



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

Fernanda Ferreira da Costa

**IMPACTOS AMBIENTAIS DAS PEQUENAS CENTRAIS
HIDRELÉTRICAS DO ESTADO DE RONDÔNIA**

Brasília, julho de 2017



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

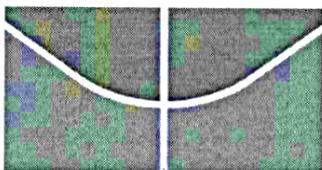
IMPACTOS AMBIENTAIS DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS DO ESTADO DE RONDÔNIA

Fernanda Ferreira da Costa

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Brasília, julho de 2017



Universidade de Brasília
Faculdade de Tecnologia
Departamento de Engenharia Florestal

IMPACTOS AMBIENTAIS DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS DO ESTADO DE RONDÔNIA

Estudante: Fernanda Ferreira da Costa

Matrícula: 11/0117204

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Menção: SS

Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador

Prof. Dr. Ricardo de Oliveira Gaspar
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

MSc. Ilvan Medeiros Lustosa Junior
Universidade de Brasília – UnB
Membro da Banca

Julho/2017

“Há quem chegue nas maiores alturas só para cometer as maiores baixezas.”

Ayres Britto

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos aos meus pais Adalberto e Maria José, por terem construído uma pessoa com o que haviam de melhor em vocês. Principalmente minha mãe, tudo o que eu disser nunca há de ser tão grande como o bem que ela me quis.

Aos colegas, a aceitar o que, às vezes, fugia à nossa vontade, a respeitar o outro na sua diferença. Ao meu grande amigo Pedro, pela sua honestidade e sinceridade, com todos os nossos tumultuados desejos e a opacidade das motivações, parece passar ao largo da essencialidade dessa amizade.

E ao meu orientador Eraldo, que sempre se mostrou amigo e preocupado com os nossos interesses, transmitindo seus conhecimentos e legado, meu respeito e eterna gratidão.

RESUMO

A população brasileira cresceu substancialmente nas últimas décadas e, conseqüentemente, o aumento da demanda por energia elétrica seguiu a mesma tendência. A hidroeletricidade surgiu como um elemento diferencial da Matriz Energética Brasileira, com destaque por ser a principal fonte de geração de eletricidade no país. O modelo energético, baseado na construção de grandes usinas hidrelétricas, causou sérios prejuízos ao meio ambiente e às populações locais, que foram bastante atingidas. As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) surgiu como forma alternativa de desenvolvimento e distribuição de eletricidade de baixo impacto socioambiental e geração descentralizada. Atualmente, o estado de Rondônia conta com 0,1% de energia hidráulica na geração de energia no país proveniente de PCH instaladas e em pleno funcionamento na geração da eletricidade, responsáveis por 2% do potencial energético das grandes usinas daquele Estado. O presente estudo buscou contribuir para o melhor entendimento dos impactos ambientais causados por Pequenas Centrais Hidrelétricas no estado de Rondônia. Foram mapeados os lagos de 36 PCHs cadastradas no órgão ambiental estadual e avaliados os impactos causados na vegetação nativa, incluindo um caso de rompimento de barragem ocorrido em 2008. Juntas, 20 PCH formaram 7.351,4 hectares de represas, causando impactos diretos na vegetação nativa, principalmente em Floresta Ombrofila Aberta Submontana. A quebra da barragem da PCH Apertadinho em 2008 destruiu uma área de 1.500 ha, a maior parte de vegetação ciliar nativa, ainda não recuperada em 2016. Embora as PCH sejam consideradas de impactos relativamente menores comparados às grandes Usinas Hidrelétricas (UHE), constituem uma preocupação ambiental, especialmente pelo grande número de empreendimentos distribuídos em todo o estado de Rondônia, o que torna o seu controle mais dispendioso. Outra preocupação é que em alguns casos, as PCH assumem grandes dimensões espaciais e de riscos socioambientais. E, por isso, devem ser objeto de medidas de comando e controle específicas para garantir a segurança e sustentabilidade ambiental de tais empreendimentos. Seus impactos devem ser devidamente considerados.

Palavra-Chave: Potencial energético, Rondônia, Pequena Central Hidrelétrica (PCH), Quebra de barragem

ABSTRACT

The Brazilian population has grown substantially in the last decades, consequently, the increase in the demand for electricity followed the same trend. A surgical hydroelectricity as a differential element of the Brazilian Energetic Matrix, with emphasis being a main source of electricity generation in the country. The energy model, based on the construction of large hydroelectric plants, caused serious damage to the environment and local populations, which were very active. As Small Hydroelectric Power Plants (SHP) emerged as an alternative form of development and distribution of electricity with low socio-environmental impact and decentralized generation. At present, the state of Rondônia has 0.1% of hydroelectric power in the non-proven power generation of SHPs installed and in full operation in electricity generation, through 2% of the energy potential of large power plants in that State. The present study sought to contribute to a better understanding of the environmental impacts caused by Small Hydroelectric Plants in the state of Rondônia. The lakes of 36 SHPs registered in the state environmental agency and resources of the impacts caused in native vegetation were mapped, including a case of dam rupture occurred in 2008. Together, 20 SHPs formed 7,351.4 hectares of dams, causing direct impacts on native vegetation, mainly in Submontana Open Umbrophilus Forest. A breakdown of the Apertadinho SHP dam in 2008 destroyed an area of 1,500 ha, a majority of native riparian vegetation, not yet recovered in 2016. Although SHP is considered of relatively minor impacts compared to large hydroelectric plants (HPP), they constitute a environmental concern, especially the large number of enterprises distributed throughout the state of Rondônia, which makes its control more expensive. Another concern is in some cases, as SHPs assume large spatial dimensions and socioenvironmental risks. And, therefore, they must be subject to command and control measures for the safety and environmental sustainability of such enterprises. Its impacts should be considered.

Keyword: Potential energy, Rondônia, Small Hydropower Plant (SHP), Dam break

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Empreendimentos em operação em dezembro de 2016 (Fonte: Aneel, 2016)	13
Tabela 2 – Lagos de PCHs mapeados em Rondônia.....	24
Tabela 3 – Variação das áreas dos lagos das PCH no estado de Rondônia.....	24
Tabela 4 - Quantidade de área (ha) desmatada de 2008 a 2014 na área de estudo com dados do PRODES	25
Tabela 5 – Área dos diferentes usos e cobertura das represas com dados do TerraClass	25
Tabela 6 - Tipos de Vegetação impactada pela construção dos lagos das PCHs de Rondônia.....	26
Tabela 7 - Classificação do TerraClass de 2008 na área afetada pelo rompimento da barragem da PCH Apertadinho em janeiro de 2008.....	28
Tabela 8 - Desmatamento detectado pelo projeto Prodes de 2008 na área afetada pelo rompimento da barragem da PCH Apertadinho em janeiro de 2008.	28
Tabela 9 - Potencial energético (KW) das PCHs em operação em Rondônia.....	33
Tabela 10 - Potencial energético (KW) e tamanho do lago das UHEs em operação em Rondônia.....	34

Lista de Figuras

Figura 1 – Localização da área de estudo (estado de Rondônia) no Brasil e das PCH instaladas em Rondônia.....	19
Figura 2 – Mosaico de imagens da ESRI World Imagery (2017) utilizadas para o mapeamento das áreas alagadas pelas PCH em Rondônia.....	20
Figura 3 - Formação de lago da PCH em Rondônia.....	23
Figura 4 - Área total por classe em hectares (ha) na região dos lagos de PCHs de Rondônia entre 2004 e 2014.....	26
Figura 5 - Área impactada pelo rompimento da barragem da PCH do Apertadinho observada em janeiro de 2008, no rio Comemoração, em Vilhena-RO, mapeada pelos projetos PRODES e TerraClass em 2008.....	28
Figura 6 – Aspectos visuais da área da represa da PCH Apertadinho em 2007.....	29
Figura 7 - Aspectos visuais da área da represa e da área impactada pelo rompimento da represa da PCH Apertadinho em 2008.	30
Figura 8 - Aspectos visuais da área da represa e da área impactada pelo rompimento da represa da PCH Apertadinho em 2011.	30
Figura 9 - Aspectos visuais da área da represa e da área impactada pelo rompimento da represa da PCH Apertadinho em 2016.	31
Figura 10 - Quantidade de área impactada em 2007, 2008, 2011 e 2016.	31
Figura 11 - Classificação do uso do solo na PCH Apertadinho	32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. PROBLEMÁTICA E QUESTÕES DE PESQUISA	12
3. OBJETIVOS	12
3.1. Objetivo Geral	12
3.2. Objetivos Específicos	12
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
4.1. Demanda de Energia Elétrica	13
4.2. Potencial de produção de energia em Rondônia	14
4.3. PCH e sua Legislação	14
4.4. Impactos na instalação de UHE e PCH	15
4.5. Base de dados sobre o uso e cobertura da terra	15
4.5.1. Projeto PRODES	16
4.5.2. Projeto TERRACCLASS	16
4.6. Floresta Ombrófila Aberta Submontana	17
5. MATERIAIS E MÉTODOS	18
5.1. Área de Estudo	18
5.2. Base de dados para mapeamento das PCH	19
5.3. Mapeamento do uso e cobertura da terra	20
5.3.1. Dados PRODES	21
5.3.2. Dados TerraClass	21
5.4. Avaliação dos impactos causados pelo rompimento da barragem da PCH Apertadinho	22
5.5. Potencial Energético	22
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
6.1. Mapeamento dos lagos das PCHs	23
6.1.1. PRODES e TerraClass	25
6.1.2. Vegetação impactada pelos lagos	26
6.2. Caso da barragem da PCH Apertadinho	27
6.2.1. PRODES e TerraClass	27
6.2.2. Mapeamento da área impactada pelo rompimento da represa da PCH Apertadinho em 2008	29
6.3. Comparação benefício x impacto	32
6.3.1. Tamanho de lago x produção de energia	32
7. CONCLUSÃO	35
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

1. INTRODUÇÃO

A população brasileira tem crescido a uma taxa média geométrica de 4% ao ano (IBGE, 2017), com o conseqüentemente aumento na demanda por energia elétrica. Assim, quando se discutem os aspectos referentes às questões relativas à oferta e demanda energética, várias são as nuances referentes à dimensão que a energia assume nas sociedades atuais, uma vez que o atual padrão de crescimento econômico e de consumo destas sociedades está cada vez mais crescente (RIPPEL, 2006).

A hidroeletricidade surge como um elemento diferencial da Matriz Energética Brasileira, sendo a principal fonte de geração de eletricidade no país (TOLMASQUIM, 2012). De acordo com dados do Plano Nacional de Energia (PNE) 2030, apesar de 77,1% da energia elétrica consumida ser produzida por hidrelétricas, cerca de 70% do potencial hidrelétrico brasileiro ainda não foi aproveitado. Como a maior parte desse potencial se encontra no Norte do país, o governo tem priorizado essa região para aumentar a oferta de energia elétrica (PEREIRA, 2013). Esse modelo energético implantado no país, consolidado na construção de grandes usinas hidrelétricas, causou sérios prejuízos ao meio ambiente e às populações atingidas (MENDES, 2005).

Nesse sentido, é fundamental compreender a importância do acesso à energia elétrica gerada por fontes de baixo impacto ambiental. Dentro das usinas hidrelétricas, surgem as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) como forma alternativa de desenvolvimento e distribuição de eletricidade de baixo impacto socioambiental e geração descentralizada (PORTAL PCH, 2017). Comparadas às complexas usinas hidrelétricas, as PCHs demandam menor prazo para implantação, além de facilidades legislativas e maturação do investimento e disposição de compra por parte de concessionárias de energia elétrica (SILVA e MANIESE, 2005).

De acordo com ANEEL (2017), o estado de Rondônia tem atualmente 0,1% de energia hidráulica na geração de energia no país através de suas PCHs instaladas e todas em pleno funcionamento na geração da eletricidade. Todavia, a posição geográfica de Rondônia é uma das causas dos problemas de fornecimento de energia no estado. Desse modo, obriga a geração de energia descentralizada como opção ao suprimento a demanda e à necessidade de atender populações distantes dos centros de geração (MORET, 2004).

Segundo Candiani (2013), todo empreendimento relacionado à produção de energia elétrica é impactante do ponto de vista social e ambiental e, portanto, tanto as

hidrelétricas de grande porte como as PCHs causam muitos impactos negativos ao meio ambiente e às populações. É importante que as PCHs sejam avaliadas da mesma maneira que os grandes empreendimentos. No caso das PCHs, estes impactos podem ser em escala menor, ainda sim são importantes e necessitam de acompanhamento. A discussão é em relação à significância desses impactos no estado de Rondônia, considerando a intensidade desses mesmos impactos.

O presente estudo buscou entender melhor os impactos ambientais causados pelas PCHs localizadas no estado de Rondônia. O estudo incluiu a estimativa de impactos na vegetação, os alagamentos e o rompimento da represa da PCH do apertadinho, localizada no município de Vilhena, Rondônia. Os resultados deste estudo contribuem com a reflexão sobre os potenciais impactos ambientais das PCHs e com informações que podem auxiliar na definição de estratégias de monitoramento e controle desses empreendimentos no Estado.

2. PROBLEMÁTICA E QUESTÕES DE PESQUISA

Diante do aumento no número de construções de novas Pequenas Centrais Hidrelétricas no estado de Rondônia e da pequena quantidade de informações sobre os impactos causados em suas implantações, as questões que nortearam a presente pesquisa foram: Qual a área alagada pela construção das PCHs em Rondônia? Quais os tipos de vegetação mais impactados? Alguma situação específica de impactos ambientais causados por estas PCHs?

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

O presente estudo buscou avaliar os impactos causados pela implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas em Rondônia, com enfoque na vegetação e em situações de impactos mais relevantes causados por acidentes ou imprevistos na implantação e operação desses empreendimentos.

3.2. Objetivos Específicos

- Quantificar as áreas alagada pelas PCHs em Rondônia;

- Verificar o tipo de vegetação impactada pela implantação dos lagos;
- Identificar os impactos ambientais sobre a vegetação causados por acidentes o imprevistos na implantação e operação das PCHs;
- Avaliar a eficácia da produção de energia elétrica, considerando energia produzida e área alagada.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. Demanda de Energia Elétrica

No Brasil, de acordo com o Banco de Informações da Geração (BIG) da Aneel, em dezembro de 2016, existem em operação o total 4.613 empreendimentos, totalizando 149.704.518 KW de potência instalada. Está prevista para os próximos anos uma adição de 25.505.691 KW na capacidade de geração do País, proveniente dos 201 empreendimentos atualmente em construção e mais 655 em empreendimentos com construção não iniciada. Em relação às PCHs, são 440 em operação no país com uma capacidade instalada de 4,9 mil MW de potência instalada, como mostra a Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Empreendimentos em operação em dezembro de 2016 (Fonte: Aneel, 2016)

Empreendimentos em Operação					
Tipo	Quantidade	Potência Outorgada (KW)	Potência Fiscalizada (KW)	%	
CGH	572	461.257	462.919	0,31	
EOL	402	9.878.938	9.815.360	6,56	
PCH	440	4.923.442	4.913.809	3,28	
UFV	42	27.008	23.008	0,02	
UHE	218	101.076.620	91.459.470	61,09	
UTE	2.937	42.678.345	41.039.952	27,41	
UTN	2	1.990.000	1.990.000	1,33	
Total	4.613	161.035.610	149.704.518	100	

A malha energética brasileira é composta basicamente pelas Usinas Hidroelétricas (UHE) e Usina Termelétrica de Energia (UTE) que juntas representam mais de 80% do total dos empreendimentos em operação (Aneel, 2016). Além do aumento da demanda por energia elétrica ocorrer devido ao aumento da demografia e pelo crescimento econômico, da mesma forma ocorre com a demanda de água. Porém, isso não ocorre em alguns países em franco crescimento nos quais as taxas estão decrescendo devido a utilização de práticas mais eficientes (SOITO e FREITAS, 2011)

No entanto, existem muitas famílias brasileiras sem acesso à energia e estão majoritariamente nas localidades de menor Índice de Desenvolvimento Humano e de baixa renda (MME, 2017). Logo, é preciso investir em novas formas de geração de energia e em tecnologia para gerar menor impacto possível nos novos empreendimentos a fim de suprir essa demanda.

4.2. Potencial de produção de energia em Rondônia

A posição geográfica do Estado de Rondônia, a dispersão e o tamanho do mercado de consumo, as distâncias aos centros de produção e consumo energéticos, um planejamento equivocado no que tange a universalização, as opções de oferta e a qualidade do atendimento são as causas dos problemas históricos de fornecimento que Rondônia vem enfrentando nos últimos anos. Desse modo, a geração descentralizada surge como uma opção ao suprimento convencional nos últimos anos, devido à escassez de recursos para os grandes empreendimentos, às pressões para preservação ambiental e à necessidade de atender com energia elétrica os aglomerados populacionais cada vez mais distantes dos centros de geração (MORET, 2004).

As PCHs do estado de Rondônia foram instaladas em regiões onde supriam localidades isoladas e aos poucos foram se incorporando aos subsistemas regionalmente interligados que se formaram no estado (NETO & MORET, 2009). O Estado de Rondônia atualmente tem um potencial hidrelétrico de 13 mil MW, segundo o Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro (SIPOT) da Eletrobrás em dezembro de 2015. A produção termelétrica responde por mais de 60% da geração estadual. A produção hídrica vem das Usinas Hidrelétricas (UHE) Samuel, UHE Rondon II, UHE Jiaru e UHE Santo Antonio e de dezessete Pequenas Centrais Hidrelétricas (ANEEL, 2016).

4.3. PCH e sua Legislação

Em 1998 a ANEEL estabeleceu critérios para a definição de PCH por meio da Resolução nº. 394, de 4 de dezembro de 1998: 1) potência igual ou superior a 1,0 MW e igual ou inferior a 30,0 MW; 2) área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 Km²; 3) cota d'água associada à vazão de cheia com tempo de recorrência de 100 anos (ANEEL, 1998). Em 2003, por meio da Resolução nº. 652 adicionou a definição do tratamento específico para os aproveitamentos hidrelétricos que não atenderem à condição para

área do reservatório, respeitados os limites de potência e modalidade de exploração. Contudo, essa resolução foi revogada pela Resolução Normativa nº. 673, de 4 de agosto de 2015.

Além disso, a ANEEL regulamentou o processo de autorização para as PCHs com a Resolução Normativa nº 343, de 9 de dezembro de 2008. A legislação vigente estabelece procedimentos para Registro dos Estudos de Inventário Hidrelétrico, Elaboração, Aceite, Análise e Aprovação do Projeto Básico, Outorga de Autorização de Potenciais PCH para produtores independentes e autoprodutores (ANEEL, 2008).

4.4. Impactos na instalação de UHE e PCH

Os empreendimentos hidrelétricos inserem-se dentro do interesse coletivo de uma sociedade por elevar, através da oferta de energia, a qualidade de vida da população. No entanto, além dos benefícios energéticos devem ser considerados os efeitos prejudiciais do empreendimento. A construção, tanto de Usina Hidrelétrica quanto de Pequena Central Hidrelétrica, acarreta uma série de impactos tanto de ordem ambiental como de ordem social que precisam ser analisados com o objetivo de se adequar a política de energia elétrica com as necessidades do país e proteção ao meio ambiente.

Nesse contexto, as instalações das UHE, além dos impactos da obra propriamente dita, que no caso é a barragem e seu entorno, a implantação pode gerar impactos ambientais na hidrologia, clima, erosão e assoreamento, sismologia, flora, fauna e alteração da paisagem (LEITE, 2005). No Brasil, a construção de usinas hidrelétricas na Amazônia vem degradando enormemente a floresta, que “tornou-se alvo das estratégias de desenvolvimento e integração territorial de diversos países da América do Sul” (FAVARETTO, 1999).

No caso das PCHs, embora estes impactos sejam em escala menor, não significa que sejam menos importantes e que não necessitam de acompanhamento. Um conjunto de pequenas hidrelétricas, em uma mesma bacia hidrográfica, pode causar danos significativos comparáveis aos das grandes hidrelétricas.

4.5. Base de dados sobre o uso e cobertura da terra

No presente estudo, serão utilizados dados dos projetos PRODES e TERRACLASS (descritos a seguir) para apoiar as análises das alterações no uso e

cobertura da terra a partir da implantação de lagos para geração de energia elétrica das PCH instaladas em Rondônia.

4.5.1. Projeto PRODES

O PRODES, idealizado pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas espaciais), realiza o monitoramento por satélite do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz, desde 1988, as taxas anuais de desmatamento na região, que são usadas pelo governo brasileiro para o estabelecimento de políticas públicas. As taxas anuais são estimadas a partir dos incrementos de desmatamento identificados em cada imagem de satélite que cobre a Amazônia Legal (INPE, 2016).

Baseado nos dados do PRODES, o governo a cada ano define os municípios do Bioma Amazônia regidos pelas normas do Decreto 6.321 de 21/12/2007, que instituem regras de acesso a créditos federais e impõem medidas de regularização fundiária e de redução de desmatamento para o restauro do acesso às linhas de crédito embargadas.

As estimativas geradas pelo PRODES baseiam-se em mapeamento anual de um grande conjunto de imagens do satélite Landsat 5/TM ou similares, cobrindo toda a extensão da Amazônia. O PRODES identifica a retirada completa da cobertura florestal, maiores que 6,25 hectares (ha). As áreas sob impacto de exploração seletiva de madeira e áreas degradadas por incêndios florestais foram ignoradas desde os primeiros levantamentos, por ser menos evidente em estágios iniciais de degradação e por apresentarem pequenas dimensões e extensões, sendo de difícil detecção com os instrumentos e técnicas utilizadas naquele período. Para possibilitar a comparação das taxas ano a ano e manter a compatibilidade da série histórica desta taxa, o PRODES permanece mapeando apenas desmatamento por corte raso (INPE, 2013).

4.5.2. Projeto TERRACLASS

Em escala nacional, o interesse e a percepção dominantes ainda atribuem à Amazônia a condição de fronteira de recursos naturais, área de expansão e intensificação do povoamento e da economia nacional. Nas escalas regional e local, a incidência dessas percepções e ações, somada às demandas sociais, é traduzida por uma dinâmica de transformação territorial acelerada, configurando, a cada tempo, uma nova geografia amazônica (BECKER, 2004).

Nesse contexto, o projeto TerraClass veio com objetivo de qualificar o desflorestamento da Amazônia legal, tendo por base as áreas desflorestadas mapeadas e publicadas pelo Projeto PRODES (Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite) e imagens de satélite, apresentando os resultados do mapeamento do uso e cobertura da terra na Amazônia Legal para todas as áreas desflorestadas mapeadas pelo PRODES (ALMEIDA, 2009).

Com este resultado é possível entender a dinâmica de uso e cobertura da Amazônia Legal Brasileira. Para isto já foram mapeados cinco anos de uso e cobertura (2004, 2008, 2010, 2012 e 2014) permitirão uma análise evolutiva de uma década que se inicia no ano da implantação do Plano de Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm). Com estes resultados é possível fazer uma avaliação da dinâmica do uso e ocupação das áreas desflorestadas nestes 10 anos da implementação do PPCDAm (INPE, 2016).

4.6. Floresta Ombrófila Aberta Submontana

A Floresta Ombrófila Aberta Submontana pode ser observada e distribuída por toda a Amazônia ocorrendo com as quatro faciações florísticas, situada acima dos 100 metros de altitude, e mesmo fora dela principalmente com a faciação floresta com palmeiras. As primeiras referências à ocorrência desta formação foram feitas por Huber (1909), justamente para a área territorial do Acre, mas sua presença, com significado fisionômico-ecológico, só foi assinalada nas margens dos rios locais. Com o advento das imagens de radar, os técnicos do Projeto Radambrasil puderam delimitar aproximadamente as grandes áreas da floresta e determinar a sua importância, incluindo-a como mais uma “faciação florística da floresta aberta” nos Estados do Acre e do Amazonas. Contudo, através das imagens do sensor TM do satélite LANDSAT 5, pôde-se delimitar uma grande mancha de “bambuzal”, cercada de muitas outras menores, que dá a nítida impressão de que as comunidades de bambu encontram-se em expansão (IBGE, 1992).

A floresta aberta com palmeiras, nos Estados do Maranhão e do Piauí, em pontos isolados da Região Nordeste, e no Espírito Santo, constitui comunidades secundárias denominadas “florestas-de-babaçu”, que nessa formação Submontana apresentam-se semelhantes à das terras baixas. Esta faciação Submontana pode ser observada em estado natural nos Estados do Pará, Amazonas, Roraima e Mato Grosso,

pois nos Estados de Tocantins e Rondônia provavelmente não mais existe devido à devastação realizada na década de 1980. No Estado do Acre ainda é encontrada uma fisionomia natural ou pelo menos submetida a menor ação antrópica para retirada de madeiras (IBGE, 2012).

A floresta-de-cipó, que era mais expressiva no sul do Estado do Pará, principalmente nas depressões circulares do Pré-Cambriano e aí denominada de “mata-de-cipó”, encontra-se distribuída por toda a Amazônia. Nas encostas dos planaltos e nas serras, a floresta aberta com cipó apresenta uma fisionomia com elementos de alto porte isolados e envolvidos pelas lianas lenhosas. A floresta aberta com sororoca é quase exclusiva da Bacia do Rio Xingu, embora possa ser encontrada em menores áreas nos Estados de Rondônia, Amazonas e Roraima. É a que apresenta menor representatividade dentro das faciações florísticas (IBGE, 2012).

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Área de Estudo

A área do presente estudo incluiu todo o território de Rondônia, localizado na parte oeste da região Norte do Brasil. Rondônia tem como limites os estados do Amazonas, Mato Grosso, Bolívia e Acre. A maior parte do seu território se encontra incluída no Planalto Sul Amazônico, uma das parcelas do planalto central brasileiro. De acordo com IBGE (2017), Rondônia tem 237.765,376 Km² com 52 municípios e encontra-se entre as longitudes oeste 66°00' e 59°00' e latitudes sul 7°00' e 13°00'.

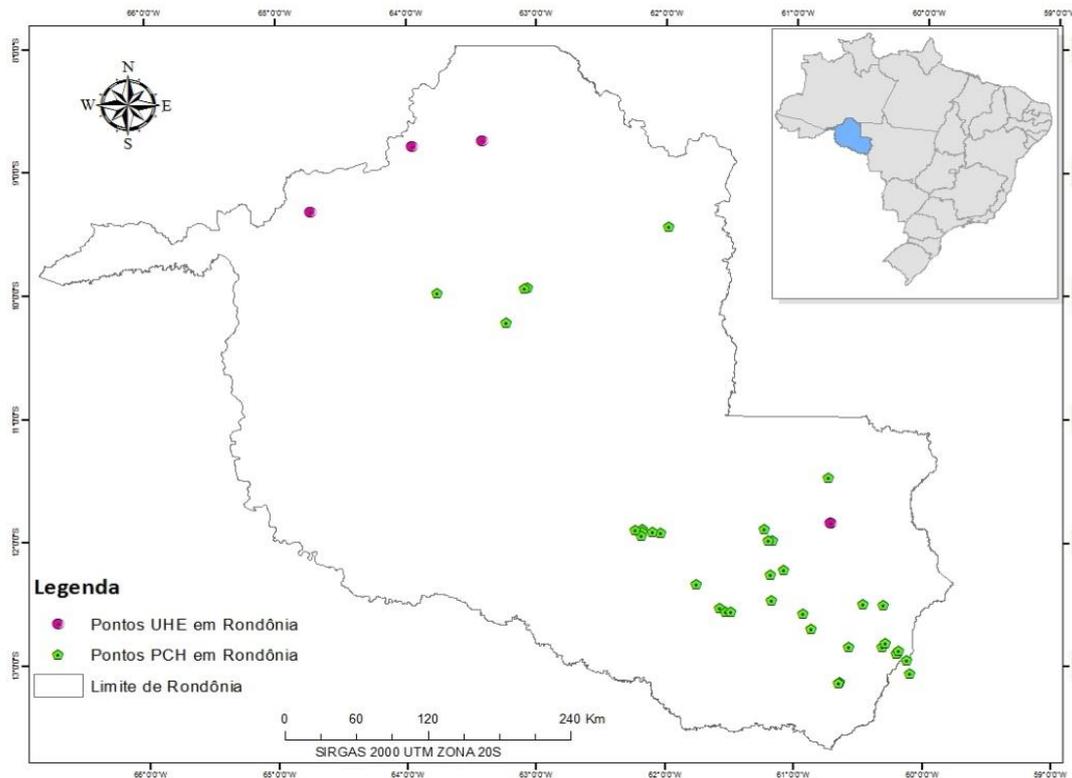


Figura 1 – Localização da área de estudo (estado de Rondônia) no Brasil e das PCH instaladas em Rondônia

A rede hidrográfica do estado de Rondônia é composta pelo rio Madeira e seus afluentes que formam oito importantes bacias: do Mamoré, do Abunã, do Mutum-Paraná, do Jaci-Paraná, do Jamari, do Ji-Paraná e do Aripuanã. Possui, portanto, um grande potencial hídrico para geração de energia elétrica (BLUMM, 2008).

. De acordo com os dados do Banco de Informações de Geração (BIG), até o final de 2016 em Rondônia havia mais de 17 PCHs em operação, três em construção e quatro em construção não iniciada. A maior parte das PCHs em operação está localizada na região oeste do estado. Além disso, conta com quatro Usinas Hidrelétricas de grande porte: UHE Samuel, UHE Jirau, UHE Santo Antônio e UHE Rondon II.

5.2. Base de dados para mapeamento das PCH

Para o mapeamento das represas das Pequenas Centrais Hidrelétricas implantadas em Rondônia foram utilizadas as imagens de alta resolução disponibilizada pelo *World Imagery* (ESRI – ArcGIS© Basemap) para o mapeamento de feições geográficas para compor a base de informações geográficas referentes a cada Pequena Central Hidrelétrica localizada na região do Estado de Rondônia (Figura 2).

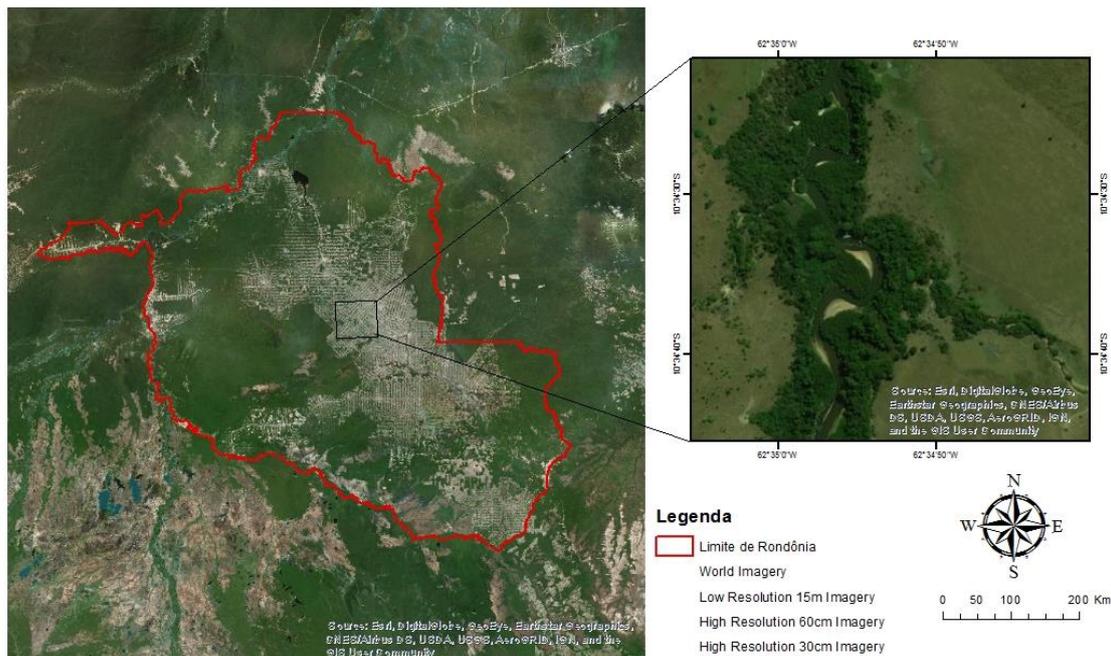


Figura 2 – Mosaico de imagens da ESRI World Imagery (2017) utilizadas para o mapeamento das áreas alagadas pelas PCH em Rondônia

A base de dados do *World Imagery* foi atualizada em maio de 2017, e tem sido mantida pela empresa Esri®, no qual disponibiliza cenas de satélite em três bandas e resolução mínima de 2.5 m adquiridas pelo satélite francês SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*).

Com os pontos de localização de cada PCH em formato vetorial (*shapefile*), disponibilizado pela Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental (SEDAM) de Rondônia, foi feito o mapeamento das PCH que causaram a ocupação do solo pela formação dos lagos criados pelas suas represas. A partir dos lagos mapeados, foi calculado a área dos mesmos e feita uma análise estatística descritiva para estimar a variabilidade dos dados.

5.3. Mapeamento do uso e cobertura da terra

Para analisar as alterações no uso e cobertura da terra da área de estudo foi utilizado um mapa de vegetação de 1998 em formato vetorial (*shapefile*), fornecido pela SEDAM do estado de Rondônia. Com esse *shapefile* utilizou-se a caixa de ferramentas *Analysis Tools – Overlay*, com o algoritmo *Intersect*. Com o uso desse algoritmo, obteve-se, em um novo arquivo, com a correlação existente entre o mapa de vegetação

de 1998 com os lagos mapeados. Assim, correlacionaram-se as informações para verificar o tipo de vegetação impactada com a implantação dos lagos.

Foram utilizados também os dados do PRODES e TerraClass para apoiar a identificação do uso da terra das áreas desmatadas no contexto das PCHs analisadas.

5.3.1. Dados PRODES

Abordagens sobre o nível florestal da região foram feitas utilizando imagens Landsat-5 TM do Programa de Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite (PRODES). As imagens Landsat foram preparadas no *software* ArcGis, para medir as taxas estimadas a partir dos incrementos de desmatamento identificados.

Para estimar o desmatamento da PCH de Rondônia, os dados do PRODES - INPE foram utilizados, incluindo o mosaico estadual de Rondônia com o acumulado de 2010 até 2015. A estimativa foi feita a partir do somatório de todas as áreas desflorestadas pelos impactos das PCHs estudadas.

Num caso específico estudado, onde houve o rompimento de uma barragem do lago da PCH Apertadinho, foi utilizada cena individual que recobre a área impactada. A cena utilizada foi a com órbita (*Path*) 230 e ponto (*Row*) 69, do ano de 2008 até 2016.

5.3.2. Dados TerraClass

Os dados em formato vetorial de classificação de dinâmica de uso e cobertura da terra das áreas desflorestadas de Rondônia utilizados nessa parte do estudo foram produzidos pelo programa TerraClass para o ano de 2004, 2008, 2010, 2012 e 2014.

O mapeamento do uso de solo realizado pelo o programa foi elaborado baseado em interpretação visual de imagens do satélite LANDSAT 5 TM (INPE, 2016). Originalmente, os dados do TerraClass contemplam treze classes temáticas: Agricultura Anual, Mosaico de ocupações, Área Urbana, Mineração, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Hidrografia, Regeneração com Pasto, Pasto com solo exposto, Vegetação secundária, Área não observada, Não Floresta e Desflorestamento. As classes Pasto Limpo, Pasto Sujo, Regeneração com Pasto e Pasto com solo exposto foram reclassificadas como Pastagem. As classes Área não observada e Não Floresta foram reclassificadas como “Outros”.

Complementarmente, foi utilizado o mapa das tipologias vegetais do estado de Rondônia para a qualificação das formações vegetais afetadas pelo desmatamento causado pelas PCH.

5.4. Avaliação dos impactos causados pelo rompimento da barragem da PCH Apertadinho

De acordo com o relatório da Proposta de Fiscalização e Controle nº 71, de 2009 da Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia (SEDAM), a PCH Apertadinho fica a cerca de 30 km a noroeste de Vilhena – RO, próxima à confluência dos rios Pimenta Bueno e Comemoração. Foi originalmente previsto a instalação de 30 MW (Mega Watts) na PCH do Apertadinho. Entretanto, o reservatório da PCH se rompeu em janeiro de 2008, durante o período chuvoso naquele Estado. O acidente colocou em risco os moradores ribeirinhos e das cidades (Pimenta Bueno e Cacoal) situadas a jusante da barragem da PCH no rio Comemoração, onde a usina foi instalada

Para esta análise específica, foi feito o mapeamento dessa região e uma análise espaço-temporal da cobertura vegetal e uso da terra. Foram adquiridas imagens do sensor TM a bordo do satélite Landsat-5 dos anos de 2007, 2008, 2011 e 2016, obtidas do catálogo de imagens do INPE.

5.5. Potencial Energético

As informações de potencial energético de cada PCH foram obtidas do portal de geoprocessamento da ANEEL. O SIGEL (Sistemas de Informações Geográficas do Setor Elétrico) reúne os dados geográficos do Setor Elétrico que constam na base de dados da ANEEL. Os dados para esse estudo foram retirados do Mapa dos Empreendimentos de Geração de Energia Elétrica disponibilizado pelo site.

Os dados de geração de energia de cada PCH do estudo foram comparados com os potenciais energéticos das UHEs. Analisando tamanho do lago e produção de energia, verificou-se a comparação entre impacto e benefício.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Mapeamento dos lagos das PCHs

A maior parte das PCHs depende da construção de barragens para represamento de água de forma a criar um desnível entre as superfícies livres de água localizada nos lados a montante e a jusante. Como consequência, o rio a montante da barragem se transforma em um lago, o que altera o ecossistema aquático, pois ele passa de um ambiente de altas velocidades e alta turbulência para um ambiente de baixa velocidade e baixa turbulência (BRAGA, 2005).

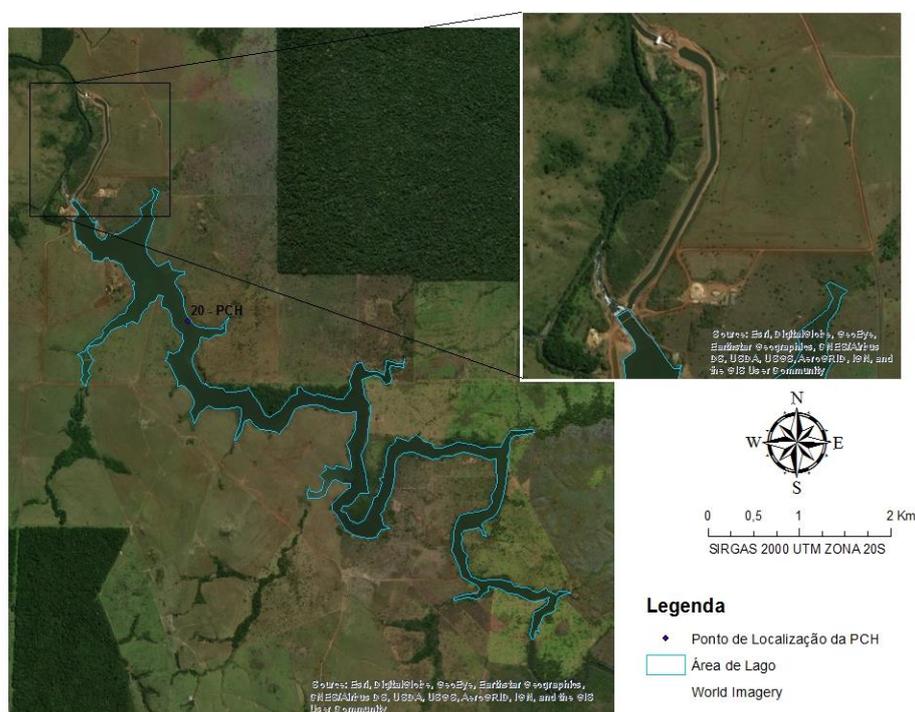


Figura 3 - Formação de lago da PCH Cascata Chupinguaia em Rondônia

Neste estudo, das 30 PCH registradas no sistema da ANEEL, foi possível mapear a formação de 20 lagos, com média de 367,6 de lago por PCH, totalizando 7.351,4 hectares de alagamento na região. Com base no mapeamento das Micro Centrais Hidrelétricas (MCH), estimou-se uma média de 8,6 hectares de lago por MCH. As áreas alagadas das PCHs mapeadas em Rondônia estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Lagos de PCHs mapeados em Rondônia

Código	Enquadramento	Área de lago (ha)
3	PCH	50,6
4	PCH	13,1
5	PCH	24,5
7	PCH	9,2
9	PCH	34,3
10	MCH	3,6
12	PCH	0,6
13	PCH	545,0
14	PCH	1,3
15	PCH	0,2
17	PCH	338,9
18	MCH	5,0
19	PCH	244,4
20	PCH	219,4
22	PCH	162,9
27	PCH	0,8
29	PCH	2.177,3
30	PCH	712,2
31	PCH	2.018,2
34	PCH	789,9
Total		7.351,4

Com base nos resultados da estatística descritiva (Tabela 3), observou-se grande variabilidade no tamanho das represas das PCHs mapeadas em Rondônia. O tamanho médio dos lagos foi de 368 hectares, com desvio padrão de 640,46 hectares (174% do valor da média), indicando grande heterogeneidade nos tamanhos das represas das PCHs naquele Estado. É provável que a grande variação do tamanho dos lagos está relacionada aos lagos das MCHs na análise, que são muito menores que o tamanho dos lagos das PCHs.

Tabela 3 – Variação das áreas dos lagos das PCH no estado de Rondônia

Resultados	Área (há)
Média	367,57
Erro padrão	143,21
Mediana	42,42
Desvio padrão	640,46
Variância da amostra	410185,20
Coeficiente de variação	174%

Segundo a Resolução N° 652, de 9 de dezembro de 2003, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), as PCHs se caracterizam pela potência instalada (maior que 1,0 MW e menor ou igual que 30,0 MW) e área total do reservatório menor que 3,0 km² ou 300 hectares. Pode ser qualificada também como PCH o aproveitamento hidrelétrico com área de reservatório maior que 3,0 km², desde que sejam respeitados os limites de potência e modalidade de exploração. Nesses casos, a área do reservatório não pode ser superior a 13,0 km². Portanto, os tamanhos dos reservatórios de três PCHs mapeadas neste estudo devem ter sido baseados em outros objetivos que não sejam os previamente mencionados neste estudo (de geração de energia elétrica).

6.1.1. PRODES e TerraClass

A partir da sobreposição do mapa de das áreas dos lagos das PCHS e os mapas de desmatamento (PRODES), observou-se que, nos últimos cinco anos, o desflorestamento aumentou em uma média de 4,4% ao ano, cerca de mais de 200 hectares. Enquanto as áreas de florestas diminuíram uma média de 7% ao ano (Tabela 4).

Tabela 4 - Quantidade de área (ha) desmatada de 2008 a 2014 na área de estudo com dados do PRODES

Classes	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Desflorestamento	3929,3	3931,6	3951,8	4406,4	4593,3	4952,3
Floresta	2444,6	2442,3	2424,2	1967,6	1781,8	1774,4

A partir dos dados do projeto TerraClass, observou-se que a maioria das áreas desmatadas pelas represas são constituídas basicamente por pastagens (Tabela 5).

Tabela 5 – Área dos diferentes usos e cobertura das represas com dados do TerraClass

Classes	Área (ha)				
	2004	2008	2010	2012	2014
Desflorestamento	415,3	0,9	1,6	-	180,2
Floresta	2.465,1	1.978,8	1.978,1	1.552,3	1711
Hidrografia	720,8	719,5	719,7	719,3	719,1
Pastagem	2.134,6	2.117,8	2.123,9	2.276,0	1.503,5
Vegetação Secundaria	724,9	1.707,9	1.629,4	906,2	746,1
Agricultura Anual	-	-	40,8	-	0,3
Mineração	3,7	-	11,4	11,8	-
Área Urbana	25,8	-	29,7	-	7,4

Observou-se também que ocorreram diferenças na distribuição das áreas das classes, principalmente de 2010 para 2012 em que houve uma grande diminuição na área de floresta (Figura 4). Houve registro da classe de Área Urbana em alguns anos, o que pode ser explicado por provável impacto nessa região causado pelos alagamentos.

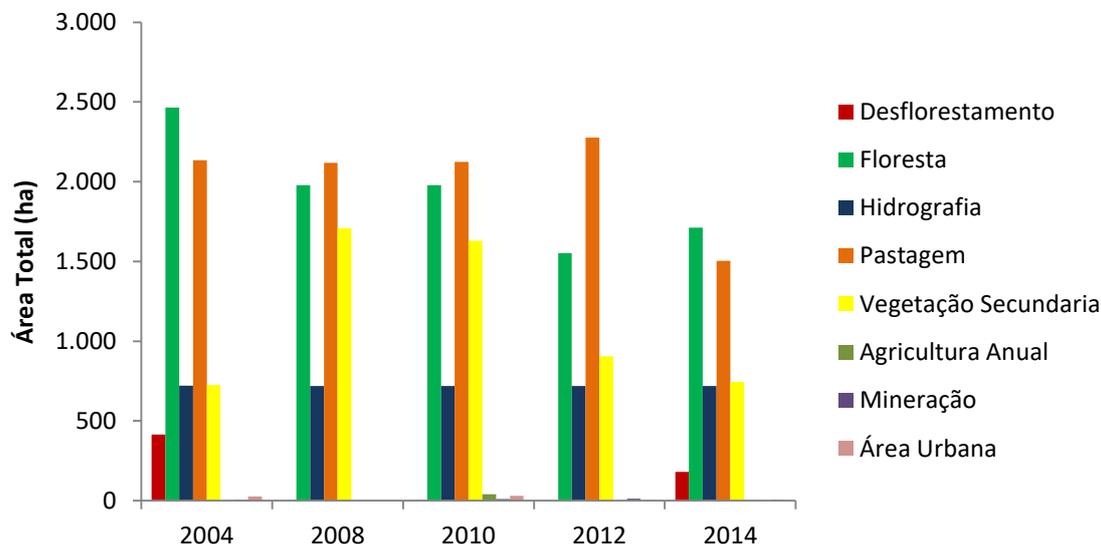


Figura 4 - Área total por classe em hectares (ha) na região dos lagos de PCHs de Rondônia entre 2004 e 2014.

6.1.2. Vegetação impactada pelos lagos

A partir da sobreposição do mapa das tipologias vegetais de Rondônia com as áreas de lagos construídas pelas PCHs, observou-se que a maior parte (70%) da vegetação nativa impactada constituíam-se em florestas ombrófilas aberta submontana, seguido pelas áreas de contato entre savana e florestas estacionais (Tabela 6).

Tabela 6 - Tipos de Vegetação impactada pela construção dos lagos das PCHs de Rondônia

Tipos de Vegetação	Área Impactada (ha)	%
Floresta Ombrófila Aberta Submontana	2.175,1	69,88
Floresta Estacional Decidual Aluvial	56,7	1,82
Floresta Estacional Semidecidual Submontana	97,2	0,90
Cerrado	28,1	3,64
Capoeiras	113,2	3,12
Contato Floresta Ombrófila/Floresta Estacional	92,3	2,97
Contato Savana/Floresta Estacional	548,9	17,64
Contato Savana/Floresta Ombrófila	1,1	0,04

De acordo com o Manual Técnico da Vegetação Brasileiro do IBGE (2012), as Florestas Ombrófilas abertas submontanas pode ser observada e distribuída por toda a

Amazônia. Esta faciação “Submontana” das florestas em Rondônia tem sido atingida pelo processo de desmatamento que vem ocorrendo desde a década de 1980 (IBGE, 2012).

6.2. Caso da barragem da PCH Apertadinho

Em 2015, o jornal a *Folha de S. Paulo* relatou que a PCH de Apertadinho, em Vilhena - RO, quando estava em fase final de obras, em janeiro de 2008, teve o rompimento de sua barragem do reservatório de água, no rio Comemoração. Vistoria feita pelo órgão ambiental de Rondônia (SEDAM) reportou que o acidente destruiu mata nativa e fauna em áreas de preservação permanentes causou assoreamento e deposição de detritos no rio e erosão do solo, entre outros estragos. O laudo recomendou ainda que toda a área impactada deveria ser recuperada nos anos subsequentes.

6.2.1. PRODES e TerraClass

A partir da sobreposição do mapa da área do lago e dos impactos do rompimento da represa da PCH Apertadinho, observada em janeiro de 2008, com os dados do PRODES e TerraClass de 2008, constatou-se que não os referidos mapeamentos não detectaram os impactos ocorridos com aquele evento (Figura 5).

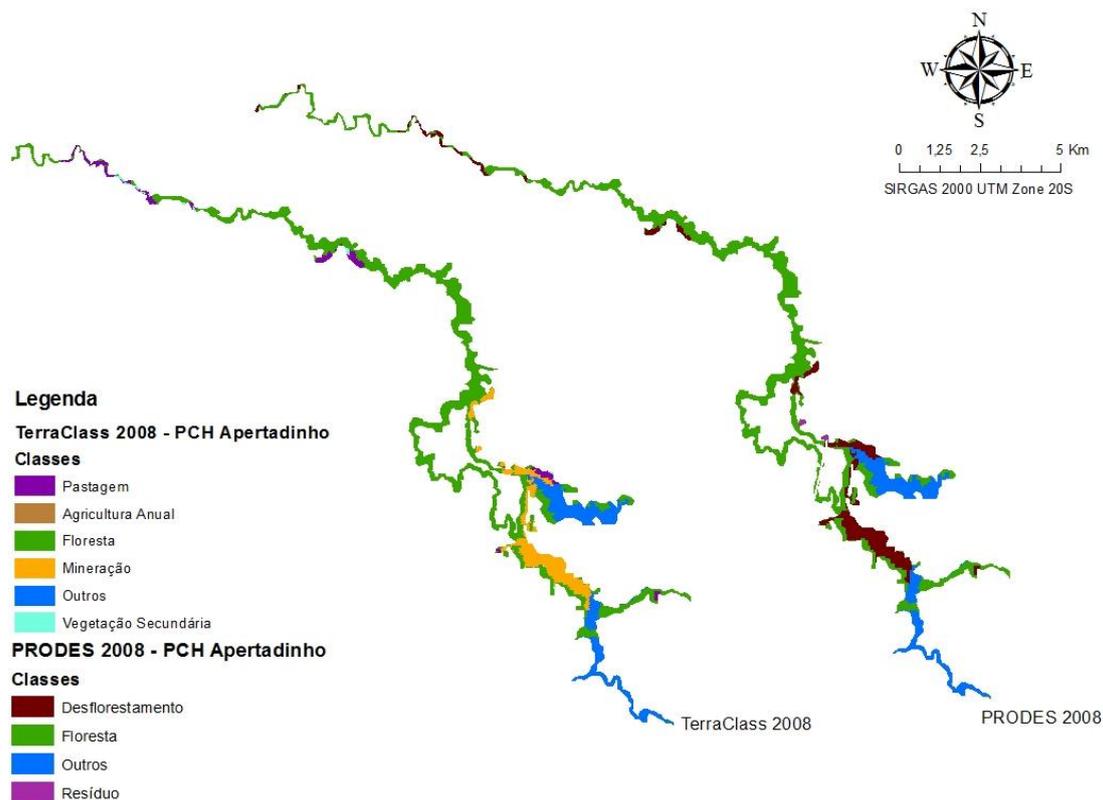


Figura 5 - Área impactada pelo rompimento da barragem da PCH do Apertadinho observada em janeiro de 2008, no rio Comemoração, em Vilhena-RO, mapeada pelos projetos PRODES e TerraClass em 2008.

Os dados dos projetos PRODES e TERRACLASS de 2008 não foram eficientes para detectar os impactos do rompimento da barragem, classificando a área toda como área florestada (Tabela 7).

Tabela 7 - Classificação do TerraClass de 2008 na área afetada pelo rompimento da barragem da PCH Apertadinho em janeiro de 2008.

Classes	Área
Pastagem	75,3
Agricultura Anual	0,01
Floresta	928,3
Mineração	210,4
Outros	276,8
Vegetação Secundária	9,7

Tabela 8 - Desmatamento detectado pelo projeto Prodes de 2008 na área afetada pelo rompimento da barragem da PCH Apertadinho em janeiro de 2008.

Classes	Área
Desflorestamento	271,1
Floresta	937,6
Resíduo	6,9
Outros	278,5

Os dados da sobreposição da área impactada pelo rompimento da barragem da PCH do Apertadinho, que totalizou 1.501,4 hectares de desmatamento, com dados do projeto PRODES, indicam que somente 271,1 hectares foram classificados como desmatamento (Tabela 8). Ou seja, praticamente 80% daquele desmatamento não foi detectado pelo sistema de monitoramento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). É provável que a o classificador utilizado pelo PRODES não tenha sensibilidade para áreas menores, como foi o caso daquele incidente no estado de Rondônia.

6.2.2. Mapeamento da área impactada pelo rompimento da represa da PCH Apertadinho em 2008.

A partir da observação visual em imagens do satélite Landsat-5 TM, é possível observar os impactos causados para a construção da represa (a montante da represa) até 2007 (Figura 6). Assim, em 2007 foi detectado e estimado 785 hectares de desmatamento, correspondente ao represamento com a formação do lago da PCH em fase final de construção.

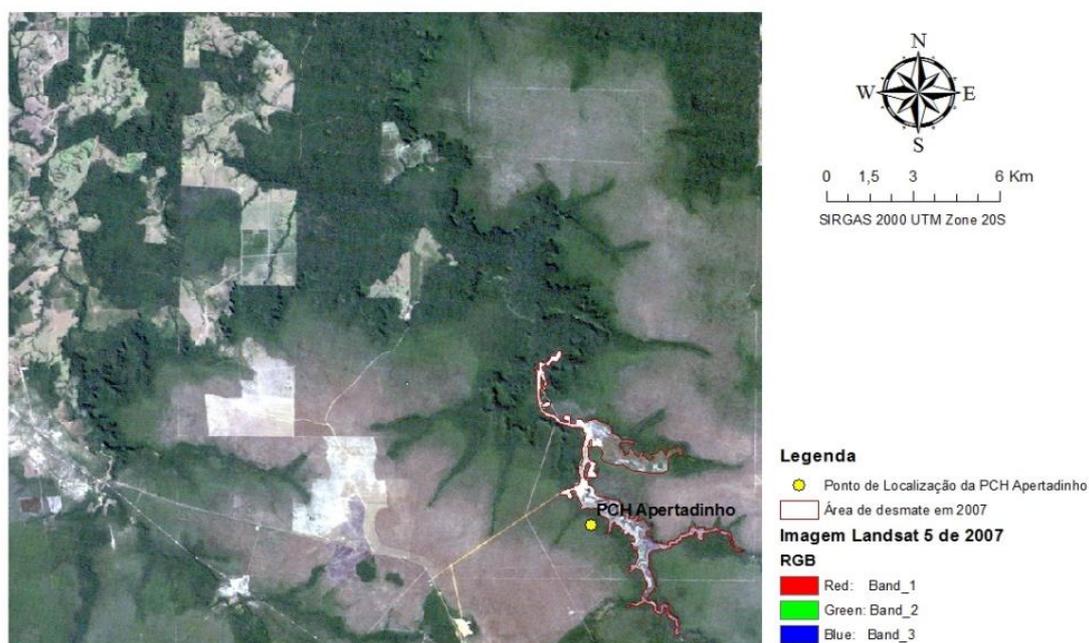


Figura 6 – Aspectos visuais da área da represa da PCH Apertadinho em 2007.

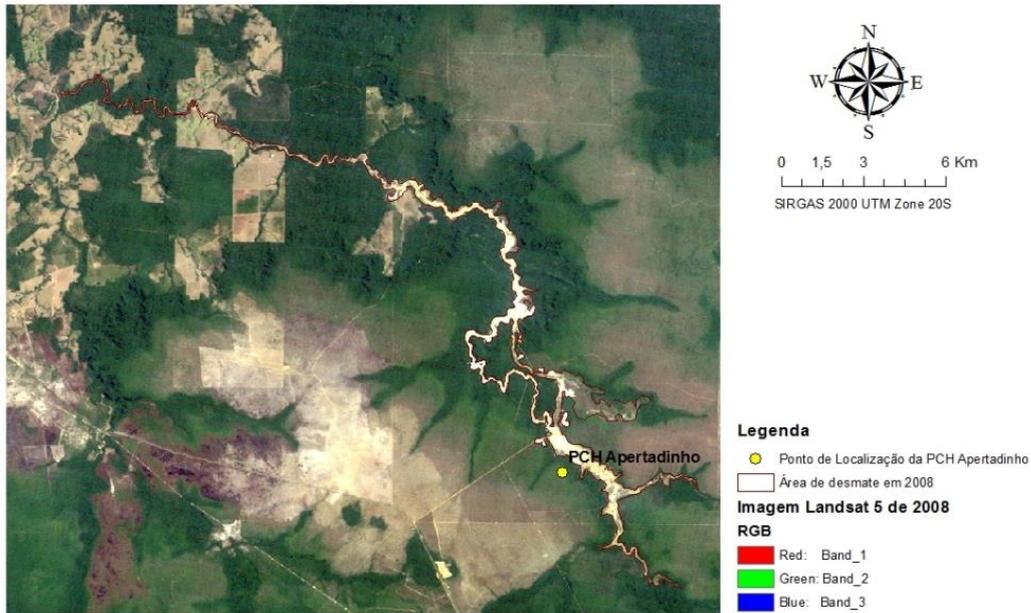


Figura 7 - Aspectos visuais da área da represa e da área impactada pelo rompimento da represa da PCH Apertadinho em 2008.

Da mesma maneira, os impactos causados pelo rompimento da barragem da PCH Apertadinho (a jusante da represa) podem ser visualizados em 2008 (Figura 7). Já em 2008, foram mapeados 1.501,4 hectares de desmatamento na mesma área estudada.

Na sequência temporal, em 2011, foi observada a redução de 17% (267 ha) da área desmatada. Aparentemente, a redução da área desmatada está relacionada a regeneração da área impactada pelo rompimento da represa (Figura 8).

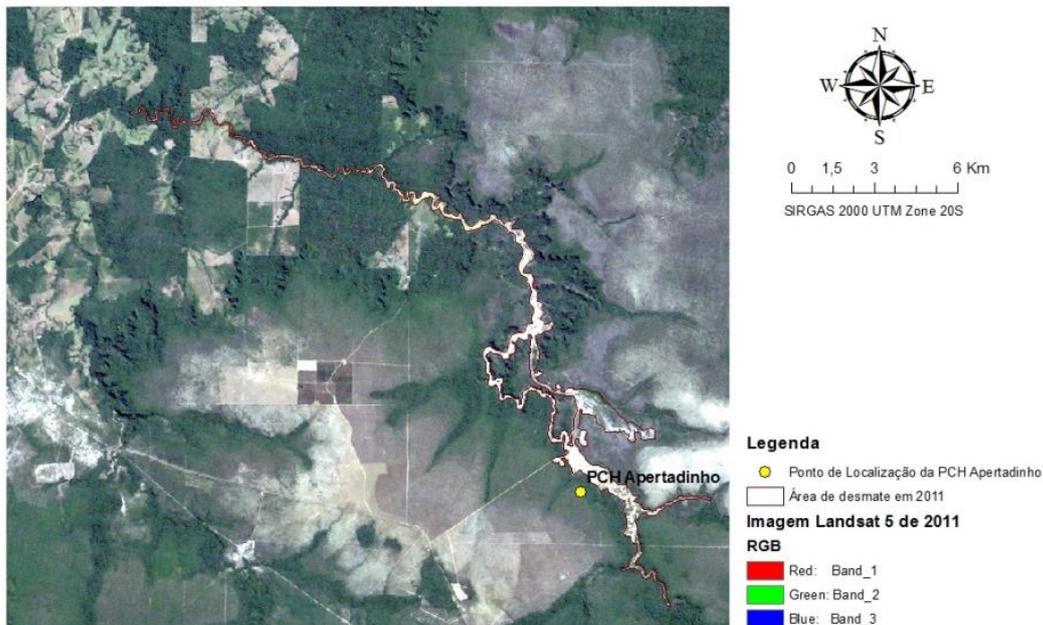


Figura 8 - Aspectos visuais da área da represa e da área impactada pelo rompimento da represa da PCH Apertadinho em 2011.

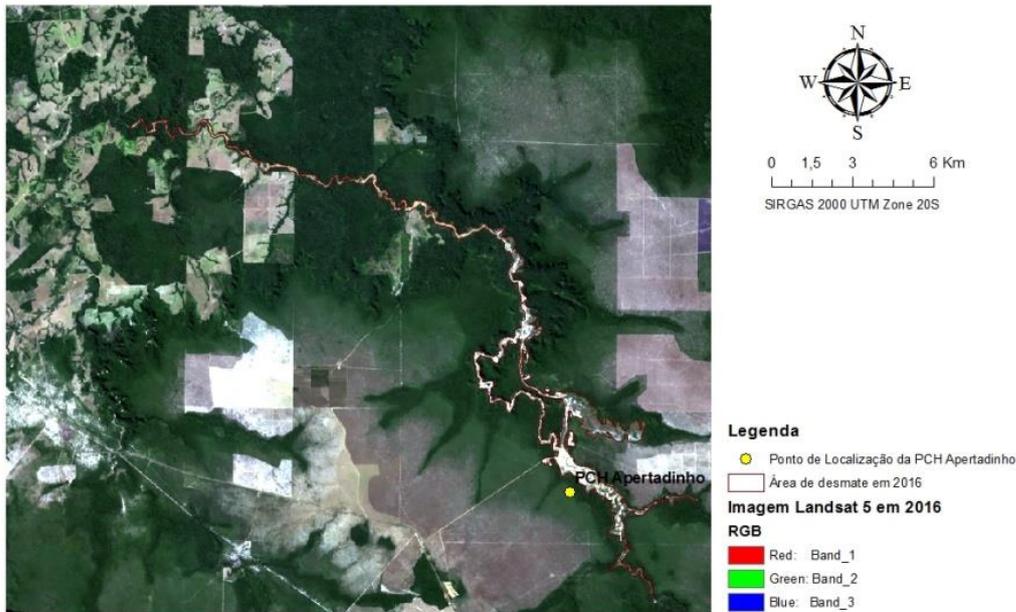


Figura 9 - Aspectos visuais da área da represa e da área impactada pelo rompimento da represa da PCH Apertadinho em 2016.

O processo de recuperação da área impactada pelo rompimento da represa da PCH do Apertadinho se estendeu até 2011, quando mais de 3% da vegetação parece ter sido recuperada (Figura 9).

Os dados das áreas desmatadas detectadas em 2007, 2008, 2011 e 2016 são apresentados na Figura 10.

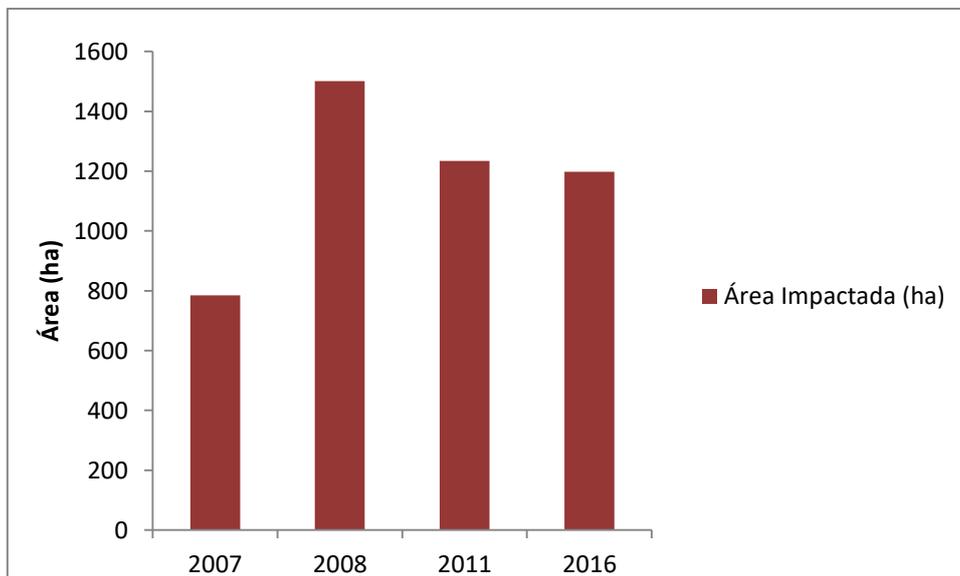


Figura 10 - Quantidade de área impactada em 2007, 2008, 2011 e 2016.

Os resultados da sobreposição da área da PCH Apertadinho com o mapa de Vegetação de 1998 indicam que a floresta nativa foi a classe predominantemente

afetada. Em 2008, na área afetada, cerca de 1.180 hectares de floresta foram desmatados, equivalente a 80% da área afetada hectares (Figura 11).

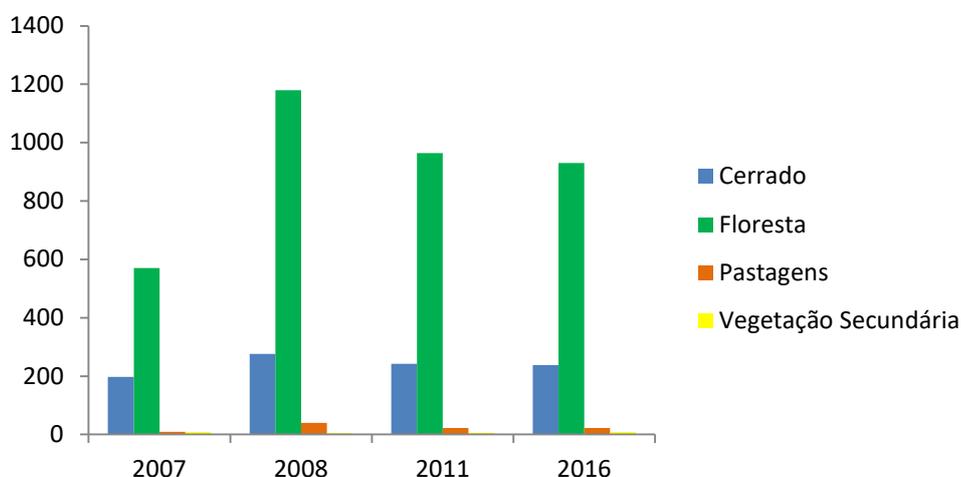


Figura 11 - Classificação do uso do solo na PCH Apertadinho

6.3. Comparação benefício x impacto

A construção das barragens e o alagamento causam mudanças consideráveis na estrutura física e climática das regiões, principalmente das microrregiões atingidas. Nesse sentido, a análise do impacto ambiental é um instrumento importante para indicar o verdadeiro alcance dos benefícios para a região e as possibilidades de um desenvolvimento sustentável a longo prazo (MÜLLER, 1995).

Considerando os aspectos restritivos as grandes centrais hidrelétricas e ao mesmo tempo a demanda crescente por energia, as PCHs podem ser avaliadas como uma alternativa promissora na produção de energia elétrica a baixo custo ambiental. Porém, seus impactos devem ser monitorados devidamente, pois em várias situações podem alcançar dimensões espaciais e de impactos ambientais de grande relevância e risco.

6.3.1. Tamanho de lago x produção de energia

Em análise da relação do tamanho de lago x produção de energia elétrica, observou-se que as 20 PCHs mapeadas tem potencial para produção nominal de 157.000 KW (*Kilo Watts*) com o represamento de 7.000 hectares. Mais detalhes da relação da produção de energia versus potência nominal instalada são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Potencial energético (KW) das PCHs em operação em Rondônia

Código	Enquadramento	Área de lago (ha)	Potência (KW)
3	PCH	50,6	3.000
4	PCH	13,1	5.000
5	PCH	24,5	2.000
7	PCH	9,2	1.100
9	PCH	34,3	2.500
10	MCH	3,6	1.480
12	PCH	0,6	6.900
13	PCH	545,0	5.280
14	PCH	1,3	1.400
15	PCH	0,2	2.650
17	PCH	338,9	25.700
18	MCH	5,0	2.270
19	PCH	244,4	3.600
20	PCH	219,4	9.600
22	PCH	162,9	1.260
27	PCH	0,8	7.000
29	PCH	2.177,3	17.000
30	PCH	712,2	17.010
31	PCH	2.018,2	20.000
34	PCH	789,9	30.000
Total		7.351,4	157.750

Juntas, a produção das PCHs instaladas em Rondônia não alcançam a quantidade de energia produzida por uma hidrelétrica similar a usina Rondon II, também instalada em Rondônia. No total, as PCHs mapeadas produzem cerca de 2% da produção total das UHEs de Rondônia (Tabela 9).

A ANEEL (2016) define que para ser considerada uma PCH, a produção de energia não pode ultrapassar 30 megawatts (MW), suficientes para iluminar seis mil residências de classe média. Apesar de se tratar de pequenas quantidades de produção de energia elétrica, os registros da ANEEL (2016) indicam uma tendência de expansão do mercado privado de instalação de PCHs no Brasil. Acrescido a isso, o presente estudo indica que os impactos causados na instalação de PCHs e bem inferior aos impactos na instalação das represas das médias e grandes UHEs. O total de potencial energético gerado pelas UHEs de Rondônia causa um impacto de 191.193 ha no estado para 7.608.250 KW de potência gerada (Tabela 10).

Tabela 10 - Potencial energético (KW) e tamanho do lago das UHEs em operação em Rondônia

UHE	Área do Lago (ha)	Potência (KW)
Santo Antônio	73.583,2	3.568.000
Rondon II	6.365,8	73.500
Jirau	6.6559,2	3.750.000
Samuel	44.684,5	216.750
Total	191.192,8	7.608.250

Segundo Teixeira (2003), embora as UHEs são importantes empreendimentos econômicos, a implantação destas usinas será cada vez mais difícil, pois gera assoreamento progressivo dos reservatórios. Queiroz (1999) afirma que a construção de UHEs gera inúmeros benefícios, suprimindo as necessidades de abastecimento das cidades, controlando as cheias, permitindo maior produção de alimentos, fornecendo energia para a indústria e população em geral. Além disso, as UHEs contribuem para a melhoria das características dos cursos d'água com vistas ao seu aproveitamento como hidrovia e oferecendo opções de lazer. Apesar disso, os resultados do presente estudo permitiram observar que os impactos gerados pela construção são superiores aos benefícios trazidos pela produção de energia quando comparados com as PCHs.

7. CONCLUSÃO

A instalação de PCHs no estado de Rondônia resulta em menores impactos ambientais quando comparados com as grandes UHEs. Existe uma tendência de crescimento do número de instalação de novas PCHs, o que as tornam objeto de monitoramento e controle mais rigoroso. Em Rondônia, a maior parte da vegetação nativa atingida foram as florestas ombrófilas, com grande relevância ambiental na região.

Outro problema relacionado com as PCHs é o risco de rompimento das represas. No caso específico de Rondônia, o incidente observado com a barragem na PCH Apertadinho, no rio Comemoração, ressalta a necessidade de medias de comando e controle para evitar acidentes semelhantes e, quando ocorrerem, para garantir a recuperação das áreas impactadas. Destaca-se aqui que mais a maioria das áreas impactadas pelo rompimento da barragem do Apertadinho ainda não foi recuperada. Para evitar maiores impactos à biodiversidade da região, é necessário adotar um processo de licenciamento ambiental mais criterioso, que considere a dimensão mais realística dos impactos e as interferências com os outros barramentos.

A comparação entre impactos e benefícios indica que as PCHs são mais eficientes na produção de energia elétrica que as UHEs. Embora as UHEs produzam quantidades bem superiores de energia elétrica, as suas áreas alagadas para tal fim são muito superiores que as PCHs. As PCHs parecem, portanto, ser empreendimentos mais viáveis e sustentáveis do ponto de vista ambiental.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. *et al.* Metodologia para mapeamento de vegetação secundária na Amazônia Legal. **São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**, 2009. (INPE-16621-RPQ/839)

ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica**. 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>> Acesso em: 10 de Junho de 2016.

BECKER, B. K. Amazônia: geopolítica na virada do III milênio. Editora Garamond, 2004.

BIG. **Banco de Informações de Geração da ANEEL**. 2016. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>> Acesso em: 04 de dezembro de 2016.

BLUMM, P. A. L.. LICENCIAMENTO AMBIENTAL: o caso das usinas hidrelétricas do rio Madeira. **Monografia apresentada como conclusão de curso de Direito no Centro Universitário de Brasília**, p. 40, 2008.

BRAGA, Benedito, et al. **Introdução à Engenharia Ambiental – O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2. Ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. 318p.

BRASIL. ANEEL. **Resolução nº 394, de 04 de dezembro de 1998**. Estabelece os critérios para o enquadramento de empreendimentos hidrelétricos na condição de pequenas centrais hidrelétricas. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/res1998394.pdf>> Acesso em: 04 de dezembro de 2016

BRASIL. ANEEL. **Resolução nº 652, de 9 de dezembro de 2003**. Estabelece os critérios para o enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica (PCH). Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/res2003652.pdf>> Acesso em: 10 de junho de 2017

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 343, de 9 de dezembro de 2008**. Estabelece procedimentos para registro, elaboração, aceite, análise, seleção e aprovação de projeto básico e para autorização de aproveitamento de potencial de energia

hidráulica com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2008343.pdf>> Acesso em: 04 de dezembro de 2016.

BRASIL. ANEEL. **Resolução Normativa nº 673, de 4 de agosto de 2015**. Estabelece os requisitos e procedimentos para a obtenção de outorga de autorização para exploração de aproveitamento de potencial hidráulico com características de Pequena Central Hidrelétrica – PCH. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/documents/656877/14486448/ren2015673.pdf>> Acesso em: 04 de dezembro de 2016.

BRASIL, Câmara dos Deputados. **Comissão de Fiscalização Financeira e Controle**. Proposta de Fiscalização e Controle n. 71, de 2009. Disponível em: <<http://www.camara.leg.br/sileg/integras/783067.pdf>> Acesso em 14 de Junho de 2017.

CANDIANI, Giovano et al. Estudo de caso: aspectos socioambientais da pequena central hidrelétrica (PCH) - Queluz-SP, na bacia do rio Paraíba do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 25, p. 98-119, 2013.

DA SILVA SOITO, João Leonardo; FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos. Amazon and the expansion of hydropower in Brazil: Vulnerability, impacts and possibilities for adaptation to global climate change. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 15, n. 6, p. 3165-3177, 2011.

ERENO, Dinorah. Pequenas em expansão. **Pesquisa FAPESP**, n. 157, p. 80-83, 2009.

FAVARETTO, José A. *Biologia — Volume Único, 1999 e Biologia — Uma abordagem evolutiva e ecológica*. **Editora Moderna**. São Paulo: 1997.

GOMES, João Paulo Pombeiro; VIEIRA, Marcelo Milano Falcão. O campo da energia elétrica no Brasil de 1880 a 2002. **rap—rio de Janeiro**, v. 43, n. 2, p. 295-321, 2009.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 10 de Junho de 2017.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Manual técnico da vegetação brasileira. Manuais Técnicos em Geociências, 1992.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Manual técnico da vegetação brasileira. Manuais Técnicos em Geociências, n. 1, 2012.

INPE. Metodologia para o Cálculo da Taxa Anual de Desmatamento na Amazônia Legal. **São José dos Campos: INPE**, 2013. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/prodes/metodologia_TaxaProdes.pdf>. Acesso em: 06 de dezembro de 2016.

INPE. **Dados TerraClass**. Disponível em <http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/dados_terraclass.php> Acesso em: 06 de dezembro de 2016.

LEITE, M. A. Impacto Ambiental das Usinas Hidrelétricas. **II Semana do Meio Ambiente. UNESP. Ilha Solteira**, junho 2005.

MENDES, Noeli Aparecida Serafim. As usinas hidrelétricas e seus impactos: os aspectos socioambientais e econômicos do Reassentamento Rural de Rosana-Euclides da Cunha Paulista. 2005.

MME, **Ministério de Minas e Energia**. Programa Luz Para Todos 2017. Disponível em: <<https://www.mme.gov.br/luzparatodos>> Acesso em: 15 de março de 2017

MORET, A. de S. Desafios ao setor elétrico de Rondônia, como a biomassa sustentável pode contribuir para o aumento da oferta de eletricidade: o caso dos resíduos agrícolas. In: **Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Itajubá, MG**. 2004.

MÜLLER, A. C. Hidrelétricas, meio ambiente e desenvolvimento. São Paulo: **Makron Books**, 1995.

NETO, Antonio Alves da Silva Marrocos; MORET, Arthur de Souza. Contribuição Técnica, econômica e ambiental das PCHs no Sistema Elétrico Isolado Rondônia. **Espaço Energia. ISSN**, 1807.

BRITTO, Patricia. Após 7 anos, rompimento de barragem em Rondônia segue sem punição. **Folha de S. Paulo**, Recife, 08 jul. 2015. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/mercado/2015/07/1653131-apos-7-anos-rompimento-de-barragem-em-rondonia-segue-sem-punicao.shtml>> Acesso em: 15 de julho de 2017.

PEREIRA, Ana Karine. Desenvolvimentismo, conflito e conciliação de interesses na política de construção de hidrelétricas na Amazônia brasileira. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**, 2013.

PORTAL PCH. O que é uma PCH. Disponível em: <<http://www.portalpch.com.br/>>
Acesso em: 15 de março de 2017

PRODES, INPE Projeto. Monitoramento da floresta Amazônica Brasileira por satélite. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais Projeto Prodes**. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/index.php>> Acesso em: 06 de dezembro de 2016.

QUEIROZ, Telle Marcondes Machado. O uso recreacional dos recursos hídricos na Represa do Lobo, Itirapina, SP. 2009: Principais impactos socioambientais. In: TRAVASSOS, Luiz Eduardo Panisset. Impactos gerados pela UHE Porto Primavera sobre o meio físico e biótico de Campinal, Presidente Epitácio, SP. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 1, n. 1, 2001.

RIPPEL, Ricardo; RIPPEL, Valderice Cecília Limberger; DE LIMA, Jandir Ferrera. Percepções Genéricas sobre o crescimento populacional a demanda por energia e os padrões de consumo dos recursos ambientais atuais. **Universidade Estadual do Oeste do Paraná-UNIOESTE**, 2006.

SEDAM. **Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental de Rondônia**. Dados das Pequenas Centrais Hidroelétricas licenciadas no Estado. 2017. Disponível em: <http://www.sedam.ro.gov.br/>. Acesso em: 02 de março de 2017.

SIGEL. Ministério de Minas e Energia. **Sistema de Informações Georreferenciadas do Setor Elétrico**. Disponível em: <<http://sigel.aneel.gov.br>>. Acesso em: 11 de julho de 2017.

SILVA, Leomar Pereira da; MANIESI, Vanderlei. Avaliação dos limites de uso e ocupação e as pequenas centrais hidrelétricas da sub-bacia do rio enganado–Rondônia: uma proposta de uso sustentável. **Geociências (São Paulo)**, v. 24, n. 3, p. 267-276, 2007.

SIPOT. **Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro da Eletrobrás**. 2015. Disponível em: <<https://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMIS21D128D3PTBRIE.htm>> Acesso em: 05 de dezembro de 2016.

TEIXEIRA, W., TOLEDO, M.C.M., FAIRCHILD, T.R., TAIOLI, F. Decifrando a Terra. 2. Ed. **São Paulo: Oficina de Textos**, 2003.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. The energy sector in Brazil: policy and Perspectives. **Estud. av., São Paulo**, v. 26, n. 74, p. 247-260, 2012. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142012000100017&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 15 de março de 2017.