



## ANÁLISE CONJUNTURAL DA PREDIÇÃO DE IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS ÀS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

DOI: 10.19177/rgsa.v9e1202044-66

**Ana Paula Coelho Clauberg<sup>1</sup>**  
**Valter Antonio Becegato<sup>2</sup>**  
**Renato de Mello<sup>3</sup>**  
**Jairo Afonso Henkes<sup>4</sup>**

### RESUMO

O contexto energético brasileiro depende das fontes hídricas de maneira evidente. Impactos ambientais inerentes às Centrais Hidrelétricas devem ser previstos de forma eficaz, assegurando o controle ambiental e a qualidade do meio ambiente preconizada constitucionalmente. A Avaliação de Impactos Ambientais compreende inúmeras dificuldades e, por esse motivo, no contexto energético surge a Avaliação Ambiental Integrada como ferramenta auxiliar de predição das condições futuras de bacias hidrográficas. Este trabalho compreende uma pesquisa bibliográfica como procedimento técnico, com vistas à análise dos principais impactos de centrais hidrelétricas arrolados na literatura pertinente, evidenciando a cumulatividade e sinergia destes, ausentes na maioria dos estudos ambientais. Analisa a situação recorrente na predição de impactos no cenário energético, contemplando um estudo do contexto integrado empregado pela Empresa de Pesquisa Energética na Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai. Objetiva, dessa maneira, elucidar os vieses que urgem com a preocupação de uma análise insuficiente, comprometendo a sustentabilidade futura. Chega-se a termo sobre a necessidade de ferramentas que contemplem empreendimentos de pequeno porte e certo nível de detalhamento, capazes de assegurar sustentabilidade das bacias hidrográficas, a visão integrada dos recursos, respeito aos usos dissidentes e resolução de conflitos sociais, promovendo a estruturação de projetos mais sustentáveis ecológica e economicamente.

**Palavras-chave:** Centrais Hidrelétricas. Impactos Ambientais. Avaliação Ambiental Integrada. Bacia Hidrográfica Rio Uruguai.

<sup>1</sup> Engenheira Ambiental, formada em 2014 pela Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC); Mestra em Ciências Ambientais pela UDESC. E-mail: [anapaulacoelhoclauberg@gmail.com](mailto:anapaulacoelhoclauberg@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutor em Geologia Ambiental pela Universidade Federal do Paraná (2005). Atualmente é professor Associado da Universidade do Estado de Santa Catarina. Engenheiro Agrônomo. E-mail: [valter.becegato@udesc.br](mailto:valter.becegato@udesc.br)

<sup>3</sup> Engenheiro Civil pela USP (1982), mestrado em Engenharia de Produção pela UFSC (1986), doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental pela USP (1997) e pós-doutorado na UFSC com bolsa do CNPq. Atualmente é professor na UDESC. E-mail: [renato.mello@udesc.br](mailto:renato.mello@udesc.br)

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, graduado pela Universidade para o Desenvolvimento do Estado de Santa Catarina - UDESC (1986). Especialista em Administração Rural pela Universidade do Oeste de Santa Catarina - UNOESC (1996) e Mestre em Agroecossistemas pela Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC(2006). Doutorando em Geografia:Geografia Física e Estudos Ambientais na Universidade do Minho-Portugal. Professor e Pesquisador na Unisul. E-mail: [jairohenkes333@gmail.com](mailto:jairohenkes333@gmail.com)

# THE ENVIRONMENTAL IMPACTS PREDICTION RELATED TO HYDROELECTRIC POWER PLANTS CONJUNCTIONAL ANALYSIS

## ABSTRACT

The Brazilian energy context depends on water sources in an evident manner. The environmental impacts from Hydroelectric Power Plants must be effectively predicted, securing environmental control and quality as constitutionally advocated. The Environmental Impacts Assessment comprises numerous difficulties and, because of that, in the energy context, the Integrated Environmental Assessment had become as a help tool to predict future conditions of watersheds. This work comprises a bibliographical research as a technical procedure, going to assess the main hydroelectric power plants environmental impacts listed in the pertinent literature, highlighting their synergy and cumulativeness, absent in most of environmental studies. It analyzes the recurrent situation in the prediction of impacts in the energy scenario, contemplating a study of the integrated context employed by the Energy Research Company in the Uruguay River Basin. It aims, in this way, to elucidate the biases that urge with the concern of an insufficient analysis, compromising the future sustainability. It concludes on the need for tools that contemplate small enterprises and a certain level of detail, capable of ensuring the sustainability of hydrographic basins, the integrated view of resources, respect to dissident uses and resolution of social conflicts, promoting the structuring of more ecologically and economically sustainable projects.



**Keywords:** Hydroelectric Power Plants. Environmental Impacts. Integrated Environmental Assessment. Uruguay River Basin.

## 1 INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira baseia-se no setor hidrelétrico de forma incontestável. O país é responsável por cerca de 10% da produção mundial desta energia e seu parque elétrico representa apenas cerca de 30% do potencial existente (ROCHA; GUTIERREZ; HAUSER, 2012). O Balanço Energético Nacional, elaborado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em relação ao ano de 2017, confirma que a fonte de maior expressividade na geração elétrica é a hidráulica, correspondente à 65,2% do total nacional.

O cenário atual, conforme expõem Mercedes, Rico e Pozzo (2015) contempla um sistema hidrotérmico de grande porte, com predominância hidráulica, majoritariamente interligado. Silva e Vieira (2016) ratificam a extrema dependência das fontes hídricas, ressaltando-a com a construção de usinas de pequeno porte.

O pensamento acerca do desenvolvimento sustentável, os tratados internacionais dos quais o país é signatário, bem como ocasiões de déficit de energia influíram na busca por alternativas que priorizassem a qualidade do meio ambiente a atual e futuras gerações, de forma que as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) e as Centrais Geradoras Hidrelétricas de Capacidade Reduzida (CGHs) foram elencadas na legislação brasileira como formas limpas de geração de energia, responsáveis pela complementação do parque hídrico. Hennig et al. (2013) citam ainda a preocupação acerca do decréscimo da disponibilidade dos combustíveis fósseis e a demanda pela redução das emissões de gases estufa, fatores que também influenciam no impulsionamento de empreendimentos hidrelétricos, tornando-se essa a mais importante estratégia energética.

O impulsionamento do setor hidrelétrico, precipuamente considerando as centrais de pequeno porte e o privilégio estatal de inserção inerente a esses empreendimentos, conduz à certa preocupação com o retorno de uma possível exploração predatória do meio ambiente, caso estes empreendimentos não sejam devidamente estudados e planejados, em destaque quando da inserção sequencial em rios, cuja cumulatividade e sinergia de impactos é ainda mais evidente.

O planejamento e estudo ambiental no Brasil ancora-se sobre o procedimento administrativo de Licenciamento Ambiental e na Avaliação de Impactos Ambientais (AIA), devidamente preconizados pela legislação nacional. Entretanto, percebe-se que muitas vezes estes processos mostram-se insuficientes e até mesmo ineficazes no tocante à garantia de sustentabilidade de projetos energéticos, principalmente na consideração da cumulatividade e sinergia de impactos. A Avaliação Ambiental Integrada (AAI) insere-se no contexto como uma ferramenta auxiliar à AIA e ao licenciamento ambiental das centrais hidrelétricas, visando à predição das condições futuras da bacia e a consideração dos três meios: físico, ecológico e socioeconômico.

Nesse sentido, o presente artigo relata com primazia a análise conjuntural de predição de impactos ambientais relacionados às centrais hidrelétricas, com destaque às PCHs e CGHs. Aborda os conceitos relacionados a esses empreendimentos, os

principais impactos e as metodologias utilizadas na sua estimativa, com destaque na Análise Ambiental Integrada. Apresenta subsequentemente uma seção que descreve o desenvolvimento da AAI da Bacia do Rio Uruguai pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) como um Estudo de Caso, priorizando a elucidação das metodologias envolvidas na quantificação e qualificação dos aspectos relacionados. Objetiva, dessa maneira, elucidar os vieses que urgem com a preocupação de uma análise insuficiente, comprometendo a sustentabilidade futura.

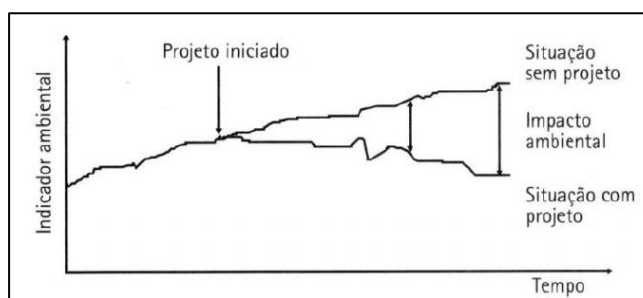
O delineamento do presente, conforme apresenta Gil (1999), fundamenta-se em pesquisa bibliográfica como procedimento técnico, desenvolvido a partir de material previamente elaborado, constituído principalmente por periódicos revisados em pares, livros e estudos ambientais.

## **2 IMPACTOS AMBIENTAIS RELACIONADOS ÀS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS**

O impacto ambiental, segundo Resolução CONAMA n. 001, de 23 de janeiro de 1986, representa qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, diretamente ou não, afetam a saúde, segurança e bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições sanitárias e estéticas do meio e a qualidade dos recursos ambientais. Já o impacto regional, por sua vez descrito na Resolução CONAMA n. 237, de 19 de dezembro 1997, é aquele que afeta diretamente o território de dois ou mais Estados, em parte ou em suas totalidades. A este último deve-se levar em consideração as consequências na área de influência direta do projeto.

Definição bastante pertinente foi dada por Bolea (1989; FERREIRA; CANTARINO, 2011), que explica que o impacto ambiental de um projeto/empreendimento sobre o meio pode ser entendido como a diferença entre a situação do meio ambiente modificado no futuro, considerando a inserção do projeto, com uma evolução normal do ambiente, conforme ilustração da Figura 1.

Figura 1 – Representação do conceito de impacto ambiental por Bolea (1989).



Fonte: BOLEA, 1989; FERREIRA; CANTARINO, 2011.

Empregam-se, nos estudos ambientais, diversas classificações de impactos. Quanto à natureza, é comum a consideração dos físicos, biológicos e socioeconômicos.

Há também a segregação conforme incidência, que considera os impactos como diretos ou indiretos, que diferem na forma primária e secundária de geração. O impacto, em suma, está associado ao efeito que um empreendimento causará no meio ambiente, devendo ser previsto por meio de projetos e estudos, podendo ser considerado positivo ou negativo. Em geral, são considerados em avaliações conforme o valor que expressa sua manifestação sobre o ambiente, ou seja, sua significância, que leva em consideração sua importância e magnitude.

Em se tratando de empreendimentos de geração de energia, os impactos são visíveis em todas as etapas, seja na implantação do empreendimento, na geração, produção ou distribuição da energia, porquanto todos os processos que visam à transformação de recursos naturais em energia, renováveis e não renováveis, provocam alterações ambientais, sociais e econômicas (CARVALHO, 2014).

## 2.1 Impactos cumulativos e sinérgicos

O Estudo Ambiental deve obedecer a diversas diretrizes fundamentadas legalmente, em especial a necessidade de delimitação da área geográfica, a fim de estimar as consequências diretas e indiretas dos impactos gerados pelo empreendimento. Desde 2003, o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis) passou a exigir que estudos de impactos ambientais reportassem à bacia hidrográfica na delimitação (TUCCI; MENDES, 2006), em

conformidade com o disposto na Resolução 001/1986<sup>1</sup>. Ocorre que, conforme citam Tucci e Mendes (2006), nas bacias hidrográficas os impactos não ocorrem de forma isolada, mas são uma integração de efeitos dos diferentes usos da água e do solo.

Gallardo et al. (2017) comentam que, no tocante ao licenciamento ambiental de empreendimentos energéticos, a predição de impactos passa a ser não limitada, levando em consideração efeitos cumulativos e sinérgicos, provocados pelo conjunto múltiplos de aproveitamentos inseridos em uma bacia. Por esse motivo, o Estudo de Impacto Ambiental (EIA) vem sendo complementado pela Avaliação Ambiental Integrada (AAI), discorrida subsequentemente.

A definição de impacto cumulativo foi introduzida juntamente ao primeiro sistema de Avaliação de Impacto Ambiental na Política Nacional Ambiental Americana (NEPA)<sup>2</sup>. Conforme Nota Técnica n. 10/2012 da CGPEG/DILIC/IBAMA, entendem-se como impactos cumulativos aqueles que possuem a propriedade de sobrepor-se, no tempo e/ou no espaço a outro impacto, estando este último associado ou não ao empreendimento ou atividade em análise, incidentes sobre o mesmo fator ambiental. A relevância da cumulatividade de um impacto origina-se no entendimento de que um impacto, muitas vezes considerado irrelevante, pode resultar em significativa degradação ambiental se concentrado espacialmente a outro ou caso esses se sucedam no tempo (SANCHEZ, 2006).

O efeito sinérgico ou integrado de impactos é resultante dos diferentes usos e impactos na bacia, produzindo efeitos negativos a todos os meios considerados (físico, biológico e socioeconômico). A Nota Técnica n. 10/2012 também define as propriedades sinérgicas como detentoras da capacidade de um impacto em potencializar outros impactos ou ser potencializado, não necessariamente estando associados ao mesmo empreendimento.

Problemas ambientais recorrentes na mídia, como efeito estufa, redução da camada de ozônio e até mesmo a chuva ácida são consequências de acumulação de

---

<sup>1</sup> O artigo 5º da Resolução dispõe sobre diretrizes gerais as quais o EIA deve obedecer, contemplando em seu inciso III: “Definir os limites da área geográfica a ser direta ou indiretamente afetada pelos impactos, denominada área de influência do projeto, considerando, em todos os casos, a **bacia hidrográfica** na qual se localiza” [grifado].

<sup>2</sup> [...] o impacto que resulta do impacto incremental da ação [em análise] quando acrescida de outras ações passadas e presentes e de ações futuras razoavelmente previsíveis, independentemente de quão pequenas, mas coletivamente significativas que ocorram em um período de tempo ou da pessoa que promove essas ações (CARVALHO, 2014).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 44-66, jan/mar. 2020.

impactos que, se considerados isoladamente, são insignificantes, entretanto altamente significativos quando provenientes de grande número de fontes e ao longo de um período significativo (FERREIRA; CANTARINO, 2011).

A avaliação de impactos cumulativos e sinérgicos é imprescindível por capacitar a predição a longo prazo e a interatividade na região do projeto, contribuindo para o desenvolvimento sustentável, auxiliando na tomada de decisão, além de estar em concordância com a legislação de muitos países desenvolvidos.

A despeito da existência de um disseminado reconhecimento em relação à necessidade e importância de se avaliar os impactos cumulativos e sinérgicos, e da obrigatoriedade imposta pela Resolução CONAMA 001/1986<sup>3</sup>, persistem muitas dificuldades metodológicas para a realização desta atividade (DIAS, 2001; FERREIRA; CANTARINO, 2011).

O procedimento isolado de identificação de impactos prejudica na identificação da cumulatividade e sinergia ao longo de todas as fases do projeto. Muitos impactos por vezes são desconsiderados ou não avaliados, apesar das normativas exigentes, por sua baixa significância pontual que, ao longo do tempo, podem provocar impactos extremamente significativos (OLIVEIRA, 2008; CARVALHO, 2014).

No Brasil, Oliveira (2008) aponta uma realidade desfavorável ao considerar esses impactos. Os autores Ferreira e Cantarino avaliaram 09 (nove) EIAs de grandes projetos brasileiros, e concluíram que a identificação e abordagem de impactos cumulativos e sinérgicos muitas vezes estão ausentes, bem como existe uma grande variação no tipo de abordagem e metodologias utilizadas.

## 2.2 Impactos de empreendimentos de pequena geração hidrelétrica

Segundo Tucci e Mendes (2006), os impactos da produção de energia hidrelétrica são decorrentes principalmente das obras hidráulicas e da formação da

---

<sup>3</sup> Artigo 6º - O estudo de impacto ambiental desenvolverá, no mínimo, as seguintes atividades técnicas: (...)

II - Análise dos impactos ambientais do projeto e de suas alternativas, através de identificação, previsão da magnitude e interpretação da importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazos, temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; **suas propriedades cumulativas e sinérgicas**; a distribuição dos ônus e benefícios sociais. [grifado]

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 44-66, jan/mar. 2020.

represa. Estes autores dividem os impactos ocorridos a montante e a jusante do empreendimento. A montante, elencam:

- Desapropriação e deslocamento de pessoas da área de inundação do lago, como um impacto social;
- Redução da velocidade do escoamento, aumento da largura e formação do lago, deposição de sedimentos na entrada do lago e o assoreamento ao longo do reservatório. Com a retenção de sedimentos, a água para jusante tem, em geral, pouco sedimento;
- Estratificação térmica com a profundidade e redução da qualidade da água com a profundidade, resultado da inundação de matéria orgânica durante o enchimento e a retenção dos poluentes provenientes de montante;
- Aumento do tempo de residência e entrada de nutrientes. Há tendência à eutrofização, com geração de gases e crescimento de algas que podem produzir toxinas;
- Alteração da fauna e flora devido à variação dos níveis e da velocidade do fluxo, bem como alteração no corredor biológico devido à presença da barragem;
- Acumulação de carga poluente no fundo do reservatório que pode se misturar com a massa de água, gerando forte demanda de oxigênio e impactando o sistema aquático;
- Riscos de inundação a montante, em função da sedimentação do lago, incertezas em sua delimitação e na operação das comportas do vertedor e operação das turbinas.

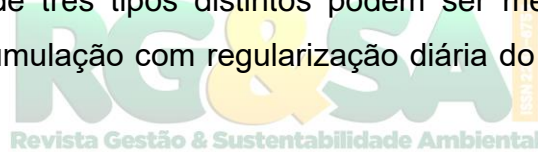
A jusante, enrolam os demais impactos:

- Variabilidade dos níveis em função da operação da barragem, principalmente em Usinas de Ponta que operam com a demanda. Os problemas consequentes variam entre a navegação, tomada de água, alterações no subsolo pela alteração no lençol freático, ação dinâmica entre as matas ciliares e as margens, bem como alteração na fauna e flora a jusante;
- Qualidade da água resultante da saída das turbinas ou vertedores em função da cota de onde a água é retirada dos reservatórios. Tendência a ser anaeróbia em camadas inferiores e com significativa carga poluente;



- Aumento dos processos erosivos, pois a água que escoar tem menos sedimentos, com característica mais erosiva.
- Recurso hídrico com menos nutrientes e turbidez, reduzindo a produção primária e recursos pesqueiros;
- Nos rios menos profundos, a redução da turbidez a jusante permite maior penetração de luz solar, que pode atuar no depósito bentônico e produzir um *bloom* de algas;
- O período de enchimento dos reservatórios deve proporcionar uma vazão a jusante adequada para a sustentabilidade ambiental;
- Possibilidade de controle de inundação;
- Efeitos decorrentes do rompimento de barragens, fenômeno que não possui legislação pertinente no Brasil.

Carvalho (2014) expôs que o entendimento dos impactos gerados pelas centrais hidrelétricas depende da concepção das mesmas, ou seja, sua capacidade de regularização, onde três tipos distintos podem ser mencionados: usinas a fio d'água, usinas de acumulação com regularização diária do reservatório e usinas de regularização mensal.



Ao considerar a concepção de usinas a fio d'água, por exemplo, vistas como de menor impacto entre as demais, novos impactos associados à formação do trecho de vazão reduzida surgem, afetando o leito natural do rio e a população lindeira que faz uso dessa água. Deve-se também considerar a alteração no fluxo do rio, seu depósito de nutrientes e temperatura, bem como seu ciclo de cheias e secas, fundamentais para a manutenção do habitat de espécies e interação terra-água.

Os autores Tucci e Mendes (2006) reiteram que os reservatórios de regularização dependem de grandes volumes de área alagada, o que acarreta muitos problemas, principalmente relacionados ao deslocamento de pessoas e perda de qualidade ambiental. Por esse motivo, reservatórios menores são preferências, embora necessitem de um regime pluvial constante para garantia de uma produção eficaz.

Para Andrade (2006) e Carvalho (2014) os principais impactos relacionados às PCHs são os mesmos das grandes usinas hidrelétricas, porém em pequena escala. Ressaltam a ocupação do solo pela formação do lago; alteração no leito natural do

rio; alteração na velocidade da água; alteração na qualidade da água; modificação sobre a fauna e flora aquática, e; vazão residual no trecho seco do rio.

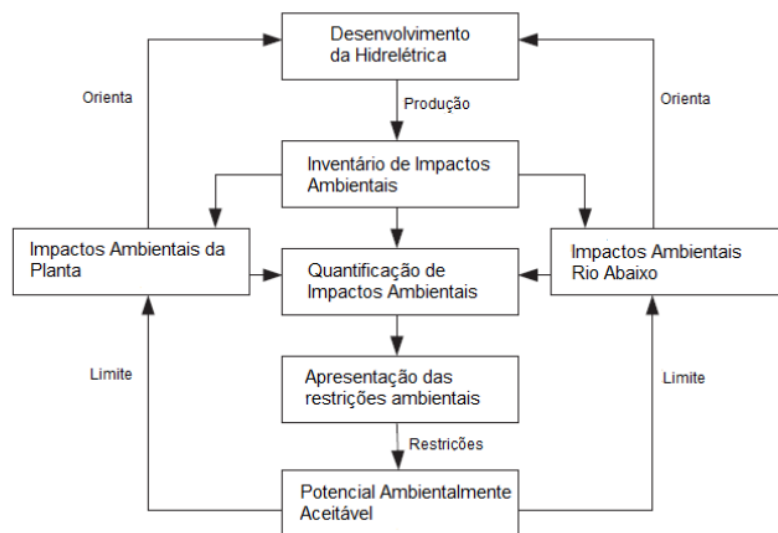
Carvalho (2014) segrega os impactos em positivos e negativos. No primeiro rol, elenca o aumento da oferta de energia elétrica, atendimento a comunidades isoladas e geração distribuída; a geração de empregos diretos e indiretos; o aumento na arrecadação de impostos; a valorização imobiliária no entorno do reservatório, e; a contribuição para sustentabilidade local. Aos negativos, coloca o aumento do tráfego de veículos nas vias de acesso; risco de acidentes; supressão da vegetação; alteração nas características físicas, químicas e microbiológicas da água; deslocação e alteração comportamental da fauna; poluição atmosférica e sonora; alteração das características do solo; impactos sobre a ictiofauna; diminuição da vazão do rio no trecho entre a barragem e o canal de fuga; alteração no ritmo de vida da população da área do entorno, e; alteração da paisagem natural.

Um olhar integrado sobre o conjunto de projetos e sobre as opções tecnológicas disponíveis conduz a discussão à patamares estratégicos e permite antever possíveis impactos socioambientais de diferentes configurações na matriz energética, não devendo a análise se resumir aos impactos associados a uma única fonte, mas sim às consequências de todas as opções feitas para compor a matriz (CARVALHO, 2014), bem como à evidenciação dos impactos cumulativos e sinérgicos, cuja predição ineficaz compromete a credencial de sustentabilidade que PCHs e CGHs possuem.

Berkun (2010) cita que é inevitável que o desenvolvimento de hidrelétricas cause impactos aos ecossistemas aquáticos, especialmente os desenvolvimentos em cascata, que trazem efeitos em maiores escalas ao rio a jusante (ZHANG et al., 2014). A construção de barragens bloqueia a conectividade fluvial e forma reservatórios que inundam adjacentes, causando a destruição de habitats, deposição de sedimentos e degradação da qualidade da água (ASAEDA; RASHID, 2012; de ALMEIDA et al., 2005; ZHANG et al., 2005; ZHANG et al., 2014). Zhang et al. (2014) defendem que o estudo dos impactos ambientais de usinas hidrelétricas leva à limitação de tais projetos, devendo o potencial ambiental viável ser mensurado de forma a limitar a ocorrência desses impactos em uma escala aceitável. Tanto os impactos da planta em si devem ser mensurados, como os impactos rio abaixo do reservatório. O desenvolvimento proposto pelos autores está ilustrado na Figura 2. Para Zhang et al.

(2014) o potencial ambientalmente aceitável é derivado da quantificação dos impactos ambientais e das restrições, sendo possível determinar, inclusive, o potencial especificamente relacionado a inserção de PCHs.

Figura 2 - Quadro conceitual de um potencial ambientalmente viável para o desenvolvimento de hidrelétricas



Fonte: ZANG et al., 2014 (adaptado para português).

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

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

Os autores comentam a complexidade dos impactos observados abaixo dos reservatórios, relacionados em sua maioria à mudança na hidrologia à jusante. Incluem, principalmente, a alteração dos processos ecológicos influenciados pela hidrologia. Salientam os impactos adversos aos habitats da flora e fauna aquática, inclusas as várzeas e estuários, pela redução e mudança no fluxo hídrico, bem como interferência na variação sazonal do nível do rio.

Ressalta-se que um aspecto diagnosticado no meio físico pode interferir e impactar o meio social e biológico, uma vez que a integração entre os meios e sua interdependência se torna característica incontestável da análise, fator que reforça a necessidade de avaliar-se integradamente os impactos gerados por estes empreendimentos, caso a caso.

### **3 PREDIÇÃO DE IMPACTOS DE EMPREENDIMENTOS HIDRELÉTRICOS**

No procedimento administrativo de Licenciamento Ambiental<sup>4</sup> é exigido do empreendedor Estudos Ambientais que relatem aspectos relacionados à atividade, envolvendo desde o seu planejamento até sua operação. No Brasil diversas metodologias fundamentam o Estudo de Impacto Ambiental (EIA), devidamente preconizado na Resolução CONAMA 001, de 23 de janeiro de 1986.

Observa-se que, além do diagnóstico, o EIA deve abordar a análise dos impactos ambientais do projeto, inclusas alternativas, por meio da identificação, previsão da magnitude e interpretação das importâncias, considerando o positivismo e negativismo dos impactos, o tempo decorrente para sua manifestação, o tempo de duração, reversibilidade, e, principalmente, suas propriedades cumulativas e sinérgicas.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é a forma de introdução dos estudos ambientais no Brasil, por meio da obrigatoriedade imposta na Resolução 001/86,

---

<sup>4</sup> Conforme Resolução CONAMA n. 237, de 19 de dezembro 1997, trata-se do instrumento pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, ampliação e a operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou causadoras de degradação ambiental, levando em consideração os preceitos legais.

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 44-66, jan/mar. 2020.

constituindo, junto ao licenciamento ambiental, um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA, Lei n. 6.938/1981).

Os objetivos de uma AIA, conforme a *International Association for Impact Assessment* (IAIA) (1999; FERREIRA; CANTARINO, 2011), são assegurar que as considerações ambientais sejam explicitamente tratadas e incorporadas ao processo de decisão; antecipar, evitar, minimizar ou compensar os efeitos negativos relevantes biofísicos, sociais e outros; proteger a produtividade e a capacidade dos sistemas naturais, assim como os processos ecológicos que mantêm as funções e garantir a promoção do desenvolvimento sustentável, otimizando o uso e a gestão de recursos.

Embora seja a ferramenta mais comum no alcance de anuências ambientais, a AIA contempla alguns problemas em sua aplicação, principalmente no que concerne a antecipação de projetos, impactos e sustentabilidade, uma vez que sua análise ocorre muitas vezes quando prazos já estão estabelecidos e acordos firmados; a ineficiente e até mesmo inexistente metodologia sistematizada para a avaliação de impactos cumulativos e sinérgicos e a falta de integração entre as políticas envolvidas, em especial a ambiental e a de desenvolvimento econômico e social (TUCCI; MENDES, 2006).

Carvalho (2014), aponta em seu estudo diversas limitações do processo de AIA na literatura pertinente, até mesmo quando sua utilização é considerada adequada. O período em que o processo de avaliação de impactos ambientais é empregado é considerado tarde no processo de planejamento de um empreendimento, tornando difícil assegurar que as alternativas relevantes sejam eficientemente adotadas.

Ainda, concernente aos impactos cumulativos e sinérgicos, Wärnback e Hilding-Rydevik (2009), exploram que grande número de estudos da AIA de vários países mostra que a forma de abordagem sobre os mesmos é insatisfatória (CARVALHO, 2014).

Egler (2001, FERREIRA; CANTARINO, 2011) afirma que a AIA de projetos é normalmente focada e restrita à consideração dos impactos diretos do empreendimento, negligenciando uma diversidade de outros possíveis impactos.

Del Río e Burguillo (2009), argumentam que a maioria dos estudos sobre impactos e benefícios socioeconômicos de projetos de energia renovável são muito gerais e superficiais (PAGNUSSATT et al., 2018). No estudo de Pagnussat et al. (2018), considerou-se escassa a quantidade de estudos que focam regiões e, mais

especificamente, comunidades locais diretamente afetadas pelos projetos hidrelétricos, enquanto que uma visão focada é imprescindível para compreensão e aceitação.

Para Abbasi e Abassi (2011) e Pagnussat et al. (2017), a previsão de “armadilhas” e a adoção de medidas corretivas adequadas podem evitar danos ambientais e modificar consideravelmente a insatisfação pública.

### **3.1 Avaliação Ambiental Integrada**

A Avaliação Ambiental Integrada (AAI) surge como instrumento de complementação à Avaliação de Impactos Ambientais no âmbito energético. Segundo Tucci e Mendes (2006), trata-se de uma forma de abordagem da AIA que é desenvolvida para fazer análises antecipadas e integradas de políticas, planos e programas que afetam o meio ambiente, auxiliando, conseqüentemente, na melhoria de sua qualidade desde o planejamento de empreendimentos e projetos.

A Avaliação Ambiental Integrada é a análise ambiental de cenários e impactos em uma bacia hidrográfica dentro das políticas existentes e planejadas. Segundo a *European Environment Agency* (EEA) é o processo interdisciplinar e social, ligando conhecimento e ação no contexto de decisão pública, para a identificação, análise e avaliação de todos os relevantes processos naturais e humanos e suas interações com atual e futuro estado da qualidade do meio ambiente e recursos nas apropriadas escalas de tempo e espaço, assim facilitando a definição e implementação de políticas e estratégias (TUCCI; MENDES, 2006).

De acordo com a EPE (2018), a Avaliação Ambiental Integrada de aproveitamentos hidrelétricos situados em bacias hidrográficas tem como objetivo avaliar a situação ambiental da bacia com os empreendimentos hidrelétricos implantados, bem como com os potenciais barramentos, considerando seus efeitos cumulativos e sinérgicos sobre os recursos naturais e as populações humanas, e os usos atuais e potenciais dos recursos hídricos no horizonte atual e futuro de planejamento. Trata-se de um estudo que considera a necessidade de compatibilizar a geração de energia com a conservação da biodiversidade e manutenção dos fluxos gênicos, a sociodiversidade e a tendência de desenvolvimento socioeconômico da

bacia, respeitando a legislação pertinente e os compromissos internacionais assumidos pelo governo federal.

Embora de suma importância, nacionalmente a AAI não é um requisito obrigatório ao licenciamento de centrais hidrelétricas. Não obstante, alguns estados já suplementaram a legislação federal prevendo hipóteses de obrigatoriedade da AAI, como exemplo Santa Catarina, Bahia e Minas Gerais.

### **3.2 Estudo da AAI da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai no âmbito da EPE**

A fim de inquirir sobre os estudos realizados no âmbito integrado pela EPE, analisou-se a AAI da Bacia do Rio Uruguai, elaborada em abril do ano de 2007<sup>5</sup>. Os tópicos mais importantes do desenvolvimento foram relatados, considerando que a metodologia reflete maior importância para este trabalho.

A avaliação ambiental integrada dos aproveitamentos hidrelétricos da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai foi publicada em forma de Sumário Executivo. No documento está explícita a necessidade de conhecimento da cumulatividade e sinergia dos impactos dos conjuntos de aproveitamentos hidrelétricos na bacia para as avaliações de viabilidade de novos projetos.

O estudo levantou os empreendimentos em operação; com concessão, em fase inicial de implantação; com concessão, com obras não iniciadas; com concessão e estudos aprovados; com estudos aprovados, leiloados, mas sem concessão; a licitar, com estudos ambientais em elaboração, e; aqueles com inventário final.

A metodologia aplicada contemplou as seguintes etapas: Caracterização, Avaliação Ambiental Distribuída (AAD<sup>6</sup>), Principais Conflitos, Avaliação Ambiental Integrada (AAI) e Diretrizes. A AAI foi abordada como um processo, sendo cada etapa

---

<sup>5</sup> Em 2004, por consequência de um Termo de Compromisso assinado com intuito de dar continuidade ao licenciamento do aproveitamento de Barra Grande, ficou a cargo do Ministério de Minas e Energia (MME) a elaboração de estudo que contemplasse a Avaliação Ambiental Integrada dos aproveitamentos da Bacia do Rio Uruguai, e ao Ministério do Meio Ambiente (MMA) coube a elaboração de Termo de Referência para os estudos de AAI (EPE, 2007), podendo essa metodologia proposta ser adotada como diretriz no desenvolvimento de novos estudos em outras bacias.

<sup>6</sup> Ferramenta útil ao considerar as diferentes tipologias de impactos cumulativos, inclusive sinérgicos, sendo parte integrante em AIAs. É fundamentada na consideração integrada, cumulativa e sinérgica de impactos. Embora útil, não há instruções relativas à forma de como deve ser realizada. O processo mais indicado para sua condução é por meio do AAE, uma vez que o AIA é menos abrangente, embora extenso (CARVALHO, 2014).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 44-66, jan/mar. 2020.

subsidiada pelo resultado das precedentes, consistindo, assim, em um procedimento circular de revisão e aperfeiçoamento.

A caracterização da bacia contemplou um panorama holístico, identificando elementos que mais se destacam na situação atual e suas tendências evolutivas, inclusas suas potencialidades e espaços de gestão ambiental.

A AAD objetivou identificar os indicadores e caracterizar os impactos ambientais por subdivisão da bacia e impactos sinérgicos que extrapolam as subdivisões (EPE, 2007). O relato dos principais conflitos frente aos usos do solo, recursos hídricos, da necessidade de conservação e manutenção dos fluxos gênicos foi primordial. A concepção baseou-se na definição de indicadores ambientais que possam retratar, de forma quantitativa, as interações que ocorrem no meio estudado, conforme hierarquização da Figura 3.

Figura 3 - Hierarquização adotada

<b>Índices</b>	<b>Baixo</b>	<b>Moderado</b>	<b>Relevante</b>	<b>Muito Relevante</b>
Fragilidade e Potencialidade	0 a $\leq$ 0,20	0,21 a $\leq$ 0,50	0,51 a $\leq$ 0,80	0,81 a $\leq$ 1,00

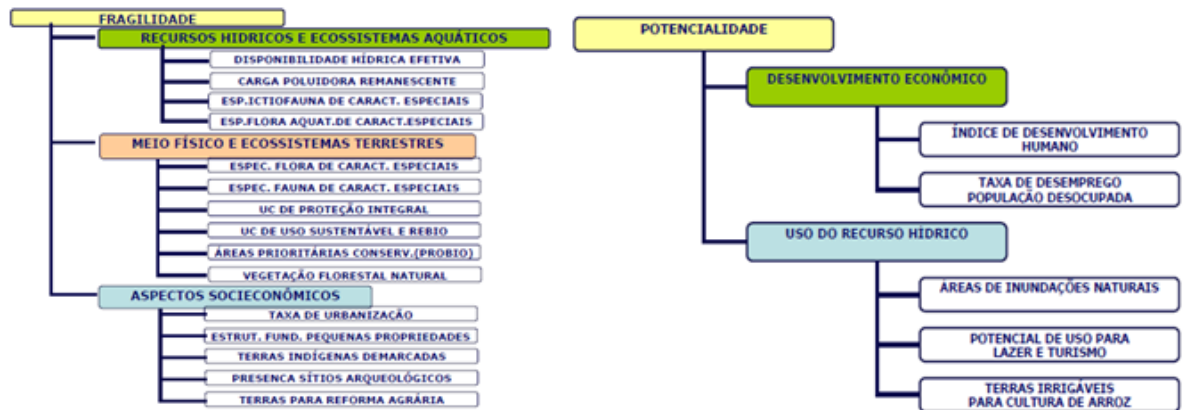
Fonte: EPE, 2007.

Os indicadores de fragilidade foram definidos sobre três linhas temáticas: Recursos Hídricos e Ecossistemas Aquáticos, Meio Físico e Ecossistemas Terrestres e Aspectos Socioeconômicos. Quanto maior este índice, maior a sensibilidade da Unidade Hidrográfica frente ao recebimento dos empreendimentos hidrelétricos.

Quinze indicadores foram utilizados para os cálculos de fragilidade, quatro relacionados aos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, seis para o meio físico e ecossistemas terrestres e cinco para os aspectos socioeconômicos, ilustrados na Figura 4. Os indicadores de potencialidades definiram os temas Desenvolvimento Econômico e Uso dos Recursos Hídricos, destacando o potencial dos usos múltiplos. Buscam retratar a capacidade das regiões em assimilar e/ou se beneficiar de impactos positivos provenientes da implantação de empreendimentos hidrelétricos.



Figura 4 - Índices de Fragilidade e Potencialidade - AAI



Fonte: EPE, 2007.

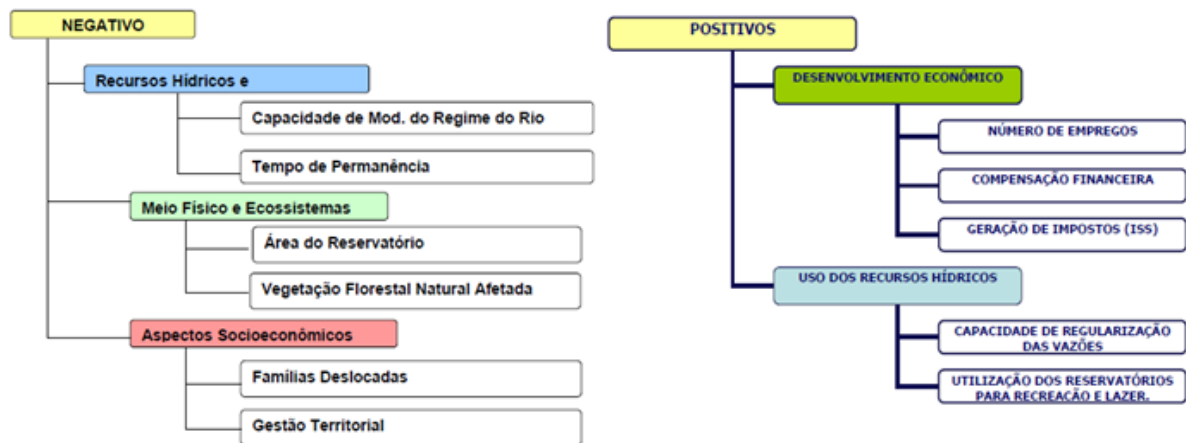
Quanto maior seu valor, então, maior a capacidade da bacia em potencializar os aspectos positivos que resultam das obras e operação de usinas. Esses indicadores relacionaram-se principalmente com os aspectos socioeconômicos da unidade hidrográfica, sendo definidos em cinco termos. Dois abordam questões relativas ao desenvolvimento econômico e três aos usos múltiplos do recurso hídrico, conforme Figura 4.

Os impactos foram segregados em blocos de negativismo e positivismo. Os negativos foram estudados conforme a categorização das fragilidades e, quanto aos positivos, conforme a divisão das potencialidades. Os impactos têm maior efeito conforme a suscetibilidade da bacia, isso é, um impacto negativo tem maior efeito quando recai em uma unidade classificada com maior fragilidade, enquanto que um positivo pode ser melhor aproveitado em um sítio com maior potencialidade para tal.

Em relação aos impactos negativos elencou-se dois indicadores referentes aos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, dois ao meio físico e ecossistemas terrestres e dois aos componentes socioeconômicos (Figura 5).

Os impactos foram escolhidos para possível ajuste em relação as fragilidades, ou seja, o impacto sobre um ambiente com fragilidade mais significativa resulta na ampliação de suas consequências e na sua maior gravidade. O inverso também ocorre.

Figura 5 - Índices de Impacto Negativo e Positivo- AAI



Fonte: EPE, 2007.

Aos impactos positivos, considerou-se precipuamente aqueles que promovem melhorias na arrecadação municipal e nos níveis de emprego. Dessa forma, os aspectos socioeconômicos são os únicos avaliados de forma positiva no estudo. Três indicadores foram utilizados sobre o desenvolvimento econômico, e dois para indicar a utilização dos recursos para recreação e lazer, conforme Figura 5.

O estudo exalta que a interação entre os índices de fragilidade e os impactos negativos possibilita a ampliação ou redução dos efeitos do conjunto de impactos e, da mesma forma, a interação entre os índices de potencialidade e os impactos positivos permite antever onde é possível ampliar os benefícios. As interações podem determinar ajustes nos índices dos impactos, identificando onde os mesmos podem ser minimizados ou maximizados.

Os conflitos foram entendidos como problemas que se agravariam ou surgiriam com a introdução de novos aproveitamentos. Tratam-se de problemas dinâmicos, não necessariamente identificado como impacto causado. O conflito só ocorre se o impacto for identificado e apontado por um membro da sociedade que se encarregue de discutir o mesmo (EPE, 2007). Nessa etapa a participação pública foi fundamental para realização de consultas, com ênfase em uma visão abrangente e local.

Em relação à etapa de AAI, a identificação e avaliação dos efeitos sinérgicos e cumulativos resultantes dos impactos, os quais ocasionados pelos aproveitamentos hidrelétricos em planejamento, construção e operação, foi realizada considerando o uso e conservação da bacia. Os procedimentos metodológicos englobam abordagens

diferenciadas e complementares, de forma que 13 Unidades Hidrográficas segregadas conforme recomendação da Agência Nacional de Águas (ANA) foram reagrupadas em 5 setores (Canoas, Inhandava, Noroeste, Ijuí e Sul). Projeções macroeconômicas e ambientais foram desenvolvidas, permitindo cálculo dos indicadores e a definição de índices futuros. Baseou-se tanto nos cálculos dos índices de impactos como em modelos matemáticos de simulação de operação dos aproveitamentos e modelagem de qualidade da água dos aproveitamentos da bacia. Os demais impactos foram avaliados por processos indutivos de raciocínio e discussão.

Por tratar-se de uma área geográfica considerada grande (174.612 km<sup>2</sup>) não se pode realizar as avaliações com o nível de detalhamento necessário ao licenciamento ambiental de empreendimentos, ou mesmo para o desenvolvimento de seus projetos. Os cenários foram subdivididos em atual (ano de 2005), médio prazo (ano de 2015) e longo prazo (ano de 2025), logo, o desenvolvimento foi modelado para um período de 20 anos. Cada escala temporal contemplou as usinas e suas fases de implantação.

Os índices e indicadores da fase de AAD foram mantidos e calculados para cada cenário. Dessa forma, a cada período o somatório dos indicadores e suas ponderações levaram em conta os empreendimentos instalados a sua época, facilitado pela previsão destes em períodos pretéritos.

A identificação e avaliação dos impactos cumulativos e sinérgicos levaram em conta aspectos ambientais divididos nos três recortes supracitados do meio ambiente, utilizados no trabalho da EPE, que são recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, meio físico e ecossistemas terrestres e socioeconomia. Para os recursos hídricos, levou-se em conta o regime fluvial, águas subterrâneas, qualidade da água, ictiofauna e flora de ambientes marginais e aquáticos. Para o meio físico, a supressão de vegetação, pressão antrópica sobre remanescentes florestais e pressão sobre a fauna foram os aspectos primordiais. Por sua vez, a socioeconomia abordou as interferências no modo de vida, interferência na gestão e organização territorial, desenvolvimento econômico e controle de inundações.

As simulações e modelagens consistiram na simulação de operação dos aproveitamentos hidrelétricos nos três cenários; modelagem da qualidade das águas dos reservatórios e avaliação do efeito sobre o regime de cheias.

Observou-se que a fragilidade tende a aumentar em tempos futuros com relação aos recursos hídricos e ecossistemas aquáticos, potencializando impactos negativos, devido ao maior uso dos recursos e degradação dos ecossistemas. Entre os impactos cumulativos e sinérgicos dos aproveitamentos hidrelétricos neste recorte, destacam-se aqueles referentes à ictiofauna e à qualidade das águas dos reservatórios, relacionando-se com parâmetros físicos, químicos e biológicos.

Por fim, chega-se a termo sobre os principais destaques do estudo:

- O estudo ressaltou a necessidade de avaliar tanto os empreendimentos já instalados como aqueles com prospecção futura;
- A necessidade de um estudo que contemple nível de detalhamento necessário para o licenciamento ambiental e a tomada de decisão;
- A consideração da modificação do padrão meândrico dos rios, tal como ocorre com a inserção sequencial de PCHs;
- O estudo considerou a implantação de apenas UHEs na abordagem de cada Unidade Hidrográfica, fato distante da realidade que abrange inúmeros empreendimentos de menor porte;
- A modelagem consistiu em Simulação de Operação dos Aproveitamentos e Modelagem de qualidade da água dos aproveitamentos da bacia. Os demais impactos foram avaliados por processos indutivos de raciocínio e discussão;
- É mensurável a *intensidade* do impacto em cada zona estudada, considerando suas fragilidades e potencialidades concomitantes aos impactos negativos e positivos;
- Os resultados podem ser utilizados pelos órgãos licenciadores como suporte à avaliação da viabilidade ambiental de cada empreendimento proposto, fornecendo um contexto mais amplo que não é abrangido pelos estudos de impacto ambiental (EIA-RIMA) específicos (EPE, 2007);
- A EPE ainda ressalta, como recomendação geral, a ampliação dos estudos de avaliação ambiental integrada dos aproveitamentos hidrelétricos na bacia, de modo a incorporar não apenas os empreendimentos de grande porte, mas, também as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). Há um grande número de PCHs previstas na bacia do rio Uruguai: 167 usinas, sendo 39 do cenário atual (2005), 69 do cenário de médio prazo (2015) e 59 do cenário de longo prazo (2025) (EPE, 2007).

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 44-66, jan/mar. 2020.

Esses empreendimentos gozam de estatuto diferenciado em vários aspectos, incluindo o sistema de concessão, definição de energia assegurada para comercialização de energia, encargos de transmissão e de compensação financeira. Em particular, as PCHs não integram em forma individualizada o planejamento da expansão do sistema elétrico de geração, e estão, portanto, sujeitas à iniciativa dos empreendedores, que podem gozar dos benefícios tarifários e de financiamento do PROINFA (Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica).

#### **4 CONCLUSÃO**

Diversos impactos estão envolvidos com a prospecção, instalação e operação de Centrais Hidrelétricas. A disponibilidade hidráulica do Brasil e a indução Estatal à adoção de fontes alternativas de energia a fim de complementar o parque hídrico de forma sustentável conduz à preferência e celeridade na implantação de centrais de pequena geração hidrelétrica, como PCHs e CGHs, fatores que dificultam a aferição dos impactos de forma eficaz, comprometendo o alcance de um controle ambiental satisfatório.

Depreende-se a insuficiência das técnicas aplicadas para predição de impactos, destacando o emprego da instrumentalizada Avaliação de Impactos Ambientais, que contempla dificuldades inexoráveis de aplicação. No patamar energético, insere-se a Avaliação Ambiental Integrada, maneira mais holística de predição das condições futuras das bacias hidrográficas. Embora de grande utilidade, a AAI não é obrigação pela legislação federal, não obstante, estados tenham suplementado essa defasagem instituindo-a como obrigação ao procedimento licenciatório.

Critérios claros e definidos democraticamente devem ser considerados no momento de aceitação ou não de um projeto e sua implantação. O grande desafio consiste na constituição de uma AAI simples, eficaz e transparente, fundamental ao processo decisório. O estudo com primazia na avaliação das metodologias aplicadas pela Empresa de Pesquisa Energética na elaboração da AAI da Bacia Hidrográfica do Rio Uruguai permitiu a conclusão concernente à necessidade de ferramentas que contemplem maior nível de detalhamento e incluam projetos de menor porte. Depreende-se que a utilização segura da AAI no suporte à decisão pende de

R. gest. sust. ambient., Florianópolis, v. 9, n. 1, p. 44-66, jan/mar. 2020.

metodologias claras, que promovam entendimento aos diversos setores sociais, transparentes e que contemplem nível de detalhamento primordial para assegurar a sustentabilidade das bacias hidrográficas, a visão integrada dos recursos, respeitos aos usos dissidentes e resolução de conflitos sociais, promovendo a estruturação de projetos mais sustentáveis ecológica e economicamente.

## REFERÊNCIAS

ABBASI, T.; ABBASI, S.A. Small hydro and the environmental implications of its extensive utilization. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 4, p. 2134–2143, 2011.

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

ANDRADE, J.S. de O. **Pequenas centrais hidrelétricas: análise das causas que impedem a rápida implantação de PCHs no Brasil**. Salvador: UNIFACS, 2006.

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

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

BOLEA, M.T.E. **Evaluacion del Impacto Ambiental**. Madri: Fundación MAPFRE. 2.ed. 1989. 609 p.

CARVALHO, D.L.; LIMA, A.V. Metodologias para Avaliação de Impactos Ambientais de Aproveitamentos Hidrelétricos. In: XVI Encontro Nacional dos Geógrafos, 2010, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2010.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 001, de 23 de janeiro de 1986. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1986.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 1997.

DEL RÍO, P.; BURGUILLO, M. An empirical analysis of the impact of renewable energy deployment on local sustainability. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v. 13, p. 1314–1325, 2009.

DIAS, E. G. C. S. **Avaliação de impacto ambiental de projetos de mineração no Estado de São Paulo: a etapa de acompanhamento**. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2001.

EGLER, P. C. G. Perspectiva do Uso da Avaliação Ambiental Estratégica no Brasil. **Parcerias estratégicas**, Brasília, v. 11, 2001.

EPE. Empresa Brasileira de Pesquisa Energética. **Avaliação Ambiental Integrada (AAI) dos aproveitamentos hidrelétricos da bacia do Rio Uruguai**. 2007. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/avaliacao-ambiental-integrada-aii>>. Acesso em: 15 de fev. 2017.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Relatório síntese: ano base 2017**. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: < <http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-303/topico-397/Relatório%20Síntese%202018-ab%202017vff.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2018.

FERREIRA, L. C.; CANTARINO, A. A. A.. Análise do processo de Avaliação de Impactos Ambientais indiretos, cumulativos e sinérgicos nos Estudos de Impacto Ambiental de grandes projetos do PAC. In: VII Congresso Nacional de Excelência em Gestão, 2011, Santa Catarina. **Anais...**Santa Catarina: UFSC, 2011.

GALLARDO, A. L. C. F. et al. Avaliação de impactos cumulativos no planejamento ambiental de hidrelétricas na Bacia do Rio Teles Pires (região amazônica). **Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba, v. 43, p. 22-47, 2017. Edição especial.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

HENNIG, T. et al. Review of Yunnan's hydropower development. Comparing small and large hydropower projects regarding their environmental implications and 221 socioeconomic consequences. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 27, p. 585–595, 2013.

IBAMA. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis. **Nota Técnica n. 08/2012 – CGPEG/DILIC/IBAMA**. Rio de Janeiro, 2012.

MERCEDES, S. S. P.; RICO, J. A. P.; POZZO, L. Y. Uma revisão histórica do planejamento do setor elétrico brasileiro. **Revista USP**, São Paulo, n. 104, p. 13-36, 2015.

OLIVEIRA V. R. S. **Impactos cumulativos na avaliação de impactos ambientais: fundamentação, metodologia, legislação, análise de experiências e formas de abordagem**. São Paulo: Universidade Federal de São Carlos, 2008.

PAGNUSSATT, D. et al. What do local stakeholders think about the impacts of small hydroelectric plants? Using Q methodology to understand diferente perspectives. **Energy Policy**, v.112, p. 372-380, 2018.

ROCHA, K.; GUTIERREZ, M. B. G. P. S.; HAUSER, P. **A remuneração dos investimentos em energia renovável no Brasil – uma proposta metodológica ao Benchmark da UNFCCC para o Brasil**. Rio de Janeiro, 2012.

SÁNCHEZ, L. E. Development of environmental impact assessment in Brazil. **UVP Report, Paderborn**, v. 27, p. 193-200, 2013.

SILVA, A. M.; VIEIRA, R. M. F. Energia eólica: conceitos e características basilares para uma possível suplementação da matriz energética brasileira. **Revista Direito Ambiental e Sociedade**, Caxias do Sul, v.6, n.2, p. 53-76, 2016.

TUCCI, C. E. M.; MENDES, C. A. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2006.

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

ZHANG, Y.; LIU,J.; WANG, L. Changes in water quality in the downstream of Lancangjiang River after the construction of Manwan hydropower station. **Resources and Environment in the Yangtze Basin**, v.14, p. 500-506, 2005.