilian politics threaten environmental policies. *Science* (80-.). 353,
785 746–748. <https://doi.org/10.1126/science.aag0254>

786 FEPAM, 2001. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DA BACIA DO TAQUARI-ANTAS, RS:
787 DIRETRIZES REGIONAIS PARA O LICENCIAMENTO AMBIENTAL DAS
788 HIDRELÉTRICAS [WWW Document]. URL
789 <http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/Taquari-Antas/default.htm> (accessed 10.4.20).

790 FEPAM, UFRGS, 2004. Análise de fragilidades ambientais e da viabilidade de licenciamento
791 de aproveitamentos hidrelétricos dos rios Ijuí e Butuí-Piratinim-Icamaquã, região
792 hidrográfica do rio Uruguai, RS [WWW Document]. URL
793 http://www.fepam.rs.gov.br/biblioteca/hidreletrico_uruguai/arquivos/inicio.html
794 (accessed 10.4.20).

795 Ferreira, J.H.I., Camacho, J.R., Malagoli, J.A., Júnior, S.C.G., 2016. Assessment of the
796 potential of small hydropower development in Brazil. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 56,
797 380–387. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.11.035>

798 Fonseca, A., Gibson, R.B., 2021. Why are projects rarely rejected in environmental impact
799 assessments? Narratives of justifiability in Brazilian and Canadian review reports. *J.*
800 *Environ. Plan. Manag.* <https://doi.org/10.1080/09640568.2020.1852073>

801 Fonseca, A., Sánchez, L.E., Ribeiro, J.C.J., 2017. Reforming EIA systems: A critical review
802 of proposals in Brazil. *Environ. Impact Assess. Rev.* 62, 90–97.
803 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.10.002>

804 Fortes Westin, F., Santos, M.A. Dos, Duran Martins, I., 2014. Hydropower expansion and
805 analysis of the use of strategic and integrated environmental assessment tools in Brazil.
806 *Renew. Sustain. Energy Rev.* 37, 750–761. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.071>

807 Fundingsland Tetlow, M., Hanusch, M., 2012. Strategic environmental assessment: the state

- 808 of the art. *Impact Assess. Proj. Apprais.* 30, 15–24.
809 <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.666400>
- 810 Hochstetler, K., 2018. Environmental impact assessment: evidence-based policymaking in
811 Brazil. *Contemp. Soc. Sci.* 13, 100–111.
812 <https://doi.org/10.1080/21582041.2017.1393556>
- 813 Jacob, C., Pioch, S., Thorin, S., 2016. The effectiveness of the mitigation hierarchy in
814 environmental impact studies on marine ecosystems: A case study in France. *Environ.*
815 *Impact Assess. Rev.* 60, 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.04.001>
- 816 Kelly-Richards, S., Silber-Coats, N., Crootof, A., Tecklin, D., Bauer, C., 2017. Governing the
817 transition to renewable energy: A review of impacts and policy issues in the small
818 hydropower boom. *Energy Policy* 101, 251–264.
819 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.035>
- 820 Larsen, S.V., Kørnø, L., Christensen, P., 2018. The mitigation hierarchy upside down – a
821 study of nature protection measures in Danish infrastructure projects. *Impact Assess.*
822 *Proj. Apprais.* 36, 287–293. <https://doi.org/10.1080/14615517.2018.1443260>
- 823 Lehner, B., Czisch, G., Vassolo, S., 2005. The impact of global change on the hydropower
824 potential of Europe: a model-based analysis. *Energy Policy* 33, 839–855.
825 <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.018>
- 826 Lillesund, V.F., Hagen, D., Michelsen, O., Foldvik, A., Barton, D.N., 2017. Comparing land
827 use impacts using ecosystem quality, biogenic carbon emissions, and restoration costs in
828 a case study of hydropower plants in Norway. *Int. J. Life Cycle Assess.* 22, 1384–1396.
829 <https://doi.org/10.1007/s11367-017-1263-5>
- 830 Loomis, J.J., Dziedzic, M., 2018. Evaluating EIA systems’ effectiveness: A state of the art.
831 *Environ. Impact Assess. Rev.* 68, 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.10.005>
- 832 Malvestio, A.C., Montaña, M., 2013. Effectiveness of strategic environmental assessment
833 applied to renewable energy in Brazil. *J. Environ. Assess. Policy Manag.* 15.
834 <https://doi.org/10.1142/S1464333213400073>
- 835 Margato, V., Sánchez, L.E., 2014. Quality and outcomes: A critical review of strategic
836 environmental assessment in Brazil. *J. Environ. Assess. Policy Manag.*
837 <https://doi.org/10.1142/S1464333214500112>
- 838 McManamay, R.A., Samu, N., Kao, S.C., Bevelhimer, M.S., Hetrick, S.C., 2015. A Multi-

839 scale Spatial Approach to Address Environmental Effects of Small Hydropower
840 Development. *Environ. Manage.* 55, 217–243. [https://doi.org/10.1007/s00267-014-0371-](https://doi.org/10.1007/s00267-014-0371-2)
841 2

842 Morgan, R.K., 2012. Environmental impact assessment: the state of the art. *Impact Assess.*
843 *Proj. Apprais.* 30, 5–14. <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>

844 Phalan, B., Hayes, G., Brooks, S., Marsh, D., Howard, P., Costelloe, B., Vira, B., Kowalska,
845 A., Whitaker, S., 2018. Avoiding impacts on biodiversity through strengthening the first
846 stage of the mitigation hierarchy. *Oryx* 52, 316–324.
847 <https://doi.org/10.1017/S0030605316001034>

848 Pope, J., Bond, A., Cameron, C., Retief, F., Morrison-Saunders, A., 2018. Are current
849 effectiveness criteria fit for purpose? Using a controversial strategic assessment as a test
850 case. *Environ. Impact Assess. Rev.* 70, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.01.004>

851 Pope, J., Bond, A., Morrison-Saunders, A., Retief, F., 2013. Advancing the theory and
852 practice of impact assessment: Setting the research agenda. *Environ. Impact Assess. Rev.*
853 41, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.01.008>

854 R Core Team, 2019. R: a Language and Environment for Statistical Computing.

855 Rio Grande do Sul, 2021. Apresentação, in: Secretaria de Planejamento Governança e Gestão
856 (Ed.), *Atlas Socioeconômico Do Rio Grande Do Sul*. Porto Alegre, RS, Brasil, p. 203.

857 Rocha, C.F., Ramos, T.B., Fonseca, A., 2019. Manufacturing pre-decisions: A comparative
858 analysis of environmental impact statement (EIS) reviews in Brazil and Portugal.
859 *Sustain.* 11, 3235. <https://doi.org/10.3390/SU11123235>

860 Sahley, C.T., Vildoso, B., Casaretto, C., Taborga, P., Ledesma, K., Linares-Palomino, R.,
861 Mamani, G., Dallmeier, F., Alonso, A., 2017. Quantifying impact reduction due to
862 avoidance, minimization and restoration for a natural gas pipeline in the Peruvian Andes.
863 *Environ. Impact Assess. Rev.* 66, 53–65. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.06.003>

864 Sánchez, L.E., Mitchell, R., 2017. Conceptualizing impact assessment as a learning process.
865 *Environ. Impact Assess. Rev.* 62, 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.06.001>

866 Tallis, H., Kennedy, C.M., Ruckelshaus, M., Goldstein, J., Kiesecker, J.M., 2015. Mitigation
867 for one & all: An integrated framework for mitigation of development impacts on
868 biodiversity and ecosystem services. *Environ. Impact Assess. Rev.* 55, 21–34.
869 <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2015.06.005>

870 Trussart, S., Messier, D., Roquet, V., Aki, S., 2002. Hydropower projects: a review of most
871 effective mitigation measures. *Energy Policy* 30, 1251–1259.
872 [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00087-3)

873 UFSM, FEPAM, 2005. ANÁLISE DE FRAGILIDADES AMBIENTAIS DA BACIA
874 HIDROGRÁFICA DOS RIOS APUAÊ-INHANDAVA, SITUADA NA REGIÃO
875 HIDROGRÁFICA DO RIO URUGUAI, 1st ed. Santa Maria.

876 UFSM, UNIPAMPA, 2011. FRAG-RIO Etapa 2: DESENVOLVIMENTO
877 METODOLÓGICO E TECNOLÓGICO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL
878 INTEGRADA APLICADA AO PROCESSO DE ANÁLISE DE VIABILIDADE DE
879 HIDRELÉTRICAS. Santa Maria.

880 UFSM, UNIPAMPA, 2009. FRAG-RIO Etapa 1: Desenvolvimento Metodológico e
881 Tecnológico para Avaliação Ambiental Integrada Aplicada ao Processo de Análise de
882 Viabilidade de Hidrelétricas, 1st ed. Santa Maria.

883 Ulibarri, N., Cain, B.E., Ajami, N.K., 2017. A framework for building efficient environmental
884 permitting processes. *Sustain.* 9, 1–17. <https://doi.org/10.3390/su9020180>

885 Villarroya, A., Barros, A.C., Kiesecker, J., 2014. Policy development for environmental
886 licensing and biodiversity offsets in Latin America. *PLoS One* 9.
887 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107144>

888 Wickham, H., Chang, W., Wickham, M.H., 2016. Package ‘ggplot2.’ *Creat. Elegant Data Vis.*
889 *Using Gramm. Graph. Version 2*, 1–189.

890

Considerações Finais

Os resultados dessa dissertação trazem contribuições importantes para a determinação da efetividade do licenciamento ambiental e da avaliação de impactos ambientais como ferramentas para a redução de impactos ambientais. Pude confirmar que essas ferramentas efetivamente reduzem e evitam impactos de conversão de área decorrentes de hidrelétricas. Isso foi evidenciado pelo fato de quase metade dos projetos ter sido indeferida, e pelo fato daqueles que foram autorizados terem em média um quarto da superfície de reservatório dos empreendimentos que não passaram pelo rito do licenciamento.

Esse estudo abordou um componente pouco estudado da efetividade, o substantivo, uma vez que foi mensurada a redução de impactos causada pela aplicação da Avaliação de Impactos Ambientais (AIA). A maioria dos estudos sobre efetividade avalia questões processuais como o cumprimento das etapas da AIA, enquanto o componente substantivo avalia questões relacionadas com a tomada de decisão e com a influência da AIA em atingir objetivos gerais, como a sustentabilidade. As pesquisas que avaliam a efetividade substantiva geralmente são conduzidas por aplicação de questionários de percepção dos entes envolvidos sobre o processo. Esse estudo abordou a contribuição da AIA e do licenciamento na redução e no evitamento de impactos, o que foi considerado como efetividade substantiva. Essa abordagem é inovadora, uma vez que foi avaliado um sistema estadual de licenciamento de uma tipologia de empreendimento e não a partir de estudos de caso pontuais. Busquei na literatura artigos que tenham estudado a efetividade substantiva com variáveis que descrevessem a finalidade última do licenciamento ambiental e não obtive sucesso. Fica evidente que esta é uma perspectiva de avaliação da efetividade do licenciamento que precisa ser reforçada e explorada com mais frequência e abrangência de setores e contextos regulatórios.

Entendo que um incremento da efetividade substantiva pode ser promovido a partir de aspectos como a transparência nas decisões de autorizações e negativas tomadas pelos órgãos ambientais; a maior participação pública durante o processo, principalmente de grupos atingidos pelos empreendimentos; assim como a qualificação das equipes consultoras que elaboram os estudos de impacto ambiental, com repercussão nos procedimentos de avaliação de significância de impactos. Percebo que o licenciamento precisa ser qualificado e fortalecido como um instrumento de garantia da qualidade ambiental, a partir da qualificação das equipes que analisam os projetos, da execução de mais estudos de avaliação integrada e da consideração de impactos cumulativos frente à construção de muitos empreendimentos que

vem sendo licenciados isoladamente. Embora não diretamente avaliados nesse estudo, com base na minha experiência e na literatura (ANDERSON *et al.*, 2015; ANDRADE; DOS SANTOS, 2015; SÁNCHEZ; MITCHELL, 2017), acredito que todos esses fatores têm o potencial de melhorar a efetividade substantiva da AIA. Também saliento a potencial contribuição de uma melhor comunicação dos resultados advindos do licenciamento para a sociedade em geral, uma vez que discursos negativos quanto ao licenciamento ambiental são bastante veiculados. A criação de instrumentos regulatórios também pode contribuir por meio da definição de escopo dos estudos a serem elaborados, da adoção de manuais de boas práticas e, principalmente, de procedimentos de acompanhamento pós-implantação dos empreendimentos autorizados (follow-up). Considero que esses monitoramentos deveriam prover informações que permitissem a aferição dos impactos causados pelos projetos e a contribuição de medidas mitigadoras implantadas. Com esses dados, seria possível ultrapassar o contexto atual dos estudos ambientais, excessivamente focados no diagnóstico ambiental, cuja predição de impactos potenciais baseia-se em práticas sem embasamento científico e que vem sendo repetidas há mais de 30 anos. Contudo, para essa conquista seriam necessários esforços de todos os atores envolvidos no processo, bem como a realização de mais pesquisas sobre a real contribuição do licenciamento e da AIA para a mitigação de impactos negativos.

Essa avaliação focou em um aspecto da hierarquia da mitigação (evitamento), avaliado por duas métricas (projetos negados e alagamentos evitados). É fundamental realizar mais pesquisas com o enfoque na efetividade substantiva, a partir da avaliação da contribuição direta do licenciamento para as demais etapas da hierarquia da mitigação, por meio da análise de como as condicionantes incorporadas ao licenciamento de empreendimentos autorizados resultaram no evitamento, minimização, recuperação e compensação de impactos negativos. Embora tenha focado no impacto de alagamento, muitos dos impactos também podem ter sua abrangência (em área ocupada) medida e seria possível comparar as propostas do projeto original com o projeto construído, para verificar as alterações causadas pelo licenciamento em múltiplos contextos (jurisdições, tipologias e portes de empreendimentos, resultantes de diferentes instrumentos de orientação ou tipos de estudos, entre outros).

Pretendo divulgar esses resultados entre os analistas de órgãos ambientais, categoria que sofre recorrentes críticas à qualidade de sua atuação. A valorização destes instrumentos pode contribuir para a atuação mais responsável de todos os entes envolvidos no licenciamento, desde os projetistas e consultores até os analistas e tomadores de decisões. Por

meio da análise dos requerimentos deferidos e indeferidos, bem como dos motivos que subsidiaram as negativas, pude perceber que questões burocráticas ou cartoriais são importantes alvos para medidas de aperfeiçoamento, porém, não representam a totalidade da atuação dos órgãos ambientais. Questões socioambientais suportaram a negativa de projetos e foram muito relevantes no contexto estudado, sustentando a importância do licenciamento ambiental como um dos instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente brasileira.

Entendo que uma das principais contribuições desse estudo foi evidenciar a relevância das Avaliações Ambientais Integradas (AAI) no contexto dos empreendimentos hidrelétricos, visto que esse foi o instrumento responsável pelas negativas definitivas registradas. A AAI deveria ser aplicada em todas as bacias hidrográficas com potencial para geração de energia, a fim de identificar os locais ou rios que devem ser mantidos livres de barramentos, como estratégia de conservação, e assim evitar impactos ambientais.

Muitas críticas são feitas ao licenciamento no Brasil e no mundo, e não há dúvida que há espaço e demanda para a melhora de qualidade em muitos níveis. Contudo, com esse estudo, pude refutar algumas críticas difundidas na sociedade, principalmente as efetuadas pelo setor empresarial e político de que o licenciamento é somente uma questão burocrática, que não interfere em nada e que só atrapalha o desenvolvimento econômico. Os resultados também permitem refutar críticas do setor ambientalista e acadêmico de que a aprovação dos projetos já está politicamente definida, que não protege o ambiente e que nenhum projeto é negado. Entendo que parte do setor empresarial prefere que não haja regulação de questões ambientais, porém, relembro que é papel do Estado garantir o meio ambiente equilibrado a todos, como promulgado na Constituição Federal. Percebo que o licenciamento tem contribuído para a conservação do ambiente, uma vez que foram negados quase metade dos projetos que passaram pelo processo de licenciamento ambiental, e que foram evitados impactos em pelo menos 26% da área potencialmente afetada pela conversão do uso e cobertura pelos reservatórios das hidrelétricas indeferidas.

Esse estudo demonstra que o licenciamento efetivamente evita e reduz impactos, o que pude concluir pela análise do setor de geração hidrelétrica implantado e avaliado por um sistema de licenciamento infranacional, mas de grande abrangência geográfica e número de empreendimentos instalados. Respondendo a pergunta geral que motivou a realização dessa pesquisa, posso afirmar que o licenciamento ambiental funciona como instrumento de proteção ambiental. Não tenho dúvidas que o licenciamento tem êxito e espero que vocês que leram essa dissertação também não tenham.

Material Suplementar

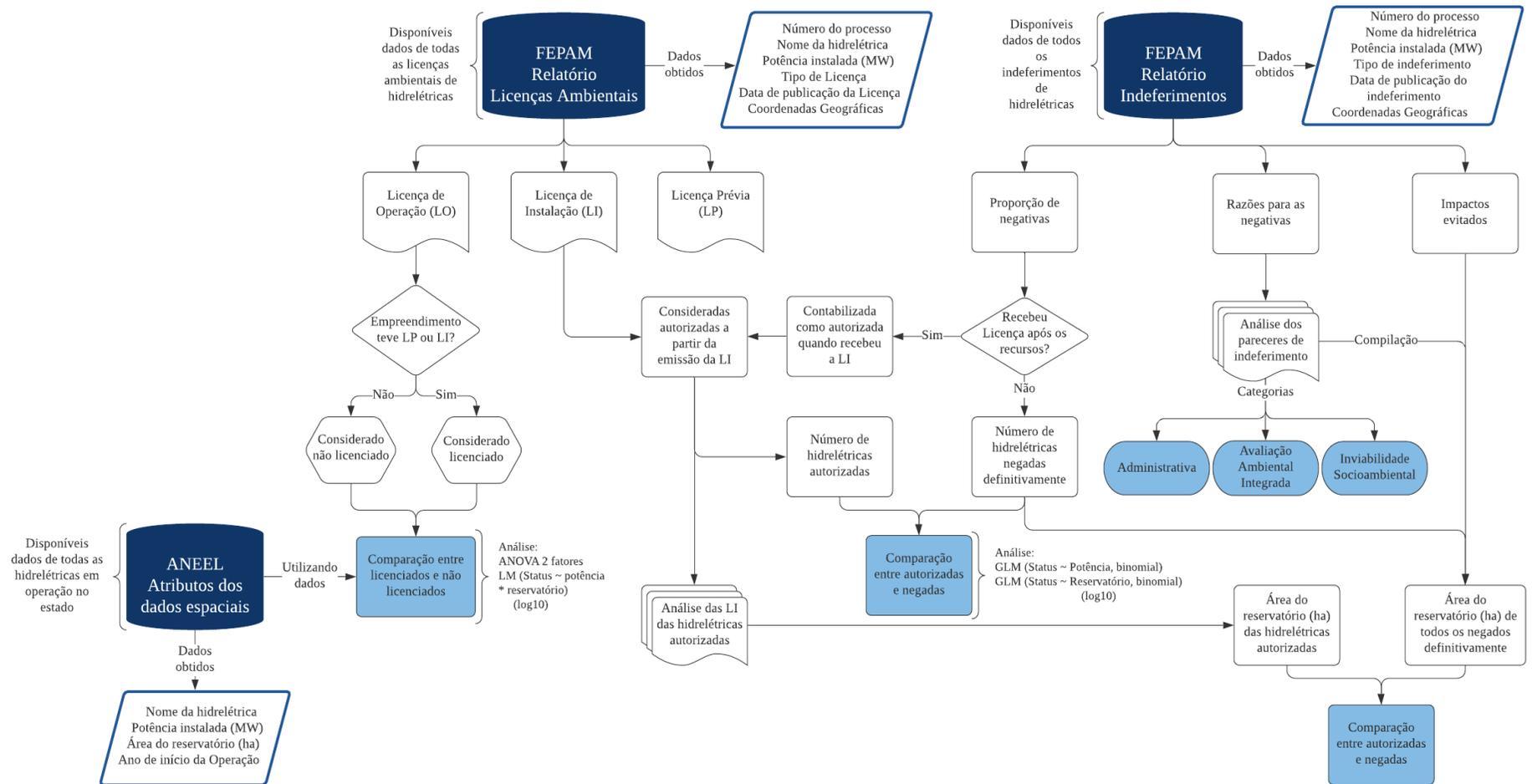


Figura MS1: Mapa esquemático da obtenção e análise de dados. Em azul escuro os bancos de dados consultados, em azul claro os processos que deram origem aos resultados apresentados.

Tabela MS2: Lista de todos os empreendimentos em operação e seus atributos. Dados de potência, área do reservatório e ano de início de operação oriundos da tabela de atributos do arquivo de dados espaciais da ANEEL (disponível em <https://sigel.aneel.gov.br/Down/>, acessado em 21/04/2020). Demais dados e coordenadas geográficas obtidas do relatório do banco de dados da FEPAM.

| Categoria | Nome Empreendimento | Licenciada | Potência (MW) | Área do reservatório (ha) | Início de Operação | Latitude | Longitude |
|------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| CGH | Abauna | Sim | 0.75 | 5.85 | 1999 | -27.824044 | -52.070519 |
| CGH | Abranco I | Sim | 4.86 | 1.70 | 2014 | -30.787986 | -52.629779 |
| CGH | Albano Machado | Sim | 3.00 | 7.00 | 2011 | -27.496656 | -52.802910 |
| CGH | Andorinhas | Não | 0.51 | 1.04 | 1937 | -28.404601 | -53.809909 |
| CGH | Avante | Não | 1.00 | 0.22 | 1944 | -28.055375 | -51.920997 |
| CGH | Bela União (Trincheira) | Sim | 2.25 | 9.96 | 2015 | -27.781559 | -54.373703 |
| CGH | Boa Vista | Não | 0.70 | 6.16 | 1949 | -29.475144 | -51.866158 |
| CGH | Braga | Sim | 0.52 | 2.27 | 2004 | -27.442201 | -53.277322 |
| CGH | Buricá | Sim | 1.70 | 14.00 | 1999 | -27.891667 | -54.103056 |
| CGH | Caa-Yari | Sim | 1.00 | 5.40 | 2005 | -27.428976 | -54.121460 |
| CGH | Camargo | Regularização | 0.20 | 0.40 | 2002 | -28.591083 | -52.242317 |
| CGH | Cambara | Não | 1.20 | 44.70 | 1947 | -28.948692 | -50.056289 |
| CGH | Capigui | Não | 4.47 | 760.00 | 1933 | -28.351020 | -52.214237 |
| CGH | Caraguatá | Sim | 0.95 | 8.00 | 2004 | -28.023100 | -54.835366 |
| CGH | Carlos Bevilacqua | Sim | 0.80 | 9.40 | 2009 | -27.602735 | -53.391948 |
| CGH | Cascata Das Andorinhas | Sim | 1.00 | 0.21 | 2003 | -27.357234 | -52.770912 |
| CGH | Cascata Do Barreiro | Regularização | 0.28 | 2.12 | 2003 | -27.890397 | -53.136530 |
| CGH | Cascata Do Pinheirinho | Não | 0.53 | 6.51 | 1993 | -28.565513 | -53.251664 |
| CGH | Caxambu | Não | 0.98 | 6.80 | 1989 | -28.393608 | -53.460636 |
| CGH | Claudino Fernando Picolli | Sim | 0.44 | 4.40 | 2007 | -28.145374 | -54.222738 |
| CGH | Colorado | Não | 1.12 | 4.00 | 1955 | -28.629426 | -52.935631 |
| CGH | Cotovelo Do Jacuí | Sim | 3.34 | 26.94 | 2001 | -28.671769 | -52.726249 |
| CGH | Dona Maria Piana | Sim | 1.00 | 1.19 | 2010 | -29.089936 | -51.309535 |
| CGH | Dona Mirian | Regularização | 0.63 | 1.43 | 2001 | -28.155587 | -51.500005 |
| CGH | Ernestina | Não | 4.96 | 4000.00 | 1957 | -28.555808 | -52.545561 |

| Categoria | Nome Empreendimento | Licenciada | Potência (MW) | Área do reservatório (ha) | Início de Operação | Latitude | Longitude |
|------------------|----------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| CGH | Faxinal | Sim | 1.00 | 0.80 | 2019 | -28.647500 | -51.354444 |
| CGH | Fochezzan | Regularização | 0.50 | 8.50 | 2011 | -28.705151 | -51.844948 |
| CGH | Forquilha | Não | 1.12 | 3.00 | 1950 | -27.659365 | -51.748249 |
| CGH | Frederico João Cerutti Sa | Sim | 1.20 | 1.84 | 2003 | -27.513300 | -53.431155 |
| CGH | Galópolis | Sim | 1.50 | 0.20 | 2009 | -29.236959 | -51.156301 |
| CGH | Granja Velha | Sim | 1.00 | 4.00 | 2001 | -27.427246 | -53.540034 |
| CGH | Guaporé | Não | 0.67 | 1.35 | 1950 | -28.907097 | -51.946703 |
| CGH | Guarita | Não | 1.76 | 190.00 | 1953 | -27.765274 | -53.557757 |
| CGH | Herval | Não | 1.52 | 2.00 | 1941 | -29.501023 | -51.002482 |
| CGH | Ijuizinho | Não | 1.12 | 3.00 | 1950 | -28.442266 | -54.289259 |
| CGH | Ijuizinho | Sim | 3.60 | 75.00 | 1998 | -28.365224 | -54.373249 |
| CGH | Ivaí | Não | 0.70 | 6.00 | 1950 | -29.126720 | -53.354937 |
| CGH | Mambuca | Sim | 1.00 | 1.15 | 2016 | -28.213904 | -53.628878 |
| CGH | Mata Cobra | Não | 2.88 | 68.08 | 1962 | -28.103007 | -53.014953 |
| CGH | Moinho | Sim | 0.27 | 0.42 | 2007 | -27.562248 | -53.188195 |
| CGH | Morrinhos | Sim | 2.25 | 1.79 | 2014 | -30.317301 | -51.867917 |
| CGH | Nilo Bonfante | Sim | 0.68 | 4.00 | 1999 | -27.961317 | -53.970343 |
| CGH | Passo Do Cervo | Sim | 0.75 | 5.80 | 2015 | -27.476388 | -52.801099 |
| CGH | Passo Do Inferno | Não | 1.49 | 4.00 | 1948 | -29.289164 | -50.740547 |
| CGH | Picada 48 | Sim | 1.27 | 3.00 | 2012 | -29.584058 | -51.117297 |
| CGH | Pirapó | Não | 0.78 | 0.03 | 1952 | -28.142077 | -55.065820 |
| CGH | Posto | Não | 0.78 | 0.30 | 1996 | -28.129096 | -51.627318 |
| CGH | Primo Tedesco | Regularização | 0.40 | 0.50 | 2019 | -28.463611 | -52.698056 |
| CGH | Rio Alegre | Sim | 0.76 | 20.62 | 2000 | -28.202046 | -53.440651 |
| CGH | Rio Fortaleza | Não | 0.88 | 8.00 | 1999 | -27.473567 | -53.457461 |
| CGH | Rio Palmeiras | Não | 0.74 | 5.34 | 1945 | -28.248990 | -53.561362 |
| CGH | Rio São Marcos | Sim | 2.20 | 0.20 | 2004 | -29.036713 | -51.095277 |
| CGH | Rp 1 | Sim | 1.28 | 6.40 | 2015 | -28.840096 | -52.701418 |
| CGH | Saltinho | Não | 0.80 | 4.20 | 1950 | -28.619213 | -51.355024 |
| CGH | Santa Rosa | Não | 1.58 | 12.00 | 1955 | -27.771650 | -54.388521 |
| CGH | Santo Antônio | Sim | 4.50 | 204.60 | 2005 | -27.730556 | -54.407778 |
| CGH | Santo Antônio De Casca | Sim | 0.99 | 1.63 | 2017 | -28.520310 | -51.908569 |
| CGH | Sede (Ijuí) | Não | 0.50 | 60.00 | 1923 | -28.355932 | -53.900072 |

| Categoria | Nome Empreendimento | Licenciada | Potência (MW) | Área do reservatório (ha) | Início de Operação | Latitude | Longitude |
|------------------|--------------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| CGH | Taipinha | Sim | 0.86 | 2.30 | 2011 | -28.936577 | -52.506426 |
| CGH | Toca | Não | 1.00 | 1.00 | 1937 | -29.268229 | -50.746356 |
| CGH | Trabuco | Sim | 2.00 | 2.31 | 2014 | -28.602469 | -51.234434 |
| CGH | Usina Do Fao | Não | 1.20 | 3.38 | 1995 | -28.937866 | -52.485594 |
| PCH | Autódromo | Sim | 24.00 | 41.00 | 2011 | -28.828236 | -51.842161 |
| PCH | Boa Fé | Sim | 24.00 | 58.00 | 2011 | -28.752753 | -51.843896 |
| PCH | Bugres | Não | 24.12 | 250.00 | 1952 | -29.314808 | -50.679836 |
| PCH | Caçador | Sim | 22.50 | 596.00 | 2008 | -28.705921 | -51.850793 |
| PCH | Carlos Gonzatto | Sim | 9.00 | 184.00 | 2006 | -27.622092 | -53.803828 |
| PCH | Cazuza Ferreira | Sim | 9.10 | 265.00 | 2016 | -29.020636 | -50.730850 |
| PCH | Cotiporã | Sim | 19.50 | 46.52 | 2008 | -28.962830 | -51.757734 |
| PCH | Criúva | Sim | 23.95 | 43.70 | 2010 | -28.964385 | -50.798975 |
| PCH | Da Ilha | Sim | 26.00 | 157.00 | 2008 | -28.891553 | -51.455674 |
| PCH | Engenheiro Ernesto Jorge Dreher | Sim | 17.87 | 83.00 | 2009 | -29.122216 | -53.366177 |
| PCH | Engenheiro Henrique Kotzian | Sim | 13.00 | 66.00 | 2011 | -29.128507 | -53.319846 |
| PCH | Esmeralda | Sim | 22.20 | 25.00 | 2006 | -27.788628 | -51.347751 |
| PCH | Ferradura | Sim | 9.20 | 53.00 | 2003 | -27.561118 | -53.578857 |
| PCH | Furnas Do Segredo | Sim | 9.80 | 72.00 | 2005 | -29.365753 | -54.503966 |
| PCH | Jararaca | Sim | 28.00 | 72.00 | 2008 | -28.937835 | -51.465987 |
| PCH | Jardim | Sim | 9.00 | 65.40 | 2018 | -28.563052 | -51.407738 |
| PCH | José Barasuol (Antiga Linha 3 Leste) | Sim | 14.34 | 328.00 | 2003 | -28.291931 | -53.877428 |
| PCH | Linha Emília | Sim | 19.50 | 93.00 | 2009 | -28.940691 | -51.773357 |
| PCH | Marco Baldo | Sim | 16.75 | 95.00 | 2011 | -27.575448 | -53.789123 |
| PCH | Moinho | Sim | 13.70 | 12.00 | 2011 | -27.772047 | -51.333447 |
| PCH | Ouro | Sim | 16.00 | 12.00 | 2009 | -27.637470 | -51.489846 |
| PCH | Palanquinho | Sim | 24.17 | 29.75 | 2010 | -28.896014 | -50.811950 |
| PCH | Passo De Ajuricaba | Não | 6.20 | 54.00 | 1959 | -28.282797 | -53.810139 |
| PCH | Passo Do Meio | Sim | 30.00 | 248.00 | 2003 | -28.806390 | -50.613017 |
| PCH | Pezzi | Sim | 19.00 | 228.00 | 2012 | -28.792511 | -50.565393 |
| PCH | Rastro De Auto | Sim | 7.02 | 28.90 | 2013 | -29.053361 | -52.219812 |
| PCH | Rio Dos Índios | Sim | 8.00 | 10.00 | 2013 | -27.281789 | -52.795170 |

| Categoria | Nome Empreendimento | Licenciada | Potência (MW) | Área do reservatório (ha) | Início de Operação | Latitude | Longitude |
|------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------------------|---------------------------|-----------------|------------------|
| PCH | Rs-155 | Sim | 5.98 | 14.41 | 2012 | -28.312120 | -53.896041 |
| PCH | Salto Forqueta | Sim | 6.08 | 41.00 | 2003 | -29.079848 | -52.209626 |
| PCH | Santa Carolina | Sim | 10.50 | 9.30 | 2016 | -28.615094 | -51.403406 |
| PCH | São Bernardo | Sim | 15.00 | 26.00 | 2006 | -27.738445 | -51.313436 |
| PCH | São Paulo | Sim | 16.00 | 37.00 | 2012 | -28.774806 | -51.843926 |
| PCH | Serra Dos Cavalinhos I | Sim | 25.00 | 95.00 | 2017 | -28.795695 | -50.729668 |
| PCH | Serra Dos Cavalinhos II | Sim | 29.03 | 48.00 | 2013 | -28.791842 | -50.746476 |
| PCH | Tambaú | Sim | 8.81 | 42.00 | 2013 | -27.440909 | -53.561120 |
| PCH | Toca Do Tigre | Sim | 11.84 | 78.00 | 2013 | -27.544625 | -53.806892 |
| UHE | 14 De Julho | Sim | 100.00 | 500.00 | 2008 | -29.064753 | -51.674942 |
| UHE | Canastra | Não | 44.80 | 5.00 | 1905 | -29.393333 | -50.744722 |
| UHE | Castro Alves | Sim | 130.00 | 500.00 | 2008 | -29.005299 | -51.384418 |
| UHE | Dona Francisca | Sim | 125.00 | 1890.00 | 2001 | -29.449088 | -53.285004 |
| UHE | Itaúba | Não | 500.40 | 1700.00 | 1979 | -29.260719 | -53.235883 |
| UHE | Leonel De Moura Brizola - Jacui | Não | 180.00 | 480.00 | 1962 | -29.073514 | -53.208972 |
| UHE | Monjolinho | Sim | 74.00 | 546.30 | 2009 | -27.346491 | -52.730125 |
| UHE | Monte Claro | Sim | 130.00 | 140.00 | 2004 | -29.030837 | -51.521258 |
| UHE | Passo Fundo | Não | 226.00 | 15352.00 | 1973 | -27.553188 | -52.741407 |
| UHE | Passo Real | Não | 158.00 | 22550.00 | 1973 | -29.017000 | -53.190043 |
| UHE | Passo São João | Sim | 77.00 | 2060.00 | 2012 | -28.141726 | -55.052396 |
| UHE | São José | Sim | 51.00 | 2346.00 | 2011 | -28.177366 | -54.814637 |

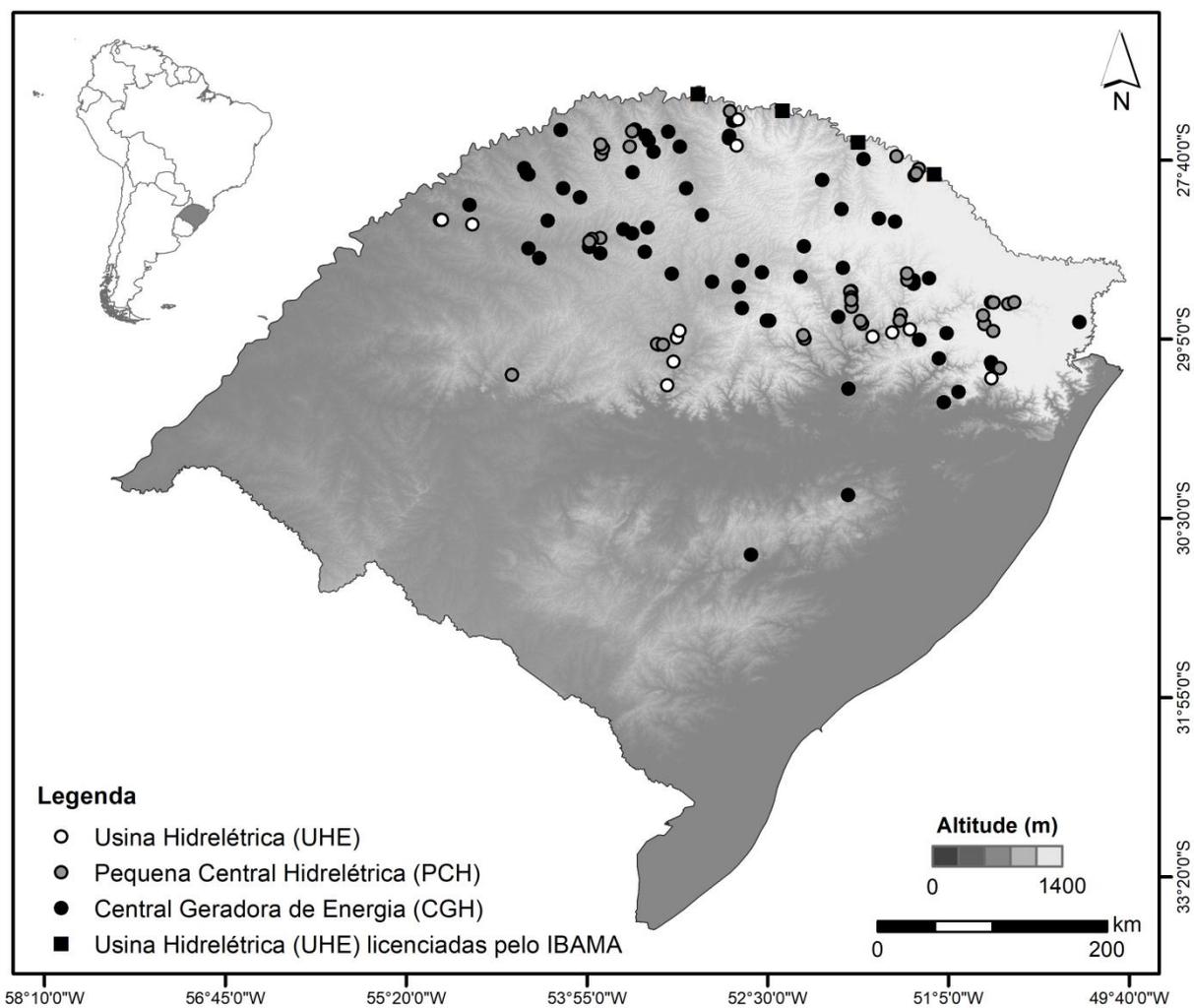


Figura MS3: Localização dos empreendimentos hidrelétricos em operação no contexto do perfil de altitude do estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Representação da localização do estado na América do Sul e no Brasil. Círculos = empreendimentos considerados nesse estudo; quadrados = empreendimentos não considerados.

Referências

- ANDERSON, D. *et al.* The impacts of ‘run-of-river’ hydropower on the physical and ecological condition of rivers. **Water and Environment Journal**, [s. l.], v. 29, n. 2, p. 268–276, 2015. Available at: <https://doi.org/10.1111/wej.12101>. Acesso em: 12 out. 2020.
- ANDRADE, A. D. L.; DOS SANTOS, M. A. Hydroelectric plants environmental viability: Strategic environmental assessment application in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [s. l.], v. 52, p. 1413–1423, 2015. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.07.152>
- ANEEL. **Sistema de Informações de Geração da ANEEL - SIGA/ Matriz Eletrica Brasileira**. [S. l.], 2020. Available at: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYTctNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 21 fev. 2021.
- BRASIL. **Lei n. 6938, de 31 de agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente**. [S. l.: s. n.], 1981.
- CEQ, C. on E. Q. **Protection of the environment (under the National Environmental Policy Act)**. Washington, DC, USA: [s. n.], 2000.
- CHANCHITPRICHA, C.; BOND, A. Conceptualising the effectiveness of impact assessment processes. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 43, p. 65–72, 2013. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.05.006>. Acesso em: 1 jun. 2018.
- CONAMA, C. N. D. M. A. **Resolução no 237**. 1997. Available at: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>
- DUARTE, C. G.; DIBO, A. P. A.; SÁNCHEZ, L. E. What Does The Academic Research Say About Impact Assessment And Environmental Licensing In Brazil? **Ambiente & Sociedade**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 261–292, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc20150268r1v2012017>. Acesso em: 3 jul. 2018.
- FEARNSIDE, P. M. Brazilian politics threaten environmental policies. **Science**, [s. l.], v. 353, n. 6301, p. 746–748, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.aag0254>
- FONSECA, A.; SÁNCHEZ, L. E.; RIBEIRO, J. C. J. Reforming EIA systems: A critical review of proposals in Brazil. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 62, p. 90–97, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.10.002>

- JACOB, C.; PIOCH, S.; THORIN, S. The effectiveness of the mitigation hierarchy in environmental impact studies on marine ecosystems: A case study in France. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 60, p. 83–98, 2016. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.04.001>. Acesso em: 1 jun. 2018.
- JONES, I. L.; BULL, J. W. Major dams and the challenge of achieving “No Net Loss” of biodiversity in the tropics. **Sustainable Development**, [s. l.], v. 28, n. 2, p. 435–443, 2020. Available at: <https://doi.org/10.1002/sd.1997>. Acesso em: 25 abr. 2021.
- LARSEN, S. V.; KØRNØV, L.; CHRISTENSEN, P. The mitigation hierarchy upside down – a study of nature protection measures in Danish infrastructure projects. **Impact Assessment and Project Appraisal**, [s. l.], v. 36, n. 4, p. 287–293, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1080/14615517.2018.1443260>. Acesso em: 1 jun. 2018.
- LAWRENCE, D. P. Quality and effectiveness of environmental impact assessments: lessons and insights from ten assessments in Canada. **Project Appraisal**, [s. l.], v. 12, n. 4, p. 219–232, 1997. Available at: <https://doi.org/10.1080/02688867.1997.9727064>. Acesso em: 13 jul. 2018.
- LEHNER, B.; CZISCH, G.; VASSOLO, S. The impact of global change on the hydropower potential of Europe: a model-based analysis. **Energy Policy**, [s. l.], v. 33, n. 7, p. 839–855, 2005. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.018>. Acesso em: 29 maio 2019.
- LILLESUND, V. F. **Land Use and Land Use Change Impacts on Terrestrial Habitats from Hydropower Development in the LCA framework**. 2014. - Institutt for energi- og prosessteknikk, [s. l.], 2014. Available at: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/235728>. Acesso em: 23 set. 2020.
- LOOMIS, J. J.; DZIEDZIC, M. Evaluating EIA systems’ effectiveness: A state of the art. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 68, n. October 2017, p. 29–37, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.10.005>. Acesso em: 1 jun. 2018.
- MORGAN, R. K. Environmental impact assessment: the state of the art. **Impact Assessment and Project Appraisal**, [s. l.], v. 30, n. 1, p. 5–14, 2012. Available at: <https://doi.org/10.1080/14615517.2012.661557>. Acesso em: 4 jul. 2018.
- PHALAN, B. *et al.* Avoiding impacts on biodiversity through strengthening the first stage of the mitigation hierarchy. **Oryx**, [s. l.], v. 52, n. 2, p. 316–324, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1017/S0030605316001034>. Acesso em: 23 set. 2020.

POPE, J. *et al.* Advancing the theory and practice of impact assessment: Setting the research agenda. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 41, p. 1–9, 2013. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2013.01.008>

POPE, J. *et al.* Are current effectiveness criteria fit for purpose? Using a controversial strategic assessment as a test case. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 70, n. January, p. 34–44, 2018. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2018.01.004>. Acesso em: 2 jun. 2018.

SAHLEY, C. T. *et al.* Quantifying impact reduction due to avoidance, minimization and restoration for a natural gas pipeline in the Peruvian Andes. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 66, p. 53–65, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2017.06.003>. Acesso em: 27 jun. 2018.

SÁNCHEZ, Luis E.; MITCHELL, R. Conceptualizing impact assessment as a learning process. **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 62, p. 195–204, 2017. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.06.001>. Acesso em: 1 jun. 2018.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. O processo de avaliação de impacto ambiental e seus objetivos. *In: AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: CONCEITOS E MÉTODOS*. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020a. p. 496.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. Origem e difusão da avaliação de impacto ambiental. *In: AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL: CONCEITOS E MÉTODOS*. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2020b. p. 24.

TRUSSART, S. *et al.* Hydropower projects: a review of most effective mitigation measures. **Energy Policy**, [s. l.], v. 30, n. 14, p. 1251–1259, 2002. Available at: [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(02\)00087-3](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(02)00087-3). Acesso em: 29 maio 2019.

VILLARROYA, A.; BARROS, A. C.; KIESECKER, J. Policy development for environmental licensing and biodiversity offsets in Latin America. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 9, n. 9, 2014. Available at: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0107144>