



Grupo de Estudo de Desempenho Ambiental de Sistemas Elétricos-GMA

Mapeamento de serviços ecossistêmicos como subsídio para a gestão corporativa dos aspectos socioambientais da atividade de geração hidrelétrica

FELIPE DE ALBUQUERQUE SGARBI (1); ALEXANDRE UHLIG (1); PAULO A. DE A. SINISGALLI (2); PABLO BELOSEVICH SOSA (2); WILSON CABRAL DE SOUSA JR (3);
Inst. Acende Brasil (1); IEE (2); ITA (3);

RESUMO

A complexidade e a variedade dos aspectos socioambientais relacionados a usinas hidrelétricas constituem um dos principais desafios que se apresentam a gestores corporativos de empresas que operam este tipo de ativo. No presente informe técnico, é descrita uma metodologia de sistematização destes aspectos com base nos conceitos de externalidade e dependência em relação a serviços ecossistêmicos. Seu objetivo é contribuir para o incremento da efetividade da gestão de hidrelétricas por meio da identificação antecipada de questões de natureza socioambiental que possam demandar medidas de controle de gestores corporativos.

PALAVRAS-CHAVE

Usinas hidrelétricas, serviços ecossistêmicos, externalidades, dependência, gestão corporativa.

1.0 - INTRODUÇÃO

A geração de eletricidade a partir de recursos hídricos, assim como outras atividades que envolvem a operação de ativos de infraestrutura de grande porte, possui elevado grau de complexidade socioambiental. No caso de usinas hidrelétricas, esta complexidade é determinada, principalmente, pela necessidade de construção e manutenção de barragens nos cursos d'água onde potenciais hidráulicos são identificados.

Para lidar com as demandas de natureza socioambiental oriundas desta atividade, empresas estruturam equipes de gestão, que atuam a partir de duas abordagens: uma restrita, focada no local onde seus ativos estão instalados, e outra ampla, que trata a questão do ponto de vista corporativo.

No âmbito da gestão corporativa, os tomadores de decisão responsáveis por usinas hidrelétricas (UHEs) muitas vezes se deparam com situações nas quais o distanciamento em relação à rotina operacional do empreendimento, aliado à falta de previsibilidade em relação a um determinado acontecimento de natureza socioambiental (e.g. mortandade de peixes, um protesto liderado por comunidades impactadas pelo empreendimento, a criação de um novo tributo relacionado a determinado aspecto ambiental), os impedem de adotar ações planejadas com antecedência. Nestas situações, a efetividade das medidas de controle implementadas pode ser prejudicada, com potenciais impactos sobre o meio ambiente e a operação da própria usina.

No contexto dos estudos voltados à conservação ambiental, o conceito dos "serviços ecossistêmicos", entendido como os "serviços e benefícios provindos dos ecossistemas que satisfazem as necessidades humanas"¹, tem sido utilizado, principalmente, em estudos que visam à sua valoração econômica [ver, por exemplo, Gowan *et al.* (2006) e Francisco (2016)]. Contudo, os serviços ecossistêmicos, quando estudados a partir do ponto de vista das "dependências" que uma atividade possui em relação a eles (*i.e.* a relação existente entre uma atividade e os

¹ O conceito associado ao termo "serviços ecossistêmicos" é fluido e enseja uma profícua discussão acadêmica. No âmbito do presente trabalho, esta definição é suficiente para abarcar as complexidades ambientais observadas na atividade de geração hidrelétrica. Para mais informações sobre o tema, ver Ainscough *et al.* (2019).

serviços ecossistêmicos utilizados como insumos básicos para que ela seja desempenhada), e das “externalidades” que uma atividade gera sobre eles (*i.e.* efeitos, sejam eles positivos ou negativos, decorrentes de uma atividade que incidem sobre os serviços ecossistêmicos), também são úteis para sistematizar as interfaces existentes entre atividades produtivas e os atributos socioambientais dos locais onde elas se inserem.

O objetivo deste trabalho é contribuir para o incremento da efetividade da gestão dos aspectos socioambientais relacionados à geração hidrelétrica por meio da identificação antecipada de questões de natureza socioambiental que possam demandar medidas de controle de gestores corporativos. Para atingi-lo, apresenta-se um levantamento das dependências e externalidades ambientais sobre serviços ecossistêmicos realizado a partir da percepção dos gestores de seis hidrelétricas em operação no Brasil.

Este informe técnico foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) (PD-07267-0017/2018) com recursos da empresa Porto de Pecém Geração de Energia S/A. O Instituto Acende Brasil e a Universidade de São Paulo são as entidades executoras.

Compõem este informe técnico três seções, além desta Introdução. Na Seção 2, é descrita a metodologia adotada. Na Seção 3, são apresentados e discutidos os resultados atingidos. Por fim, na Seção 4, traçam-se as conclusões do estudo.

2.0 - METODOLOGIA

A seguir, são descritos os procedimentos metodológicos adotados para a elaboração deste trabalho.

2.1 Amostra

As análises abrangem seis UHEs (cujas características são apresentadas na Tabela 1) e dizem respeito à fase de operação dos empreendimentos. O foco do trabalho é discutir a relação entre UHEs e as suas externalidades e dependências em relação a serviços ecossistêmicos, independentemente de suas especificidades. São apresentados estudos de caso ilustrativos e diversificados que contribuem para que gestores corporativos desenvolvam análises das UHEs sob suas responsabilidades.

TABELA 1 – Usinas analisadas

Identificação	Potência instalada (MW)	Localização (região)	Início de operação (década)
1	100,0 – 200,0	Sudeste	1970
2	200,0 – 300,0	Norte	2010
3	300,0 – 400,0	Norte	2010
4	400,0 – 500,0	Norte	2000
5	700,0 – 800,0	Centro-Oeste; Norte	2010
6	900,0 – 1000,0	Norte	2000

2.2 Serviços ecossistêmicos

A identificação das dependências e externalidades associadas a serviços ecossistêmicos no contexto da geração hidrelétrica iniciou-se com a análise das revisões bibliográficas sobre o tema elaboradas por MPSP (2011) e Reid *et al.* (2003). Com base nestes documentos, foi elaborada uma lista de 26 serviços ecossistêmicos, divididos em 4 grupos (Tabela 2).

TABELA 2 – Serviços ecossistêmicos analisados

Grupo	Serviço ecossistêmico	Descrição
Suporte	Ciclo da água	Movimento contínuo e cíclico da água que envolve a evaporação, precipitação e os diferentes corpos d'água como rios, reservatórios naturais e oceanos.
	Provisão de habitat	Oferta das condições funcionais e estruturais necessárias para a permanência do conjunto de espécies típicas de um determinado local.
	Formação e retenção de solo	Processo de intemperismo geológico que, aliado ao aporte de matéria orgânica por meio da decomposição, culmina na formação dos diferentes tipos de solo. A retenção do solo é propiciada pela cobertura vegetal, que impede o seu carreamento para as bacias de drenagens.
	Produção de oxigênio atmosférico	Resultado do processo de fotossíntese dos organismos vegetais, resultando na liberação de oxigênio para a atmosfera.
	Produtividade primária	Assimilação de energia e nutrientes por organismos autótrofos, resultando na produção de biomassa.
	Ciclagem de nutrientes	Processos ecológicos a partir dos quais se obtém a oferta adequada e equilibrada de nutrientes necessários para a vida, tais como fósforo, potássio e nitrogênio.
Serviços de provisão	Fibras e alimentos	Inclui os produtos alimentícios derivados de plantas, animais e microrganismos, além de materiais como madeira, lã, juta, seda.
	Água	Oferta de recurso hídrico em estruturas do meio físico, tais como bacias hidrográficas e aquíferos.
	Combustíveis renováveis (biomassas sólidas)	Recursos energéticos como lenha, resíduos florestais, esterco e demais tipos de biomassas sólidas.
	Recursos minerais	Recursos minerais tais como carvão mineral, minérios, petróleo e gás natural.
	Compostos bioquímicos, medicamentos naturais e farmacêuticos	Medicamentos, biocidas e outros compostos químicos derivados dos seres vivos que compõem o ecossistema.
	Recursos genéticos	Inclui os genes e informações genéticas usadas para criação de animais e plantas e biotecnologia.
Serviços de regulação	Recursos ornamentais	Produtos da natureza, como peles, conchas e flores, que possuem valor estético e podem ser utilizados como ornamentos.
	Manutenção da qualidade do ar	Participação na dinâmica de extração e lançamentos de diferentes tipos de compostos químicos na atmosfera.
	Regulação do clima	Influência dos ecossistemas sobre o clima local (e.g. precipitação e temperatura) e global (emissão e absorção de gases do efeito estufa).
	Purificação da água e tratamento de resíduos orgânicos	Ecossistemas podem ajudar a filtrar e decompor resíduos orgânicos lançados em corpos d'água e assimilar e desintoxicar compostos por meio do solo.
	Regulação da água (mitigação de enchentes)	Papel dos ecossistemas na capacidade de retenção e acúmulo de água em estruturas do meio físico, evitando ou diminuindo a magnitude de cheias de rios.
	Controle de erosão	Papel desempenhado pela cobertura vegetal na retenção de solo e prevenção de deslizamentos de terra.
	Controle biológico	Interações nas comunidades bióticas que atuam como forças restritivas para controlar populações de espécies invasoras e pragas.
	Polinização	Processo de reprodução vegetal por meio da transferência, normalmente por insetos, de grãos de pólen das anteras (órgão masculino) para o estigma (órgão feminino) de uma mesma flor ou de flores distintas.
Serviços culturais	Regulação de doenças humanas	Interações nas comunidades bióticas que atuam como forças restritivas para controlar populações de vetores de doenças humanas.
	Valores espirituais e religiosos	Ambientes naturais representativos de valores, crenças e normas que um grupo de pessoas compartilha.
	Lazer, ecoturismo e práticas esportivas	Ambientes naturais utilizados para lazer, turismo e práticas esportivas como escalada, natação, vela, rafting etc.
	Valor educacional	Utilização dos ecossistemas e seus componentes e processos como base para a educação formal e informal em muitas sociedades.
	Herança cultural	Paisagens historicamente importantes, espécies culturalmente significativas ou locais aos quais pessoas possuem forte relação sentimental.
	Beleza cênica / inspiracional	Valor estético dos ambientes naturais (e.g. símbolos nacionais) e as diferentes formas de expressões artísticas e folclóricas que podem derivar disto.

Fonte: Modificado a partir de MPSP (2011) e Reid *et al.* (2003).

2.3 Dependências e externalidades ambientais associadas a UHEs

A partir da relação de serviços ecossistêmicos apresentada na Tabela 2, os gestores e/ou os responsáveis pela área de meio ambiente das UHEs constantes da Tabela 1 foram entrevistados quanto às relações de dependência e externalidades de suas respectivas UHEs sobre serviços ecossistêmicos. As entrevistas foram sucedidas de visitas técnicas para validação das informações discutidas.

3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Serviços ecossistêmicos

Nos itens a seguir, são apresentadas as dependências e externalidades positivas e negativas sobre serviços ecossistêmicos identificadas a partir da análise da operação e da percepção dos gestores das UHEs listadas na Tabela 1. Em função de sua natureza, o grupo de serviços ecossistêmicos “Suporte” não foi alvo de avaliação. Conforme o seu nome sugere, este grupo constitui a base de sustentação dos demais grupos de serviços ecossistêmicos, a sua inclusão na análise poderia tornar os resultados do trabalho redundantes. Por exemplo, o serviço “Ciclo da água” (do grupo “Suporte”) suporta o serviço “Água” (do grupo “Provisão”). Neste caso, apenas ao serviço “Água”, situado no que seria a “ponta” da cadeia de fenômenos naturais que resulta na disponibilidade hídrica utilizada pelas UHEs, foi atribuída a relação de dependência.

3.1.1. Dependências

Na Tabela 4 são apresentadas as dependências em relação aos serviços ecossistêmicos identificados.

TABELA 4 – Dependências em relação a serviços ecossistêmicos identificadas a partir da análise da fase de operação de UHEs

Categoria	Serviço ecossistêmico	UHE					
		1	2	3	4	5	6
Provisão	Água	x	x	x	x	x	x
Regulação	Controle de erosão	x	x	x	x	x	x

As informações constantes da Tabela 4 indicam que a operação de UHEs é marcada pela homogeneidade quanto às dependências em relação a serviços ecossistêmicos. Independentemente do porte e da localização, todos os empreendimentos hidrelétricos avaliados dependem dos serviços de provisão de “Água” e de “Controle de erosão”, conforme descrito a seguir.

- *Dependência em relação a provisão de “Água”* – Usinas hidrelétricas dependem da disponibilidade hídrica da bacia em que elas estão instaladas para operar. Em situações de escassez hídrica, a capacidade de geração da UHE é comprometida.
- *Dependência em relação a “Controle de erosão”* – Processos erosivos localizados nas margens do reservatório e nos trechos da bacia hidrográfica à montante de uma UHE contribuem para o seu assoreamento, podendo reduzir o potencial de geração do aproveitamento hidrelétrico. O controle exercido pelos ecossistemas sobre estes processos é importante para a manutenção da capacidade de geração de uma UHE.

3.1.2. Externalidades positivas

Na Tabela 5 são apresentadas as externalidades ambientais positivas em relação aos serviços ecossistêmicos identificados.

TABELA 5 – Externalidades positivas sobre serviços ecossistêmicos identificadas a partir da análise da fase de operação de UHEs

Categoria	Serviço ecossistêmico	UHE					
		1	2	3	4	5	6
Provisão	Fibras e alimentos			x			
	Água	x			x		x
	Combustíveis renováveis (biomassas sólidas)	x					
	Recursos genéticos	x	x	x	x	x	x
Regulação	Regulação da água (mitigação de enchentes)	x			x		x
	Controle de erosão	x	x	x	x	x	x
Culturais	Lazer, ecoturismo e práticas esportivas		x		x		x
	Valor educacional	x		x			x
	Beleza cênica / inspiracional						x

Diferentemente do que foi observado no caso das dependências (Seção 3.1.1), o levantamento não revelou um padrão quanto às externalidades positivas sobre serviços ecossistêmicos associadas à operação de UHEs. Das nove externalidades positivas identificadas, apenas duas – provisão de “Recursos genéticos” e “Controle de erosão” – foram observadas em todas as UHEs avaliadas. Nos itens a seguir, são descritas as externalidades positivas constantes da Tabela 5.

- *Externalidade positiva sobre a provisão de “Fibras e alimentos”* – Esta externalidade foi observada em apenas uma das UHEs estudadas e está associada a condições geográficas e topográficas altamente específicas. Nos períodos em que há vertimento de água na UHE, uma área de terreno localizada imediatamente a jusante do seu vertedouro – e que permanece seca nos períodos em que não há vertimento - é coberta por água. Quando o vertimento é interrompido, várias poças se formam no local - que possui superfície irregular e pedregosa. Nestas poças acumulam-se peixes que transitavam pelo local no momento em que este encontrava-se submerso. Quando isto ocorre, os moradores do entorno são informados e se dirigem ao local para coletar, com o propósito de alimentação, os peixes que se encontram nas poças. Este fenômeno ocorre cerca de uma vez ao ano.
- *Externalidade positiva sobre a provisão de “Água”* – Muitos reservatórios de UHEs facilitam a captação de água. Diferentemente do que ocorre em um rio não barrado, cujo nível d’água pode apresentar variações sazonais significativas, a variação máxima do nível do reservatório das UHEs associadas a esta externalidade não ultrapassa 2 metros. A maior previsibilidade quanto ao nível da água facilita a instalação e operação de bombas e tubulações, que não precisam ter a sua localização alterada por longas distâncias ao longo do ano. Além dos aspectos operacionais da usina, a identificação desta externalidade está associada a locais onde há oferta escassa de recursos hídricos e atividades econômicas que demandam quantidades significativas de água - como é o caso da agricultura e núcleos urbanos próximos.
- *Externalidade positiva sobre a provisão de “Combustíveis renováveis (biomassas sólidas)”* – Assim como no caso da externalidade sobre a provisão de “Fibras e alimentos”, esta externalidade foi observada apenas em uma UHE e associa-se às condições do entorno do reservatório e da sua bacia hidrográfica. Neste caso, as grades que protegem a tomada d’água da usina contra detritos são limpas sempre que se detecta o acúmulo excessivo de material no seu entorno. O material lenhoso resultante desta limpeza – cerca de 40 m³ de galhos e troncos a cada semestre – é doado para empresas e pessoas físicas, aumentando a oferta de biomassa sólida na região.
- *Externalidade positiva sobre a provisão de “Recursos genéticos”* – Esta externalidade positiva foi observada em todas as UHEs avaliadas e está associada à área de preservação permanente (APP) dos seus reservatórios, que constitui *habitat* para diferentes espécies de animais, vegetais e outros seres vivos. Além disto, há uma UHE que conduz um programa de educação ambiental que tem contribuído para o crescimento da população de “Arara-azul grande” (*Anodorhynchus hyacinthinus*) - espécie que já constou da lista de espécies ameaçadas de extinção do Brasil (Rosa, 2016)² - na sua região de inserção.
- *Externalidade positiva sobre a “Regulação da água (mitigação de enchentes)”* – Apesar de se caracterizarem como UHEs a fio d’água, ou seja, sem capacidade de armazenamento de água, os reservatórios das UHEs nas quais esta externalidade foi identificada pode apresentar certa variação do nível da água (não excedendo 2 metros). Essa potencial variação contribui para regularizar a vazão do rio em que ela se insere e, assim, diminuir a magnitude de eventuais enchentes à jusante da barragem.
- *Externalidade positiva sobre o “Controle de erosão”* – Esta externalidade também foi observada em todas as UHEs amostradas e, assim como a externalidade positiva sobre recursos genéticos, está associada à APP por elas mantidas, que contribui para a atenuação do processo de carreamento de sedimentos para os seus reservatórios.
- *Externalidade positiva sobre “Lazer, ecoturismo e práticas esportivas”* – Os reservatórios das UHEs associadas a esta externalidade são utilizados para atividades que não eram desempenhadas antes delas serem construídas. São exemplos destas atividades: passeios de barco (a motor e a vela) e *jet-ski*; pesca esportiva; e competição de natação.
- *Externalidade positiva sobre “Valor educacional”* – As UHE associadas a esta externalidade recebem visitas escolares durante as quais os alunos são ensinados sobre a operação da usina e a sua relação com o rio e a sua bacia hidrográfica. Caso a UHE não tivesse sido construída, essas visitas não seriam organizadas e, conseqüentemente, os processos naturais do curso d’água seriam discutidos apenas em sala de aula.

² De acordo com a *International Union for Conservation of Nature* – IUCN (União Internacional para a Conservação da Natureza, organização não governamental de atuação global focada na preservação da biodiversidade), a Arara-Azul Grande possui status de conservação “vulnerável” (IUCN, 2019).

- *Externalidade positiva sobre “Beleza cênica / inspiracional”* – O reservatório da UHE associada a esta externalidade é considerado um ponto turístico do núcleo urbano ao longo do qual ele se estende em função da sua beleza cênica.

3.1.3. Externalidades negativas

Na Tabela 6 são apresentadas as externalidades ambientais negativas em relação aos serviços ecossistêmicos identificados.

TABELA 6 – Externalidades negativas sobre serviços ecossistêmicos identificadas a partir da análise da fase de operação de UHEs.

Categoria	Serviço ecossistêmico	UHE					
		1	2	3	4	5	6
Provisão	Fibras e alimentos	x		x	x		
	Água				x		
	Recursos Minerais					x	
	Recursos genéticos	x	x	x	x	x	x
Regulação	Purificação da água e tratamento de resíduos orgânicos	x					x
	Controle de erosão	x	x		x		x
	Controle biológico	x			x		
Culturais	Lazer, ecoturismo e práticas esportivas			x	x	x	
	Valores espirituais e religiosos					x	
	Beleza cênica / inspiracional			x			

Assim como no caso das externalidades positivas, este levantamento não revelou um padrão quanto às externalidades negativas sobre serviços ecossistêmicos associadas à operação de UHEs. Das 11 externalidades identificadas, apenas uma – provisão de “Recursos genéticos” – foi observada em todas as UHEs avaliadas. Nos itens a seguir, são descritas as externalidades negativas constantes da Tabela 6.

- *Externalidade negativa sobre a provisão de “Fibras e alimentos”* – A operação das UHEs associadas a esta externalidade afeta a diversidade e a quantidade do pescado disponível no trecho do rio em que elas estão instaladas. Isto ocorre tanto em função da interrupção, pela barragem, do fluxo migratório da ictiofauna (rio acima ou abaixo, dependendo do período do ano), como da transformação do trecho do rio ao longo do qual o reservatório se estende em um ambiente lântico. A quantidade de pescado pode não ser necessariamente menor, mas pescadores locais por vezes possuem predileção pelas espécies que se tornam menos abundantes e encontram maior dificuldade de capturá-las. Além disso, o fenômeno de acúmulo de peixes nas poças formadas após o vertimento, observado em uma UHE e descrito na seção anterior³, pode acarretar a morte de peixes. Apesar do aviso à população localizada no entorno da usina sobre a possibilidade de coleta dos peixes aprisionados e da realização de ações de resgate e devolução destes ao rio, podem ocorrer mortes de indivíduos que permanecem demasiado tempo nas poças.
- *Externalidade negativa sobre a provisão de “Água”* – Esta externalidade foi verificada em uma UHE e está associada a dificuldades enfrentadas por produtores agrícolas situados a jusante da UHE, de captação de água em função do regime de operação da usina. Diferentemente do que ocorre no reservatório, o trecho do rio a jusante da usina apresenta variações recorrentes do seu nível d’água, o que exige uma gestão ativa e permanente da infraestrutura de captação de água.
- *Externalidade negativa sobre a provisão de “Recursos minerais”* – Esta externalidade foi observada em apenas uma das UHEs estudadas. Neste caso, a formação do reservatório, aliada à fiscalização das atividades econômicas nele desenvolvidas, resultaram no deslocamento de garimpeiros de ouro que antes atuavam na região do reservatório para o trecho a jusante da usina.
- *Externalidade negativa sobre “Recursos genéticos”* – Esta externalidade foi observada em todas as UHEs amostradas. A barragem de uma UHE constitui barreira intransponível para a fauna aquática, resultando na divisão das populações locais em grupos localizados a jusante e a montante da usina. Uma vez que os indivíduos da mesma espécie que se encontram separados pela barragem são impedidos de reproduzirem-se entre si, observa-se uma redução da diversidade genética destas populações, causando potenciais impactos negativos para a preservação das espécies no longo prazo. Diferentes espécies da ictiofauna local, além de quelônios e botos (dependendo do local onde a usina se localiza) estão sujeitas a esta externalidade.

³ Ver Item: *Externalidade positiva sobre a provisão de “Fibras e alimentos”*

- *Externalidade negativa sobre a "Purificação da água e tratamento de resíduos orgânicos"* – Esta externalidade foi identificada nas duas UHEs cujos reservatórios se localizam próximos de áreas urbanas e que, em função disto, estão sujeitas a receber lançamento de resíduos orgânicos não tratados previamente. A transformação do trecho lótico do rio em ambiente lêntico prejudica a capacidade do curso d'água depurar resíduos orgânicos nele lançados, podendo causar a deterioração de parâmetros de qualidade da água.
- *Externalidade negativa sobre o "Controle de erosão"* – as margens do reservatório de uma UHE estão sujeitas à formação processos erosivos, que demandam ações contínuas de monitoramento e mitigação. Em algumas situações as margens localizadas a jusante do reservatório também estão sujeitas à formação de processos erosivos associados à UHE.

Externalidade negativa sobre o "Controle biológico" – As características físico-químicas da água dos reservatórios de duas das UHEs estudadas propiciam a ocorrência de macrófitas consideradas invasoras (e.g. espécies pertencentes aos gêneros *Pistia* e *Salvinia*). Tais espécies normalmente não ocorrem em trechos livres do rio.

- *Externalidade negativa sobre "Lazer, ecoturismo e práticas esportivas"* – Esta externalidade está associada a diferentes tipos de interações entre as UHEs estudadas e os seus entornos imediatos. Em um dos casos, a UHE localiza-se a poucos metros a montante de uma cachoeira visitada pela população local. Apesar de a usina garantir uma afluência mínima para a cachoeira, os visitantes do local indicam que ela não apresenta os mesmos atributos estéticos que apresentava antes da implantação da UHE. Esta mesma usina constitui uma barreira para as embarcações que transitam pelo rio. Para transpô-la, os navegadores que transitam por este trecho do curso d'água atracam em um ponto em que a barragem é perpassada por uma rocha (ponto utilizado como uma espécie de porto) e carregam suas embarcações para o trecho a montante ou a jusante do reservatório (dependendo da sua origem). Além de aumentar o tempo de viagem, esta operação impõe restrições ao tamanho das embarcações passíveis de serem utilizadas naquele trecho do rio, gerando impactos adicionais àqueles utilizam barcos para o transporte de produtos extrativistas.
Em outro caso, o rio onde a usina se insere é um destino turístico procurado por praticantes de pesca esportiva, que vão ao local em busca de diferentes espécies de peixes que habitam os seus trechos lóticos. Contudo, a formação do reservatório da UHE, ambiente tipicamente lêntico, reduziu a área de ocorrência desses peixes, fazendo com que a atividade de pesca esportiva fosse deslocada para outro ponto do rio.
Por fim, o reservatório de uma terceira UHE apresenta proliferação de macrófitas, que se concentram em praias fluviais existentes no entorno do reservatório, interferindo na utilização destes pontos turísticos.
- *Externalidade negativa sobre "Valores espirituais e religiosos"* – Esta externalidade está associada a apenas uma UHE, cujo reservatório inundou - e, portanto, tornou inacessível – um ponto do rio considerado sagrado por comunidades tradicionais presentes na região da usina.
- *Externalidade negativa sobre "Beleza cênica / inspiracional"* – Esta externalidade está associada à mesma UHE cuja instalação afetou a quantidade de água em uma cachoeira, conforme descrito anteriormente.

4.0 - CONCLUSÕES

Os aspectos socioambientais relacionados a UHEs são considerados elementos prioritários no âmbito corporativo de empresas que operam ativos de geração de eletricidade. A importância atribuída a este tema advém do reconhecimento de que ele embute riscos que podem acarretar impactos negativos sobre o meio ambiente e a sociedade e, em última instância, acarretar a paralisação das atividades produtivas. Os resultados do presente informe técnico indicam que, enquanto uma parcela relativamente pequena destes riscos se distribui de forma uniforme entre as UHEs estudadas, a maior parte deles guarda relação com aspectos específicos do entorno imediato destes empreendimentos.

Os aspectos socioambientais de distribuição homogênea estão associados, principalmente, às dependências em relação a serviços ecossistêmicos (mais especificamente, a provisão de água e o controle de erosão). Além destas, as externalidades positivas relacionadas à manutenção das APPs dos reservatórios e a externalidade negativa sobre os recursos genéticos da fauna aquática também foram observadas em toda as UHEs estudadas. Estes resultados indicam que os gestores responsáveis pela operação de UHEs devem incorporar às suas estratégias de gestão os riscos e oportunidades associados a estes aspectos, independentemente do contexto socioambiental no qual as usinas se inserem.

Diferentemente, a grande maioria das externalidades positivas e negativas associadas à operação de UHEs reflete o conjunto de características socioeconômicas da região de localização das usinas e, portanto, apresentam

elevado grau de variação. Neste caso, os resultados apontam para a necessidade de se conduzir levantamentos específicos, de forma a subsidiar estratégias de gestão aplicáveis a cada empreendimento.

A análise das externalidades e dependências em relação a serviços ecossistêmicos apresentada neste informe técnico constitui uma forma de sistematizar as interfaces socioambientais de UHEs, possibilitando a identificação de padrões e especificidades na relação entre ativos de geração e o meio ambiente. A incorporação desta técnica às rotinas de gestão corporativa pode conferir maior previsibilidade aos gestores, tornando-os mais propensos a identificar oportunidades e minimizar riscos relacionados aos aspectos socioambientais de hidrelétricas.

5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AINSCOUGH, J., VRIES, A. DE, METZGER, M., ROUNSEVELL, M., SCHRÖTER, M., DELBAERE, B., GROOT, R. DE, STAES, J., 2019. Navigating pluralism: Understanding perceptions of the ecosystem services concept. *Ecosyst. Serv.* 36. doi:10.1016/j.ecoser.2019.01.004

FRANCISCO, J.C.R. de, 2016. Payments for Ecosystem Services and the Water-Energy-Food Nexus (No. 4), Nexus Brief.

GOWAN, C., STEPHENSON, K., SHABMAN, L., 2006. The role of ecosystem valuation in environmental decision making: Hydropower relicensing and dam removal on the Elwha River. *Ecol. Econ.* 56, 508–523. doi:10.1016/j.ecolecon.2005.03.018

IUCN - International Union for Conservation of Nature, 2019. The IUCN Red List of threatened species [WWW Document]. URL <https://www.iucnredlist.org/>

MPSP - Ministério Público do Estado de São Paulo, 2011. Relatório do grupo de trabalho – Ato PGJ nº 36/2011.

REID, W. V., MOONEY, H.A., CROPPER, A., CAPISTRANO, D., CARPENTER, S.R., CHOPRA, K., DASGUPTA, P., DIETZ, T., DURAIAPPAH, A.K., HASSAN, R., KASPERSON, R., LEEMANS, R., MAY, R.M., MCMICHAEL, T. (A. J., PINGALI, P., SAMPER, C., SCHOLLES, R., WATSON, R.T., ZAKRI, A.H., SHIDONG, Z., ASH, N.J., BENNETT, E., KUMAR, P., LEE, M.J., RAUDSEPP-HEARNE, C., SIMONS, H., THONELL, J., ZUREK, M.B., 2003. Ecosystems and Human Well-being - a framework for assessment. doi:10.1007/s13398-014-0173-7.2

ROSA, J.M., 2016. Arara Azul - Carajás. Nitro.

6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS



Felipe de Albuquerque Sgarbi. Bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) (2007); Mestre (2013) e Doutor (2018) em Energia pela Universidade de São Paulo (USP). Pesquisador do Instituto Acende Brasil desde 2014. Primeiro colocado no "Prêmio Vale-Capes de Ciência e Sustentabilidade" (mestrado; categoria "Tecnologias socioambientais, com ênfase no combate à pobreza"; edição 2015).

Alexandre Uhlig. Bacharel e Licenciado em Física pela Universidade de São Paulo (USP) (1990); Mestre (1995) e Doutor (2008) em Energia pela USP. Diretor de Assuntos Socioambientais e Sustentabilidade no Instituto Acende Brasil desde 2006. Gerenciou o Departamento de Meio Ambiente da Companhia Energética de São Paulo (CESP), onde acompanhou a implantação de empreendimentos, projetos sociais e ambientais durante 15 anos.

Pablo Ricardo Belosevich Sosa. Bacharel em Gestão Ambiental (2010); Mestre (2018) e Doutorando em Ciência Ambiental pela Universidade de São Paulo (USP). Pesquisador pela USP e consultor ambiental desde 2011. Auditor líder nas normas ISO de meio ambiente, segurança e qualidade com experiência no setor de sustentabilidade corporativa, relatórios de sustentabilidade e implementação e auditoria de sistemas de gestão ambiental.

Wilson Cabral de Sousa Júnior, Oceanólogo, Mestre em Sensoriamento Remoto, Doutor em Economia. Professor Associado do Instituto Tecnológico de Aeronáutica desde 1998. Pesquisador CNPq, autor dos livros "Gestão das águas no Brasil: reflexões, diagnósticos e desafios", "Rio Purus: águas, território e sociedade na Amazônia Sul-

Ocidental" e "Uso eficiente da água em aeroportos", dentre outros.

Paulo Antonio de Almeida Sinisgalli, Engenheiro Civil e Sanitarista, Mestre em Ciência Ambiental (USP), Doutor em Economia Aplicada. Professor Livre Docente pela Universidade de São Paulo do curso de Gestão Ambiental e nos programas de pós-graduação em Ciência Ambiental e Modelagem de Sistemas Complexos. Desenvolve pesquisa nas áreas de Serviços Ecossistêmicos, Economia Ecológica e Gestão de Recursos Hídricos.