



**XXIV SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE ENERGIA ELÉTRICA**

CB/GEC/03

22 a 25 de outubro de 2017  
Curitiba - PR

**GRUPO – XVI**

**GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS EMPRESARIAIS E DE GESTÃO CORPORATIVA - GEC**

**ANÁLISE SOCIOECONÔMICA E AMBIENTAL DA IMPLANTAÇÃO DE HIDRELÉTRICAS**

**Alexandre Uhlig de Oliveira (\*)**  
Instituto Acende Brasil

**Felipe de A. Sgarbi**  
Universidade de São Paulo

**Amanda Salles Praia**  
Universidade de São Paulo

**Joaci Lima Oliveira**  
Instituto Acende Brasil

**Patrícia Guardabassi**  
Instituto Acende Brasil

**Eduardo Müller-Monteiro**  
Instituto Acende Brasil

**RESUMO**

Usinas hidrelétricas (UHEs) são as principais responsáveis pela geração da eletricidade consumida no Brasil. Apesar da sua extrema relevância para a estabilidade do sistema elétrico, o debate sobre a sustentabilidade desta alternativa de geração elétrica se baseia, muitas vezes, em informações sem confirmação científica. Com o intuito de qualificar o debate sobre o tema e possibilitar que a tomada de decisão sobre a viabilidade socioeconômica e ambiental de UHEs ocorra sobre bases robustas, este estudo apresenta uma análise econométrica sobre o efeito das diferentes etapas de implementação de UHEs sobre os municípios abrangidos por estes empreendimentos.

**PALAVRAS-CHAVE**

Usinas hidrelétricas, impacto ambiental, geração elétrica, licenciamento ambiental, reservatórios.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O setor energético, em especial o segmento de eletricidade e calor, é a principal fonte global de emissões de gases do efeito estufa (GEEs) (1). Diante da crescente mobilização internacional em relação às mudanças climáticas, fontes renováveis de eletricidade têm sido priorizadas ao redor do mundo. Cenários globais indicam que essas tecnologias capitanearão o incremento da capacidade instalada de geração elétrica no médio e longo prazos (2). Neste contexto, UHEs se destacam por serem a principal fonte renovável em termos de capacidade instalada global (3). Apesar da sua relevância diante dos esforços de mitigação das emissões de GEEs, os potenciais impactos socioeconômicos e ambientais decorrentes do planejamento, instalação e operação de UHEs têm sido objetos de intenso debate (4–7).

No Brasil, o setor elétrico, desde a sua origem, tem UHEs como seu principal pilar de sustentação. Em 2014, o país ocupava o terceiro lugar nas listas de países com maiores produção hidrelétrica e capacidade instalada em UHEs (373 TWh e cerca de 90 GW, respectivamente) (8). Embora significativo, o potencial hidráulico atualmente explorado corresponde a apenas 1/3 do total estimado (9), sendo que a grande maioria do remanescente se concentra na Amazônia (10). Apesar da longa tradição de aproveitamento dos recursos hídricos para geração elétrica, a recente intensificação desta atividade na Amazônia tem revigorado o debate sobre impactos de UHEs no Brasil (11–13).

De modo geral, estudos focados nos impactos socioeconômicos e ambientais de UHEs no Brasil se fundamentam em um ou poucos estudos de caso (e.g. 14–16). Se, por um lado, abordagens locais possibilitam uma avaliação mais precisa dos efeitos específicos decorrentes das usinas estudadas, o foco restrito em um número limitado de experiências não contribui efetivamente para a elucidação dos efeitos combinados, interdependentes e sinérgicos de UHEs em planejamento, construção e operação no país. Nos últimos anos, os planos de implantação de novos projetos de UHEs, em especial aqueles com reservatórios, têm sofrido restrições em função da percepção negativa da sociedade quanto ao desempenho socioambiental desta fonte de geração elétrica (9).

Com o intuito de contribuir para o debate a respeito dos impactos decorrentes do aproveitamento do potencial hidrelétrico no Brasil, este estudo apresenta uma análise sobre os impactos socioeconômicos e ambientais das fases de planejamento, construção e operação de UHEs sobre os municípios em que elas se inserem. Este artigo foi desenvolvido no âmbito do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (PEE) regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) (PD-0678-0214-2014) com recursos das empresas EDF Norte Fluminense, Energest, Foz do Chapecó Energia, Itá Energética, Engie e AES Tietê. O Instituto Acende Brasil é a entidade executora.

## 2.0 - METODOLOGIA

### 2.1. Seleção dos municípios e indicadores analisados

O objetivo deste trabalho é avaliar os impactos socioeconômicos e ambientais de UHEs a partir de uma perspectiva ampla e abrangente. Definiu-se que, de acordo com a disponibilidade de indicadores, o maior número possível de UHEs seria incluído na análise. Assumindo-se, portanto, que o principal elemento limitante da definição da abrangência do estudo é a existência de informações, a identificação dos indicadores potencialmente incluídos no estudo configurou a primeira fase da metodologia. Após esta definição, identificaram-se os municípios que, durante o período coberto pelos dados disponíveis, estiveram sujeitos a alguma etapa de implementação de UHEs.

#### 2.1.1 Indicadores de impactos socioeconômicos e ambientais

A pesquisa por informações resultou na identificação de 38 variáveis, coletadas em nível municipal, que representavam dimensões potencialmente impactadas por UHEs. Entretanto, algumas dessas variáveis apresentaram significativa quantidade de valores nulos (o suficiente para impedir a sua inserção isolada nos modelos) e, em função disto, tiveram que ser analisadas em conjunto, na forma de indicador. As três variáveis pertencentes ao eixo temático "Atividade Econômica" foram analisadas tanto agregadamente como para cada setor da economia (1º, 2º e 3º). No total, 26 indicadores, divididos em seis eixos temáticos, foram analisados. O período de análise das informações varia de acordo com a variável de interesse, mas permanece no intervalo de 23 anos compreendido entre 1991 e 2014. Na Tabela 1 são apresentadas as informações sobre os indicadores abrangidos pelo estudo.

TABELA 1 – Resumo dos indicadores analisados

Tema	Indicador	Variável	Período	Fonte
Saúde	Incidência de parasitoses tropicais	Casos de esquistossomose + casos de leishmaniose + casos de malária	1998 - 2011	Datasus <sup>1</sup>
	Incidência de DSTs	Casos de sífilis + casos de gonorreia + casos de HIV	1998 - 2011	Datasus
	Incidência de doenças de veiculação hídrica	Casos de febre tifoide + casos de amebíase + casos de gastroenterite + casos de cólera	1998 - 2011	Datasus
	Assistência na gravidez	Exame pré-natal e outras supervisões durante a gravidez	1998 - 2011	Datasus
	Nascimentos	Nascimentos totais	1998 - 2011	Datasus
	Abortos	Notificações de abortos	1998 - 2011	Datasus
	Maternidade na adolescência	Nascimentos - mães 19 anos / nascimentos totais	1998 - 2011	Datasus
Finanças públicas	Mortalidade infantil	Mortalidade infantil	1991 - 2011	Datasus
	Receita orçamentária	Receita orçamentária	1991 - 2011	Receita Federal <sup>2</sup>
	Mercado imobiliário	Arrecadação de IPTU	1991 - 2011	Receita Federal
Atividade econômica	Prestação de serviço	Arrecadação de ISS	1991 - 2011	Receita Federal
	Emprego	Emprego formal	1995 - 2010	MTPS <sup>3</sup>
	Emprego nos diferentes setores da economia	Emprego formal por setor	1995 - 2010	MTPS
	Empresas	Número de firmas	1995 - 2010	MTPS
	Empresas nos diferentes setores da economia	Número de firmas por setor	1995 - 2010	MTPS
	Salário	Salário médio formal	1995 - 2010	MTPS
Segurança	Salário nos diferentes setores da economia	Salário Médio Formal por Setor	1995 - 2010	MTPS
	Agressão física	Casos de internação por agressão	1998 - 2011	Datasus
	Ferimentos por arma de fogo	Casos de internação por ferimentos de arma fogo	1998 - 2011	Datasus
Educação	Mortalidade	Mortalidade	1991 - 2011	Datasus
	Ensino fundamental público	Matrículas no Primeiro Grau em Escolas Públicas	1996 - 2006	Censo Escolar <sup>4</sup>
	Ensino fundamental privado	Matrículas no Primeiro Grau em Escolas Privadas	1996 - 2006	Censo Escolar
	Ensino médio público	Matrículas no Segundo Grau em Escolas Públicas	1996 - 2006	Censo Escolar
	Ensino médio privado	Matrículas no Segundo Grau em Escolas Privadas	1996 - 2006	Censo Escolar
	Infraestrutura escolar - água	Proporção de Escolas com Acesso à Água	1996 - 2006	Censo Escolar
	Infraestrutura escolar - eletricidade	Proporção de Escolas com Acesso à Eletricidade	1996 - 2006	Censo Escolar
Meio ambiente	Infraestrutura escolar - esgoto	Proporção de Escolas com Acesso à Rede de Esgoto	1996 - 2006	Censo Escolar
	Desmatamento	Taxa Anual de Desmatamento	2000 - 2014	Prodes <sup>5</sup>
	Cobertura vegetal	Fração da área do município com floresta	2000 - 2014	Prodes

#### 2.1.2 UHEs e Municípios analisados

A seleção dos municípios analisados ocorreu a partir da identificação das UHEs com potência superior a 100 MW em planejamento, construção e operação durante o período abrangido pelos indicadores previamente selecionados. Os municípios cujos territórios fossem afetados por UHEs foram abrangidos pelo estudo. Informações como o nome,

<sup>1</sup> <http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php?area=0203>

<sup>2</sup> [http://www3.tesouro.fazenda.gov.br/estatistica/est\\_estados.asp](http://www3.tesouro.fazenda.gov.br/estatistica/est_estados.asp)

<sup>3</sup> Ministério do Trabalho e Previdência Social - <https://www.rais.gov.br/sitio/index.jsf>

<sup>4</sup> <http://portal.inep.gov.br/basica-levantamentos-acessar>

<sup>5</sup> Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal - <http://www.dpi.inpe.br/prodesdigital/prodesmunicipal.php>.

localização, datas de início do planejamento, construção e operação, área do reservatório e potência instalada das UHEs foram compiladas a partir de consultas ao Banco de Informações de Geração (BIG), ao Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico (Sigel) - ambos de responsabilidade da Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) – e aos planos de expansão da geração elétrica elaborados pela Eletrobras e, mais recentemente, pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Em função do longo período de tempo abrangido pelo estudo, adotou-se como unidade de análise “Áreas Mínimas Comparáveis (AMCs)” para lidar com os municípios que eventualmente tenham passado por alteração de área em função de divisão ou fusão<sup>6</sup>. Portanto, deste ponto em diante do trabalho, o termo “município” será utilizado para fazer referência a “Área Mínima Comparável”.

No total, foram avaliados 215 municípios, abrangidos por 168 UHEs. De acordo com o indicador e a etapa do processo de implementação da UHE analisada, os grupos “Tratamento” (municípios cuja resposta ao planejamento, construção e operação de UHEs foi aferida) e “Controle” (municípios que possuíam UHEs planejadas, mas que não chegaram a ser construídas) incorporaram diferentes municípios. Isto ocorreu porque o histórico de uma UHE pode coincidir, de diferentes formas, com o período de disponibilidade de dados de um determinado indicador. No exemplo retratado na Figura 1, os municípios afetados pela “UHE y” integrarão o grupo “Tratamento” da análise do “Indicador x” em todas as etapas de implementação. No caso do “Indicador z”, esses municípios farão parte das análises referentes às etapas de construção e operação uma vez que sua etapa de planejamento encerrou-se antes do início do período para o qual há dados do “Indicador z”.

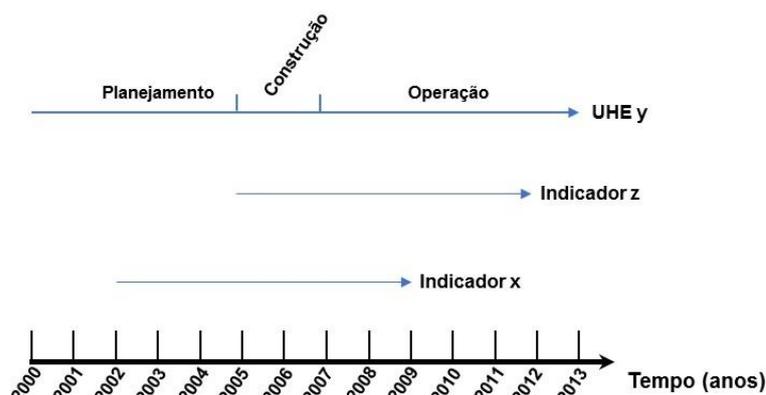


FIGURA 1 – Exemplo de seleção de grupos “Tratamento” e “Controle” para indicadores distintos

Na Tabela 2 são apresentados os números de municípios e de UHEs abrangidas em cada eixo temático.

TABELA 2 – Quantidade de municípios e UHEs analisadas no âmbito de cada eixo temático

Eixo temático	Tratamento		Controle	
	Municípios analisados	UHEs	Municípios analisados	UHEs
Meio ambiente	17	32	30	38
Educação	70	38	113	121
Atividade econômica	125	57	80	101
Saúde (apenas mortalidade infantil), Segurança (apenas mortalidade), Finanças públicas	123	59	80	95
Saúde (exceto mortalidade infantil), Segurança (exceto mortalidade)	92	48	87	98

## 2.2 Análises econométricas

Duas análises distintas foram elaboradas. A primeira avaliou o efeito específico da etapa de construção de UHEs sobre os municípios (Bloco 1). A segunda avaliou o efeito das três fases de implementação de UHEs (planejamento, construção e operação) sobre os municípios (Bloco 2). Na seção seguinte, essas análises são referidas como “Bloco 1” e “Bloco 2”, respectivamente.

À primeira vista, esta organização pode parecer redundante uma vez que, enquanto a primeira análise abrange a fase de construção, a segunda abrange todas as fases do processo de implementação, incluindo a própria construção. Entretanto, ela se justifica pelo fato de que a divisão da série temporal de dados disponíveis em três eventos (planejamento, construção e operação) reduz o grau de sensibilidade dos testes estatísticos aplicados. Apesar de este efeito não invalidar ou lançar dúvidas sobre os resultados obtidos para o Bloco 2, a criticidade da fase construção, período no qual os impactos tendem a ser agudos devido, entre outros fatores, ao curto período de

<sup>6</sup> Por exemplo, a área correspondente ao município de Armação de Búzios no estado do Rio de Janeiro foi emancipada do município de Cabo Frio em 1995. Isto é, não existem dados no nível do município para Búzios antes de 1995 e os dados do município de Cabo Frio antes de 1995 incluíam informações sobre a população da área da Armação de Búzios. Dessa forma, comparar o orçamento municipal de Cabo Frio em 1994 e Cabo Frio em 1995 levaria a conclusões errôneas, pois, na prática, estar-se-ia lidando com diferentes municípios. Portanto, para este período, Cabo Frio e Armação de Búzios correspondem à mesma área mínima comparada (AMC).

tempo ao longo do qual eles se manifestam (até 5 anos, tipicamente), justificou a elaboração de uma análise focada especificamente nesta etapa da implementação.

A comparação entre os grupos “Controle” e “Tratamento” foi feita utilizando-se o método “Diferenças-em-Diferenças”. Em linhas gerais, esta técnica, utilizada para avaliar o efeito causal de um fenômeno (e.g. a implementação de UHEs) sobre o comportamento de determinadas características (e.g. indicadores de saúde, atividade econômica etc.), calcula a diferença do comportamento, em relação aos indicadores pré-selecionados, dos grupos “Controle” e “Tratamento” antes e depois do fenômeno cujo efeito se deseja avaliar. No caso do presente estudo, uma vez que os grupos “Controle” e “Tratamento” se diferenciam justamente pelo fato de o segundo possuir UHEs, a diferença do comportamento observada entre eles é atribuída à etapa do processo de implementação das UHEs.

Na aplicação do método “Diferenças-em-Diferenças”, empregou-se a técnica “Propensity Score Matching” (PSM) para se identificar, dentro do grupo “Controle”, os municípios que mais se assemelham aos municípios do grupo “Tratamento”. Na prática, o PSM forma um grupo de “Controle” que possui características semelhantes ao grupo de “Tratamento” segundo características predeterminadas. No caso deste estudo, foram utilizados modelos Probit com as seguintes variáveis explicativas: potência instalada e área inundada da UHE, população em 1991, e região dos municípios. Em outras palavras, o PSM constrói um subgrupo “Controle” mais parecido com o grupo de “Tratamento” que o “Controle” original quando observadas as características mencionadas anteriormente. Como resultado, obtêm-se análises mais precisas uma vez que se reduz a probabilidade de influência de efeitos não observados pelo estudo sobre seus resultados.

Tanto no Bloco 1 quanto no Bloco 2 avaliou-se o efeito anual médio das etapas de implementação de UHEs (planejamento, construção e operação) sobre o comportamento das variáveis socioeconômicas e ambientais analisadas no estudo. As variações percentuais apresentadas nos resultados refletem a diferença média anual de um indicador observada ao longo do período da etapa de implementação de uma UHE quando o grupo de “Tratamento” é comparado ao de “Controle”<sup>7</sup>.

### 3.0 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos itens a seguir, os resultados obtidos pelo estudo são apresentados separadamente por eixo temático. Os valores discutidos referem-se ao comportamento do “Tratamento” quando comparado ao “Controle”. Apenas os resultados que apresentaram significância estatística (representada pelo “valor p”)<sup>8</sup> a, no mínimo, 10%, são apresentados.

#### 3.1 Saúde

Na Tabela 3 são apresentados os resultados referentes ao eixo temático “Saúde” obtidos a partir das análises do efeito da etapa de construção de UHEs sobre os municípios (Bloco 1).

TABELA 3 – Resultados do eixo temático “Saúde” obtidos a partir das análises do Bloco 1

<b>Indicador</b>	<b>Varição percentual</b>
Doenças de veiculação hídrica*	- 19,6%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

Apesar da ampla diversidade de indicadores relacionados à saúde analisados, apenas o indicador de doenças de veiculação hídrica apresentou diferença estatisticamente significativa entre os grupos “Tratamento” e “Controle” durante a etapa de construção. A diferença observada, equivalente a -19,6%, pode estar relacionada a ações exigidas do empreendedor no âmbito do processo de licenciamento ambiental de UHEs, tais como: i) elaboração de programas de educação ambiental focados na prevenção de doenças; ii) reassentamento de famílias que vivem na beira do corpo d’água barrado; e iii) a construção de infraestrutura de saneamento em núcleos urbanos próximos ao empreendimento (esta última se constituindo em tendência observada recentemente). A ausência de significância estatística dos demais indicadores avaliados sugere tanto a ausência de relação entre eles e a construção de UHEs como a efetividade dos programas de controle socioambiental implementados durante esta etapa.

Na Tabela 4 são apresentados os resultados referentes ao eixo temático “Saúde” obtidos a partir da análise do efeito das fases de implementação de UHEs (planejamento, construção e operação) sobre os municípios (Bloco 2).

TABELA 4 – Resultados do eixo temático “Saúde” obtidos a partir das análises do Bloco 2.

<b>Indicador</b>	<b>Fase de implementação</b>	<b>Varição percentual</b>
Nascimentos*	Planejamento	- 4,88%
Nascimentos**	Construção	- 6,62%
Nascimentos*	Operação	- 7,44%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

Dos indicadores analisados, apenas o referente ao número de nascimentos apresentou diferença estatisticamente significativa na comparação realizada. Apesar de os mecanismos socioeconômicos capazes de explicar tal comportamento não estarem perfeitamente claros, a menor taxa de natalidade da população, ao menos durante a

<sup>7</sup> Por exemplo, um valor positivo equivalente a 5% na fase de construção significa que, durante esta fase, o indicador em análise é 5% maior em municípios do grupo “Tratamento” quando comparado ao grupo “Controle”. Não se trata, portanto, de crescimento anual de 5%, mas de uma diferença positiva de 5% ao longo do período em análise.

<sup>8</sup> Simplificadamente, o “valor p” representa a probabilidade de o efeito observado na análise ocorrer devido ao acaso, e não ao fenômeno estudado (no caso, a implementação de UHEs). Portanto, quanto menor o seu valor, mais seguros são os resultados.

fase de obras, pode estar relacionada à imigração (para os municípios onde as UHEs são construídas) de pessoas que geram menos filhos (quando comparadas à média do município). Tal hipótese, entretanto, não é suficiente para explicar a redução da taxa de natalidade da população durante as fases de planejamento e operação de UHEs.

### 3.2 Atividade econômica

Na Tabela 5 são apresentados os resultados referentes ao eixo temático “Atividade Econômica” obtidos a partir das análises do efeito da etapa de construção de UHEs sobre os municípios (Bloco 1).

TABELA 5 – Resultados do eixo temático “Atividade Econômica” obtidos a partir das análises do Bloco 1

Indicador	Varição percentual
Emprego formal***	24,7%
Emprego Formal - Setor Terciário***	33,5%
Número de empresas**	6,3%
Número de empresas - Setor Terciário**	7,9%
Salário Médio Formal***	9,3%
Salário Médio Formal - Setor Terciário **	9,2%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

De modo geral, os indicadores responderam positivamente à construção de UHEs. Quando se observa o comportamento deles nos diferentes setores da economia, evidencia-se que o setor terciário (serviços) concentra os benefícios econômicos. Dentre os três setores, ele é o único cuja resposta à construção de UHEs se provou significativa. O aquecimento deste setor era esperado uma vez que atividades de prestação de serviços são aquelas que possuem tendência de crescimento quando a construção de UHEs se inicia tanto devido ao grande número de trabalhadores que passam a demandar serviços de alimentação, cuidado pessoal, lazer etc., quanto à prestação de serviços diretamente ligados à construção da UHE. Nenhum dos indicadores apresentou variação negativa, indício de que o aquecimento do setor de serviços não ocorre em detrimento de outras atividades econômicas.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados do eixo temático “Atividade Econômica” obtidos a partir da análise do efeito das fases de implementação de UHEs (planejamento, construção e operação) sobre os municípios (Bloco 2).

TABELA 6 – Resultados do eixo temático “Atividade Econômica” obtidos a partir das análises do Bloco 2

Indicador	Fase de implementação	Varição percentual
Emprego Formal**	Construção	19,7%
Emprego Formal - Setor Primário*	Planejamento	- 18,1%
Emprego Formal - Setor Primário***	Operação	- 41,6%
Emprego Formal - Setor Terciário***	Construção	37,4%
Emprego Formal - Setor Terciário*	Operação	24,9%
Número de empresas*	Construção	8,6%
Salário Médio Formal***	Construção	10,5%
Salário Médio Formal**	Operação	12,5%
Salário Médio Formal - Setor terciário**	Construção	11,6%
Salário Médio Formal - Setor terciário**	Operação	15,7%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

O aspecto mais relevante do Bloco 2 é a aderência dos seus resultados aos do Bloco 1. Assim como no caso anterior, a construção de UHEs provocou efeitos positivos e estatisticamente significativos sobre emprego, número de empresas e salário médio (19,7%, 8,6% e 10,5%, respectivamente). A análise dos setores da economia revela padrão semelhante para emprego e salário: concentração dos benefícios da construção no terceiro setor. O indicador de atividade empresarial, entretanto, não apresentou comportamento estatisticamente significativo para o terceiro setor. Na fase de operação, o salário médio geral foi 12,5% superior. No terceiro setor, este indicador apresenta-se com valor ainda mais elevado, equivalente a 15,7%. Apesar de não haver relação estatisticamente significativa para o indicador de empregos formais do conjunto total de setores da economia nas etapas de planejamento e operação de UHEs, a análise setorial indica que estas fases impactam negativamente os empregos no setor primário da economia em cerca de 20% e 40%, respectivamente. De todos os resultados, estas foram as únicas relações negativas observadas neste eixo temático.

A acentuada diferença do número de empregos no setor primário observada quando se compara o grupo “Tratamento” com o “Controle” durante a fase de operação (aproximadamente -40%) pode estar relacionada à intensificação da atividade econômica no terceiro setor - analisada a partir do número de empregos - na mesma fase. Neste caso, o incremento do número de empregos no setor de serviços, equivalente a cerca de 25%, estaria acarretando a migração de trabalhadores rurais para atividades comerciais. Além disto, uma vez que trabalhadores do setor primário muitas vezes recebem como compensação da construção de UHEs porções de terra, é possível que parte deles se torne dono de seu próprio negócio (ainda que diretamente relacionado a atividade do setor primário) e, assim, deixe de ser contabilizado como pertencente ao primeiro setor. Pode-se considerar, ainda, que a perda de terras produtivas em decorrência da construção das estruturas físicas das UHEs e a formação de seus reservatórios pode acarretar a emigração de trabalhadores do setor primário.

Em resumo, pode-se afirmar com elevado grau de segurança que a implementação de UHEs gera impactos positivos sobre a atividade econômica dos municípios que recebem este tipo de empreendimento. Avaliando-se a criação de

empregos de uma forma geral, a fase de construção, conforme esperado, é aquela que mais contribui para o crescimento dos indicadores avaliados. No caso do salário médio, a fase de operação, além da de construção, se mostram especialmente relevantes. Em relação ao comportamento setorial da atividade econômica, UHEs provocam modificações na estrutura de oferta de empregos, que se reduz no setor primário e se expande no terciário. O setor secundário parece não guardar relação com nenhuma das etapas de implementação de UHEs.

### 3.3 Finanças públicas

Na Tabela 7 são apresentados os resultados do eixo temático “Finanças Públicas” obtidos a partir das análises do efeito da etapa de construção de UHEs sobre os municípios (Bloco 1).

TABELA 7 – Resultados do eixo temático “Finanças Públicas” obtidos a partir das análises do Bloco 1

Indicador	Varição percentual
Arrecadação de ISS*	30,0%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

Durante a fase de construção de UHEs, a arrecadação de Imposto Sobre Serviço de Qualquer Natureza (ISS) é 30,0% superior no grupo “Tratamento”. Conforme o seu nome indica, o ISS incide sobre atividades do terceiro setor da economia, justamente aquele que, conforme discutido no item sobre “Atividade Econômica”, é favorecido pela implantação de UHEs. Portanto, o aumento na arrecadação pode ser atribuído aos mesmos motivos mencionados anteriormente. Apesar da maior arrecadação de ISS, a receita orçamentária total não apresenta diferença estatisticamente significativa durante o período de obras das UHEs. Isto indica que esta fase do processo de implementação de UHEs pode acarretar perdas orçamentárias de outras naturezas que impactam negativamente as finanças públicas, neutralizando os benefícios do aumento da arrecadação de ISS.

Na Tabela 8 são apresentados os resultados referentes ao eixo temático “Finanças Públicas” obtidos a partir da análise do efeito das fases de implementação de UHEs (planejamento, construção e operação) sobre os municípios (Bloco 2).

TABELA 8 – Resultados do eixo temático “Finanças Públicas” obtidos a partir das análises do Bloco 2

Indicador	Fase de implementação	Varição percentual
Receita orçamentária total**	Planejamento	- 5,2%
Arrecadação de IPTU**	Planejamento	21,7%
Arrecadação de ISS**	Construção	61,5%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

Apenas as fases de planejamento e construção geram impactos sobre a arrecadação dos municípios em que UHEs são implementadas. Em relação à primeira, a de planejamento, observa-se que a receita total é 5,2% inferior, enquanto a arrecadação de Imposto Sobre a Propriedade Predial e Territorial Urbana (IPTU) é 21,7% superior. Sendo essa a fase em que a possibilidade de construção do empreendimento é anunciada, pode-se supor que o aumento da arrecadação de IPTU se deva à valorização local e ao desenvolvimento de novos projetos imobiliários. Nota-se, entretanto, que as perdas orçamentárias não abrangidas pelo estudo, são, durante a fase de planejamento das UHEs, superiores ao aumento da arrecadação de IPTU, acarretando a diferença negativa na receita orçamentária total observada nos municípios do grupo “Tratamento”.

Os resultados que dizem respeito à arrecadação de ISS são compatíveis com aqueles referentes à “Atividade econômica” (mais especificamente, os que indicam o aumento da atividade do terceiro setor) e apontam para arrecadação 61,5% maior na fase de construção nos municípios abrangidos por UHEs (“Tratamento”). Este incremento, no entanto, não se reflete na receita orçamentária total do grupo de “Tratamento”, reforçando a hipótese de que perdas não contabilizadas pelo estudo estão compensando o aumento de arrecadação do imposto em discussão. Neste caso, porém, a diminuição das receitas é similar ao aumento da arrecadação de ISS, uma vez que não foi verificada diferença na receita orçamentária total na etapa de construção.

### 3.4 Segurança

Na Tabela 9 são apresentados os resultados referentes ao eixo temático “Segurança” obtidos a partir das análises do efeito da etapa de construção de UHEs sobre os municípios (Bloco 1).

TABELA 9 – Resultados do eixo temático “Segurança” obtidos a partir das análises do Bloco 1

Indicador	Varição percentual
Mortes (Qualquer causa)*	- 6,7%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

Nos municípios em que são implementadas UHEs, o número geral de mortes é 6,7% inferior durante a fase de construção quando comparado ao grupo “Controle”. Embora as demais variáveis analisadas neste eixo temático - número de casos de ferimentos por agressão e por armas de fogo - pudessem explicar, ao menos em parte, o comportamento observado, as suas variações não apresentaram significância estatística (impedindo, assim, que se estabeleça relação de causa e efeito entre elas). Os resultados do eixo temático “Saúde” (Item 3.1) podem contribuir para explicar os motivos associados à redução do número de mortes. Conforme exposto anteriormente, durante a fase de construção de UHEs, o número de casos de doenças de veiculação hídrica nos municípios do grupo “Tratamento”, quando comparado ao grupo “Controle”, é cerca de 20% inferior. Uma vez que este conjunto de doenças é responsável por uma relevante parcela de mortes no Brasil, a redução da incidência destas doenças pode

contribuir para a queda da mortalidade. As análises do Bloco 2 não produziram resultados com significância estatística, indicando que, durante as fases de planejamento e operação, os indicadores de segurança estudados não apresentam comportamento diferente em municípios em que estes empreendimentos foram instalados quando comparados aos municípios do grupo “Controle”.

### 3.5 Educação

Na Tabela 10 são apresentados os resultados referentes ao eixo temático “Educação” obtidos a partir da análise do efeito da etapa de construção de UHEs sobre os municípios (Bloco 1).

TABELA 10 – Resultados do eixo temático “Educação” obtidos a partir das análises do Bloco 1

Indicador	Varição percentual
Matrículas no 1º Grau em Escolas Públicas**	- 6,5%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

De todas as variáveis analisadas, apenas o número de matrículas no ensino de 1º grau em escolas públicas apresentou relação estatisticamente significativa. O valor do estimador indica que o grupo “Tratamento”, quando comparado ao “Controle”, apresenta 6,5% menos matrículas durante a fase de construção de UHEs. Chama a atenção que o efeito em discussão se mostre significativo apenas em escolas públicas. A explicação para isto pode estar associada ao fato de que a rede pública normalmente recebe alunos de famílias pertencentes às faixas mais baixas de renda da população. Em um contexto de aquecimento da atividade econômica, fenômeno ressaltado anteriormente, os pais, responsáveis ou os próprios alunos estariam mais propensos a retirar os alunos ou sair da escola para se engajarem em tarefas associadas a oportunidades de aumento de renda.

O setor de serviços é aquele que apresenta maior crescimento durante a fase de construção de UHEs e pode se constituir no destino destes alunos. Em outras palavras, vale dizer que estudantes da rede pública, quando comparados aos da rede privada, apresentam maior vulnerabilidade a pressões externas (neste caso, necessidade de complementação de renda) que exigem, por vezes, o abandono dos estudos. Esta hipótese, no entanto, não é suficiente para explicar porque alunos do 2º grau do ensino público não apresentam o mesmo comportamento que os alunos do 1º grau durante a construção de UHEs.

A impossibilidade de explorar com maior profundidade a diferença observada nos 1º e 2º graus também dificulta o estabelecimento de relação entre a redução do número de matrículas no 1º grau e a emigração de famílias dos municípios que receberam UHEs, uma vez que isto provocaria o mesmo efeito em todos os alunos. A menor propensão de alunos do 2º grau a abandonar a escola na ocasião de eventual migração de seus familiares poderia explicar esta diferença. Tal hipótese, entretanto, não encontra respaldo nos dados analisados pelo estudo.

Na Tabela 11 são apresentados os resultados referentes ao eixo temático “Educação” obtidos a partir da análise do efeito das fases de implementação de UHEs (planejamento, construção e operação) sobre os municípios (Bloco 2).

TABELA 11 – Resultados do eixo temático “Educação” obtidos a partir das análises do Bloco 2

Indicador	Fase de implementação	Varição percentual
Matrículas no 1º grau em escolas públicas**	Construção	- 14,2%
Matrículas no 1º grau em escolas públicas**	Operação	- 16,7%

Obs.: \* - valor p = 10%; \*\* - valor p = 5%; \*\*\* - valor p = 1%.

Os resultados confirmam aqueles obtidos no Bloco 1 e indicam que o efeito de redução do número de alunos do 1º grau em escolas públicas também é observado no período de operação das UHEs. Novamente, os indicadores de atividade econômica no setor terciário do grupo “Tratamento” também crescem na etapa de operação das UHEs, o que reforça a tese de que pode haver relação entre este tema e a evasão escolar.

### 3.6 Meio ambiente

Nenhuma das análises no eixo temático “Meio Ambiente” apresentou significância estatística. Além de sugerir que o desmatamento, fenômeno medido pelos indicadores analisados, não guarda relação direta com o processo de implementação de UHEs, a ausência de resultados também se relaciona a questões metodológicas na medida em que os indicadores estudados se limitam a alguns municípios da região Norte do país<sup>9</sup>. Como reforço da hipótese de que UHEs não causam, de forma geral, efeitos significativos sobre o desmatamento, menciona-se o trabalho de Assunção *et al.* (17), que não identificou padrão claro para o efeito da construção das UHEs sobre o desmatamento nos municípios onde as mesmas são implementadas.

A disponibilidade limitada de indicadores ambientais aptos a serem analisados impediu que fossem estudados aspectos da área ambiental que normalmente captam a atenção daqueles que investigam impactos ambientais de UHEs, como biodiversidade (em especial a aquática) e qualidade da água.

## 4.0 - CONCLUSÃO

Apesar de as UHEs desempenharem um papel fundamental na estrutura do setor elétrico brasileiro há mais de 100 anos, ainda há um potencial significativo de expansão desta tecnologia no país. A decisão sobre como, ou até mesmo se, o potencial hidrelétrico remanescente será explorado pode ser suportada pela investigação objetiva e quantitativa

<sup>9</sup> Esta restrição espacial acarreta perda de sensibilidade das análises elaboradas, o que também pode ter contribuído para a ausência de significância estatística dos resultados obtidos.

da natureza e magnitude dos impactos socioeconômicos e ambientais das diferentes etapas do processo de implementação de UHEs. Tal tipo de pesquisa contribui para que o planejamento energético brasileiro seja influenciado por dados mais sólidos sobre as consequências destes empreendimentos.

Levando-se em consideração o conjunto de indicadores analisados neste estudo, constatou-se que, de maneira geral, o processo de implementação de UHEs não é responsável por efeitos negativos que impactam de forma aguda e direta a qualidade de vida da população dos municípios em que tais empreendimentos são construídos. O comportamento neutro de indicadores como mortalidade e incidência de doenças de diferentes naturezas na comparação entre os grupos de municípios avaliados evidenciam este fato. Em alguns casos (doenças de veiculação hídrica), observou-se, inclusive, melhoria das condições de vida local. Diante disto, reconhece-se que a percepção aparentemente “negativa” da sociedade em relação às UHEs não encontra respaldo nos impactos aos quais estão expostos os municípios em que as usinas são implementadas. O que se busca com este trabalho é esclarecer, com base estatística, quais são, de fato, os impactos que UHEs acarretam sobre dimensões socioeconômica e ambiental dos municípios em que elas se inserem e, assim, subsidiar análises realistas sobre o papel que esta alternativa de geração deve ocupar no setor elétrico no médio e longo prazo.

Apesar de avaliar seis eixos temáticos (atividade econômica, finanças públicas, saúde, segurança, educação e meio ambiente) a partir de 26 indicadores, o presente estudo não encerra o debate sobre os impactos socioeconômicos e ambientais de UHEs. Afinal, as formas como municípios podem ser afetados por empreendimentos de grande complexidade estrutural, como é o caso das UHEs, são múltiplas. Não se pode excluir, portanto, a hipótese de que efeitos negativos cruciais para moldar a opinião pública a respeito de UHEs estejam sendo ignorados pelo estudo. Temas como a qualidade da água e biodiversidade aquática dos rios barrados, por exemplo, têm sido frequentemente apontados como relevantes para se avaliar a viabilidade socioeconômica e ambiental de UHEs. A escassez de indicadores relacionados a estes impactos, entretanto, impediu que os mesmos fossem analisados.

Tendo em vista os resultados atingidos, e cientes das limitações que a metodologia adotada, indicam-se os seguintes pontos como propostas de análises complementares: i) Impacto da implementação de UHEs sobre a economia informal; ii) Impacto da implementação de UHEs sobre a evasão escolar; iii) Relação entre a implementação de UHEs e a queda de natalidade; iv) Desempenho socioeconômico e ambiental de UHEs antes e depois da Resolução Conama 237, que revisou o marco regulatório do licenciamento ambiental e v) Impacto da implementação de UHEs sobre a qualidade da água e biodiversidade dos rios barrados.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. (2014).
- (2) EIA - U.S. Energy Information Administration. *International Energy Outlook 2016*. (2016). doi:DOE/EIA-0484(2014)
- (3) REN 21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. *Renewables 2016 - Global Status Report*. (2016).
- (4) Kirchherr, J., Matthews, N., Charles, K. J. & Walton, M. J. ‘Learning it the Hard Way’: Social safeguards norms in Chinese-led dam projects in Myanmar, Laos and Cambodia. *Energy Policy* **102**, 529–539 (2017).
- (5) Erlewein, A. Disappearing rivers - The limits of environmental assessment for hydropower in India. *Environ. Impact Assess. Rev.* **43**, 135–143 (2013).
- (6) Siciliano, G., Urban, F., Kim, S. & Dara Lonon, P. Hydropower, social priorities and the rural-urban development divide: The case of large dams in Cambodia. *Energy Policy* **86**, 273–285 (2015).
- (7) Botelho, A., Ferreira, P., Lima, F., Pinto, L. M. C. & Sousa, S. Assessment of the environmental impacts associated with hydropower. *Renew. Sustain. Energy Rev.* **70**, 1–9 (2016).
- (8) IEA - International Energy Agency. *Key world energy statistics*. (2016). doi:10.1787/key\_energ\_stat-2016-en
- (9) IEA - International Energy Agency. *World energy outlook - 2013*. (2013).
- (10) Eletrobras. Potencial Hidrelétrico Brasileiro por Bacia. (2015). Disponível em: <https://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS21D128D3PTBRIE.htm>
- (11) Lees, A. C., Peres, C. A., Fearnside, P. M., Schneider, M. & Zuanon, J. A. S. Hydropower and the future of Amazonian biodiversity. *Biodivers. Conserv.* **25**, 451–466 (2016).
- (12) Randell, H. The short-term impacts of development-induced displacement on wealth and subjective well-being in the Brazilian Amazon. *World Dev.* **87**, 385–400 (2016).
- (13) Fearnside, P. M. Environmental and Social Impacts of Hydroelectric Dams in Brazilian Amazonia: Implications for the Aluminum Industry. *World Dev.* **77**, 48–65 (2016).
- (14) Bernardy, R. J., Filippim, E. S., Zuanazzi, J. & Rammé, J. Análise da Influência dos Empreendimentos Hidrelétricos Sobre as Receitas Municipais no Entorno do Rio Uruguai. *Desenvolv. em questão* **12**, 155–184 (2014).
- (15) Katsuragawa, T. H., Gil, L. H. S., Tada, M. S. & da Silva, L. H. P. Endemic and epidemic diseases in Amazonia Malaria and other emerging diseases in riverine areas of the Madeira River. A school case. *Estud. Avançados* **22**, 111–141 (2008).
- (16) Thiengo, S. C., Santos, S. B. & Fernandez, M. A. Malacofauna límnic da área de influência do lago da usina hidrelétrica de Serra da Mesa, Goiás, Brasil. I. Estudo qualitativo. *Rev. Bras. Zool.* **22**, 867–874 (2005).
- (17) Assunção, J., Szerman, D. & Costa, F. *Efeitos locais de hidrelétricas no Brasil*. (2016).

**Dados biográficos dos autores**

Alexandre Uhlig. São Paulo, 8 de outubro de 1966 - Bacharel e Licenciado em Física pela USP (1990); Mestre (1995) e Doutor (2008) em Energia pela USP.

Felipe de Albuquerque Sgarbi. Belo Horizonte, 30 de agosto de 1984 - Bacharel em Ciências Biológicas pela UFMG em 2007; Mestre em Energia e Doutorando em Ciências pela USP em 2013.

Amanda Salles Praia. São Paulo, 26 de novembro de 1992. Bacharel em Gestão Ambiental (2015) e licenciada em Ciências Biológicas (2016) pela USP; Mestranda em Ciência Ambiental pela USP.

Joaci Lima. São Paulo, 29 de março de 1983 - Bacharel em Ciências e Tecnologia (2010) e em Engenharia Aeroespacial pela (2013) pela UFABC; Mestrando em Energia pela UFABC.

Patricia Guardabassi. São Paulo, 24 de abril de 1979 - Graduação em Engenharia Química (2002) pela Fundação Armando Álvares Penteado (FAAP); Mestre em Energia (2006) e Doutora em Ciências (2011) pela USP e pós-doutorado na John F. Kennedy School of Government of the Harvard University (2013).

Eduardo Müller-Monteiro. Marília, 12 de janeiro de 1971. Graduado em Engenharia Elétrica (1993) pela UNICAMP; Mestre em Energia (2007) E Doutor em Ciências (2011) e pela USP; Master of Business Administration pela Wharton School of the University of Pennsylvania (2000) e Diretor Executivo do Instituto Acende Brasil desde 2003.