

## OS CENÁRIOS E AS PERSPECTIVAS DE EXPANSÃO PARA AS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS (PCHs) NO ESTADO DE RONDÔNIA

**Eduardo Egidio Vicensi Deliza<sup>1,2</sup>, Fabrício Moraes de Almeida<sup>3</sup>, Flávio de São Pedro Filho<sup>3</sup>, Valeria Arenhardt<sup>1,2</sup>, Roberto Simplício Guimarães<sup>1</sup> e Izan Fabrício Neves Calderaro<sup>3</sup>**

1. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Rondônia, Vilhena, Rondônia, Brasil;
2. Grupo de Pesquisa GEITEC/UNIR/CNPq, Vilhena, Rondônia, Brasil;
3. Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, Brasil;

### RESUMO

Para atender à crescente demanda de eletricidade, é necessário manter uma matriz energética distribuída, com foco nas fontes renováveis, atendendo às premissas socioambientais. Em 2026, o consumo de energia no país pode chegar a 741 TWh e a energia hidráulica apresenta-se como a principal fonte de suprimento. Com grande potencial a ser explorado, em especial no estado de Rondônia, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) apresentam-se como uma das principais candidatas em contribuir com a crescente demanda energética. É imprescindível que técnicas e tecnologias de eficiência energética, como a repotenciação, sejam utilizadas pelas políticas públicas, de forma a promover o desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs), Eficiência Energética. Repotenciação e Desenvolvimento Sustentável.

### ABSTRACT

To meet the demand for electricity, it is necessary to maintain a distributed energy matrix, focusing on renewable sources, taking into account the socio-environmental premises. By 2026, energy consumption in the country can reach 741 TWh and hydraulic power is the main source of supply. With great potential to be explored, especially in the state of Rondônia, the Small Hydroelectric Power Plants (SHPs) are one of the main candidates in contributing to the growing energy demand. It is imperative that energy efficiency techniques and technologies, such as repowering, be used by public policies in order to promote sustainable development.

**Keywords:** Small Hydroelectric Plants (SHPs), Energy Efficiency. Repowering and Sustainable Development.

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Plano Nacional de Energia (PNE) 2030, a maior parte do potencial hidráulico a ser aproveitado encontra-se na região Norte, trazendo uma série de desafios de caráter econômico, social e ambiental. Tais desafios exigem planejamento e participação de diversos setores: governo, academia, ONG, comunidades locais, etc.

A hidroeletricidade ainda apresenta custo inferior se comparado às demais fontes renováveis, além de proporcionar segurança energética, complementariedade com as demais renováveis, flexibilidade operativa e manutenção de uma matriz elétrica de baixo carbono (EPE, 2017).

Entretanto, esta geração é dependente das condições hidrológicas. Em 2015, por exemplo, devido à condição hidrológica desfavorável, foi necessário aumentar a geração em termelétricas, o que fez com que fosse gerado quase 65 MtCO<sub>2e</sub> no Sistema Interligado Nacional (SIN). Em condições normais, estima-se que as emissões para 2020 e 2026 sejam de 24 e 37 MtCO<sub>2e</sub>, respectivamente (EPE, 2017).

De acordo com a ABRAGEL (2017), as PCHs podem suprir as dificuldades atuais das UHEs, reduzindo: perdas com transmissão e distribuição e atrasos no licenciamento/construção.

A seguir, serão abordadas as potencialidades, contribuições e perspectivas das Pequenas Centrais Hidrelétricas na promoção do desenvolvimento sustentável de Rondônia.

## 2. MATERIAIS E MÉTODO

Este estudo foi realizado através de detalhada pesquisa bibliográfica e documental, afim de compreender o atual cenário das PCHs no estado de Rondônia, bem como seu desenvolvimento histórico de implantação e operação.

Também foram analisadas as principais políticas públicas nacionais relacionadas ao setor elétrico: o Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 e o Plano Nacional de Energia 2030.

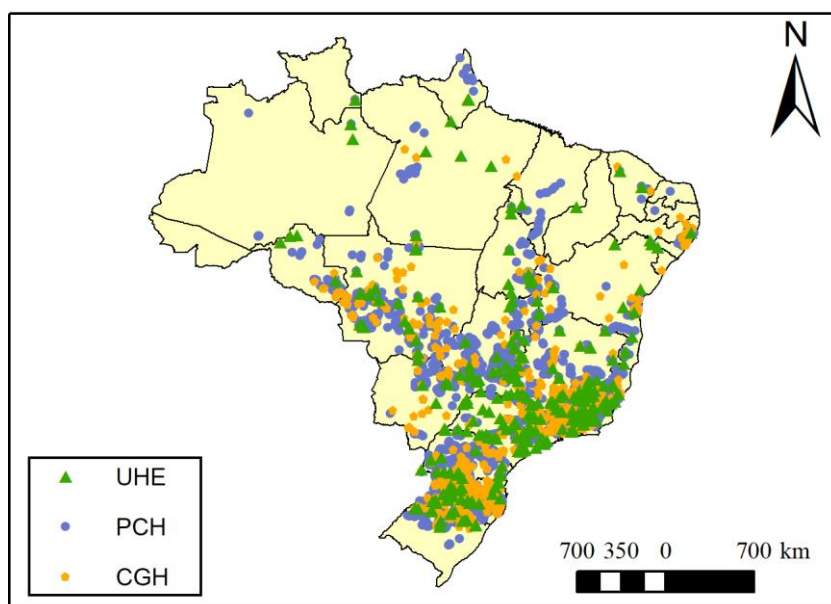
As referências possuem como base dissertações, teses, artigos de periódicos e informações de sites especializados. Como próxima etapa deste estudo, espera-se realizar

análise de viabilidade econômica, técnica e regional de métodos e tecnologias para ganho energético nas PCHs do Estado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 CENÁRIOS E PERSPECTIVAS DE EXPANSÃO

As regiões Sul e Sudeste, que possuem o maior desenvolvimento econômico do Brasil (maior PIB), apresentam, também, o maior número de empreendimentos hidrelétricos instalados, conforme figura 1.



**Figura 1.** Mapa dos Empreendimentos Hidrelétricos no Brasil.  
Fonte: SIGEL, 2018.

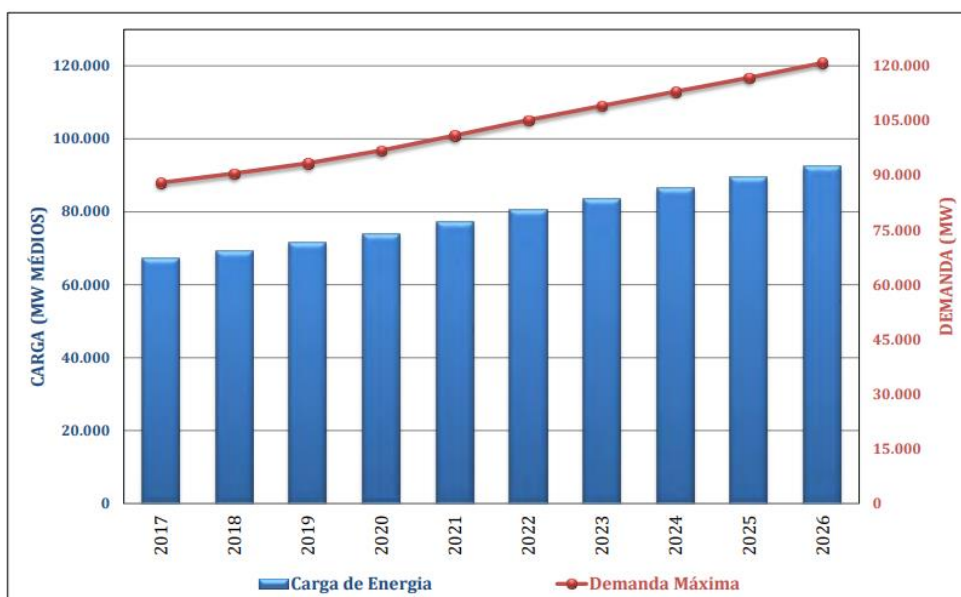
O consumo de energia no Brasil tende a crescer nos próximos anos. De acordo com as projeções do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2026, o consumo de energia no país, que em 2016 foi de 516 TWh, será de 741 TWh em 2026, apresentando crescimento médio de 3,7 % ao ano. O plano ainda reforça que este valor pode ser maior caso a economia do país apresente crescimento acima do esperado.

Segundo a EPE (2017), no rol de candidatas à expansão, há proposta de projetos de PCH e CGH, com estimativa de crescimento de 300 MW no segmento anualmente. Estes

projetos são submetidos ao Modelo de Decisão de Investimentos (MDI), sendo que há possibilidade deste potencial de 300 MW ser ampliado.

Além disso, o plano destaca a importância de projetos de repotenciação ou adição de unidades geradoras em plantas hidrelétricas existentes e usinas hidrelétricas reversíveis.

A figura 2 apresenta o indicativo da expansão da carga de energia no SIN, com incremento anual médio de 2.700 MW.



**Figura 2.** Projeção de carga energética.  
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2017.

Com o crescimento indicado, a EPE (2017) reconhece a importância da diversificação da matriz e da qualidade das redes de transmissão, de forma a proporcionar confiabilidade no suprimento de energia.

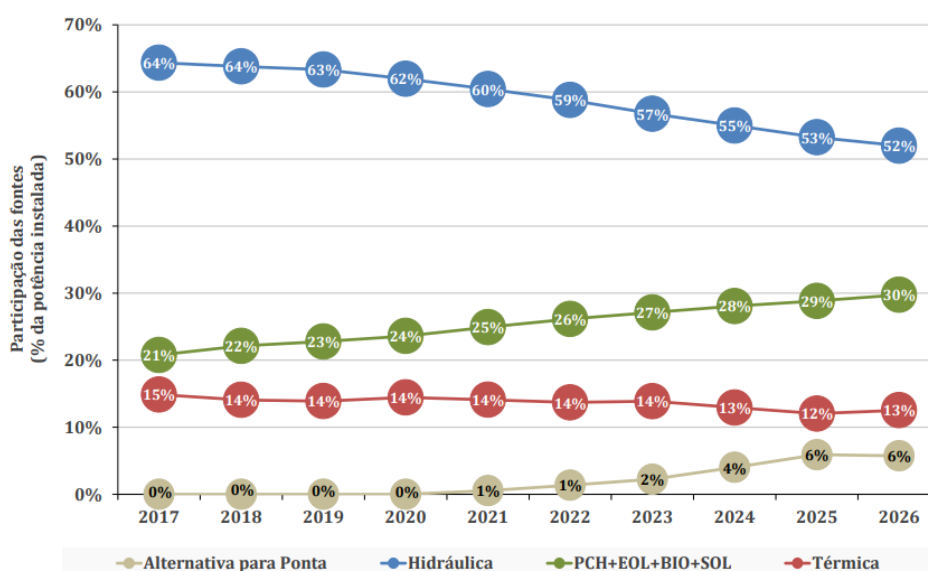
No caso das perdas elétricas, espera-se maior dificuldade na realização de investimentos para a redução de perdas, fazendo com que o nível deste indicador se mantenha constante no primeiro quinquênio. Já no segundo quinquênio, o maior crescimento econômico gera investimentos que levam à redução das perdas (EPE, 2017).

O ideal seria que houvesse maior agilidade nas ações voltadas à redução de perdas elétricas no SIN, principalmente considerando que, de acordo com a Agência Internacional de Energia (IEA), em 2014, a perda média na transmissão e distribuição de energia elétrica no mundo foi de 8,26 %. Neste mesmo ano, a perda registrada no Brasil foi de 15,78 %.

Países como China e Estados Unidos apresentam perdas abaixo de 6% (THE WORLD BANK, 2018).

Quanto aos cuidados com vegetação, alguns novos empreendimentos de linhas de transmissão estão minimizando o impacto, reduzindo o desmatamento, afetando apenas a área das torres e a faixa de serviço de forma a possibilitar o lançamento dos cabos, onde depois ocorre a recuperação natural da vegetação nativa. Em alguns casos, em unidades de conservação ocorre inclusive o lançamento dos cabos com auxílio de helicópteros ou veículos aéreos não tripulados.

Através da figura 3, verifica-se que as fontes renováveis, incluindo as PCHs, apresentarão a maior taxa e crescimento no horizonte decenal. Esta diversificação contribui com a confiabilidade no suprimento energético, pois o torna menos susceptível às mudanças sazonais.



Nota: A participação de PCH inclui também empreendimentos classificados como CGH.

**Figura 3.** Participação das fontes.  
Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2017.

### 3.2 BENEFÍCIOS DAS PCHS PARA O ESTADO DE RONDÔNIA

As PCHs tiveram papel importantíssimo em Rondônia, principalmente nas cidades do interior. A cidade de Vilhena (RO), recebeu a primeira PCH do estado, com potência instalada de 2600 kW, a PCH Rio Vermelho foi inaugurada em 1987. Anteriormente, a eletricidade era

totalmente fornecida através de Pequenas Centrais Termelétricas (PCTs). Dois anos depois, em 1989, foi inaugurada a UHE Samuel, localizada na cidade de Candeias do Jamari (RO).

As cidades do interior de RO, no início da década de 1990, possuíam alimentação elétrica de origem térmica com fornecimento entre 6 e 12 horas por dia. Neste período iniciou-se o processo de instalação de PCHs por parte do setor privado, o que possibilitou a eliminação de racionamentos, fornecendo eletricidade 24h/dia (NETO; MORET, 2008).

De acordo com Neto e Moret (2008), as PCHs em Rondônia possuem bons índices de aproveitamento do potencial hídrico e capacidade instalada. A média do fator de capacidade foi de 0,71 para o conjunto de PCHs do subsistema Cone Sul (entre 2001 e 2007) e 0,68 para o conjunto do subsistema Acre-Rondônia (entre 2003 e 2007). Estes números são muito superiores aos da UHE Samuel, com média de 0,41 para o mesmo período.

Entre as contribuições das PCHs para o estado de Rondônia nas últimas décadas, de acordo com Neto e Moret (2008), destacam-se:

- Aumento quantitativo e qualitativo no fornecimento de eletricidade, principalmente nas cidades não pertencentes aos subsistemas principais de distribuição, contribuindo para o suprimento 24h/dia;
- Opção eficaz, limpa e renovável para estabilização e crescimento do setor elétrico no estado;
- Geração de empregos diretos e indiretos, com nível de qualificação profissional elevado;
- Redução dos elevados custos de geração realizada por PCTs. Com as PCHs o custo do kW gerado diminuiu mais de oito vezes em relação ao abastecimento anterior;
- Entre 1992 a 2007, as PCHs evitaram a queima de 738.000 m<sup>3</sup> de combustível fóssil, reduzindo a emissão de gás carbônico em 1,9 milhões de toneladas.

De acordo com o Banco de Informações de Geração (BIG) da ANEEL (2018), o estado de Rondônia conta com 17 PCHs em operação, 1 em construção (Apertadinho) e 3 com obras não iniciadas (Machadinho I, Cachoeira Formosa e Urubu). A potência instalada das 17 PCHs em Rondônia é de 151.421 kW, com área total alagada de 7.351,4 ha. Se forem consideradas as CGHs, são acrescentados 21.712 kW de potência.

Além das PCHs, Rondônia possui quatro UHEs em operação, a saber: UHE Samuel, UHE Rondon II, UHE Santo Antônio e UHE Jirau.

### 3.3 IMPACTOS SOCIOAMBIENTAIS DAS PCHS

De acordo com Braga et al. (2005), o lago formado a montante da barragem, necessário na maioria das construções de PCHs, altera o ecossistema aquático, pois o fluxo é alterado, reduzindo sua velocidade e turbulência, embora a área alagada seja bem menor que no caso das UHEs.

O acúmulo de sedimentos na área alagada a montante da barragem causa assoreamento, e também pode provocar danos a jusante da barragem, como erosões às margens do canal (CARVALHO, 2008).

Segundo Maia (2006), o acúmulo de sedimentos no reservatório também têm impacto econômico, pois a capacidade de acumulação é reduzida, implicando na redução do potencial energético. Além disso, a vida útil do reservatório é reduzida e, caso o assoreamento chegue à tomada d'água, os equipamentos podem ser danificados por abrasão.

O assoreamento também pode ocasionar aumento do fenômeno da cavitação nas pás de turbinas hidráulicas também, devido à queda nos níveis de pressão.

Na análise de impactos causados por PCHs, também deve ser considerado o risco de rompimento das barragens. A tragédia ocorrida no estado de Rondônia em 2008, com o rompimento da barragem da PCH Apertadinho, localizada no município de Vilhena, no rio Comemoração, causou danos severos à região.

A rompimento da barragem da PCH Apertadinho, ocorrido na fase final de construção, causou 1.501,4 hectares de desmatamento, causando prejuízos à vegetação nativa e fauna, porém apenas 271,1 hectares foram classificados como desmatamento pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), através do sistema de monitoramento PRODES, ou seja, menos de 20% do total foi detectado (COSTA, 2017).

Após uma década do acidente, os responsáveis ainda não arcaram com os prejuízos e a maior parte da área impactada ainda não foi recuperada.

As hidrelétricas instaladas no estado também são responsáveis por grandes impactos. De acordo com o Movimento dos Atingidos por Barragens – MAB, muitas famílias ainda não foram indenizadas pela Eletronorte com a construção da UHE Samuel. A empresa também não realizou as obras de infraestrutura previstas (ARAÚJO; MORET, 2016).

De acordo com Araújo e Moret (2016), as populações ribeirinhas do Rio Madeira sofreram com a redução na oferta de peixe, contaminação da água e proliferação de doenças, como dengue e malária, devido à formação de espelhos d'água.

Relatos de moradores da comunidade São Sebastião, próxima às instalações da UHE Santo Antônio, apontam que muitos pescadores abandonaram seu ofício para trabalhar na construção da usina, fato este que gerou aumento significativo da receita dos moradores da comunidade naquele período. Entretanto, nos dias de hoje, com o término da construção, muitos estão sem emprego e com dificuldades para conseguirem obter novamente a licença de pescador, alguns inclusive foram presos por pesca ilegal.

Outro ponto apontado foi que o empreendimento não construiu os tanques de piscicultura, nem forneceu capacitação para que estes pudessem atuar com esta atividade, como acordado. Ou seja, o empreendimento não cumpriu seu papel com os moradores, se considerarmos o longo prazo.

Os moradores também se sentem inconformados com o número reduzido de famílias que recebeu indenização pelos prejuízos causados pela enchente de 2014. Até a presente data ainda estão aguardando.

O próprio PDE 2026 destaca que cidades da região Norte, por possuírem redes urbanas menos densas, são mais sensíveis à pressão sobre a infraestrutura decorrente de projetos de grande porte, como UHEs, exemplo claro do que ocorreu com a cidade de Porto Velho com as usinas de Santo Antônio e Jirau.

### 3.4 ALTERNATIVAS PARA GANHO ENERGÉTICO NAS PCHS DO ESTADO DE RONDÔNIA

Na tentativa de reduzir novos impactos socioambientais provenientes de empreendimentos hidrelétricos e, ainda assim, atender à crescente demanda por eletricidade, existem algumas alternativas através de inovações tecnológicas, entre elas, pode-se destacar o processo de repotenciação.

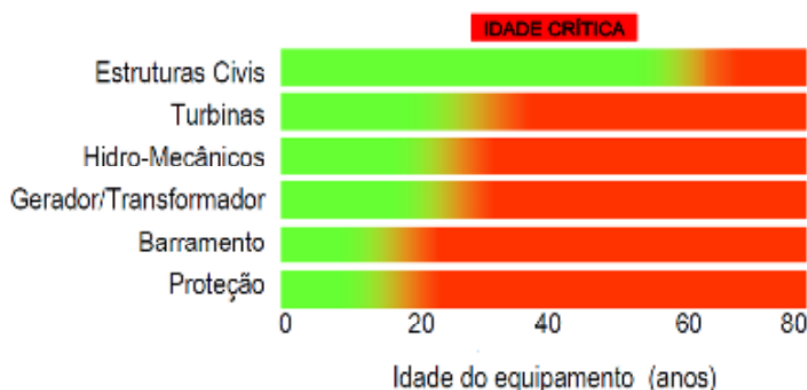
De acordo com Oliveira (2012),

A repotenciação pode ser definida como uma intervenção ou conjunto de intervenções nas estruturas, circuitos hidráulicos e equipamentos eletromecânicos envolvidos no processo de conversão energética de um empreendimento hidrelétrico já construído, com ganho simultâneo de potência e rendimento, conciliados com benefícios econômicos e socioambientais.

A repotenciação é um procedimento que consiste em, de alguma maneira, aumentar a geração elétrica de uma instalação hidrelétrica já existente.



Segundo Oliveira (2012), todas empreendimentos hidrelétricos, seja UHE, PCH ou CGH, em maior ou menor grau, podem passar por processo de repotenciação, seja por subdimensionamento ou defasagem temporal. A vida útil de empreendimentos hidrelétricos pode ser analisada através da figura 4.



**Figura 4.** Idade crítica dos equipamentos e estruturas principais de um empreendimento.  
Fonte: Oliveira (2017), adaptado de Voith Siemens Hydro.

Conforme figura 4, verifica-se que esta seria uma alternativa interessante para as PCHs do estado de Rondônia, principalmente as construídas nas décadas de 80 e 90.

A repotenciação pode ser utilizada para redefinir a potência nominal inicialmente projetada com o auxílio de inovações tecnológicas e concepções mais atuais de projeto ou ainda para elevar a potência de operação, através da identificação de folgas no projeto inicial, sem que haja incorporação de novas tecnologias à unidade geradora (EPE, 2008).

Em países desenvolvidos, o processo de repotenciação já tem sido realizado de forma rotineira visando a obtenção de ganhos energéticos. De acordo com o projeto “*Blue Age for a Green Europe*”, elaborado em 2002, através de técnicas de repotenciação em PCHs, seria possível aumentar a potência instalada em 1111 MW (VUKOSLAVČEVIĆ, 2017).

Para Maldonado et al. (2006), com a repotenciação é possível maximizar a eficiência energética da usina sem gerar grandes impactos socioambientais, considerando que os impactos já foram consolidados e não há necessidade de remoção compulsória de populações ribeirinhas. Além disso, quando não houver alteração no nível do reservatório, qualquer hipótese de erosões às margens do rio são descartadas.

A viabilidade do projeto depende de uma análise multidisciplinar, nos aspectos técnicos, econômicos e ambientais. A viabilidade do procedimento de repotenciação pode

ser analisado através de indicadores, tais como: idade do empreendimento, custos de operação e manutenção, produtividade (geração), flexibilidade de operação e aproveitamento do potencial hidráulico disponível frente às tecnologias atuais (OLIVEIRA, 2017)

Através do estudo de caso realizado por Oliveira (2017) na PCH Lajeado, no Tocantins, observou-se que, com a repotenciação, a potência instalada elevou-se de 1,8 MW para 8,0 MW, sendo que o custo do projeto – relação R\$/kW adicional - mostrou-se inferior ao custo médio de investimento que seria necessário para um novo empreendimento.

## 4. CONCLUSÃO

Como apresentado, as PCHs tiveram papel importantíssimo no suprimento de eletricidade do estado de Rondônia. Em um cenário onde cada vez mais se critica a utilização de fontes fósseis para a geração elétrica, é necessário ampliar a capacidade dos empreendimentos que utilizam fontes renováveis.

Comparada a outras formas de geração de energia, Bacellar (2017) aponta que, além de vantagens já citadas das PCHs, como menores impactos ambientais, melhor aproveitamento hídrico, redução de perdas em linhas de transmissão, descentralização da produção e geração de empregos locais, estas são geralmente implantadas por pequenos e médios investidores, em vez de grandes instituições bancárias.

Frente às dificuldades de licenciamento ambiental de novos empreendimentos hidrelétricos, que por vezes podem até inviabilizar os projetos, é imprescindível pensar políticas públicas com foco em alternativas de ampliação da capacidade de geração sem que sejam instaladas novas UHEs ou PCHs, através, por exemplo, de projetos de repotenciação.

Porém, o próprio Plano de Desenvolvimento Estadual Sustentável (PDES) de Rondônia 2015 – 2030 não apresenta diretrizes que vão ao encontro desta perspectiva e que possam realmente contribuir para maximização do processo sustentável de desenvolvimento.

Por fim, destaca-se a importância da realização de pesquisas que proporcionem aumento da eficiência energética nos empreendimentos locais, garantindo, neste processo, participação legítima da sociedade com a potencialização do desenvolvimento econômico e regional.

## 5. REFERÊNCIAS

ANEEL. AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Banco de Informações de Geração: Capacidade de Geração do Brasil**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>>. Acesso em: 03/11/2018.

ARAÚJO, N. C.; MORET, A. S. Direitos humanos e hidrelétricas: uma análise dos impactos socioambientais e econômicos gerados em Rondônia. **Revista Veredas do Direito**, v. 13, n. 26, p. 167-194, 2016.

ABRAGEL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE GERAÇÃO DE ENERGIA LIMPA. **Seminário Desafios da Geração de Energia Elétrica no Brasil (ANEEL)**. Brasília, 2017. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/documents/10184/15266087/painel+3+ap+4+ABRAGEL+-+2017-10-19+-+Semin%C3%A1rio+Desafios+da+Gera%C3%A7%C3%A3o+de+Energia+El%C3%A9trica+no+Brasil\\_ANEEL.pdf/a5822d40-a750-7434-6905-9a53c971b951](http://www.aneel.gov.br/documents/10184/15266087/painel+3+ap+4+ABRAGEL+-+2017-10-19+-+Semin%C3%A1rio+Desafios+da+Gera%C3%A7%C3%A3o+de+Energia+El%C3%A9trica+no+Brasil_ANEEL.pdf/a5822d40-a750-7434-6905-9a53c971b951)>. Acesso em: 20/10/2018.

BACELLAR, R. M. B. A água e a energia como elementos essenciais para a qualidade da vida humana: a emergente necessidade de sustentabilidade nos sistemas de produção energética. **Pch Notícias & Shp News**, v. 74, n. 3, p. 15-20, 2017.

BRAGA, B.; et al. **Introdução à Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2ª Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.

CARVALHO, N. O. **Hidrossedimentologia Prática**. 2ª Ed. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2008.

COSTA, F. F. **Impactos ambientais das pequenas centrais hidrelétricas do estado de Rondônia**. (TCC) Graduação em Engenharia Florestal - Universidade de Brasília, 2017.

EPE. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica DEN 03/08: Considerações sobre a Repotenciação e Modernização de Usinas Hidrelétricas**. Rio de Janeiro, 2008.

MAIA, A. G. **As conseqüências do assoreamento na operação de reservatórios formados por barragens**. (Tese) Doutorado em Engenharia Civil - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

MALDONADO, O. A.; PANUNCIO, P. A.; SILVA, D. F.; SILVEIRA, J. L. Technique-economical viability of repowering of small hydroelectric power plant considering the social insert and environmental preservation. **Renewable Energy & Power Quality Journal**, v. 1, n. 4, p. 211-215, 2006.

NETO, A. A. S. M.; MORET, A. S. Contribuição Técnica, econômica e ambiental das PCHs no Sistema Elétrico Isolado Rondônia. **Revista Espaço Energia**, n. 9, p. 25-33, 2008.

OLIVEIRA, M. A. Modelo para análise da viabilidade técnica, econômica e ambiental da repotenciação de pequenas centrais hidrelétricas. **Pch Notícias & Shp News**, v. 74, n. 2, p. 5-10, 2017.

OLIVEIRA, M. A. **Repotenciação de Pequenas Centrais Hidrelétricas: avaliação técnica e econômica.** (Dissertação) Mestrado em Engenharia de Energia – Universidade Federal de Itajubá, 2012.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2026.** 2017. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Decenal-de-Expansao-de-Energia-2026>>. Acesso em: 20/10/2018.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **PNE - Plano Nacional de Energia 2030**, v. 12, Brasília, 2007.

THE WORLD BANK, **Electric power transmission and distribution losses (% of output).** 2018. Disponível em: <[https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?end=2014&name\\_desc=false&start=1960&view=chart](https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS?end=2014&name_desc=false&start=1960&view=chart)>. Acesso em 29/10/2018.

VUKOSLAVČEVIĆ, P. The influence of the design flow rate on the economical and ecological aspects of SHP - Small Hydropower Plants. **Machine Design**, v. 9, n. 4, p. 161-168, 2017.