



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CÂMPUS DE TRÊS LAGOAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM GEOGRAFIA

**ANÁLISE AMBIENTAL NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA
DIRETA E INDIRETA DA PCH COSTA RICA, NO ALTO
CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURIÚ –
MS/2014.**

THIAGO DE ANDRADE ÁGUAS

TRÊS LAGOAS/MS
2015

THIAGO DE ANDRADE ÁGUAS

ANÁLISE AMBIENTAL NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA
DIRETA E INDIRETA DA PCH COSTA RICA, NO ALTO
CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURIÚ –
MS/2014

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação, nível de Mestrado, em Geografia da UFMS/CPTL, com Área de Concentração Análise Geoambiental e Produção do Território e Linha de Pesquisa Análise Ambiental e Planejamento, como exigência final para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Orientadora: Profa. Dra. Patricia Helena Mirandola-Garcia

TRÊS LAGOAS/MS
2015

Termo de Aprovação

THIAGO DE ANDRADE ÁGUAS

**ANÁLISE AMBIENTAL NAS ÁREAS DE INFLUÊNCIA
DIRETA E INDIRETA DA PCH COSTA RICA, NO ALTO
CURSO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURIÚ,
MS.**

Dissertação de Mestrado apresentada à banca examinadora em:

28 de Abril de 2015, às 8h00.

Dra. Patricia Helena Mirandola-Garcia

(Presidente e Orientadora) – UFMS – Três Lagoas/MS

Dr. André Luiz Pinto

(Membro) – UFMS – Três Lagoas/MS

Dra. Maria José Alencar Vilela

(Membro) – UFMS – Três Lagoas/MS

Dr. Frederico dos Santos Gradella

(Suplente) – UFMS – Três Lagoas/MS

TRÊS LAGOAS/MS
2015.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campus Três Lagoas, e a Capes pelo apoio institucional ao longo desses dois anos.

A prof. Patricia Helena Mirandola-Garcia por toda amizade e confiança a mim dedicada durante o processo de orientação, a todo incentivo para encarar novos desafios e pelas diversas oportunidades que você veio me oferecendo ao longo desses 2 anos de mestrado. Meu muito obrigado!

A toda a equipe do Laboratório de Prática de Ensino e Geoprocessamento (LAPEGEO/UFMS-CPTL), em especial a Karen Costa, Adalto Braz, Andréia Rodrigues, na qual acompanharam todo o desenvolvimento do trabalho, transformando tudo mais fácil quando achava que era impossível realizar algo.

A muitos que contribuíram para que essa pesquisa fosse realizada no município de Costa Rica, MS, tal como a equipe da PCH Costa Rica e do Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú. A ajuda, receptividade e confiança de vocês foi o que tornaram esse trabalho realidade.

Ao Laboratório de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos, em especial ao prof. André Luiz Pinto, pela paciência nas longas conversas e explicações fundamentais a respeito da pesquisa e por confiar seus equipamentos para a realização das análises de água, e ao Rafael Medeiros, por estar sempre disposto a colaborar com trabalho em questão.

Ao pessoal do Laboratório de Citogenética Vegetal e Mutagênese Ambiental pelo auxílio e confiança na utilização dos equipamentos para a obtenção do sedimento suspensos.

Ao Laboratório de Sensoriamento Remoto (LA-SER), em especial ao Hermiliano Felipe Decco, por sempre estar disposto e, principalmente, por todo o suporte dado para que esse trabalho se tornasse real.

Aos professores da Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, em especial ao Aguinaldo Silva, Arnaldo Yoso Sakamoto e Wallace de Oliveira, pelas colaborações das mais diversas formas.

A minha família, em especial a minha mãe Sylvia C. G. de Andrade, na qual sem o seu apoio e confiança incondicional eu não chegaria até aqui.

Aos companheiros de mestrado Suzane Lima e Andre Pessoa e aos amigos presentes, tal como Tássia Zocal, Cesar Ferreira, Glauber Stefan (Polar), Frederico Gradella, Renan Almeida, Larissa Santander, Andressa Ponso e Heloissa Sokolowski pela amizade adquirida ao longo desses anos.

Aos companheiros de jornada Gabriela Longo, Ednan (Edmilson), Leila Belini e Nathália Rodrigues, pela confiança e amizade que, apesar de recente, tornou-se especial ao longo do tempo.

A todos aqueles que de forma direta ou indireta fizeram que esse trabalho se tornasse realidade, que, ao decorrer da obra, possa ter esquecido, mas que não foram menos importantes.

Caminante, no hay camino,
Se hace camino al andar.
(Antonio Machado)

RESUMO

O presente trabalho tem como propósito a análise ambiental das Áreas de Influência Direta e Indireta da PCH Costa Rica, localizada no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú, Mato Grosso do Sul, no ano de 2014. Para tal, foi realizado o mapeamento de Uso e Ocupação da terra a partir de imagens LANDSAT8 Sensor OLI em toda a AII para que fosse possível compreender a dinâmica local no período de desenvolvimento da pesquisa, além de dados físico-químicos da qualidade da água superficial na AID a partir de dados obtidos em campo e em laboratório. A PCH Costa Rica ainda mantém estabilidade quanto as questões conservacionistas, uma vez que está em constante obra para melhoria da sua estrutura em equilíbrio com o meio ambiente. Contudo, foi possível observar que, apesar da maior parte da área ser de lavoura, há uma expressiva área de mata, além de ser possível observar a pastagem passando a fazer parte da paisagem próximas a PCH Costa Rica. Os resultados obtidos na qualidade de água (pH, O.D., turbidez e C.E.) serviram de subsídio para enquadrar na resolução 357/2005 do CONAMA, na qual destina o tipo de uso para essa água, tendo como classes indicadas a “Classes Especiais” ou “I”, “III” e “IV” Além disso, foram coletadas amostras d’água para a obtenção da concentração de sedimentos suspensos. Em relação a concentração de sedimentos obtidos a jusante e a montante da PCH Costa Rica, ficou claro que a represa reteve parte do transporte em suspensão, bem como mostrado em fotos de dragas trabalhando, contudo, conforme as análises, esse sedimento não apresentou tanta representatividade quando comparado a resultados a jusante e a montante. Por fim, todas essas informações foram indispensáveis para salientar a importância dos estudos ambientais para o planejamento em bacias hidrográficas, bem como a AID e AII, localizados no alto curso da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú.

Palavras-Chave: PCH, Rio Sucuriú, Qualidade da água

ABSTRACT

a Rica, located on the upper reaches of the Basin Sucuriú River, Mato Grosso do Sul, in the year 2014. To that end, the mapping was carried out use and occupation of land from LANDSAT8 Sensor OLI images throughout the All to make it possible to understand the local dynamics in the research development period, and physicochemical data of the surface water quality in the AID from data obtained in field and in the laboratory. The PCH Costa Rica still retains stability as conservation issues, since it is constantly work to improve its structure in balance with the environment. However, it was observed that, although most of the area is of farming, there is a significant area of forest, besides being possible to observe the pasture becoming part of the landscape near PCH Costa Rica. The results of the water quality (pH, O.D., turbidity and C.E.) provided a grant to frame the resolution 357/2005 of CONAMA, in which the intended type of use for this water, with the classes indicated the "Special Classes" or "I" and "III" and "IV" In addition, water samples were collected to obtain the concentration of suspended sediment. Regarding the concentration of sediments obtained downstream and upstream of PCH Costa Rica, it became clear that the dam retained part of the carriage in suspension, as well as shown in dredges pictures working, however, according to the analysis, this sediment did not show much representatividade when compared to results downstream and upstream. Finally, all this information was essential to emphasize the importance of environmental studies for the planning and water management, as well as AID and All, located in the upper reaches of the Basin Sucuriú River.

Keywords: PCH, Sucuriú River, Water Quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de Localização da PCH Costa Rica.....	19
Figura 2 - Processo de conversão de energia.....	33
Figura 3 - Espectro eletromagnético.....	40
Figura 4 - Processos atuantes no transporte de sedimentos.....	54
Figura 5 - Janela de registro no SPRING® 5.1.8.....	62
Figura 6 – Pontos de coleta das amostras na AID da PCH Costa Rica.....	67
Figura 7 - Equipamentos utilizados em campo.....	71
Figura 8 - Equipamento utilizado em campo.....	72
Figura 9 - Equipamentos utilizados em laboratório.....	72
Figura 10 - Equipamento utilizado em Campo.....	73
Figura 11 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú.....	77
Figura 12 - Edificações da PCH Costa Rica.....	85
Figura 13 – Mapa geológico das áreas de influência da PCH Costa Rica.....	90
Figura 14 - Mapa pedológico da Área de Influência da PCH Costa Rica.....	92
Figura 15 – Mapa de declividade da Área de Influência da PCH Costa Rica.....	96
Figura 16 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra na AID e AII da PCH Costa Rica-2014.....	101

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Consumo de Energia per capta em TEP/ano versus IDH.....	30
Gráfico 2 - Médias mensais das estações localizadas no alto curso da BHRS.....	94
Gráfico 3 - Quantificação do mapa de Uso e Ocupação da Terra-2014.....	103

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Faixas do espectro eletromagnético.....	41
Quadro 2 – Limites dos parâmetros para enquadramento de classes de água doce no Brasil.....	58
Quadro 3 – Principais classes de água doce do Brasil.....	59
Quadro 4 - Chave de Interpretação da AID e AII da PCH Costa Rica.....	65
Quadro 5 - Síntese dos dados fisiográficos do Alto Curso da BHRS.....	83
Quadro 6 – Velocidade e Temperatura da Água na AID da PCH Costa Rica referentes a junho e novembro/2014.....	104
Quadro 7 - Enquadramento físico-químico das águas superficiais da AID da PCH Costa Rica referentes a maio e novembro de 2014.....	105
Quadro 8 – Definição das classes conforme a Resolução 357/2005 do CONAMA.....	107
Quadro 9 – Sedimentos Suspensos na AID da PCH Costa Rica no mês de junho e novembro/2014.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Síntese dos empreendimentos da PCH Costa Rica.....87

Tabela 2 - Síntese dos pontos de coleta na AID da PCH Costa Rica.....99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AID – Área de Influência Direta

All – Área de Influência Indireta

APP – Área de Preservação Permanente

BHRS – Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú

BDG – Banco de Dados Geográfico

C.E. – Condutividade Elétrica

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite

O.D. – Oxigênio Dissolvido

OLI - Operational Land Imager

PCH – Pequena Central Hidrelétrica

PNMSS – Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú

pH – Potencial Hidrogeniônico

PI – Plano de Informação

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental

SISLA – Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

TM – Thematic Mapper

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	16
1.1 OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Objetivo Geral.....	20
1.1.2 Objetivo Específico.....	20
1.2 Organização do Trabalho.....	20
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	23
2.1 Teoria Geral dos Sistemas – Visão Sistêmica.....	24
2.2 Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) – Energia e Meio Ambiente.....	29
2.2.1 Área de Influência Direta-AID e Área de Influência Indireta-AII conceitos.....	35
2.3 Geotecnologias e PCHs – conceitos e aplicabilidades.....	36
2.4 Parâmetros para Análise Ambiental.....	47
2.4.1 Erosão.....	48
2.4.2 Transporte hídrico de sedimentos.....	52
2.4.3 Alterações no curso d'água a partir de barramentos.....	55
2.4.4 Análise da qualidade físico-química da água.....	56
3. METODOLOGIA.....	60
3.1 Considerações Metodológicas.....	61
4. RESULTADOS.....	75
4.1 Banco de Dados Geográfico como subsídio de discussões e metodologias.....	76
4.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú.....	76
4.1.2 AID e AII da PCH Costa Rica no Alto Curso do rio Sucuriú.....	82

4.2	Delimitação da AID e All da PCH Costa Rica.....	84
4.2.1	Geologia.....	88
4.2.2	Pedologia.....	91
4.2.3	Pluviosidade.....	93
4.2.4	Declividade.....	95
4.3	Seleção dos pontos amostrais de monitoramento da qualidade, transporte de sedimentos em suspensão e velocidade de fluxo da água na AID.....	97
4.4	Geração do mapa de uso e ocupação da terra na AID e All em períodos próximos a saída de campo na PCH Costa Rica.....	100
4.5	Monitoramento e enquadramento das águas superficiais na AID da PCH Costa Rica.....	103
4.5.1	Resultado da velocidade na AID do rio Sucuriú.....	104
4.5.2	Resultado das análises físico-químicas.....	105
4.5.3	Resultado das amostras de sedimento em suspensão.....	108
4.6	Considerações finais.....	111
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	115

Capítulo I - INTRODUÇÃO

Nesse capítulo será abordado o tema proposto, bem como os objetivos do trabalho e o conteúdo prévio de cada capítulo

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho é parte integrante de pesquisas realizadas no âmbito do Laboratório de Prática e Geoprocessamento (LAPEGEO) da UFMS Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, que integram o projeto institucional - *Diretriz para análise geo ambiental com uso de geotecnologias na identificação e espacialização das alterações ambientais na bacia hidrográfica do Rio Sucuriú - MS para fins de planejamento e gestão ambiental.*

A Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú é uma importante área para estudos socioambientais, já que seus 25.065 km² incluem oito municípios: Chapadão do Sul, Água Clara, Cassilândia, Inocência, Três Lagoas, Selvíria, Costa Rica MS e Paraíso das Águas.

O Rio Sucuriú é um rio que banha o norte e o leste do Estado de Mato Grosso do Sul, no Brasil. O rio faz parte da bacia do rio Paraná, uma das nove macro bacias hidrográficas do Brasil. Nasce na Serra dos Caiapós, divisor de águas em cujo platô está localizado o Parque Nacional das Emas, na congruência dos municípios Alto Taquari (MT), Costa Rica (MS) e Santa Rita do Araguaia e Mineiros (GO), desaguando no rio Paraná no município de Três Lagoas. Com o represamento do Rio Paraná para o fornecimento da hidrelétrica de Jupiá, o Rio Sucuriú sofreu grande alargamento. Em sua foz, antes possuía por volta de 80 metros de largura; hoje tem quatro quilômetros em certos pontos.

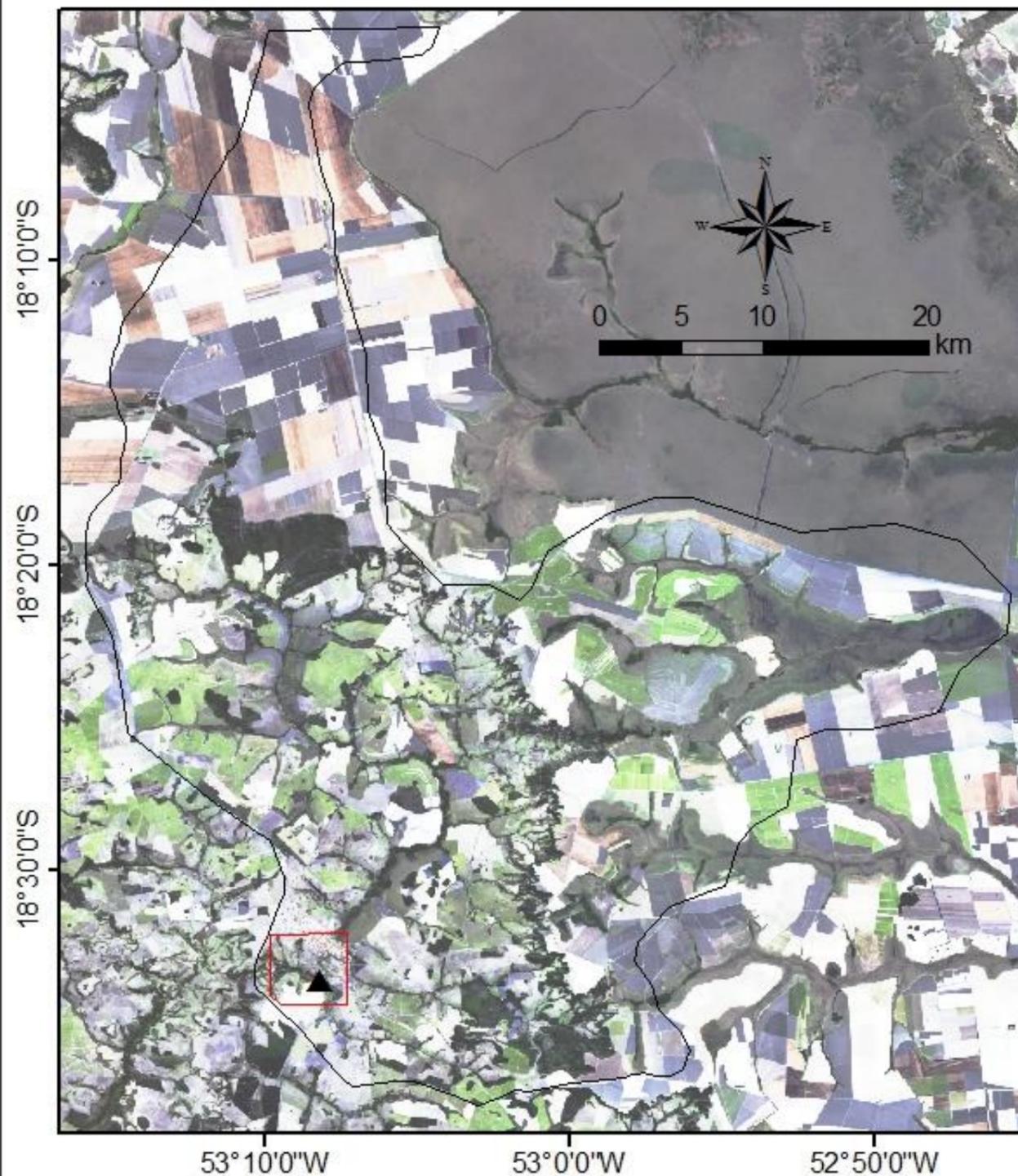
O presente trabalho tem como área de estudo às Áreas de Influência Direta (AID) e Indireta (AII) da PCH Costa Rica, ambas pertencentes ao alto curso do da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú, dentro das coordenadas Sul 18° 34' 41.42" e 18° 31' 30.91", e as coordenadas Oeste 53° 10' 31.13" e 53° 6' 45.26" (figura 1). A escolha de tal área justifica-se pela carência de informações a respeito das alterações geradas pelos barramentos, muitas vezes fundamentados por empresas que alegam uma fonte de energia limpa e de baixo impacto ambiental.

A geração de dados de uso e ocupação da terra e de qualidade físico química da água nas áreas de influência (AID e AII) da PCH Costa Rica, juntamente com um banco de dados cartográfico, pode fornecer subsídios para o planejamento ambiental, conforme a Resolução nº 393 de 04 de Dezembro

de 1998, na qual estabelece os procedimentos gerais de aprovação para a implantação de usinas hidrelétricas em bacias hidrográficas.

Para a delimitação das áreas de influência foi utilizada a metodologia de Fonseca e Bitar (2012), a qual sugere que o principal critério de avaliação da AID é a intervenção direta do empreendimento e da AII, a bacia hidrográfica em que será estudada. Para a PCH Costa Rica, a delimitação da AID corresponde às obras presentes no local, tal como a casa de máquinas, reservatório, estradas de acesso, entre outras, e a delimitação da AID corresponde aos limites da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú e os limites das sub-bacias presentes a sul e sudeste da PCH, sendo possível a delimitação do mosaico de estudo.

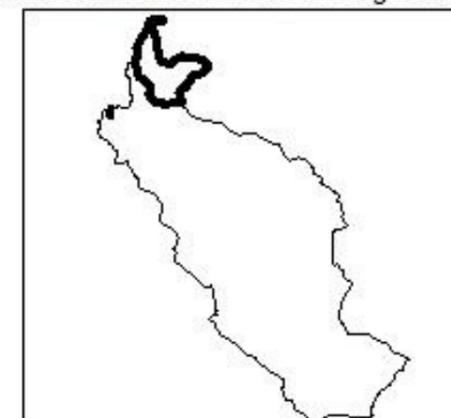
MAPA DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA PCH COSTA RICA



Bacia Hidrográfica do rio Sucuriú no Mato Grosso do Sul



Área de Influência Indireta na Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú



Área de Influência

- Área de Influência Indireta
- Área de Influência Direta

PCH

- ▲ PCH_Costa_Rica



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós Graduação em Geografia - Três Lagoas/MS
LAPEGEO - Laboratório de Prática de Ensino e Geoprocessamento

Fonte: Imagem do Satélite LANDSAT 8 Sensor OLI. Órbita 224 Ponto 023 de 21/07/14.

Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

Figura 1 - Mapa de Localização da PCH Costa Rica.
Organização: Thiago de Andrade Águas 2015.

1.1 OBJETIVOS

Os objetivos almejados da presente dissertação seguem a descrição elaborada nos seguintes itens.

1.1.1 Objetivo Geral

Elaboração dos dados ambientais de uso, ocupação da terra na área de influência indireta (All) e na qualidade físico-química e sedimentológica da água na área de influência direta (AID) da PCH Costa Rica.

1.1.2 Objetivo Específico

- Criar um Bando de Dados Geográfico (BDG) para subsidiar discussões teóricas e metodológicas que cercam a temática, bem como dados fisiográficos (geologia, pedologia, clima e declividade) referentes a Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú;
- Gerar mapas de Geologia, Pedologia, Pluviosidade e Declividade da All e AID da PCH Costa Rica;
- Identificar o uso e ocupação da terra da AID e All via imagens orbitais em período próximo a saída de campo na PCH Costa Rica;
- Avaliar a qualidade físico-química da água (pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Turbidez e Temperatura da água,) na AID da PCH Costa Rica, em pontos pré-estabelecidos em no meses de junho e novembro de 2014;
- Avaliar os transportes dos sedimentos suspensos na AID da PCH Costa Rica nos meses de junho e novembro de 2014;
- Avaliar as influências do uso ocupação da terra na qualidade físico-química da água e enquadramento da mesma na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA.

1.2 Organização do Trabalho

O presente trabalho foi organizado da forma mais clara possível durante o desenvolvimento da pesquisa. No capítulo 1 foram delineadas as realizações que seriam abordadas ao longo da dissertação, deixando de forma breve os aspectos gerais do trabalho. Ainda no primeiro capítulo, nos objetivos, foi

possível descrever cada elemento que será abordado na pesquisa, bem como pontuar o que foi feito ao longo da mesma.

O capítulo 2 discorreu, a partir da fundamentação teórica, os temas específicos elaborados na dissertação. Na visão sistêmica, foi elaborado a descrição do sistema complexo que é a BHRS, (Sistema – BHRS, Subsistema - Alto Curso do Rio Sucuriú e Partes Componentes - AID – área de influência direta e All área de influência indireta) da PCH Costa Rica, assim como elaborado o recorte da área de estudo e correlacionar todas essas informações presentes neste sistema tão complexo. Também foi abordada a relação dos aspectos positivos e negativos presentes nos projetos de elaboração das fontes geradoras de energia. Durante a discussão no capítulo foi salientado as principais ferramentas e conteúdos presentes em trabalhos que utilizam o geoprocessamento. Também foi trabalhado os conceitos fundamentais para compreensão e análise das técnicas de Geoprocessamento aplicado a PCH. E, por fim, foi realizado uma abordagem a respeito das relações que os sedimentos encontrados nos cursos d'água têm com o uso e ocupação do solo, aliados a aspectos naturais, tal como topografia, clima, entre outros, bem como outros parâmetros de análise ambiental.

Já no capítulo 3 foram apresentadas as etapas metodológicas descritas de acordo com os trabalhos que serão elaborados. Essas etapas corresponderam a todo o trabalho detalhado que houve para chegar até então nas conclusões preliminares. Essas etapas vão desde a montagem do banco de dados e elaboração e adaptação das técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, até as análises feitas em campo, tais como a extração de dados da qualidade da água e método de coleta de água para que assim, em laboratório, pudesse ser realizada a extração de elementos almejados nessa dissertação.

O capítulo 4 mostra as etapas aplicadas, apresentadas no capítulo anterior, e os resultados já finalizados. De forma compartimentada e por etapas, elaborado um trabalho detalhado, dando ênfase para cada momento da pesquisa, como trabalhos de gabinete, de campo e de laboratório. Inicialmente, com a elaboração do BDG e a delimitação da AID e All e síntese dos dados secundários e, em segundo instante, a geração de dados primários, tais como

uso e ocupação da terra na AII e velocidade e análises físico-químicas e sedimentológicas da água. Desta forma, com a inserção e análise de dados primários permitem que a pesquisa se tornasse ampla, absorvendo ainda mais informações em uma área tão rica de atuações naturais e antrópicas, mas ao mesmo tempo tão carente de informações.

Partindo dessa premissa, cada subtópico foi direcionado para um objetivo específico, sendo possível realizar uma abordagem sistêmica de todas as informações adquiridas na Área de Influência Direta e Área de Influência Indireta da PCH Costa Rica.

O capítulo 5 apresenta a bibliografia utilizada para a elaboração da dissertação. A identificação dos materiais utilizados poderá servir de subsídio para estudos futuros que almejam os mesmos interesses, sendo ele o de compreensão do sistema ambiente como um todo.

Capítulo II - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesse capítulo será abordado os seguintes temas: Teoria Geral dos Sistemas, Pequenas Centrais Hidrelétricas, Geoprocessamento e PCHs e Parâmetros de Análise Ambiental

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A elaboração de diagnósticos e a tomada de decisões sobre o meio físico, com a finalidade de estabelecer diretrizes para a ocupação racional da terra, são cada vez mais presentes.

Para entender a área de estudo, o presente trabalho abordou os seguintes temas: Teoria Geral dos Sistemas, Pequenas Centrais Hidrelétricas, Geoprocessamento e PCHs, Parâmetros de Análise Ambiental.

2.1 Teoria Geral dos Sistemas – Visão Sistêmica

A ciência no geral se desenvolveu ao ponto que em cada especificidade é única, quase que inigualável. Mas, dentre essa discussão, perde-se a noção de que cada elemento não está ali por acaso ou mesmo à toa, cada especificidade possui uma justificativa por fazer parte daquele ambiente. Não é possível dominar as partes sem conhecer o todo, e vice versa.

Izippato (2013) salienta que a “ciência dos sistemas” é algo multidisciplinar e tem como objetivo entender as relações e interações dos diversos sistemas, formando um todo. A autora comenta que o sistema geográfico apresenta uma gama de sistemas e seus respectivos subsistemas, tais quais os sistemas ambientais físicos (geossistemas), sistemas socioeconômicos, sistemas hidrológicos, etc.

Christofoletti (1974) já afirmava que um sistema pode ser um conjunto de elementos que se relacionam e interagem entre si, dando ênfase na geomorfologia, que a Teoria Geral dos Sistemas vem auxiliando de forma ampla nas pesquisas científicas, além da maior exatidão que permeiam as discussões da área de estudo. Esse sistema estudado dentro da geomorfologia faz parte do entendimento de que as ocorrências do meio natural não são consequências de um local isolado, mas sim um ambiente maior, um sistema complexo e dinâmico.

O conceito de sistema é a melhor forma de se estudar o meio ambiente, pois permite, de forma dialética, avançar nas ciências com as análises e técnicas aplicadas na utilização e a necessidade de se compreender o sistema

integrado do meio ambiente no seu conjunto, sendo que o conceito sistema na natureza é de caráter dinâmico (TRICART, 1977).

Segundo Christofolletti (1974), o estudo dos sistemas deve focar em três elementos básicos, compostos de *matéria, energia e estrutura*. A *matéria* corresponde ao material que será mobilizado dentro do sistema (água e detritos, por exemplo). A *energia potencial* é representada pela força inicial que impulsiona o sistema ao funcionamento. A gravidade, por exemplo, funciona como força propulsora para os sistemas hidrológicos ou mesmo para morfogenética. No momento da formação morfogenética, a mesma desencadeia movimentos de massa, gerando a *energia cinética* (ou de movimento). A energia consumida pelos sistemas é a soma da energia potencial e da energia cinética. Essa forma de energia possui uma interação e transferência com outros sistemas, como o exemplo dos ventos provenientes do sistema atmosférico em contato com o mar, ou sistemas oceânicos, que gera energia cinética capaz de formar as ondas.

Ainda salienta Christofolletti (1974) que as *estruturas* do sistema são as relações de arranjo em que os elementos se complementam. O elemento é a unidade básica do sistema, mas cada elemento também pode ser considerado um sistema. Há exemplo que os rios são elementos dentro de um sistema, mas o mesmo também pode ser considerado como tal, caso o objeto almejado esteja ali em sua unidade. Conforme a escala a ser trabalhada, o autor afirma que se deve procurar analisar segundo as escalas de *tamanho, correlação e causalidade*. O tamanho é constituído de acordo com a quantidade das variáveis que o compõem. A correlação diz respeito à maneira como essas variáveis se associam. E, por fim, a causalidade demonstra qual dos elementos possui a variável dependente e independente perante o sistema, de forma que a primeira sofrerá alterações caso ocorra modificações com a segunda.

Christofolletti (1999) comenta que os estudos ambientais devem avançar pelos mais variados critérios variados, sendo aqueles que integram os constituintes os mais importantes. Partindo do critério funcional, o autor destaca Foster Rapoport e Trucco, que tornam possível distinguir o sistema da seguinte forma:

a) Sistemas isolados: São aqueles que, de certa forma, não trocam energia nem matéria com os demais ambientes em volta desde suas condições iniciais. O autor cita como exemplo Richard J. Chorley (1962) sobre o ciclo de erosão, pois nesse ciclo o soerguimento tem início com o máximo de energia e, com o passar dos tempos, a formação vai sofrendo rebaixamento, ao ponto que a energia liberada permanece nula devido a sua uniformidade da área.

b) Sistemas não isolados: Mantém suas relações em constante troca com o universo. Esse sistema pode ser dividido em:

- **Fechado:** Quando há troca de energia (recebimento e perda), mas não de matéria. Pode-se citar como o planeta terra, sendo o mesmo receptor de radiação solar e, por meio de radiação calorífica, a perde para as camadas atmosféricas, mas não para outros planetas ou astros.

- **Aberto:** São aqueles em que ocorre frequente troca de energia e matéria com o ambiente e outros sistemas, possibilitando o recebimento ou a perda, sendo assim o mais comumente encontrado. É possível citar como exemplo as bacias hidrográficas como sistemas abertos. Izippato (2013) complementa que esse sistema é caracterizado pela entrada ou *input* (recursos físicos, materiais, pessoas e não físicos) no ambiente, as atividades (processo de transformação) e a saída ou *output* (produtos elaborados pelo sistema) e ainda a realimentação, voltando e determinando um objetivo.

Partindo dessa premissa, Mirandola (2006) afirma que, com o uso de modelos, é possível verificar e quantificar os sistemas, permitindo o desenvolvimento de outros modelos. A utilização de modelos, junto a geografia, foi um avanço nas pesquisas científicas.

Segundo Christofolletti (1999), em termos gerais, o modelo é uma simplificação da realidade. Contudo, Mirandola (2006) salienta que o modelo é uma forma de atingir a compreensão da realidade, podendo ser utilizado na análise dos sistemas da organização espacial.

Em estudos de modelos na perspectiva hidrológica, Christofolletti (1999) se baseia em SINGH (1995). Nele, os autores tomam como base as classificações baseadas em processos, escalas temporais, escala espacial, e técnicas de resolução, cada uma apresentada a seguir.

- **Classificação baseada em processos:** Nela, deve-se conter a geometria do sistema, que engloba as características e processos da bacia hidrográfica, os inputs, as leis governamentais, as condições iniciais e limitantes e os outputs. Apesar de suas complementações, essas condições deverão se apresentar de forma diferenciada dependendo da forma que será utilizado o modelo. Apesar disso, esse modelo ainda é genérico, pois compreende os processos provenientes da bacia hidrográfica como todo, sem se preocupar com as respectivas variações espaciais.
- **Classificação baseada em escalas temporais:** sua grandeza em escala temporal permite distinguir tipologias de modelos em hidrologia e climatologia. Possui dois intervalos, sendo um deles o input e computação interna, enquanto o seguinte é output e calibragem do modelo. Seus períodos, segundo o autor, podem ser diferenciados e classificados como tempo contínuo ou eventos, períodos diários, períodos mensais e períodos anuais.
- **Classificação baseada na escala espacial:** Independente da grandeza das bacias hidrográficas, seu modelo hidrológico pode definir seu porte por grande, média ou pequena. Seu dinamismo é arbitrário, estabelecendo funções de acordo com sua disponibilidade de análise.
- **Classificação baseada nas técnicas de resolução:** De acordo com suas formas de resolução, seus critérios e procedimentos metodológicos podem ser numéricos, análogos e analíticos. Esses modelos apresentam diferentes elementos finitos, limitantes e coordenadas ajustadas aos limites e mistos.

Para Christofolletti (2002, *apud* Mirandola, 2006), a falta de teorias até então na geografia foi muito criticada pela geografia tradicional, impulsionando a nova geografia a desenvolver teorias relacionadas à distribuição e arranjo espacial dos fenômenos.

Segundo Uhlmann (2002), as teorias reducionista da física quântica e o determinismo Cartesiano experimentou uma visão mais ampla da ciência a partir do século XX. Nessa época, sem mais a teologia como forma de análise, começaram a abordar uma forma crescente do saber, inclusive abordando temas que envolvessem assuntos além, em forma evolutiva do caráter sistêmico.

Calderano Filho (2003, *apud* Mirandola, 2006) afirma que o ambiente e suas organizações não são estáticos, mas algo dinâmico, de possível compreensão com outros sistemas, interagindo ao ponto que se reforçam ou criam barreiras cada elemento, uns com os outros. O autor ainda salienta que esses elementos passíveis de interações em suas organizações não podem ser compreendidos sem a clareza das possibilidades impostas do terreno.

Foi com Bertalanffy, descrente na física dos pensamentos mecânicos de Newton, que novas formas de estudos foram elaboradas com um olhar amplo ao ambiente, assim como suas interações (UHLMANN, 2002).

Bertalanffy (1973) aborda a Teoria Geral dos Sistemas como uma nova disciplina científica, com seus objetivos válidos para os sistemas como um todo, seja qual for a natureza de cada elemento, mas que compõe a relação, força e interação entre elas.

Bertalanffy (1973), ao direcionar uma razão, um propósito para a Teoria Geral dos Sistemas, aponta a discussão para as seguintes justificativas:

- Há uma tendência geral no sentido da integração nas várias ciências, naturais e sociais.
- Essa integração parece centralizar-se em uma teoria geral dos sistemas;
- Esta teoria pode ser um importante meio para alcançar uma teoria exata nos campos não físicos da ciência;
- Desenvolvendo princípios unificadores que atravessam “verticalmente” o universo das ciências individuais, esta teoria aproxima-se da meta da unidade da ciência;
- Isto pode conduzir a integração muito necessária na educação científica.

De acordo com a configuração da Teoria Geral dos Sistemas discutida por Bertalanffy (1973), a área de estudo é segmentada da seguinte forma: Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú (**BHRP**) – **Sistema**. Unidade Geomorfológica do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú (**Alto Curso**) – **Subsistema**. Área de Influência Direta – AID da PCH Costa Rica (**PCHs**) – **Parte Componente**.

2.2 Pequenas Centrais Hidroelétricas (PCHs) – Energia e Meio Ambiente

As questões desenvolvimentistas das sociedades aliadas à conservação da natureza é um assunto que vem se desenvolvendo a partir de generosas contribuições que cercam o tema. O desenvolvimento da sociedade moderna torna-se um debate retórico: De um lado, o desenvolvimento econômico, social e regional, do outro, as inquietações e debates sobre preservação ambiental. É impossível tratar de desenvolvimento sem a menção de fontes geradoras de energia, principal impactante do meio ambiente.

Embora a geração de energia inicialmente fosse produzida para possibilitar a iluminação pública, passou a tomar frente para a geração e produção das indústrias diversas e, posteriormente, para aumentar o conforto das moradias.

E, desta forma, o mundo não para. O desenvolvimento não para. Ao passo que o homem vem se aperfeiçoando, os padrões de vida passam a pressionar cada vez mais a natureza ao ponto que se torna cada vez mais difícil a manutenção dos recursos naturais em abundância. E, boa parte do desenvolvimento sustenta-se no uso de energia, principalmente em países desenvolvidos, e, o consumo se divide de acordo com o usuário: Residencial, industrial, comercial e serviços públicos.

Contudo, não é possível dissertar a respeito de consumo de energia elétrica como algo de consumo igualitário. Autores como Andrade et al. (2002) mostram no gráfico 1 a relação apresentada em Toneladas Equivalentes de Petróleo (TEP) e o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Nota-se que o nível de consumo é inversamente proporcional ao nível de desenvolvimento da nação.

Pode-se observar no gráfico que existem países desenvolvidos intimamente ligados ao baixo consumo energético. Isso pode demonstrar que o desenvolvimento também pode recorrer atrás a busca por novas fontes energéticas. Os demais países desenvolvidos, exceto por suas condições climáticas e fontes energéticas, são países na qual a demanda é crescente, tornando importante a geração de energia menos impactante ambientalmente.

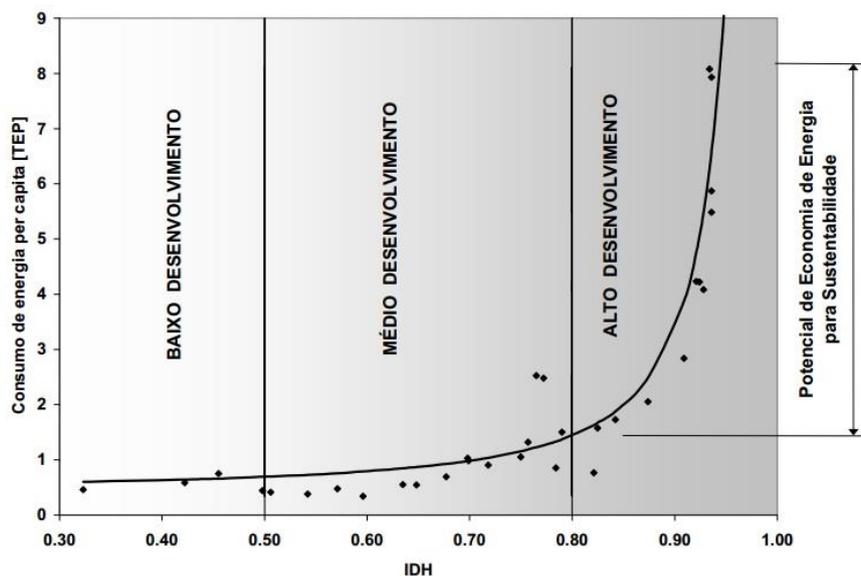


Gráfico 1 – Consumo de Energia per capita em TEP/ano versus IDH.

Fonte: Andrade et al. (2002)

Autores como Lora & Teixeira (2001) trazem para a discussão dois fatores importantes pelos quais a demanda e produção de energia elétrica tem forte influência sobre o meio ambiente:

- Desmatamento (alto consumo de lenha nos países em desenvolvimento);
- Emissão de poluentes, produtos da combustão de combustíveis fósseis (CO_2 , NO_x , SO_x , C_xH_y , particulados, etc.).

Com o advento dos processos industriais e da urbanização, houve uma demanda maior no consumo de energia elétrica. Desta maneira, o uso de fontes alternativas de energia, principalmente as renováveis, torna-se uma opção eficiente para a solução desta demanda crescente, sendo uma alternativa para o desenvolvimento sustentável.

Pode-se definir o termo “desenvolvimento sustentável” como o resultado de uma ação socioeconômica relacionada com o meio ambiente e que, deste modo, tem o mínimo possível de impacto sobre ele, direcionando a caminhos opostos aos do esgotamento dos recursos naturais (MOTTA, 2006).

Em relação à geração de energia, o Brasil, por ser rico em recursos naturais, possui a oportunidade de se ajustar a novos modelos sustentáveis no

setor energético, seguindo caminho oposto ao dos demais países dependentes de combustíveis fósseis. A matriz energética brasileira já se diferencia das demais, pois suas principais fontes são a energia gerada por meios hidráulicos e a biomassa.

Flórez (2014) comenta que os últimos 50 anos foram marcados pela construção de grandes usinas, tendo em vista os recursos hídricos disponíveis e demais benefícios técnico-econômicos. Contudo, o autor comenta que atualmente esses recursos estão em situação escassa, gerando preocupação devido à crescente cobrança do setor energético, gerada a partir do crescimento de mercado.

Com a crescente demanda de energia elétrica associada à necessidade de conservação ambiental, as PCHs vêm sendo uma fonte alternativa renovável para a geração de eletricidade, abastecendo de forma descentralizada todo o seu entorno, sendo ele zona espaço urbano ou rural. Cardoso et al. (2007) comenta que as PCHs vem se mostrando algo de interesse para a geração de energia desde a década de 80, com a criação do Programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas, na qual visa aproveitar os recursos hídricos para a geração de energia de modo simples, a baixo custo, com tecnologia nacional e sem prejudicar o meio ambiente, tornando-as viável a competir economicamente com as grandes usinas hidrelétricas, dando independência no mercado.

Cardoso et al. (2007) ainda salienta que as PCHs vem sendo uma das principais alternativas para suprir o aumento da demanda de energia elétrica no país, possibilitando um melhor atendimento as necessidades de pequenos centros urbanos e rurais, promovendo o desenvolvimento regional. A ANEEL (2003) possui uma resolução que define esses empreendimentos como:

“Art. 2º - Os empreendimentos hidrelétricos com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, com área total de reservatório igual ou inferior a 3,0 km², serão considerados como aproveitamentos com características de pequenas centrais hidrelétricas”. (Resolução nº 394 de 04/12/1998- ANEEL).

Flórez (2014) salienta a importância que as PCHs possuem ao longo da história. Segundo o autor, as primeiras pequenas centrais de geração de energia eram movidas por fontes hidráulicas, possível a partir de corrente contínua e que, posteriormente foi alterada para corrente alternada, sendo possível aumentar a capacidade e potência de transmissão. Esse modelo foi aplicado em PCHs até a primeira metade do século XX, caindo então no esquecimento.

Flórez (2014) afirma que essas empresas de energia voltaram a ter importância no momento em que o estado perde o monopólio da geração de energia, mudando para um estado regulador, na qual é imprescindível a geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis e, em particular, as PCHs tornaram-se uma importante contraposição à energia gerada a base de combustível fóssil daquela época.

O esquema geral do funcionamento de uma PCH parte da explicação de Flórez (2014). O autor comenta que o processo capaz de gerar eletricidade é dinâmico. A energia hidráulica que passa pela turbina é transformada em energia mecânica que, por sua vez é transformada em energia elétrica por um gerador e que por sua vez envia essa energia através de linhas de transmissão. A constância na geração de energia se mantém em dois parâmetros elétricos: Voltagem e frequência. Flórez (2014) faz essa relação pelo fato que a instalação do gerador possui um regulador de tensão e um regulador de velocidade trabalhando em harmonia, sendo o primeiro um regulador funcionando em função de uma máquina elétrica (regulador de tensão) e o segundo é mecânico, indicando a vazão que a água passa pela turbina (regulador de velocidade). Esse esquema pode ser visto na figura 2.

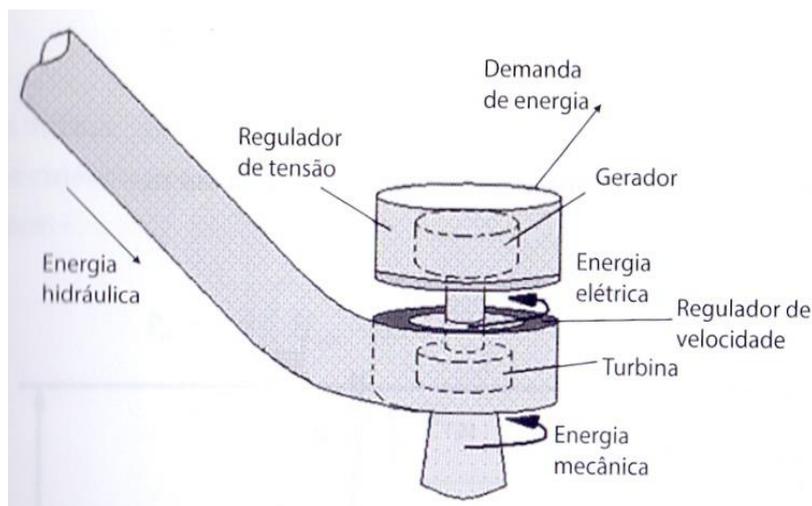


Figura 2 – Processo de conversão de energia.
Fonte: Flórez, 2012.

Flórez (2014) ainda salienta que esse processo só é possível graças à conversão de energia gravitacional, guiando o fluxo de água por condutos forçados, responsáveis por levar a água da câmara até a turbina e, deste modo, fazendo com que a turbina gere energia.

Barbosa (2004) discute as vantagens provenientes das PCHs em sistemas isolados, as quais incluem:

- A água é uma fonte de energia limpa, barata e renovável. As energias renováveis podem ter papel importante na prevenção da poluição do ar nas áreas rurais;
- O uso múltiplo de PCH promoverá o uso eficiente dos recursos de água para as áreas agrícolas, assim atendendo às necessidades de um rápido desenvolvimento na agricultura. Nas áreas rurais a irrigação pode ser rapidamente desenvolvida e os meios de proteção contra secas e enchentes podem ser melhorados;
- Custo de manutenção e perdas na transmissão serão relativamente baixos em áreas rurais;
- As PCHs tem menor custo operacional e de manutenção do que as hidrelétricas maiores. Construções sólidas terão longa vida útil se manutenções periódicas forem feitas;
- A indústria de um país é capaz de manufaturar conjuntos de turbinas – geradores, bem como equipamentos auxiliares necessários;

- O crescente número de unidades de PCH promoverá a indústria local, reduzirá os custos de importação e criará novos empregos para os desempregados das áreas rurais.

Contudo, mesmo com as vantagens energéticas criadas por uma fonte geradora de energia elétrica, Florenzano (2011) salienta que são inúmeros os impactos gerados a partir da inundação, como a submersão das matas, extinção e modificação da fauna e flora, a perda de solos para a agricultura e alteração do clima, povoados são remanejados devido às áreas alagadas, desmatamentos nos locais próximos às represas, entre tantos outros fatores socioambientais.

É possível salientar várias situações para representar essas consequências. Para que os níveis de água permaneçam constante para a geração de energia elétrica, as comportas estão em contínuo movimento de abrir e fechar, dependendo do seu abastecimento vindo das chuvas. Nesse contexto, os rios que são abastecidos por esses cursos são prejudicados, além da vida aquática, em especial as marginais, na qual passam por períodos de seca e inundação. Muitas espécies aquáticas desaparecem do local e outras acabam se multiplicando.

O clima também possui uma alteração significativa. O que era antes floresta passa a ser lago, aumentando a evaporação e, conseqüentemente, o regime de chuvas e temperatura, podendo alterar todo o sistema produtivo. Inclusive, muitos animais acabam sendo resgatados nesses locais, contudo, nem todos se adaptam facilmente ao novo habitat e acabam vindo a óbito. Essa floresta submersa, após anos em decomposição, acaba liberando gás metano, desequilibrando a vida aquática e colocando em risco a própria usina geradora de energia.

O fluxo de sedimentos também é uma das principais consequências apresentadas por formações de reservatório. Esse sedimento, seja de fundo ou suspenso, ao perder velocidade, ele passa a se depositar na represa, provocando o assoreamento dos rios, diminuindo o potencial hídrico necessário para gerar energia, entre outros problemas.

O IBAMA (2009) ainda trata do afluxos de pessoas que passam pela região com a construção dessas obras. Muitas cidades e seu serviço público

não suporta a quantidade de gente devido seu rápido crescimento, deixando ausente muitos dos serviços básicos.

2.2.1 Área de Influência Direta (AID) e Área de Influência Indireta (All) - conceitos

Conforme o desenvolvimento da pesquisa foi definido que a área de estudo em questão seria baseada nos conceitos de Área de Influência Direta-AID e Área de Influência Indireta-All. Em ambos os casos, essas análises são fundamentais para a realização das obras como, no caso, as PCHs.

A descrição dessas áreas de interferência é de suma importância no sentido de que, após a implantação do empreendimento, alterações positivas e negativas irão ocorrer como consequência do projeto, sendo ele bem elaborado ou não, seja durante os momentos de planejamento, implantação e operação das PCHs.

Partindo dessa premissa, essas AID e All são elaboradas para diagnosticar o espaço geográfico a ser afetado, de forma que se tenha suporte para prever e minimizar as alterações do meio físico, biótico e antrópico.

As AID são delimitadas de acordo com a área de intervenção e implantação das obras da PCH, bem seu espaço potencial operacional para o funcionamento do empreendimento. Também foram consideradas como AID as bacias hidrográficas encontradas ao longo do curso a jusante da usina, das quais sua foz encontra-se nesse trecho retilíneo no alto curso da BHRS.

Em contrapartida, também existem as All. Essas áreas não são diretamente afetadas como as AID, contudo, ainda recebem a influência de alterações dos ecossistemas e das questões socioeconômicas de forma indireta. A área definida pela All também pode englobar outras bacias em questão, não se limitando apenas às regiões secas. Neste caso, a All da PCH Costa Rica foi delimitada conforme as cotas altimétricas que são utilizadas para a delimitação da Bacia Hidrográfica, no caso, da BHRS. Já a sul e sudeste, os limites são respeitados de acordo com as áreas limítrofes das bacias localizadas abaixo.

2.3 Geotecnologias e PCHs – conceitos e aplicabilidades

A matriz energética brasileira é composta por 85,8% de energia renovável, sendo expressiva a participação da energia hidráulica, correspondendo a 74,3 % (do total de 544,9 TWh) da oferta interna de energia elétrica em 2010 (MME, 2011). Os reservatórios criados para este tipo de geração de energia causam modificações nas condições naturais do ambiente, especialmente de um curso d'água e da paisagem vizinha. Este processo de transformação do ambiente reflete nos meios físico, biótico e socioeconômico a curto, médio e longo prazo (CHRISTOFOLETTI,1999; JUNIOR, 2006).

As características físicas e geográficas do território brasileiro favoreceram que sua matriz energética fosse projetada tendo como principal fonte a energia hidráulica. De acordo com o balanço energético nacional, realizado com base nos dados de 2011, 81,9% da energia elétrica consumida no Brasil foi gerada por meio de hidroelétricas (MME, 2011).

Segundo Fitz (2008), o avanço do uso das tecnologias na ciência geográfica possui íntima ligação com o despertar das geotecnologias, com destaque especial aos Sistemas de Informação Geográfica(SIG) e o Sensoriamento Remoto (SR).

As geotecnologias são o contato entre o hardware, software e peopleware, que, ao se juntarem, tornam-se uma importante ferramenta para análise e tomada das decisões a partir de aquisição, processamento, análise e disposição de informações georreferenciadas (ROSA, 2003, *apud* FERREIRA, 2011).

Para compreender a importância das Geotecnologias/ Geoprocessamento aos estudo das PCHs, iremos nos apoiar aos conceitos de BDG (Banco de dados Geográfico), Sensoriamento Remoto (SR), Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e Cartografia Digital (CD).

Para que as pesquisas realizadas neste campo de implantação de PCHs, tornem-se informações, estas, necessitam ficar armazenadas em um Banco de Dados (BD), a qual as informações geradas, bem como as classes a serem trabalhadas, ficam armazenadas. Essas informações podem ter diversas origens, dos mais diversos profissionais e que pode se tornar fundamental para

a elaboração do RIMA, documento necessário para a realização do empreendimento de uma PCH.

O incremento tecnológico nas áreas rurais vem proporcionando uma demanda energética que pode ser suprida com fontes de energia alternativas. Portanto, um novo modelo tecnológico descentralizado de produção de energia têm sido estudada, no propósito de suprir de energia os municípios isolados, minimizando o custo de transmissão e distribuição. Neste contexto, a Pequena Central Hidrelétrica (PCH) é uma opção competitiva e baseada na produção de energia limpa, para isso existe a necessidade de sistematização de dados que venham a se tornar informações futuras sobre a área.

Essa sistematização de dados em Geoprocessamento é chamada de Banco de Dados (BD), os bancos de dados são portadores de registros georreferenciados, possuindo um sistema de coordenadas conhecido, se relacionando entre si. O autor ainda comenta que dentro do banco de dados existem dois tipos de informação, tal como os dados espaciais e os dados alfanuméricos, ambos exemplificados pelo autor como:

- **Dados Espaciais** – Considerados os dados que podem ser representados espacialmente, representando imagens, mapas temáticos e/ou planos de informações (PIs). Os dados espaciais podem ser representados de acordo com estruturas vetoriais, compostas por representações de pontos, linhas e polígonos, ambas georreferenciadas. Esses dados espaciais também podem ter estruturas matriciais, tal como representados por matrizes de linhas e colunas (n, m) na qual cada célula (ou pixel) apresenta um valor z, sendo ele um tom de cinza.
- **Dados Alfanuméricos** – São dados representados comumente por símbolos e armazenados em forma de tabela complementando o banco de dados. Essa tabela pode estar associada a uma área ou pixel no local de interesse, representando dados quantitativos e qualitativos (FITZ,2008).

Portanto, a criação de um Banco de Dados Geográfico (BDG) não apenas facilita a elaboração de trabalhos científicos como também pode servir como auxílio para futuros trabalhos dentro e fora da academia, tais como o planejamento para a implantação de PCHs, assim como aos interessados em trabalhar com tais informações obtidas ao longo da dissertação.

Outro conceito para entender a dinâmica de empreendimentos como um PCHs é o de Sensoriamento Remoto (SR), segundo Rosa (1995), é a forma de obtenção de dados provenientes de um objeto ou alvo sem que haja contato direto com o mesmo, sendo que essas informações são adquiridas por meio da radiação eletromagnética, gerada por fontes naturais (sol e lua, por exemplo) ou fontes artificiais (como exemplo o Radar).

Nas considerações de Ferreira (2011), a tecnologia do Sensoriamento Remoto (SR) e dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) vêm se tornando ferramenta de fundamental importância para visualização, análise e modelagem de dados espaciais, sendo utilizada nos produtos cartográficos como uso da terra (planejamento urbano), análise e planejamento de transportes (redes de estradas e emergência), análise geodemográfica, (localização de serviços), cartografia de redes de infraestrutura (gás, água e energia elétrica) e em múltiplas aplicações para a gestão dos recursos naturais.

Para estudos em Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) é de fundamental importância a visualização, a análise e a modelagem de dados espaciais, para ser possível gerar produtos cartográficos: como uso da terra (planejamento urbano), análise e planejamento de transportes (redes de estradas e emergência), análise geodemográfica, (localização de serviços), cartografia de redes de infraestrutura (gás, água e energia elétrica) e em múltiplas aplicações para a gestão dos recursos naturais.

Segundo FITZ (2008) Essa obtenção de dados é possível devido a sensores capazes de captar a energia refletida ou emitida por alvos variados (água, vegetação, solo, etc.), adquirindo os dados das mais diversas formas (imagens, gráficos, dados numéricos, etc.), sendo os mesmos passíveis de gerar outros produtos ou obter as informações almejadas.

Esses dados que são obtidos por técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), são importantes para o planejamento das PCHs, sua análise temporal ajuda no planejamento da área.

Para os estudos de PCHs, autores direcionam o tipo de sensores de acordo com o meio de obtenção da radiação emitida, sendo eles sensores passivos ou ativos. São dispositivos que possuem um sistema coletor das informações de algum alvo e um sistema de registro. Os sensores ativos são aqueles que não dependem de outras fontes para emitir e obter a informação

almejada, conseguindo obter os dados de forma “independente”. Já os sensores passivos são aqueles que apenas captam a radiação proveniente dos alvos, mas não possuem fontes próprias de energia. Esse tipo de sensor depende de outras fontes de energia para a captação dos alvos como, por exemplo, o sol. Ainda temos os sensores imageadores, dos quais fornecem imagem de um determinado alvo, e os sensores não imageadores, que fornecem apenas informação do alvo (gráficos ou tabela por exemplo), sem a geração de imagens.

É importante neste estudo de PCHs, entender o comportamento espectral dos alvos que serão mapeados, para tanto nos apoiamos nos conceitos do INPE (2011), que ressalta alguns conceitos importantes para entender o espectro eletromagnético:

- Toda matéria a uma temperatura superior à zero absoluto (0o K ou - 273o C) emite radiação eletromagnética, como resultado de suas oscilações atômicas e moleculares.
- A radiação emitida ao incidir sobre a superfície de outra matéria pode ser refletida, absorvida ou transmitida. Quando absorvida, a energia é geralmente reemitida, em diferentes comprimentos de onda.
- Os processos de emissão, absorção, reflexão e transmissão ocorrem simultaneamente e suas intensidades relativas caracterizam a matéria em investigação. Dependendo das características físicas e químicas da mesma, os quatro processos ocorrem com intensidades diferentes em diferentes regiões do espectro.
- Esse comportamento espectral das diversas substâncias é denominado assinatura espectral e é utilizado em Sensoriamento Remoto para distinguir diversos materiais entre si.
- Qualquer fonte de energia eletromagnética é caracterizada pelo seu espectro de emissão, o qual pode ser contínuo ou distribuído em faixas discretas. O campo elétrico e o campo magnético são perpendiculares entre si e ambos oscilam perpendicularmente à direção de propagação da onda, como mostra a figura abaixo, onde E é o campo elétrico e M o campo magnético.

- A velocidade de propagação da onda eletromagnética no vácuo é a velocidade da luz (3×10^8 m/s). O número de ondas que passa por um ponto do espaço num determinado tempo define a frequência (f) da radiação.
- A onda eletromagnética pode também ser caracterizada pelo comprimento de onda (λ) que pode ser expresso pela equação:
- A faixa de comprimentos de onda ou frequências em que se pode encontrar a radiação eletromagnética é ilimitada.
- Este espectro é subdividido em faixas, representando regiões que possuem características peculiares em termos dos processos físicos geradores de energia ou dos mecanismos físicos de detecção desta energia.
- As principais faixas do espectro eletromagnético estão descritas abaixo e representados na figura a seguir:

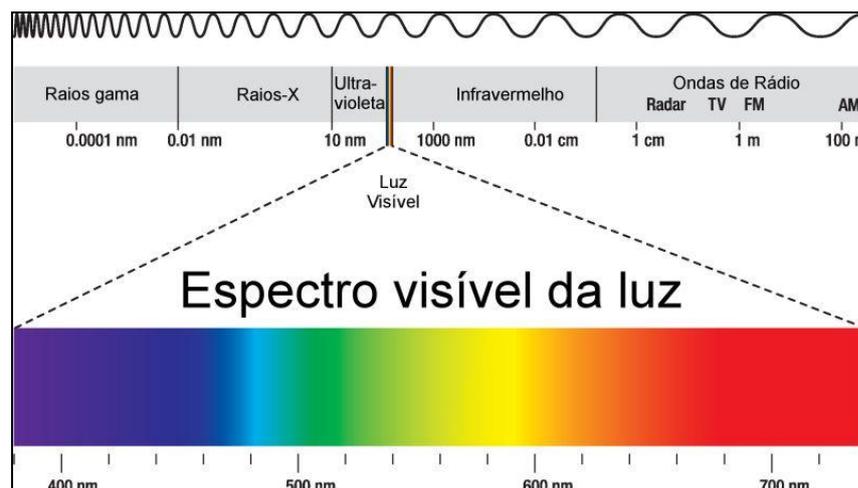


Figura 3 - Espectro eletromagnético.

Ilustração: Peter Hermes Furian / Shutterstock.com

Fonte: <http://www.infoescola.com/wp-content/uploads/2007/12/espectro-visivel-da-luz.jpg>

- **Faixas das ondas de rádio e TV** – Com comprimento de ondas variando de 20 cm a vários quilômetros, essa raiva é a principal responsável pelos menos de comunicação. As ondas com frequências aproximadas de 100 Hz podem chegar a longas distâncias, sendo refletidas pela ionosfera, mas apresentam bastante ruídos. Já as frequências maiores, variando entre 30 MHz a 300MHz – Very High Frequency (VHF) não são capazes de atingir grandes distâncias, contudo, não apresentam tantos ruídos provenientes da atmosfera.

<ul style="list-style-type: none"> • Faixa do Microondas – São ideais para sensores como os radares, pois apresentam pouca ou nula interferência dos elementos atmosféricos. Estão presentes na faixa dos 3GHz a 300GHz.
<ul style="list-style-type: none"> • Faixa do infravermelho (IV ou IR – InfraRed) – Por estar associado ao calor, essas faixas são comumente utilizado em trabalhos de sensores remotos. Com comprimento de onda entre 0.7 μm a 1.0 μm, apresenta subdivisões tais como o infravermelho próximo (entre 0.7 μm e 1.0 μm), infravermelho médio (entre 5 μm e 30 μm) e infravermelho distante (entre 30 μm e 1.0 μm). Ainda possui uma faixa de infravermelho termal (entre 8 μm e 14 μm), sendo corpos aonde a emissão de calor chegam ao máximo. Rosa (1995) salienta que é nessa faixa que possui as janelas atmosféricas, das quais as absorções da atmosfera são pouco expressivas.
<ul style="list-style-type: none"> • Faixa do visível – Sua principal característica a ser apontada é a possibilidade de ser vista ao olho humano, sendo a principal porção do espectro eletromagnético utilizada em trabalhos de sensoriamento remoto. Seu comprimento de onda varia entre o violeta (0.38 μm) e o vermelho (0.74 μm), apresentando subdivisões, tais como o azul (0.440 μm a 0.485 μm), o cianeto (0.485 μm a 0.500 μm), o verde (0.500 μm a 0.565 μm), o amarelo (0.565 μm a 0.590 μm) e o laranja (0.590 μm a 0.625 μm).
<ul style="list-style-type: none"> • Faixa do ultravioleta (UV) – essencial para a vida na terra, também é a responsável por causar danos ao ser humano, tais como alergias, queimaduras ou câncer de pele. Pouco utilizado no sensoriamento remoto, corresponde a faixa de 100 nm a 400 nm.
<ul style="list-style-type: none"> • Raios x – Bastante utilizado na área da saúde, corresponde no comprimento de onda de 0.05 A e 0.01 μm.
<ul style="list-style-type: none"> • Raios gama – Possui enorme frequência e baixo tamanho de onda no espectro eletromagnético, gerando e executando os raios cósmicos, com aproximadamente 1 picômetro (pm) ou 0.01 A ou 10^{-12} m.
<ul style="list-style-type: none"> • Raios cósmicos – Radiação natural com grande poder de penetração, contudo, com seu efeito absorvido pela atmosfera. Possui o menor comprimento de onda do espectro eletromagnético.

Quadro 1 – Faixas do espectro eletromagnético.

Fonte: http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/introducao_sen.html

Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

No momento em que a radiação é emitida sentido seu alvo, passa por uma série de interferências atmosféricas, gerando alterações nos produtos finais. Esses efeitos são chamados de absorção e espalhamento.

Tendo em vista que cada objeto emite sua radiação de forma diferente, nesta pesquisa em particular que se refere aos elementos naturais preservados pela PCH Costa Rica, serão abordados o comportamento espectral referente aos alvos minerais e rochas, solo, vegetação e água, segundo a descrição de Rosa (1995) e Jensen (2009).

Os minerais e rochas são os elementos mais representativos em questão da faixa do espectro reflexivo (0.4 a 2.5 μm) com íons ferrosos e férricos, água e hidroxila. Outros elementos como sílica, alumínio e magnésio possuem interesse secundário perante o espectro eletromagnético. Rochas ácidas com valores maiores que 66% de sílica apresentam elevada reflectância devido a alta concentração de minerais como quartzo e feldspato e baixa absorção como consequência da baixa presença de materiais opacos. As rochas intermediárias que apresentam valores de sílica entre 66 e 52% possuem reflectância inferior a rocha anterior devido a presença de piroxênios, anfibólio, olivina, biotita e magnetita, sendo o último elemento o principal responsável por essa diminuição. Já as rochas sedimentares e metamórficas, deve-se levar em consideração a porcentagem de carbono, já que materiais carbonosos reduzem a banda de absorção.

O comportamento espectral do solo pode variar de acordo com a matéria orgânica, granulometria, entre outros. Solos com alta porcentagem de matéria orgânica tendem a reduzir a resposta espectral, assim como o solo úmido em comparação com o solo seco. Em relação a granulometria, ocorre um aumento dos valores de reflectância no momento em que apresenta maiores quantidades de minerais félsicos, ocorrendo o oposto com a presença de materiais máficos.

Já nas folhas verdes, o comportamento espectral corresponde de 0.4 a 2.5 μm . Pode-se dizer que na região do visível a reflectância é relativamente baixa, pois a clorofila tende a absorver a radiação proveniente, contudo, não é possível generalizar, já que pode ocorrer interferência tal qual as condições atmosféricas, espécie, índice de área foliar (cobertura da vegetação por unidade de área), estado fenológico (variação sazonal), folha (forma, posição,

água, pigmentação, estrutura interna), entre tantos outros fatores. Também deve-se considerar dados tais como a influência da superfície desfolhadas, mudança do ângulo de iluminação e orientação das folhas.

Florenzano (2011) salienta que com a inserção de barramentos em ambientes naturais, as alterações decorrentes da inundação e todo seu entorno pode ser classificado de acordo com ferramentas de sensoriamento remoto, tais como a classificação do uso e cobertura da terra ou mesmo pela qualidade do recurso hídrico, podendo ser analisado de forma multitemporal ou não.

Apesar disso, tratar e extrair informações do comportamento espectral de corpos hídricos é uma questão árdua, já que a água límpida absorve e/ou espalha boa parte da radiação recebida, sendo que a luz que irradia não é pura, contendo matéria orgânica e inorgânica. Esse fator pode ser alterado no momento em que a água possui sedimento, passando por picos de reflectância maiores na direção dos maiores comprimentos de onda, sendo trabalhada na região do visível.

Contudo, Florenzano (2011) ainda reforça que na utilização do Sensoriamento Remoto (SR), é possível obter informações a respeito da qualidade da água, mas é somente nas análises físico-químicas da água realizadas em laboratório que é possível obter a confirmação real de tais informações.

Os levantamentos realizados pelos Estados e pelas concessionárias de energia elétrica apontam que existe cerca de 100 mil comunidades sem energia, representando cerca de 20 milhões de pessoas excluídas dos processos de desenvolvimento social e de crescimento econômico do Brasil. Durante o encontro de Rio-92 foi elaborado pelo Fórum Brasileiro de ONGs e Movimentos Sociais para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento uma plataforma para o setor energético brasileiro. Dentre várias propostas para o governo federal destacam-se: 1) a priorizar o atendimento de energia através de programas voltados à inclusão social com sustentabilidade ambiental; e 2) em relação à participação das fontes de energia renováveis alternativas, sugere um programa de aproveitamento dos combustíveis renováveis como o álcool e o biodiesel; um programa para o suprimento descentralizado de energia por Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs). (MME, 2011)

Para este planejamento, após o levantamento dos dados (BDG) e dos sensores (SR), entra como complemento os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que consistem principalmente em:

- Inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecer mecanismos para combinar as várias informações, através dos algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciáveis (INPE, 2002, *apud* MIRANDOLA, 2006).

Devido a essas características e facilidades, o SIG tem sido amplamente utilizado no planejamento e avaliação do potencial energético tais como: produção de biogás (BATZIAS, 2004); energia solar (GADSDEN et al., 2003a, b; MILLS, 2004; RYLATT et al., 2001; SORENSEN, 2001; VOIVONTAS, 1998), energia eólica (HILLRING & KRIEG, 1998; KHAN et al., 2004; RAMACHANDRA & SHRUTHI, 2005), e energia proveniente de biomassa (SCHNEIDER et al., 2001; TOP et al., 2004; VOIVONTAS et al., 2001). Para os estudos de potencial hidrelétrico destacam-se os trabalhos de Graham (1998) que realiza uma investigação do potencial hidroelétrico nas fazendas da Escócia e o de Ramachandra (2004) que considera um sistema de suporte para a decisão espacial para a análise de micro, mini e pequenas centrais hidrelétricas. (CARVALHO-JUNIOR et al. 2008)

Além da discussão sobre ferramentas e técnicas de análise é necessário falar sobre as técnicas de aquisição e elaboração de dados cartográficos amplamente usado nos dias de hoje, obtidos das mais diversas formas (gratuitas ou não) e de tanta importância para qualquer pessoa que trabalhe com qualquer tipo de análise presente no espaço: Os dados provenientes do sensoriamento remoto.

Os SIGs abrangem uma gama de possibilidades analíticas, tais quais estudar diversas localidades, vendo nelas apenas componentes ou a dinâmica como um todo, ou mesmo a análise multitemporal de determinadas áreas. Esse método de análise multitemporal permite o resgate de informações pretéritas do local, viabilizando ao estudo uma forma dinâmica de ver o ambiente. Para trabalhos a nível ambiental, é interessante analisar o que ocorreu na área de

estudo, uma vez que os elementos estão em constante mudança, seja de maneira natural ou após a implantação de determinada obra ou empreendimento.

Há pouco tempo atrás os Sistemas de Informações Geográficas eram utilizados especificamente por usuários ligados à geração de mapas e seus afins. Nos dias de hoje a necessidade de possuir, atualizar e controlar as informações é vital em qualquer área de negócio. Conseqüentemente, possuir o melhor conjunto de informações e tecnologia para acessá-las possibilita a tomada de decisões com antecedência, eficiência e garantia de sucesso. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) permite que, com extrema facilidade, se possa avaliar com profundidade as informações e, sob essa nova perspectiva, tomar decisões ágeis e confiáveis, através da total integração com os dados informações disponíveis na empresa.

A aplicação de um SIG disponibiliza ao administrador, ferramentas para controle e informações de grandes áreas imobiliárias de maneira abrangente e atualizada e terá as informações de maneira clara, transparente e dinâmica, podendo tomar ações imediatas ou fazer planejamentos diversos.

Aliado aos conceitos/técnicas apresentados, também é importante entender a definição da EMBRAPA (2014), sobre Geoprocessamento é o uso de ferramentas computacionais para tratamento e análise de dados geográficos e que, na junção com os Sistemas de Informação Geográfica, permite analisar e cruzar os dados das mais diversas fontes, crucial para a tomada das mais diversas decisões.

Conforme Camara (2001), geoprocessamento denota a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica e que vem influenciando de maneira crescente as áreas de Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional. As ferramentas computacionais para Geoprocessamento, chamadas de Sistemas de Informação Geográfica (GIS), permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georreferenciados. Tornam ainda possível automatizar a produção de documentos cartográficos.

Portanto, o Geoprocessamento é um conjunto de atividades que lidam com aquisição, tratamento, interpretação e análise de dados sobre a Terra. Observando, porém, por um prisma mais holístico, Geoprocessamento caracteriza-se por aplicações transdisciplinares em diversas áreas, apoiadas pela utilização de tecnologias de ponta como satélite de observação da Terra, sensores remotos aerotransportados, técnicas de mensuração e coleta de dados através do sistema GPS, estações totais e medidores a laser, contando ainda, com o apoio de sofisticados periféricos e programas de informática em ambientes integrados para gerenciamento de fatos e fenômenos geográficos.

No caso específico de PCHs, o Geoprocessamento dispõe de valiosas ferramentas para aplicações em praticamente todas as etapas do empreendimento.

Nas afirmações de Izippato (2013) a mesma, ressalta que as informações geradas a partir do uso do conjunto de técnicas que englobam Geoprocessamento tendem a manter o mais próximo da realidade. A autora ainda alerta que para que isso não ocorra, o pesquisador deve nortear seus estudos e aplicações para que a realidade do ambiente ocorra de forma correta e sucinta.

Segundo IBGE (2008, *apud* Izippato, 2013), para que o mapeamento ocorra de forma sucinta, deve-se realizar uma coleção de dados e informações para a representação gráfica, tornando o produto final passível de entendimento via comunicação por símbolos e outros elementos que caracterizam a linguagem cartográfica.

Desta maneira, Florenzano (2011) salienta a importância das imagens de satélite, já que torna possível obter uma visão sinóptica e ao mesmo tempo multitemporal da superfície terrestre. A autora salienta que essa multitemporalidade é capaz de destacar impactos de cunho natural ou antrópico com o uso e a ocupação do espaço.

Para que isso seja possível, é fundamental a aptidão e treinamento para que a interpretação dos elementos terrestres corresponda da maneira mais real possível. Essa interpretação pode dar início elencando os elementos mais simples encontrados nas imagens de satélite e que são passíveis de mapeamento, tais como o relevo, a vegetação, corpos d'água, etc.

Daí se inicia o mapeamento de uso e ocupação da terra, que consiste em catalogar e sintetizar determinados elementos provenientes na imagem de satélite ou fotografias aéreas de forma clara, transcrevendo os elementos no mapa. De acordo com IBGE (2013), esses mapas são fundamentais para compreender a dinâmica do ambiente em questão.

Izippato (2013) ainda discorre que atualmente esses mapas podem ser manipulados por meios digitais, gerados a partir de computadores com softwares específicos e o tratamento em ambiente digital (o SIG) permite a manipulação disponibiliza a opção de armazenar e manipular informações georreferenciadas, sendo possível transformá-los em mapas cartográficos digitais. Esse tipo de trabalho torna-se quase obrigatório nas principais pesquisas atuais.

Uma parcela considerável das pesquisas provenientes da análise ambiental, tais como planejamento ambiental, zoneamento ecológico econômico, gestão territorial, estudos de mineração, estudos florestais, entre tantas outras, tem a possibilidade de incorporar os Sistemas de Informação Geográfica (SIG), já que são ferramentas multidisciplinares e de constante evolução (BRAZ, 2014).

As geotecnologias contribuem neste trabalho, para a geração de diferentes mapas e produtos, a partir de técnicas do Geoprocessamento, os quais permitem a espacialização e análise integrada dos dados em relação ao espaço geográfico e em uma ampla escala de observação.

2.4 Parâmetros para Análise Ambiental

Diversos autores estudam questões relativas às alterações ambientais. Deve-se ter um olhar mais atento perante tais problemas, já que essas mudanças locais muitas vezes são geradas a partir de causas sociais, criando alterações graves e, às vezes, irreversíveis para determinado bioma e, como resposta, para as próprias populações que nele e dele vivem.

Não se pode tratar os problemas ambientais exclusivamente de causas antrópicas, existindo também problemas físicos naturais. Guerra e Cunha (1994), afirmam que processos físicos naturais como formação dos solos, lixiviação, erosão, deslizamentos, modificações da cobertura vegetal e dos

regimes hidrológicos ocorrem em ambientes naturais sem intervenção humana. No entanto, o mesmo autor afirma que as transformações feitas a partir de critérios sociais como desmatamento, construções e transformações no ambiente tendem a gerar conseqüências mais violentas em eventos ditos como naturais, gerando impactos ainda mais desastrosos para a sociedade.

Guerra e Cunha (1994) afirmam que as condições naturais, aliadas ao manejo inadequado, podem acelerar a degradação. Segundo o autor, chuvas concentradas, encostas desprotegidas de vegetação, contato solo-rocha abrupto, descontinuidades litológicas e naturais são fatores que podem acelerar os processos e, aliando esses fatores as ocupações humanas desordenada podem gerar desastres grandiosos, como perdas materiais ou até mesmo vidas.

Podem-se utilizar diversos exemplos de causa e conseqüência dessas alterações ambientais que, inclusive, vão além da área impactada. Há exemplos do transporte de fontes poluidoras ao longo do rio ou mesmo a alteração do regime de transporte sedimentológico, principal causa de assoreamento nos cursos hídricos e/ou reservatórios, tal como o objetivo almejado dessa dissertação.

Para a realização dos parâmetros de análise, foi definida a partilha dos principais temas do estudo em sub tópicos, permitindo a compreensão de maneira mais amena dos processos atuantes na formação dos sedimentos encontrados nos corpos hídricos.

2.4.1 Erosão

Pode-se considerar a erosão como a primeira fonte geradora do sedimento encontrado no meio ambiente. O seu desprendimento do solo acarreta a infertilidade do mesmo, depositando esse material em outros locais.

Lepsch (2002) caracteriza a erosão como algo fácil de se localizar e prever, mas um processo um tanto complicado para conter após o aparecimento de seus problemas, gerando conseqüências muitas vezes irreparáveis. O autor comenta que esses processos de enfraquecimento do solo podem ser causados pelas derrubadas de matas, queimadas, encostas íngremes e de maior declividade, pastos superlotados com rebanhos, terras

submetidas a monocultura, retirada natural da fertilidade do solo por lavagem das enxurradas, entre tantas outras.

Lepsch (2002) afirma que é possível analisar quando o solo está em processo de desgaste. São aparentes as voçorocas, pomares com árvores raquíticas e raízes expostas e, entre outras, águas turvas ou barrentas nos rios e entulhamento nos reservatórios de água.

Lepsch (2002) ainda salienta que, com o enfraquecimento dos solos, ocorre o arraste dos solos, adubos e agrotóxicos para os rios e riachos, alterando a fauna e flora aquática, agravando a poluição nas águas. Com a degradação dos elementos em terra, há um espaço facilitado para a lavagem dos solos e contaminação dos recursos hídricos, comprometendo os recursos, inclusive, para a produção de energia elétrica.

Infanti Jr e Fornasari Filho (1998) define a erosão como processo de desagregação e remoção das partículas do solo pela ação conjunta da gravidade com a água, vento, gelo e organismos biológicos (animais e plantas). Os autores ainda salientam que existem duas formas de abordagem para os tipos de erosão: erosão natural ou geológica, desenvolvida em equilíbrio com a formação do solo e a erosão acelerada ou antrópica, cuja intensidade é acelerada quando comparada a formação natural do solo, não permitindo sua recuperação de forma natural.

Quando o solo é desprovido de proteção como matas ou florestas e, aliado a topografia e com o tipo de clima, a tendência de enfraquecimento é ainda maior. Lepsch (2002) apresenta as principais causas responsáveis do depauperamento do solo, tais como:

- **Empobrecimento químico e lixiviação** - É a consequência do esgotamento causado pelas colheitas, retirando os elementos nutritivos do solo, ou mesmo pela lavagem vertical dos nutrientes do solo pela água que é infiltrada. Eles elementos retirados e não repostos comumente são substituídos por elementos tóxicos, frequentemente em regiões de clima úmido devido a lavagem progressiva dos solos. Os elementos retirados pelas colheitas são parte do processo na formação do cultivo. Contudo, em condições naturais esses elementos voltariam ao solo, se decomporiam e voltariam ao ciclo de reciclagem nutrição do solo. Sem essa reciclagem, ocorre o empobrecimento

de forma acelerada e contínua. A lavagem dos elementos base do solo (magnésio, potássio e sódio) e sua substituição pelo hidrogênio, responsável pela solução ácida do solo e que, ao ser absorvido por colóides do solo, tende a ser substituído pelo alumínio, agindo como uma substância tóxica para o cultivo.

- **Erosão hídrica** – É a remoção das camadas superficiais do solo devido à ação hídrica. Esse processo ocorre com o contato das gotas de água da chuva no solo e que, em ambientes desprotegidos, dá início a lavagem do mesmo, gerando feições erosivas em ambientes diversos.
- **Erosão eólica** – Responsável pela remoção e deposição do solo, além de formar grandes nuvens de poeira.
- **Excesso de sais ou salinização** – Responsável pelo acúmulo de sais no solo, inviabilizando o crescimento da vegetação.
- **Degradação física** – É a mudança dos atributos físicos do solo, tais como porosidade, densidade e permeabilidade. Normalmente isso ocorre pela compactação de 20 a 30cm da camada de solo do horizonte Ap, ocasionado por máquinas agrícolas ou mesmo por pisoteio de gado.
- **Degradação biológica** – É apresentado pelo aumento da taxa de decomposição húmus sem a reposição do mesmo.

Christofolletti (1981) salienta que uma parcela da carga detrítica nos rios obtida por processos erosivos é proveniente das margens e fundo do leito, mas a maior parte, entretanto, é fornecida pela remoção detrítica das vertentes.

É possível destacar a erosão hídrica neste trabalho, pois o seu trabalho é o principal elemento gerador dos sedimentos nos cursos hídricos, já que sua lavagem comumente termina nos cursos hídricos das bacias hidrográficas. Lepsch (2002) afirma que, com o enfraquecimento do solo e, conseqüentemente, o processo erosivo, há remoção das partículas em partes mais elevadas pela ação da águas da chuva, que transporta e deposita o mesmo nas partes mais baixas como fundo dos lagos, rios e oceanos.

Essa forma de erosão pode ser dividida em duas etapas. Na primeira, o material proveniente do solo sofre o impacto das gotas da chuva, gerando o desagregamento do material, tornando-o passível de transporte. Esse primeiro fator pode ser superado com a presença da vegetação, já que as gotas da

chuva encontram as folhas das árvores, amortecendo a queda. A segunda etapa, já com a partícula solta e, com outros materiais orgânicos ou não, passíveis de serem transportados pelas enxurradas, responsáveis por levar esse material até as partes topograficamente mais baixas.

Contudo, o grau de severidade depende de quatro fatores descritos por Lepsch (2002):

- **Clima** – Dizem respeito à distribuição, quantidade e intensidade das chuvas. Os solos desprotegidos são mais susceptíveis para a retirada e lavagem da área. A intensidade também é um fator importante, por exemplo, uma chuva fraca ou em forma de garoa é mais fácil de ser absorvida pelo solo, diminuindo seu impacto. Já o contrário, pode gerar grandes erosões ou formações erosivas em poucos minutos.
- **Natureza do solo** – Alguns tipos de solos são mais fáceis de serem erodidos, variando de acordo com suas características de textura, permeabilidade e profundidade. Outro fator chave é sua fertilidade, já que um solo fértil produz plantas mais vigorosas, oferecendo maior proteção.
- **Declividade do terreno** – O fator topográfico influencia diretamente na concentração, dispersão e velocidade da enxurrada e, como consequência, na lavagem e desagregamento das partículas do solo. Regiões mais planas, tendem a ter mais tempo para que a água possa infiltrar, diminuindo as consequências.
- **Manejo do solo** – Outro fator importante é se possui cobertura vegetal ou área agricultável e se a mesma possui sistema de manejo com os devidos cuidados. Solos cobertos com vegetação são mais protegidos da ação das chuvas, diminuindo as causas erosivas, tais como o impacto das gotas da chuva e aumento da absorção de água, além das raízes segurarem mais o solo.

Em ambos os autores, consta-se que parte das partículas encontradas no curso d'água é proveniente do desprendimento da mesma do solo por alguma forma, gerando problemas diversos. Carvalho (2008) cita alguns dos problemas como a retirada da camada fértil do solo, alterações do escoamento de água na superfície e na calha dos rios, depósito nos leitos, entre tantos outros.

2.4.2 Transporte hídrico de sedimentos

O fluxo e o transporte de sedimentos constituem respostas ao processo e estado de equilíbrio atuante no sistema fluvial (Christofolletti, 1981). Esses deslocamentos das partículas podem ocorrer pela ação da água, em via de escoamento superficial, retirando as camadas superiores do solo, ou pelo vento que, segundo Araujo et al. (2007), é mais comum em climas áridos e semiáridos.

Por esses fatores, o controle de transporte dos sedimentos provenientes de uma bacia hidrográfica é feito a partir dos regimes hidrológicos, cuja geologia, precipitação, topografia e vegetação influenciam diretamente desde a desagregação do material até sua chegada ao rio (CHRISTOFOLETTI, 1981).

Ao longo do transporte da carga detrítica, ocorre o processo de esculturação da paisagem e, com a chegada do sedimento nos cursos d'água, pode-se considera-lo como uma mistura de partículas com várias formas e tamanho.

Christofolletti (1981) salienta que parte da sedimentação fluvial pode ser relacionada a três fatores:

- Remoção intensa de detritos das vertentes, por causa das práticas agrícolas de utilização das terras, das construções e edificações urbanas e do transporte em diversas áreas e da utilização dos cursos de água;
- Erosão e deposição detrítica nos canais, afetando determinados modos de uso da terra e das águas;
- Prejuízos estéticos ou físicos oriundos dos sedimentos em suspensão ou dos materiais dissolvidos para diversos usos das águas fluviais.

Conforme a figura 4, é possível ilustrar os processos atuantes desde a sua fonte geradora até o produto final. Nesse processo, o curso d'água transporta a carga dissolvida, carga de leito e a carga em suspensão, objeto almejado nessa pesquisa. A carga dissolvida possui materiais intemperizados em forma de solução química da rocha, sendo transportada na mesma velocidade e forma da água. Há uma carência de informação a respeito da carga dissolvida, já que há um foco muito maior para as demais.

A carga de leito já é granulometricamente maior, formadas por areia e cascalho e transportadas por saltação, deslizamento ou rolamento ao longo do

curso hídrico. Devido sua granulometria ser de tamanho superior às demais cargas, sua velocidade de deslocamento é inferior e suas partículas podem se deslocar de forma intermitente (CHRISTOFOLETTI, 1981).

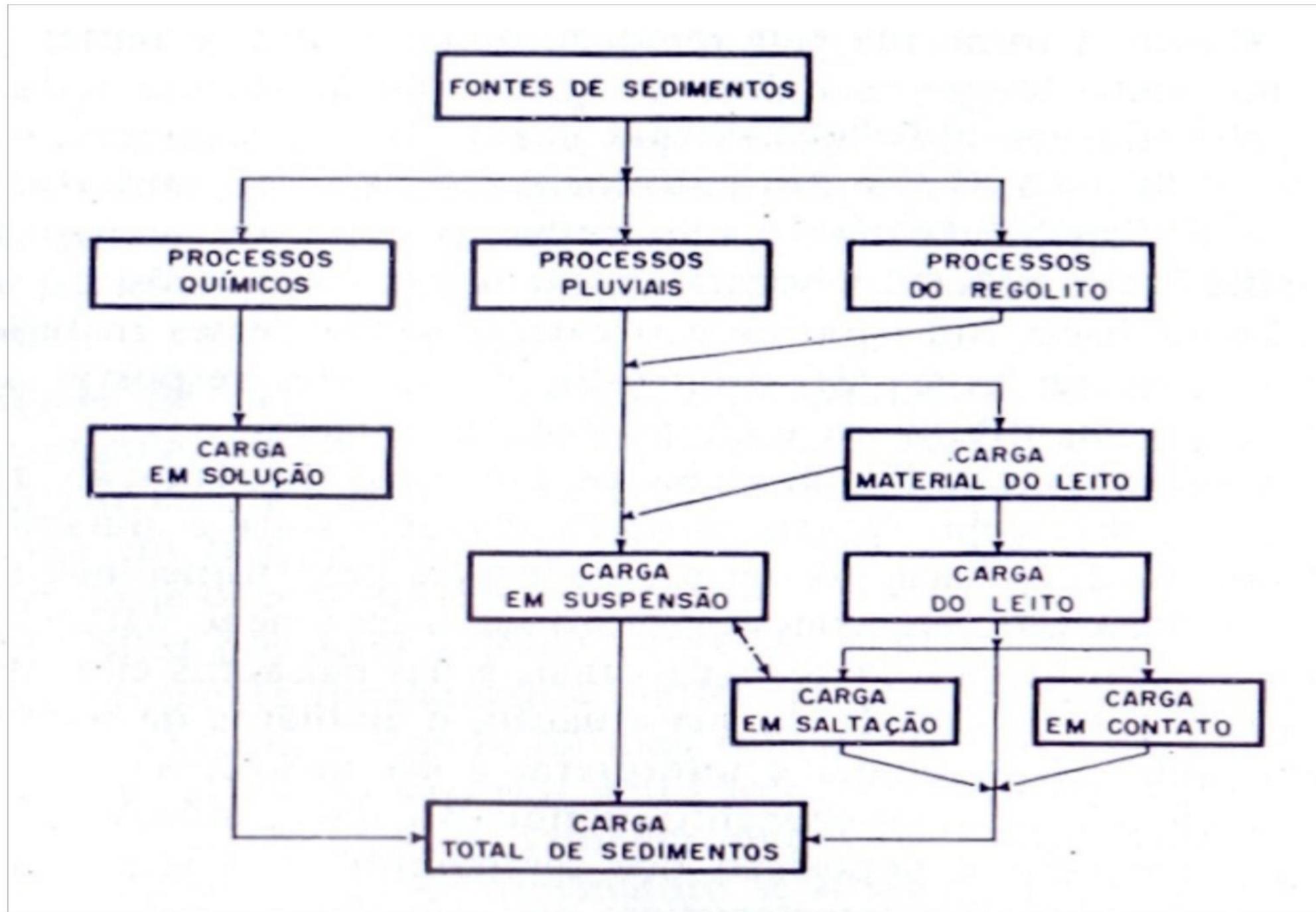


Figura 4 - Processos atuantes no transporte de sedimentos.
 Fonte: Christofolletti, 1981.

Devido a esses fatores, a carga de sedimento é transportada a partir de diferentes mecanismos, sendo que, quanto menor essa carga ou maior a velocidade do fluxo, o mesmo pode ser transportado por rolamento, arraste, saltação ou suspensão. No momento em que a velocidade de fundo permanece inferior a situação crítica de erosão, o sedimento continua depositado e, à medida que a velocidade vai aumentando, inicia-se o processo de arraste deste material, passando por saltação e, posteriormente, podendo finalmente vir a se tornar um material em suspensão. (LELI et al., 2010).

Já a carga suspensa possui uma granulometria reduzida ao ponto que os sedimentos se conservam em suspensão durante o fluxo d'água, diferenciando-se da anterior pelo seu tamanho e transporte. Normalmente esses compostos são constituídos da carga mais fina dos materiais provenientes do leito, sendo transportados quase que na mesma velocidade do fluxo (CHRISTOFOLETTI, 1981).

2.4.3 Alterações no curso d'água a partir de barramentos

Diante das conseqüências apresentadas, os barramentos gerados por usinas hidrelétricas são considerados como a principal causa de impacto sobre a planície aluvial, modificando as suas características fluviais naturais, tais como magnitude e freqüência (ROCHA et al., 1998).

Diversos são os estudos que tratam das enchentes e vazantes provocadas por barramentos, seja de Usinas Hidrelétricas ou Pequenas Centrais Hidrelétricas. Silva (2012) cita diversas conseqüências geradas pela implantação da barragem, como o aumento de macrófitas aquáticas, barramento do lixo, corrosão da própria usina geradora de energia e presença de organismos invasores.

Leli et al. (2010) ressalta as conseqüências geradas na geomorfologia do curso hídrico após o seu barramento, em que o conjunto de sedimento suspenso e de fundo do rio controla a morfologia e o padrão do canal, as características da planície de inundação, entre outros. A autora ainda salienta que no momento em que a barragem é implantada, há uma redução considerável na carga suspensa do rio a jusante, já que a mesma fica retida a montante. Essa ocorrência reduz a turbidez, comprometendo a ecologia local. A erosão das margens também é intensificada, uma vez que o curso hídrico

promove a recuperação da carga detrítica. Outro fator de suma importância é a dispersão de contaminantes, uma vez que a argila é porosa e absorve os poluentes com facilidade.

Vale destacar que essas conseqüências não geram apenas alterações para o meio ambiente, mas também para toda a usina geradora de energia, já que essas anomalias até então não existentes, geram entupimento, mau cheiro, fricção nas turbinas, entre tantos outros problemas.

2.4.4 Análise da qualidade físico-química da água

Diante das alterações ocorridas nos cursos hídricos em modo geral, é possível enquadrar a qualidade dos recursos hídricos de acordo com a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), a qual aponta diretrizes ambientais para seu enquadramento. Essas diretrizes são compostas por classes que definem o meio de designação da água.

Existem parâmetros para que seja possível a análise da água e seu respectivo enquadramento segundo a resolução do CONAMA (quadro 2). Esses parâmetros são:

- **Potencial Hidrogeniônico - pH:** É a medida da concentração de íons H^+ e íons H^- presentes em uma determinada solução, sendo, desta forma, ácida ou alcalina. A escala do pH varia de 0 a 14, sendo que valores de 0 a 7 é considerado ácido e valores de 7 a 14 são considerados básico (OLIVEIRA, 2014). A variação desses valores pode afetar diretamente a vida aquática, afetando o metabolismo de espécies ou mesmo aumentando o efeito de constituintes tóxicos para os organismos aquáticos (CETESB, 2011).
- **Oxigênio Dissolvido – OD:** É a medida relativa de oxigênio que está dissolvido líquido ou, nesse caso, na água, sendo vital para a vida aquática. Enquanto as águas limpas apresentam valores elevados de OD, águas poluídas por esgotos ou outros resíduos apresentam baixa concentração, uma vez que necessitam desse oxigênio para realizar a decomposição do material orgânico. Em casos de lagos e represas, essa taxa de oxigênio pode-se apresentar elevada devido a eutrofização da água. Nesses casos, a ação fotossintética das algas presentes durante o dia permite elevados índices de OD, interrompendo-o durante a noite e gerando declínio no mesmo (CETESB,

2011). Outro fator que pode elevar os índices de OD é o turbilhonamento da água.

- **Condutividade Elétrica – C.E.:** Condutividade Elétrica, de modo geral, pode ser compreendida como a capacidade numérica da água conduzir energia elétrica. Indica a constância quantitativa de sais que pode apresentar na água, sendo um método de medida indireta de análise para detectar a concentração de poluentes e um bioindicador de alterações na composição da água como, por exemplo, em altos valores, suas características tornam-se corrosivas (CETESB, 2011). Esse parâmetro está relacionado com a quantidade de íons dissolvido na água. Sendo partículas eletricamente carregadas, quando maior sua presença na água, maiores será sua condutividade elétrica. Oliveira (2014) ainda salienta que parte dessas concentrações encontradas em águas continentais é consequência direta dos valores do cálcio, magnésio, potássio, sódio, carbonatos, carbonetos, sulfatos, cloretos, entre outros.
- **Turbidez:** A turbidez pode ser considerada como o fator que altera a penetração da luz ou radiação solar nos corpos hídricos devido a partículas suspensas, tal como bactérias, argila, silte, fontes poluidoras, etc., reduzindo desta forma sua transparência. Altos valores de turbidez podem inviabilizar a vida aquática, além de aparentar uma nebulosa, a qual é esteticamente indesejável e potencialmente perigosa (OLIVEIRA, 2014).

Classes	Limites para o Enquadramento
Especial	Nas águas de classe especial deverão ser mantidas as condições naturais do corpo de água. OD: > 10,0 mg/l pH: 6,0 a 9,0 Turbidez: até 20 UNT Condutividade Elétrica: até 50 µS
I	OD: 10 a 6,01 mg/l pH: 6,0 a 9,0 Turbidez: 20,01 até 40 UNT Condutividade Elétrica: 50,01 até 75 µS
II	OD: 6 a 5,01 mg/l pH: 6,0 a 9,0 Turbidez: 40,01 até 70 UNT Condutividade Elétrica: 75,01 até 100 µS
III	OD: 5 a 4,01 mg/l pH: 6,0 a 9,0 Turbidez: 70,01 até 100 UNT Condutividade Elétrica: 100,01 até 150 µS
IV	OD: < 4 mg/l pH: 6,0 a 9,0 Turbidez: > 100 UNT Condutividade Elétrica: >150 µS

Quadro 2 – Limites dos parâmetros para enquadramento de classes de água doce no Brasil.
Organização: Adaptado da Resolução nº 377 do CONAMA de 18/03/2005 Pinto et al. (1985).

Após a classificação dos dados em campo, a água que foi analisada em questão pode ser classificada de acordo com as respectivas classes e seu principal uso em potencial, conforme o quadro 3.

Classes	Principais Usos
Especial	Consumo humano com desinfecção; Preservação de equilíbrio natural das comunidades aquáticas; Preservação dos ambientes aquáticos em unidades de conservação de proteção integral.
I	Consumo humano, após tratamento simplificado; Proteção das comunidades aquáticas; Recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho) Resolução CONAMA n. 274, de 2000; Irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas sem remoção de películas e à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas.
II	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional, à proteção das comunidades aquáticas, à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, Resolução CONAMA n. 274, de 2000, à irrigação de hortaliças, plantas frutíferas e de parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto e à aquicultura e à atividade de pesca.
III	Abastecimento para consumo humano, após tratamento convencional ou avançado, à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras, à pesca amadora, à recreação de contato secundário e à dessedentação de animais.
IV	Navegação e à harmonia paisagística

Quadro 3 – Principais classes de água doce do Brasil.
Fonte: Resolução nº 357 do CONAMA de 18/03/2005.

Capítulo III - METODOLOGIA

Nesse capítulo será abordado temas referentes a metodologia trabalhada na dissertação, bem como um passo-a-passo do que será feito.

3. METODOLOGIA

3.1 Considerações Metodológicas

O método e a técnica desenvolvida em qualquer ciência são imprescindíveis para o progresso da pesquisa, facilitando a compreensão dos resultados e, por vezes, alterando o desfecho almejado (IZIPATTO, 2013).

A realização e obtenção das informações de acordo com o recorte espacial da AII e a AID da PCH Costa Rica permitiu que o estudo suceda de forma holística, integrando seus elementos estruturais para a compreensão da área.

Para que isso fosse possível, os dados foram usados para formar um banco de dados georreferenciados, passível de utilização para futuras pesquisas envolvendo tal região.

De acordo com Fitz (2008), a existência de um SIG já pressupõe a utilização de um banco de dados, a qual corresponde a uma gama de informações associadas a um conjunto de coordenadas conhecidas, tal como a latitude, longitude e, ocasionalmente, a altitude. Esses conjuntos de valores estão associados aos pixels presentes nas imagens, conforme será detalhado ao longo deste capítulo.

Partindo dessa premissa, o desenvolvimento da pesquisa se baseou nas oito etapas descritas a seguir.

- **Etapas 01 - Criar um banco de dados geográficos (BDG) para a área de estudo**

Apoiados em Silva et al. (2009) e Mirandola (2006) o primeiro procedimento foi a criação do Banco de Dados Geográficos, onde inicialmente se definiu o esquema conceitual associado às entidades de BDG, indicando para cada tipo de dado geográfico seus atributos não-espaciais e as representações geométricas associadas, ou seja, a definição da estrutura do banco precede a entrada dos dados.

Para se operar no SPRING[®] foi necessário definir o esquema físico e conceitual em que o dado será inserido. Isso significa definir um Banco de Dados (BD), um Projeto, as Categorias e os Planos de Informação (PI's). Um

Banco de Dados no SPRING® define um ambiente para armazenar dados geográficos, sem estar vinculado a uma área específica.

Um projeto dentro de um Banco de Dados permite especificar o espaço geográfico da área de trabalho, é onde estão inseridos os diversos mapas desta área. As Categorias permitem organizar os dados em tipos diferentes. Um Plano de Informação (PI) deve pertencer a uma única Categoria do banco, mas podem existir vários PI's de uma mesma categoria em um banco.

Foi realizado a importação da cartografia básica do website SISLA-IMASUL para a geração do banco de dados georreferenciados, facilitando sua utilização e discussão ao longo da pesquisa. Algumas adaptações dos produtos foram executados para que o recorte da BHRS se enquadrasse no objetivo almejado. Os dados secundários que foram obtidos via internet eram compostos por dois formatos:

- **Raster** – Compreende a aquisição ou escaneamento de uma carta, fotografia ou imagem de satélite, mas que é passível de manipulação de softwares e caracterizada por matrizes compostas de linhas e colunas e que, de acordo com os pixels, tons de cinza e taxa de compressão, definem o tamanho do arquivo (FITZ, 2008). Essas imagens podem vir em vários formatos, tais como TIFF, GIF, JPG, entre tantas outras. Podemos citar como exemplos utilizados na presente dissertação as imagens Landsat5 Sensor TM, Landsat8 Sensor OLI e imagens SRTM.
- **Vetor** – É a geração de elementos (ou desenhos) provenientes de fotografias, cartas ou imagens de satélite, feitas a partir de softwares utilizando um mouse, em meio digital, no formato vetorial (FITZ, 2008). Essa vetorização pode ser elaborada de forma manual ou automática e, como o arquivo Raster, também possui extensões, tais como DWG, KML, SHP, entre tantos outros. Na presente dissertação, os vetores utilizados foram obtidos principalmente através do Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental (SISLA), do Projeto GeoMS, desenvolvido em parceria da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e o Instituto de Meio Ambiente do Mato Grosso do Sul (IMASUL).

De início, foi realizado a importação da cartografia básica a partir de do banco de dados do SISLA-IMASUL e executado alguns ajustes de edição em algumas curvas de nível interrompidas e sem seus valores altimétricos. Logo após foi a importação e registro das imagens orbitais (figura 5), bem como a definição da composição das bandas a serem trabalhadas.

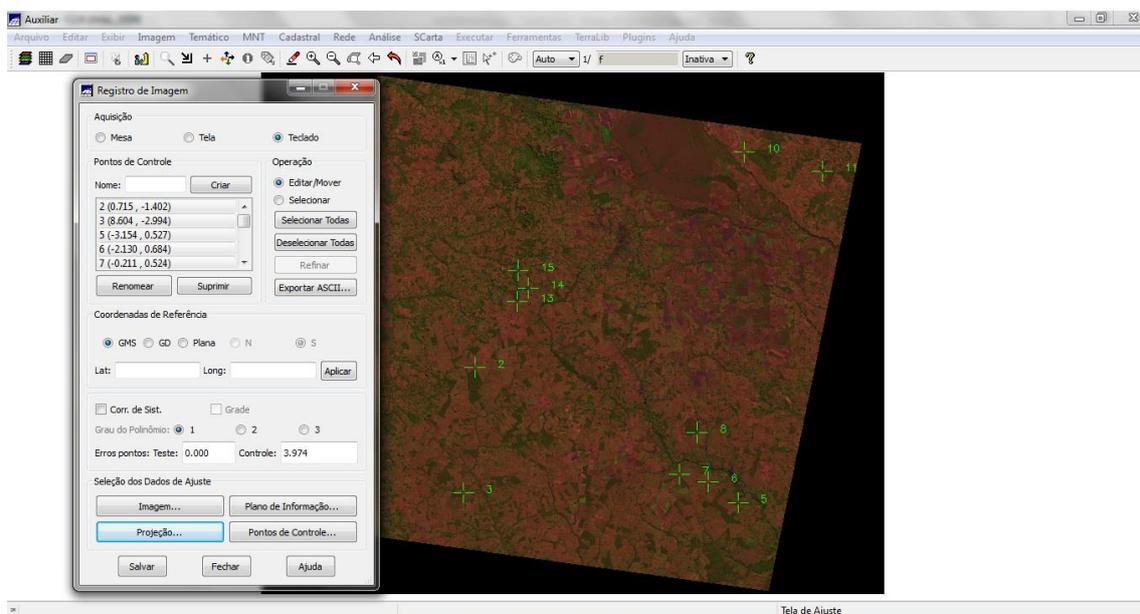


Figura 5 – Janela de registro no SPRING[®] 5.1.8.

Organização: Thiago de Andrade Águas.

Para a interpretação das imagens orbitais passíveis de composição colorida, foram utilizadas as bandas 4, 5 e 6 para a imagem do satélite Landsat 8 (21 de julho de 2004) Sensor OLI¹, nas órbitas/ponto 224/073. Os critérios para a seleção das imagens foram: Proximidade com a data de saída de campo (05 e 6 de junho/14 e 18 de novembro/14), disponibilidade e percentual de nuvens presentes nas imagens orbitais.

Além disso, foram utilizadas imagens de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) do ano 2000, com resolução de 90m. O diferencial dessas imagens é que, por serem provenientes de levantamentos feitos por radar, não representa as condições atmosféricas. Outra vantagem da utilização desse produto é que ele possui dados altimétricos do relevo, além das

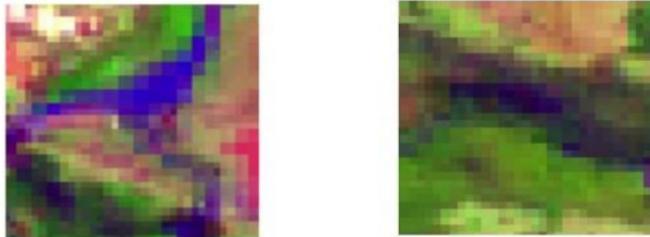
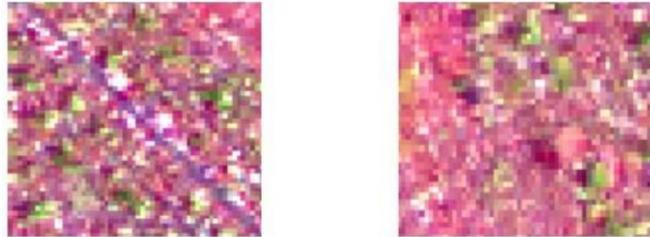
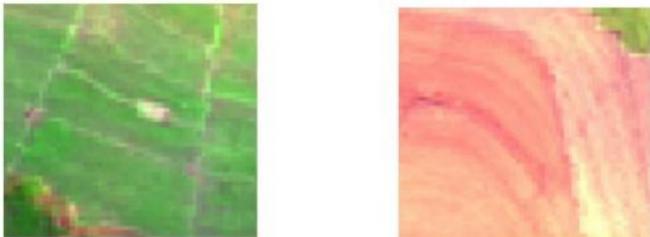
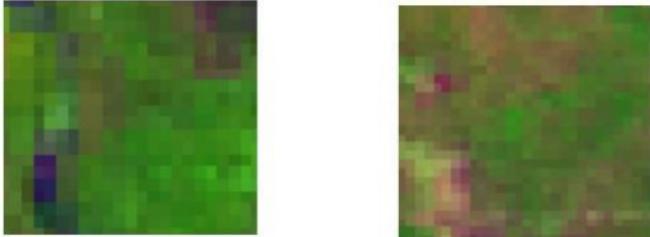
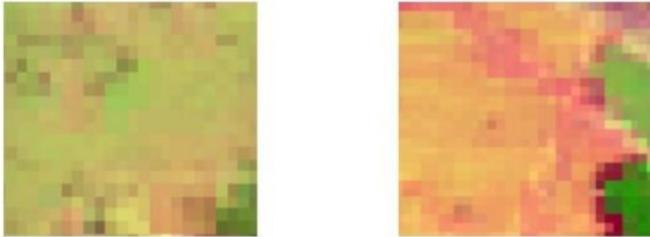
¹ Operational Land Imager.

coordenadas geográficas, sendo possível a realização de mapeamento geomorfológico, hipsométrico, de declividade, entre outros.

A compilação e a confecção dos cartas temáticos seguiram os seguintes procedimentos:

- O mapa de geologia, geomorfologia e pedologia foi compilado e adaptado de Ferreira, 2011, na própria tela do computador, pois se encontrava no formato digital. Para que fosse elaborada a confecção do mapa de Geologia e Pedologia da AII e AID da PCH Costa Rica, foram necessários os shapefiles provenientes do SISLA/IMASUL, e contou com o processamento de imagem do software ArcGIS®.
- O mapa de classes de declividade foi realizado por processamento automático através de máscaras móveis, explorando-se a função de derivação na vizinhança de cada célula para toda a área de interesse, desde a geração das grades triangular e regular até a eliminação de pixels isolados no interior das classes de declividade formadas por um conjunto maior e significativo de pixels, tornando o produto mais compreensível. Por ser uma área de baixa declividade, foram utilizados as classes de declividade em porcentagem de 0-3, 3-6, 6-9, 9-15 e 15-75%.
- O mapa de uso da terra foi realizado pela interpretação visual de imagens com base nos padrões fotográficos e a digitalização das classes temáticas foi realizada diretamente na tela do computador. A interpretação das imagens apoiou-se na técnica sistemática e em algumas porções não visitadas em campo, a interpretação se baseou no método das chaves (quadro 4). A legenda das classes foram definidas segundo a nomenclatura adotada pelo IBGE (2013), nas verificações em campo e na escala de trabalho;

Chave de Interpretação

Classe	Padrão	Imagem de Satélite	Área
Água	Textura - Lisa Forma - Irregular Tonalidade - Azul Escuro Azul Claro		 <p>Corpo d'Água Continental</p> <ul style="list-style-type: none"> -Represas -Rios -Lagos
Urbano	Textura - Rugosa Forma - Irregular Tonalidade - Rosa Claro Vermelho		 <p>Malha Urbana</p> <ul style="list-style-type: none"> -Ruas -Quadras -Construções
Lavoura	Textura - Lisa Forma - Regular Tonalidade - Verde Escuro Verde Claro Tons de Rosa		 <p>Lavoura</p> <ul style="list-style-type: none"> -Eucalipto -Cana-de-Açúcar -Algodão -Girassol, etc.
Mata	Textura - Rugosa Forma - Irregular Tonalidade - Verde Escuro Verde Claro		 <p>Área de Vegetação Natural</p> <ul style="list-style-type: none"> -Cerrado -Área de Reserva -Mata Ciliar
Pastagem	Textura - Lisa Média Forma - Irregular Tonalidade - Verde Claro Rosa		 <p>Pastagem</p> <ul style="list-style-type: none"> -Pastagem Nativa -Pastagem Plantada

Quadro 4 - Chave de Interpretação da AID e AII da PCH Costa Rica.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

- **Etapa 02 - Delimitar as áreas de influência (AID – área de influência direta e All área de influência indireta)**

A área de influência para a implantação de uma PCH é definida de acordo com órgãos competentes. Para a delimitação da AID, foi utilizado a metodologia de Fonseca e Bitar (2012), na qual a área em questão corresponde a 300m a jusante da PCH, assim como as propriedades atingidas, tais como o reservatório, faixa ciliar, estruturas civis e canteiro de obras.

Já a All da PCH Costa Rica corresponde aos limites das bacias hidrográficas em questão e que, a montante, encontra-se as áreas limítrofes do alto curso da BHRS, estando inserida no quadrante de Latitude 18°38' 43.82" e 18° 1'11.71" Sul e Longitude 53°16'48.80" e 52°44'23.72" Oeste. Sua área atuação foi delimitado da seguinte maneira: Na porção norte e nordeste de e leste da PCH Costa Rica, a All permaneceu delimitada respeitando os limites geográficos da BHRS, correspondendo em sua totalidade a região de Costa Rica MS, Mato Grosso do Sul. Já na porção sul e sudeste, o limite da All respeitou o limite das demais bacias ali presentes.

- **Etapa 03 - Selecionar pontos amostrais de monitoramento da qualidade, transporte de sedimentos em suspensão e velocidade do fluxo d água na AID – área de influência direta**

Para a realização das coletas em campo, foi possível planejar os locais previamente via imagens orbitais para que as coletas em pontos pré-determinados sejam na AID da PCH Costa Rica, tanto a jusante como a montante, sendo possível traçar relações com o seu entorno.

Rosa (1995) define as técnicas de interpretação de imagem uma arte, ciência ou tecnologia de se obter dados confiáveis e precisos a partir de fotografias aéreas ou imagens orbitais. Desta forma, em gabinete, foi necessário localizar os elementos marcantes na AID da PCH Costa Rica a partir de técnicas de interpretação de imagens (demonstrado na etapa anterior). Essa análise foi possível a partir das imagens de alta resolução disponibilizadas gratuitamente pelo software Google Earth[®], conforme apresentados na figura 6.

Mapa dos pontos de coleta das amostras na AID da PCH Costa Rica



Figura 6 – Pontos de Coleta das Amostras na AID da PCH Costa Rica.
Fonte: Google Earth®.

Ponto 01 (montante) – O local de amostra deve-se a localização no rio Sucuriú, mas antes de chegar à turbulência da água despejada pela usina a jusante. A intenção de realizar esse ponto era compreender como o sedimento estaria se retomando ao longo do rio Sucuriú, já que o mesmo representa parte da água barrada pela usina.

Ponto 02 (montante) - O local onde foi realizado a primeira amostra d'água ao vertedouro PCH Costa Rica, próximo a barragem, aonde a água ainda tem um certo fluxo de velocidade, justificando a curiosidade se há algum tipo de deslocamento do sedimento em questão.

Ponto 03 (jusante) – A jusante da barragem da PCH Costa Rica, mas a montante do Salto Majestoso, poucos metros antes da sua queda, localizado no rio Sucuriú.

Ponto 04 (montante) – Em velocidade quase a zero, foi escolhido um ponto de coleta das amostras próximo ao vertedouro da PCH Costa Rica com a intenção de ver qual a quantidade de sedimentos que está entrando na usina ao longo do curso do rio Sucuriú.

Ponto 05 (jusante)– O ponto de coleta escolhido para a coleta faz parte de um dos afluentes do rio Sucuriú, o Córrego Grota Funda, pertencente ao PNMSS. Por ser um córrego preservado, optou-se em fazer suas análises para comparações futuras da qualidade físico química da água.

Ponto 06 (jusante) – O local de coleta se situa a jusante do Salto Majestoso, a alguns metros da queda d'água. A obtenção de informações a respeito deste local foi de demonstrar como o curso d'água retoma suas características naturais após o barramento.

Ponto 07 (jusante) – Também dentro do PNMSS, foi escolhido o Ribeirão de Baixo, afluente do rio Sucuriú, como amostra comparativa como um rio de maior porte se comporta em áreas conservadas.

Ponto 08 (jusante) – A justificativa desse ponto de análise foi o encontro entre o córrego Grota Funda, ribeirão de Baixo e o rio Sucuriú, demonstrando se há alguma influência entre os rios de menor porte, neste caso, para o equilíbrio hidrodinâmico.

Ponto 09 (jusante) – Esse local de análise corresponde a jusante da PCH Costa Rica, bem aonde a água é liberada de forma turbulenta de volta no rio Sucuriú. A obtenção dessa análise poderá ser comparada com dados a montante da PCH para concluir as modificações ocorridas pelo desvio do rio Sucuriú.

Ponto 10 (jusante) – O ponto escolhido foi em um dos afluentes do rio Sucuriú, o córrego da Surpresa. Esse córrego se encontra aos arredores do PNMSS, na qual sua área protegida, mas já distante da PCH Costa Rica desagua no rio Sucuriú. O objetivo deste local mais distante é comparar qual a influência que esses córregos de menor porte tem de influência no curso principal do rio Sucuriú.

Ponto 11 (jusante) – Também foram coletados dados em um córrego do rio Sucuriú denominado córrego da Formiga. Esse local foi escolhido, pois, segundo análise, seu trecho ocorre fora da área de atuação do PNMSS, nasce em área de lavoura, passa por área de pastagem e desagua no rio Sucuriú. A análise deste córrego demonstrará qual seu tipo de influência ao curso principal, sendo que seu percurso encontra-se todo degradado.

Ponto 12 (montante) – Por fim, foram obtidas informações a respeito de um trecho do rio Sucuriú que não sofre diretamente com as alterações geradas pelo barramento do mesmo. Apesar de estar dentro do município de Costa Rica, é um trecho na qual o rio ainda corre livremente e de fácil acesso para conseguir tais dados.

Durante os dois campos, algumas amostras como as obtidas longo do curso e em pequenas bacias que desaguam no rio Sucuriú, foram utilizados como controle para analisar o comportamento hidrodinâmico que o rio tem ao longo de seu fluxo. Contudo, algumas amostras foram coletadas em apenas um período do ano devido a empecilhos durante o trabalho de campo, tal como a dificuldade de deslocamento em locais de difícil acesso, mas isso não inviabilizou que as amostras fossem analisadas, mesmo que de forma parcial.

- **Etapa 04 - Gerar mapas de uso e ocupação da terra da AID e AII em período próximo a saída de campo na PCH Costa Rica**

Foi no momento em que a barragem da PCH Costa Rica tornou seu funcionamento pleno em março de 1999, que o curso da BHRS passou por alterações até então inexistentes.

Nesse contexto, as saídas de campo têm como objetivo a obtenção de informações provenientes da área, tais como melhor conhecimento do local, fotografias e coordenadas de GPS, além de sanar possíveis dúvidas a respeito dos mapeamentos pré-campo.

A priori, foi elaborado um mapa de uso e ocupação do ano de 2014 (figura 16) para compreender a atual situação em que a AII e AID se encontram e, com isso, estabelecer relações comparativas. Para a elaboração e confecção do mapa foram utilizadas as imagens Landsat 8 sensor OLI e, para a elaboração e confecção da mesma, foram utilizados os softwares SPRING[®] e ArcGIS[®]. A relação da área total de cada classe foi apresentada em quilômetros quadrados (km²).

Todas essas informações são imprescindíveis para tomada de controle no momento em que se realizam os mapeamentos, uma vez que as dúvidas durante as interpretações são frequentes. A primeira vista, as saídas de campo auxiliaram a estabelecer um panorama local, além de esclarecer as justificativas que, posteriormente, determinariam o recorte espacial da área de estudo.

Para isso, em campo, foram utilizados caderneta de campo, máquina fotográfica Sony[®] DSC-W610 e aparelho receptor de GPS da marca GARMIN[®] Oregon 450 (figura 7), tendo cada equipamento sua função específica e indispensável.



Figura 7 - Equipamentos utilizados em campo.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

Com a caderneta de campo, foi possível registrar a descrição detalhada da área, sem a necessidade do detalhamento de questões específicas. A descrição da área corresponde à paisagem encontrada no local como, por exemplo, tipos de uso agrícola local, estado de conservação dos cursos hídricos, se existem obras ou obras no percurso, etc.

A utilização do aparelho de GPS[®] possui funcionalidades múltiplas ao ser utilizado em campo. De início, sua utilização foi primordial para a localização de lugares e rotas em campo. Ao fornecer informações a respeito de latitude, longitude e altitude, foi possível situar a o ponto de coleta das coordenadas no mapa, compreendendo todo o funcionamento do seu entorno. Também foi possível a obtenção das coordenadas provenientes dos pontos de coleta de água para dados sedimentológicos e locais de análise para dados de qualidade de água, ambos comentados mais a frente.

Em laboratório, todos os dados adquiridos em campo foram plotados em ambiente SIG para a realização do mapeamento de uso e ocupação da terra. Os materiais utilizados para esse processo foram os softwares SPRING[®] e ArcGIS[®].

As imagens utilizadas correspondem a órbita/ 224 do ponto 073 do satélite LANDSAT8 Sensor OLI na data de 21 de julho de 2014.

- **Etapa 05 - Avaliar a qualidade físico-química das águas superficiais na AID da PCH Costa Rica nos meses de maio e novembro de 2014**

Para a análise da qualidade físico-química da água na AID da PCH Costa Rica, foi utilizado o equipamento Horiba U-50 Series Multiparameter Water Quality Unit's (figura 8).

Para as análises de sedimento em suspensão foram coletadas amostras da água superficial nos pontos pré-estabelecidos na AID, em frascos de 500 ml e armazenados em locais fechados para que, chegando a UFMS/CPTL, fosse possível a realização das análises de sedimento suspenso das amostras coletadas, conforme a metodologia de Pinto e Mauro (1985).



Figura 8 - Equipamento utilizado em campo.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

As amostras d'água em frascos foram agitadas e despejadas em 100 ml no conjunto de filtração da milipore, com filtro de 4,7 microns de celulose, interligados bomba a vácuo TE-058 (figura 9). Após a filtragem de todas as amostras, as mesmas passaram por um processo de secagem por 24 horas em estufa a 60°C.

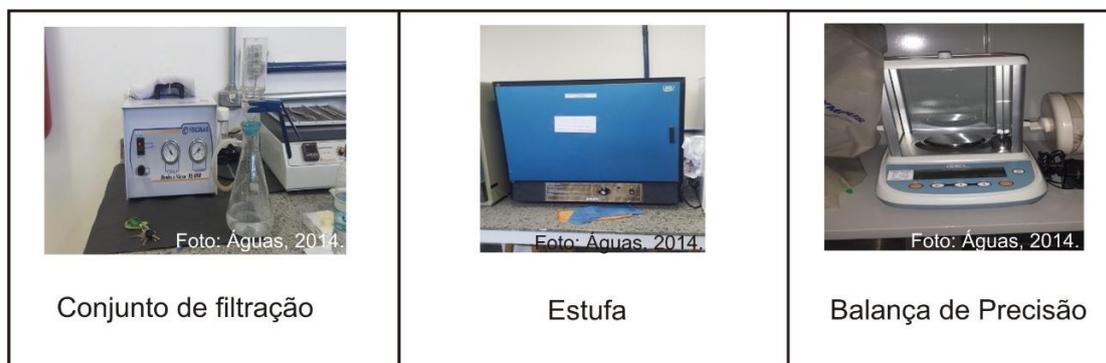


Figura 9 - Equipamentos utilizados em laboratório.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

Após todos os processos finalizados, as amostras foram retiradas cuidadosamente da estufa e, com o auxílio de uma pinça metálica de laboratório, os filtros foram transferidos um por um, para que fossem pesados em balança analítica digital de precisão Mark M214A. A subtração do peso do filtro com sedimento com o filtro limpo ou sem sedimentos é a quantidade de sedimento suspenso em suma a cada 100 ml de água. Essa metodologia foi desenvolvida e utilizada por Pinto e Mauro (1985). Para facilitar a discussão do mesmo, foram multiplicados os resultados por 10 para a obtenção dos dados em mg/L.

As informações de vazão de cada ponto auxiliam no que pode se relacionar aos dados de qualidade de água e a velocidade em que o material ali presente irá se dissipar.

Para isso, foi medida a velocidade de fluxo em todos os pontos em que as amostras foram coletadas, tendo em vista que a ocupação da terra é diferenciada em determinados locais de coleta. Para a medição desses dados em campo, foi utilizado o Medidor de Fluxo Global Water (figura 10).



Figura 10 - Equipamento utilizado em Campo.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

- **Etapa 06- Avaliar as influências do uso e ocupação da terra na AII e a qualidade físico-química, transporte de sedimento em suspensão e enquadramento no CONAMA na AID em águas superficiais**

A fim de correlacionar todas as informações geradas, serão compilados os dados gerados de uso da terra, qualidade físico química da água e a classificação das águas superficiais do CONAMA em forma de quadro,

mostrando os resultados da avaliação feita em cada uma das situações nas datas estabelecidas.

Fotografias obtidas a partir de trabalhos acadêmicos e dissertações provenientes do Laboratório de Prática de Ensino e Geoprocessamento (LAPEGEO), entre outros, também auxiliarão a montagem de uma prancha com fotografias da AID e AII em questão, possibilitando uma visão geográfica das alterações geradas a partir da implantação da PCH Costa Rica.

Todos esses dados foram parte fundamental para a discussão dos eventos gerados pelo barramento da PCH Costa Rica. Será possível fazer a interação desses dados partindo da discussão teórico-metodológica desenvolvida ao longo da pesquisa, contudo, de forma prática, incluindo informações do ambiente físicos da área em questão.

Partindo dessa premissa, foi possível elaborar uma síntese dos das informações obtidas em campo relacionados a situação das áreas de influência da PCH Costa Rica no período seco e úmido, permitindo discussões que permeiam a situação local naquele momento, sendo possível uma análise integrada dos processos atuantes na AID e AII.

Capítulo IV - RESULTADOS

Nesse capítulo será abordado os resultados das metodologias aplicadas.

4. RESULTADOS

Como forma de análise, os resultados desenvolvidos nesta dissertação, foram subdivididos conforme os tópicos referentes a metodologia. A elaboração desta forma de trabalho permite inserir as atividades de acordo com os tópicos apresentados na metodologia, alcançando os objetivos almejados.

4.1 Banco de Dados Geográfico como subsídio de discussões

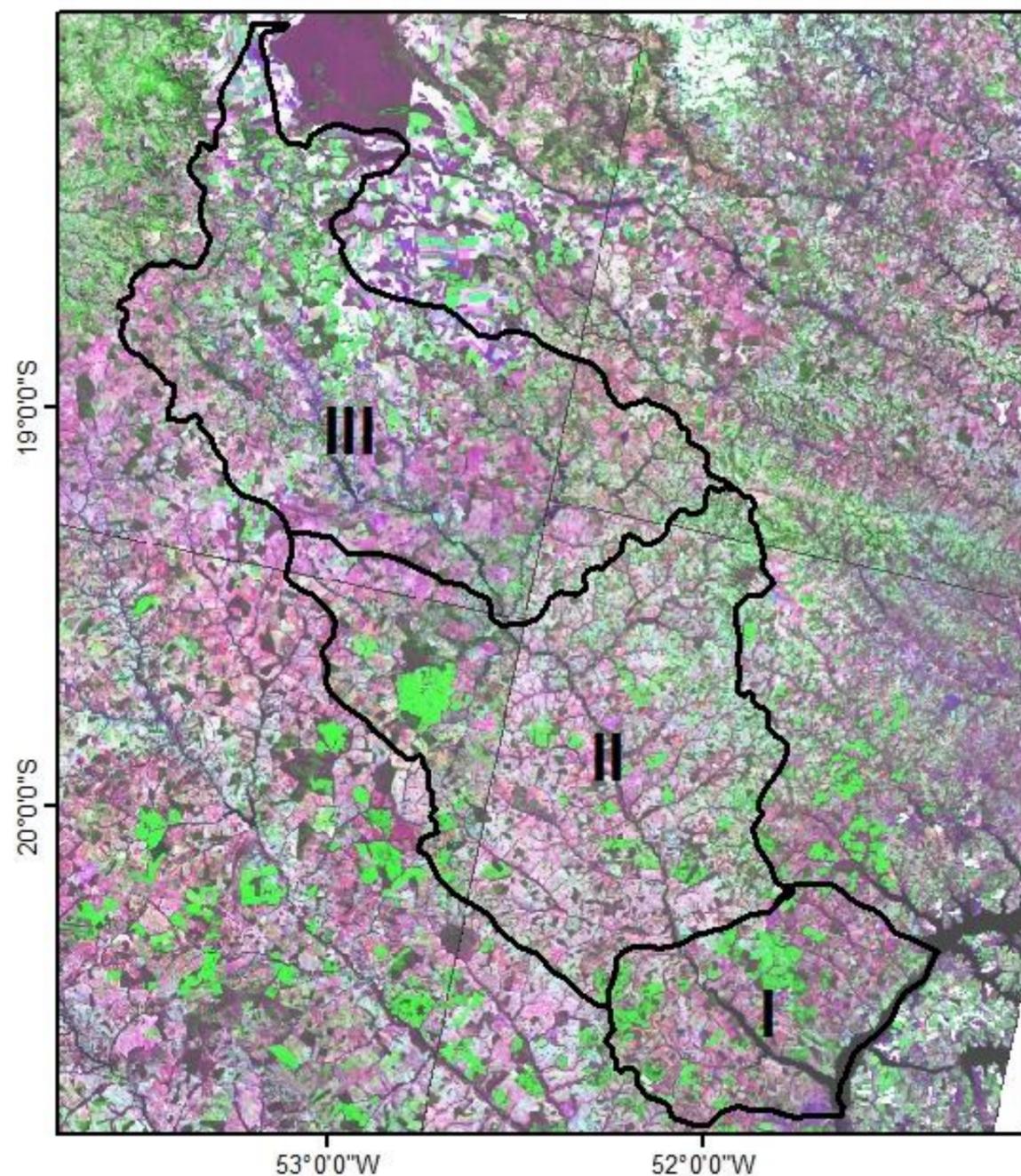
De maneira lógica, para a elaboração de um Banco de Dados Geográficos (BDG) da AII e AID da PCH Costa Rica, deve-se compreender o funcionamento dos sub-sistemas em questão, já que a mesma se situa no curso principal da BHRS. Para isso, a obtenção de dados secundários se baseou principalmente em SEPLAN (1990), a qual fornece dados fisiográficos do Estado do Mato Grosso do Sul, e na dissertação de mestrado de Ferreira (2011), fornecendo subsídio para dados geoambientais de toda a Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú. Também foram utilizados materiais publicados em dissertações de mestrado, trabalhos de conclusão de curso ou artigos científicos, publicados em conjunto com o Laboratório de Prática de Ensino e Geoprocessamento (LAPEGEO) da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campus Três Lagoas, tal como Ferreira e Mirandola (2010), Mirandola et al. (2011), Águas et al. (2014), entre outros.

4.1.1 Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú

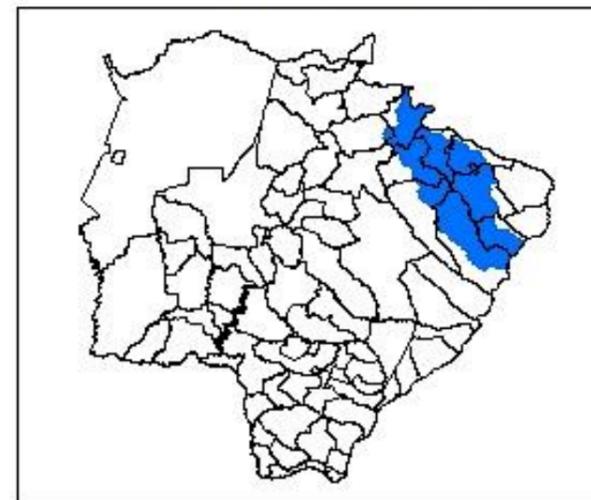
A Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú, situada a leste do Estado do Mato Grosso do Sul, corresponde às coordenadas 53° 34' 14.42" a 51° 18' 7.27" Oeste e 20° 56' 34.77" e 17° 52' 31.17" Sul, sendo a mesma uma das maiores bacias hidrográficas presentes no estado, possuindo uma área equivalente a 25.065 km².

Estudos de Ferreira (2011) delimitaram e dividiram a Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú em três unidades correspondentes a Unidade Geomorfológica Alto Curso, Unidade Geomorfológica Médio Curso e Unidade Geomorfológica Baixo Curso (figura 11).

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SUCURIÚ

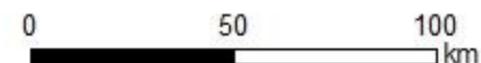


Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú no Mato Grosso do Sul



Compartimentação da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú

- I - Unidade Geomorfológica do Baixo Curso
- II - Unidade Geomorfológica do Médio Curso
- III - Unidade Geomorfológica do Alto Curso



Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós Graduação em Geografia - Três Lagoas/MS
LAPEGEO - Laboratório de Prática de Ensino e Geoprocessamento
Fonte: Satélite LANDSAT 8 Sensor OLI. Órbita 223 e 224 Ponto 073 e 074
de 03/3/2013 e 28/03/2013.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015

Figura 11 - Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

Nas descrições de Ferreira (2011), a compartimentação do **baixo curso** se dá a partir de relevos mais suaves, com menores densidades de canais e com vales de fundo chato influenciados pela UHE Jupiá, presente no rio Paraná. O **médio curso** apresenta alta densidade de drenagem e marcado por substratos provenientes da formação Adamantina, Serra Geral e Santo Anastácio, e o **alto curso**, é caracterizado por cabeceiras de drenagem do rio Sucuriú e seus afluentes, desenvolvidos por formas detrítica, padrão das estruturas sedimentares horizontais.

A PCH Costa Rica está situada no município de Costa Rica MS, Mato Grosso do Sul, no alto curso da BHRS. As informações secundárias foram importantes para a caracterização do sistema e subsistema da área em questão, influenciando diretamente na AID e AII da PCH Costa Rica.

O **alto curso** da BHRS encontra-se a noroeste do Estado do Mato Grosso do Sul, possuindo uma área de 11.193km² e abrangendo parte dos municípios de Costa Rica MS, Chapadão do Sul, Água Clara, Cassilândia e Paranaíba e Paraíso das Águas.

No alto curso, é possível encontrar as seguintes formações geológicas: Caiuá, Serra Geral, Santo Anastácio, cobertura de Detrito Laterítico, Adamantina e Botucatu, seguindo (FERREIRA, 2011).

Boa parte da área do alto curso corresponde a Formação Caiuá, representando 52.19% do total (Ferreira, 2011). Essa área não possui profundidade superior a 1.5m e é possível observar presença de arenitos porosos de fácil desagregamento e frequentemente com seus grãos envolvidos por uma película de limonita. Essas características de formações também podem ser encontradas no oeste paulista e norte paranaense (SEPLAN, 1990).

A formação Serra Geral é localizada próxima aos corpos hídricos, representando 20.82% do alto curso (Ferreira, 2011). Presente na formação do Grupo São Bento, junto com a formação Botucatu. Sua litologia é formada a partir de exposições de derrames basálticos com rochas de cores variando entre verde e cinza-escuro. Possuem granulação fina a média afanítica, às vezes porfírica (SEPLAN, 1990).

A formação Botucatu possui uma pequena parcela da área total, somando 0.18% (Ferreira, 2011). É caracterizada por arenitos finos a muito finos, apresentando frequentemente feições de “micropontamentos”, característica de abrasão eólica. Esse transporte e deposição eólica são semelhantes às características desertas (SEPLAN, 1990).

A formação Santo Anastácio possui uma área representativa de 17.62%, com sua individualização dificultada pelo espesso e constante solo arenoso, além de seus expressivos afloramentos, afirma Ferreira (2011). Segundo o autor, já em sua parte inferior, é possível encontrar arenito cinza-pardo, vermelho arroxeadado ou creme, sempre envolto por uma película limonotizada. De granulação fina e às vezes média a grossa, possui presença de cimento síltico e carbonático, aumentando gradativamente.

Na formação Adamantina, é possível encontrar em sua área de 1,63% arenitos finos a médio com uma matriz argilosa, pouco consistente e variando a coloração entre cinza-róseo, cinza-esbranquiçado e amarelo-esbranquiçado. Seus grãos médios apresentam formas arredondadas, enquanto os grãos finos apresentam formas mais angulosas (SEPLAN, 1990).

Esta formação no alto curso é representada por 7.46%, em áreas planas e com cotas superiores a 800m, a cobertura por Detritos Lateríticos, possuindo solos homogêneos vermelho-escuro. Essa área possui intenso processo de pedogenização, com intensa atividade química ascendente ou descendente e intensa migração arenosa e substituição argilo-ferruginosa, substituindo, desta forma, a rocha (FERREIRA, 2011).

As unidades geomorfológicas no alto curso da BHRS apresentadas por Ferreira (2011) são de Divisores Tabulares, Rampas Arenosas, Chapadão das Emas, Modelado de acumulação fluvial e Patamares Aporé.

Com a predominância na área (67.55%), os Divisores Tabulares são grandes extensões de rampas arenosas presentes nos planaltos interiores. Sem grandes declives, suas cotas altimétricas variam de 500m nas rampas arenosas dos planaltos para 400m na presente unidade (FERREIRA, 2011). O autor ainda afirma que a rocha encaixada corta formações do Grupo Bauru e Serra Geral, apresentando linhas de faturamento.

As Rampas Arenosas apresentam 19.85% no total de área, possuindo certa homogeneidade entre suas características de solo, vegetação, geologia e geomorfologia (FERREIRA, 2011) e variando suas cotas altimétricas no norte a 700m nos interflúvios e nos vales a 500m e a sul e sudeste variando de 450m nos interflúvios e 320 nos vales, reflexo direto da epirogênese (SEPLAN, 1990). Ferreira (2011) afirma que essas unidades predominam modelado plano nos topos e esculpido em rochas do Grupo Bauru e modelados tabular ao longo dos vales, aonde o processo erosivo fluvial é mais presente.

Algumas feições foram analisadas por FERREIRA, 2011 são elas:

- O Chapadão das Emas possui uma extensa planície que varia sua cota altimétrica entre 860 a 870m, somando 10.16% da área total do alto curso;
- Já próximo as nascentes da BHRS, os Modelados de Acumulação de Inundação representam 1.12% do alto curso, caracterizada por áreas planas, propícias para inundações periódicas;
- O Modelado de Acumulação Fluvial apresenta uma área sujeita a inundação localizada norte do rio Sucuriú, apresentando uma área de 1.11%;
- Com menor representatividade, a unidade Patamares da Serra Aporé possui uma área de 0.22% no alto curso, sendo que, constituída por litologia cretácea do Grupo Bauru, tal qual o modelado de dissecação talhou as rochas da formação Adamantina sobre rochas tabulares e conexas. Suas cotas mais altas podem atingir 750m, apresentando sedimentos do terciário-quadernário constituintes de areia, siltes e argila.
- Devido às características geológicas e geomorfológicas, encontra-se na área rios de drenagem detrítica, característico do desenvolvimento sobre estruturas sedimentares horizontais-
- É possível encontrar diversos tipos de solo, tais quais Latossolo vermelho-escuro, Areias Quartzosas, Latossolo roxo, Podzólico vermelho amarelo, Podzólico vermelho escuro, solos litólicos e Glei pouco húmido.

O solo Latossolo vermelho-escuro possui uma predominância de 48.44% no alto curso da BHRS (FERREIRA, 2011). São solos minerais não hidromórficos, altamente intemperizados e caracterizados por possuírem um horizonte B latossólico. Costumam ser bastante profundos, bem drenados,

friável e poroso. São encontrados nas áreas mais aplainadas e, entre outros motivos, são favoráveis à agricultura (SEPLAN, 1990).

Os solos provenientes de Areias Quartzosas se encontram em 31.89% da área no alto curso (FERREIRA, 2011). São solos hidromórficos, mal drenados, arenosos, com teor de argila inferior a 12%, pouco desenvolvido e proveniente de materiais facilmente intemperizados. São encontrados costumeiramente em relevos planos e não são recomendáveis para a agricultura (SEPLAN, 1990).

O solo Latossolo Roxo é encontrado em 9.39% do alto curso da BHRS (FERREIRA, 2011). São solos não hidromórficos, com o horizonte B latossólico (Bt) presente e com teor de ferro superior a 18%. São bastante profundos, bem drenados, friáveis, porosos e possui baixa susceptibilidade a erosão. Quimicamente, se diferencia dos demais latossolos pelo alto teor de ferro, titânio e manganês (SEPLAN, 1990).

Os tipos de solo Podzólico vermelho-amarelo correspondem a 3.80% da área do alto curso da BHRS (FERREIRA, 2011). São solos minerais, hidromórficos e profundos e com drenagem boa à moderada. São caracterizados pela diferença textural do horizonte A e Bt, além da cerosidade encontrada no horizonte sub-superficial. Sua fertilidade e a presença de argila costuma ser variável. São localizados principalmente em florestas e savanas (SEPLAN, 1990).

Os solos Podzólicos vermelho-escuro correspondem a uma área de 2.94% do alto curso da BHRS (FERREIRA, 2011). São solos minerais, não hidromórficos, bem desenvolvidos e bem drenados. São caracterizados pela diferença textural do horizonte A e Bt, além da cerosidade encontrada no horizonte sub-superficial, vertical e horizontalmente. Sua fertilidade pode variar (SEPLAN, 1990).

Os solos litólicos correspondem a 2.42% da área total do alto curso da BHRS (Ferreira, 2011). São solos minerais, rasos, não hidromórficos e pouco desenvolvidos. Sua alta quantidade de material mal intemperizados é justificada segundo sua proximidade com a rocha matriz (SEPLAN, 1990).

Os solos Gleí Pouco Húmico são encontrados em 0.22% da área total do alto curso da BHRS (FERREIRA, 2011). São solos hidromórficos, profundos, bem desenvolvidos e caracterizados pela presença de até 60 cm do horizonte Gleí. São encontrados próximo aos cursos d'água (SESPLAN, 1990).

No alto curso do rio Sucuriú, segundo Ferreira (2011), há uma predominância de cultura permanente (52.45%), representando a maior parte por pastagem, seguido de mata, representados principalmente pelos parques encontrados na região, (29.68%), cultura temporária representada por soja, algodão, sorgo, cana de açúcar e milho (17.15%), água (0.68%) e área urbana (0.04%). É no alto curso em que ocorre a maior preservação dentro da bacia.

E todas essas informações são parte componente fundamental para a elaboração de um Banco de Dados Geográficos (BDG). De acordo com Silva (2009), um BDG é capaz de armazenar, integrar, visualizar, plotar e analisar em uma única base de dados, as informações espaciais e não espaciais, a partir de várias escalas, implementando uma visão ampla da área de estudo, seja ele para a compreensão das atividades socioeconômicas ou para análise das questões ambientais almejadas.

4.1.2 AID e AII da PCH Costa Rica no Alto Curso do rio Sucuriú.

Como forma de subsídio, a ideia de implantar e estruturar um BDG torna capaz a integração dos dados da área de estudo, tendo em vista que, tanto a AID como a AII, possuem diversas informações, as quais vão além da atuação em campo. Dados de campo e dados de gabinete se complementam, mas nunca se relacionam de forma isolada.

Os dados fisiográficos do Alto Curso podem ser visualizados no quadro 5, das quais foram sintetizadas informações referentes a formações geológicas, unidades geomorfológicas, pedologia e uso e ocupação da terra de 2010 (FERREIRA, 2011).

Para a realização dos trabalhos, foram elaborados diversos mapas que representam a área de influência da PCH Costa Rica, servindo como subsídio para fundamentar a discussão após a delimitação da área de estudo.

Formações Geológicas		Unidades Geomorfológicas		Pedologia		Uso e Ocupação da Terra - 2010	
Caiuá	52,19%	Divisores Tabulares	67,55%	Latossolo Vermelho Escuro	48,44%	Cultura Permanente	52,45%
Serra Geral	20,82%	Rampas Arenosas	19,85%	Areia Quartzosa	31,89%	Mata	26,68%
Santo Anastácio	17,72%	Chapadão das Emas	10,16%	Latossolo Roxo	9,39%	Cultura Temporária	17,15%
Cobertura de Detrito Laterítico	7,46%	Modelado de Acúmulo de Inundação	1,12%	Podzólico Vermelho Amarelo	3,80%	Água	0,68%
Adamantina	1,63%	Modelado de Acúmulo Fluvial	1,11%	Podzólico Vermelho Escuro	2,94%	Urbano	0,04%
Botucatu	0,18%	Patamares da Serra do Aporé	0,22%	Solos Litólicos	2,42%		
				Glei Pouco Húmico	1,09%		

Quadro 5 - Síntese dos dados fisiográficos do Alto Curso da BHRS.

Fonte: Ferreira, 2011.

Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

4.2 Delimitação da AID e AII da PCH Costa Rica

Com base no RIMA da PCH Areado, a AID corresponde aos impactos que são relacionados diretamente com o meio ambiente ali composto, bem como as estruturas civis e o canteiro de obras. Já a AII, neste caso, corresponde a toda a bacia hidrográfica, ou parte dela, sendo definida conforme a área do empreendimento até os municípios abastecidos em questão (Inocência e Chapadão do Sul).

Partindo dessa premissa, a área de estudo foi estruturada da seguinte maneira: A AID foi definida com base nas edificações e empreendimentos situados e justificados conforme a figura 12:



Figura 12 - Edificações da PCH Costa Rica.
Fonte: Google Earth®

- **1** – Local onde o Rio Sucuriú foi barrado para a formação da represa.
- **2** – Já com a formação da represa e o curso d'água em baixa velocidade, ocorre o processo de deposição de material no leito dos rios. Entretanto, a deposição de sedimentos acarreta em assoreamento do reservatório, comprometendo a geração de energia, obrigando a PCH a disponibilizar uma draga em funcionamento como forma de solução parcial. Esse material detrítico retirado do leito dos rios, é depositado no bota-fora de sedimentos.
- **3** – O vertedouro da PCH Costa Rica consiste na entrada da água no maquinário responsável para a geração de energia.
- **4** – A casa de máquinas é o lugar responsável por todo o maquinário e tecnologia responsável para a geração de energia.
- **5** – As linhas de transmissão são responsáveis pela distribuição da energia elétrica gerada para todas as áreas receptoras. É a principal responsável pela All ser superior a AID.
- **6** – Consiste na entrada da PCH Costa Rica, principal estrada de acesso a área. O material utilizado para a construção e manutenção da estrada de acesso provém do material detrítico gerado na obra da PCH e do material retirado no leito do rio, presente no bota-fora de sedimentos.

Latitude Longitude	Fotos	Descrição
<p>1 18° 33' 32.14" S 53° 8' 2.84" O</p>		Barragem/Vertedouro
<p>2 18° 33' 25.31" S 53° 8' 5.88" O</p>		Bota-fora de sedimentos
<p>3 18° 33' 32.41" S 53° 8' 9.44" O</p>		Vertedouro da PCH
<p>4 18° 33' 34.76" S 53° 8' 12.37" O</p>		Casa de máquinas
<p>5 18° 33' 33.34" S 53° 8' 16.01" O</p>		Linhas de transmissão
<p>6 18° 33' 30.32" S 53° 8' 21.24" O</p>		Estrada de acesso

Tabela 1 – Síntese dos empreendimentos da PCH Costa Rica.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

Já a All da PCH Costa Rica corresponde aos limites das bacias hidrográficas em questão e que, a montante, encontra-se as áreas limítrofes do alto curso da BHRS, estando inserida no quadrante de Latitude 18°38' 43.82" e 18° 1'11.71" Sul e Longitude 53°16'48.80" e 52°44'23.72" Oeste. Sua área de atuação foi delimitada da seguinte maneira: Na porção norte e nordeste e leste da PCH Costa Rica, a All permaneceu delimitada respeitando os limites geográficos da BHRS, correspondendo em sua totalidade a região de Costa Rica, Mato Grosso do Sul. Já na porção sul e sudeste, o limite da All respeitou o limite das demais bacias ali presentes (figura 1).

A partir dessas informações foi possível estabelecer, mesmo que parcialmente, a AID e AID da PCH Costa Rica, respeitando seus limites fisiográficos.

Já com a AID e All bem definida, foi possível estabelecer e correlacionar os demais dados ambientais da área em questão.

4.2.1 Geologia

A partir do mapeamento realizado, foram obtidas as informações geológicas de Cachoeirinha, Depósitos Aluvionares, Santo Anastácio, Serra Geral e Vale do Rio do Peixe (figura 13).

A Formação Cachoeirinhas, conforme Rosa e Nascimento (2007) é definida como base do terciário e sua constituição é de lentes de areia fina a grossa, argilosas e cascalhosas. Aflorado sobre o basalto, sua formação constitui de sedimentos não consolidados, areno-argilosos, argilitos e arenito.

Os depósitos Aluvionares encontrados correspondem a aluviões antigos e recentes, sendo encontrados em uma faixa estreita, porém alongada, mas de altitudes baixas (planícies e terraços aluviais) e que são encontrados ao longo das calhas principais dos rios (MIGUEL et al., 2013).

A formação Santo Anastácio vem de origem fluvial e que, segundo Miguel et al. (2013), parte inferior se destaca um tipo de arenito cinza-pardo, vermelho arroxeadado ou creme, na qual é encontrado envolto por uma película limonitizada. A autora ainda salienta que a granulação é sempre fina, mas as

vezes média a grosseira, tendo a presença de um cimento sílico e carbonático. Outra afirmação é que em sua camada superior apresenta um tipo de arenito fino a médio, sendo encontrado predominantemente em terrenos arenosos devido seus constituintes pelíticos de coloração marrom-avermelhado ou pardacento.

A formação Serra Geral, segundo Machado et al. (2009) corresponde a rochas de natureza vulcânica na qual estão inseridas na Bacia do Paraná. O autor ainda salienta que essa formação encontra-se sobrepostas aos arenitos eólicos da formação Botucatu, ou localizados na faixa Brasília ao sul de Goiás e Sudoeste de Minas Gerais, estando sobrepostas as rochas sedimentares da Bacia Bauru, dos grupos Bauru e Caiuá, ou mesmo encontrado em depósitos sedimentares inconsolidados do cenozoico.

Já o Vale do Rio do Peixe corresponde a maior extensão da parte leste da bacia e seu substrato constitui boa parte oeste de São Paulo e o Triângulo Mineiro, estando assentada diretamente sobre o basalto na formação serra geral. Possui arenitos intercalado com siltitos ou lamitos arenosos. Seus arenitos possuem características de fino a muito fino, de cores marrom-claro rosado a alaranjado. Essa formação tem sua formação de características eólicas, na qual acumulam areia em extensas áreas planas (Fernandes, 2004).

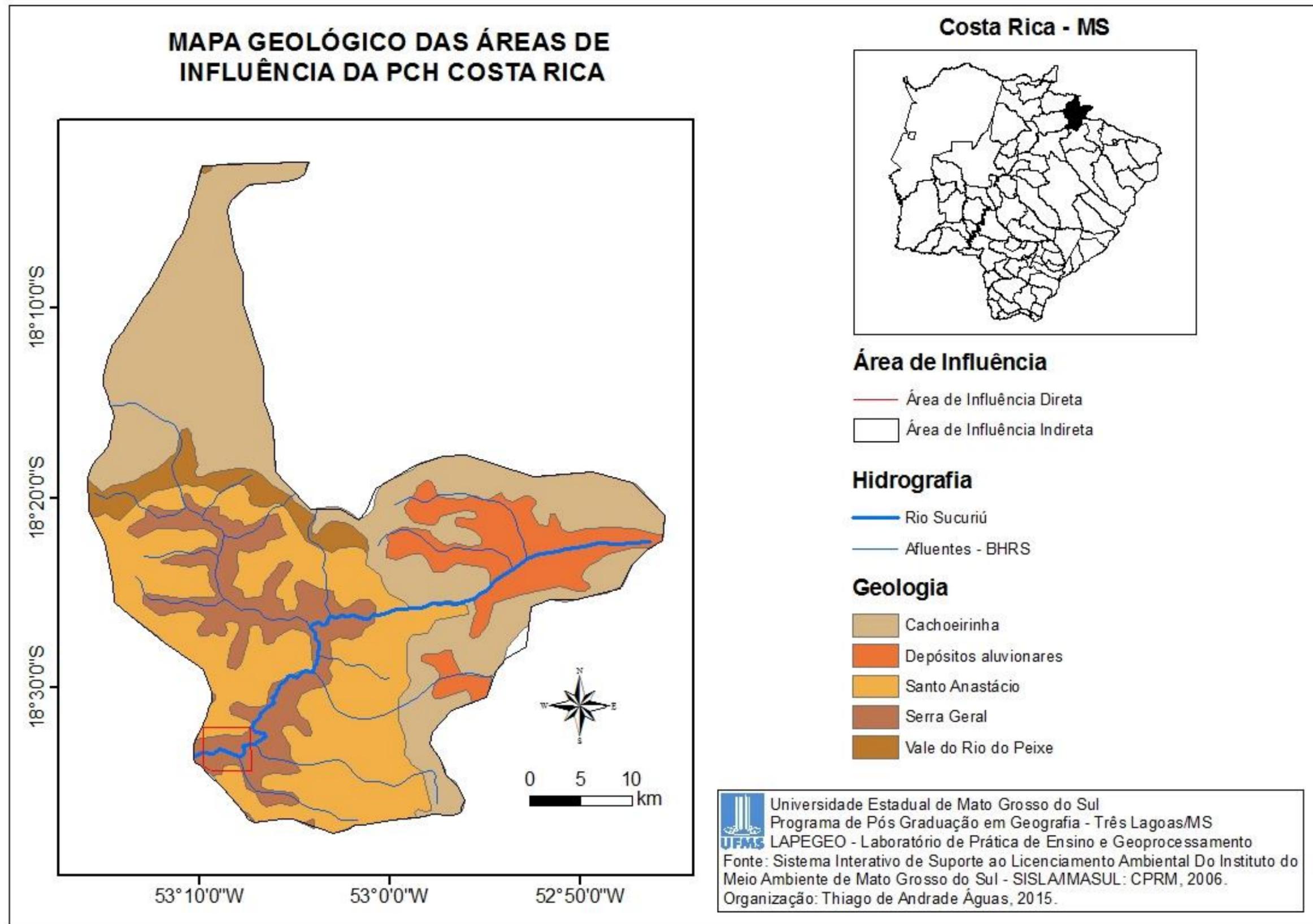


Figura 13 – Mapa geológico das áreas de influência da PCH Costa Rica.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

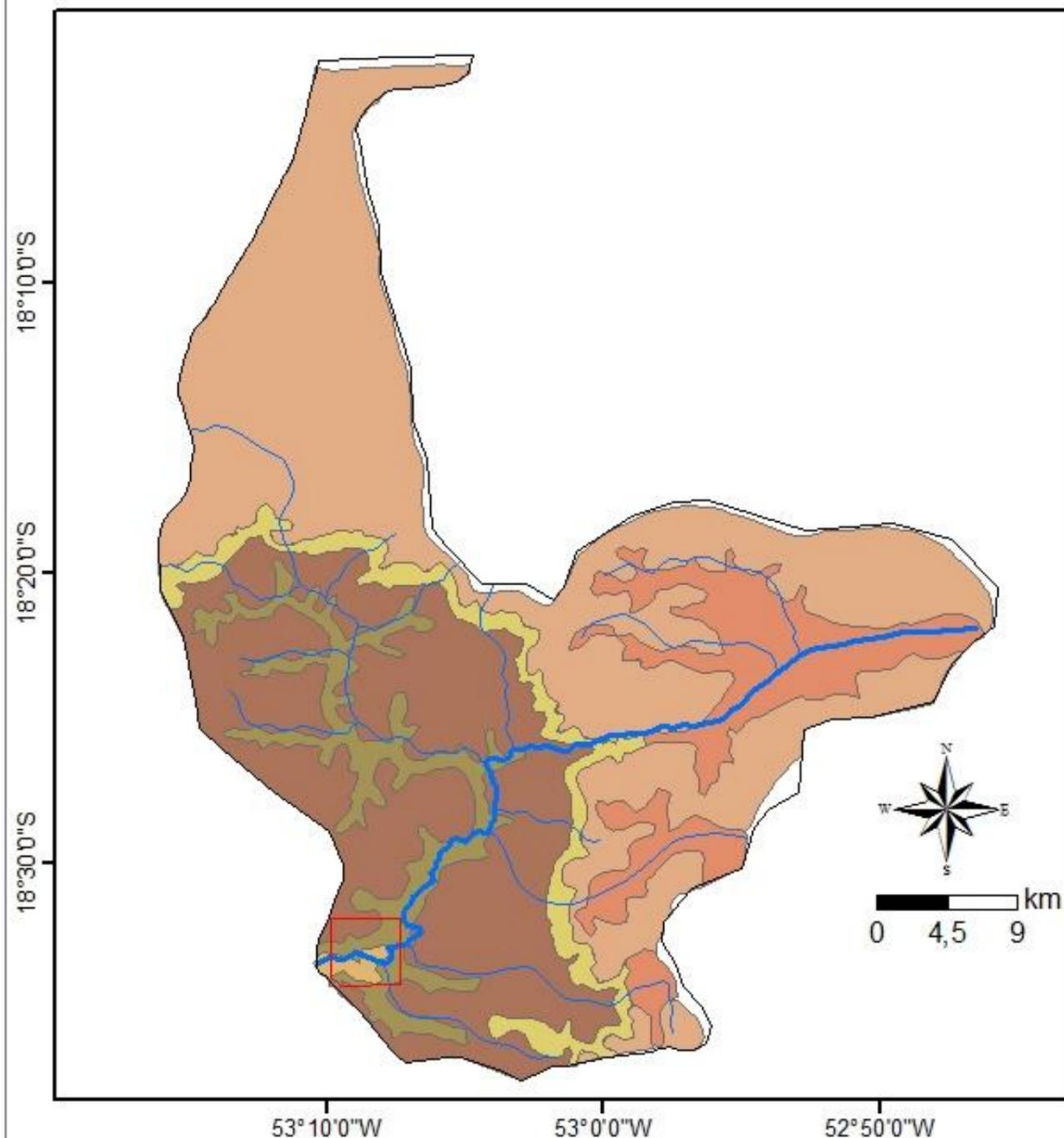
4.2.2 Pedologia

Após a confecção dos mapas, foram obtidos os tipos de solos apresentados na figura 14.

Deste modo, foi possível classificar a nomenclatura pedológica de acordo com o Projeto RADAMBRASIL (1983) conforme a descrição das classes apresentadas abaixo.

- **HPGd4 - Glei Pouco Húmico distrófico** Tb textura argilosa relevo plano e suave ondulado, Laterita Hidromórfica distrófica Tb textura argilosa e média/argilosa e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico plíntico textura argilosa;
- **LEa11 - Latossolo Vermelho-Escuro álico** A moderado textura média relevo plano e suave ondulado + Areias Quartzosas álicas A moderado (Pizarro et al., 1998);
- **LEd1 - Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico** A moderado textura muito argilosa e argilosa relevo suave ondulado. (Latossolo Vermelho-Amarelo + Cambissolo, ambos álicos A moderado textura argilosa relevo ondulado);
- **LRd4 - Latossolo Roxo distroférico** A moderado textura média relevo plano e suave ondulado. (Latossolo Vermelho-Escuro textura média + Latossolo Roxo textura muito argilosa e argilosa, ambos distróficos A moderado relevo suave ondulado);
- **Ra3 - Solo Litólico** com relevo montanhoso e escarpado + Cambissolo relevo montanhoso e forte ondulado, ambos álicos A moderado textura argilosa e média fase pedregosa. (Afloramento de Rocha + Latossolo Vermelho-Escuro álico A moderado textura muito argilosa relevo suave ondulado);
- **TRe1 - Terra Roxa Estruturada** eutrófica A moderado e chernozêmico textura argilosa relevo suave ondulado e ondulado e Solos Litólicos eutróficos textura argilosa relevo ondulado.

MAPA PEDOLÓGICO DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA PCH COSTA RICA



Costa Rica - MS



Área de Influência

- Área de Influência Direta
- Área de Influência Indireta

Hidrografia

- Rio Sucuriú
- Afluentes - BHRS

Pedologia

- HGPd4
- LEa1
- LEd1
- LRd4
- Ra3
- TRe1



Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós Graduação em Geografia - Três Lagoas/MS
LAPEGEO - Laboratório de Prática de Ensino e Geoprocessamento

Fonte: Sistema Interativo de Suporte ao Licenciamento Ambiental Do Instituto do Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul - SISLA/IMASUL.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

Figura 14 - Mapa pedológico da Área de Influência da PCH Costa Rica.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

4.2.3 Pluviosidade

Uma das causas de desagregação das partículas de solos que são encontradas ao longo do canal fluvial é possível graças a lavagem do solo e que, quando aliado a outros fatores tais como a degradação das florestas e matas ciliares torna-se propício as consequências negativas ambientais.

A inexistência de dados climatológicos e a dificuldade em obter as médias das estações inviabilizaram que fossem gerados mapas de pluviosidade em toda a AII e AID da PCH Costa Rica. Apesar disso, outros caminhos foram percorridos para a discussão da pluviosidade da área, suprimindo parte da demanda desses dados.

Contudo, ainda que não suficiente, existem duas estações climatológicas localizadas no Alto Sucuriú, sendo uma delas localizadas na AID da PCH Costa Rica. A Estação Indaiá corresponde as coordenadas S 19° 26' 39" e O 52° 33' 28" enquanto a estação Costa Rica MS, presente na AID, corresponde as coordenadas S 18° 32' 48" e O 53° 08' 02", conforme Ferreira (2011). Essas médias são representadas no gráfico 2.

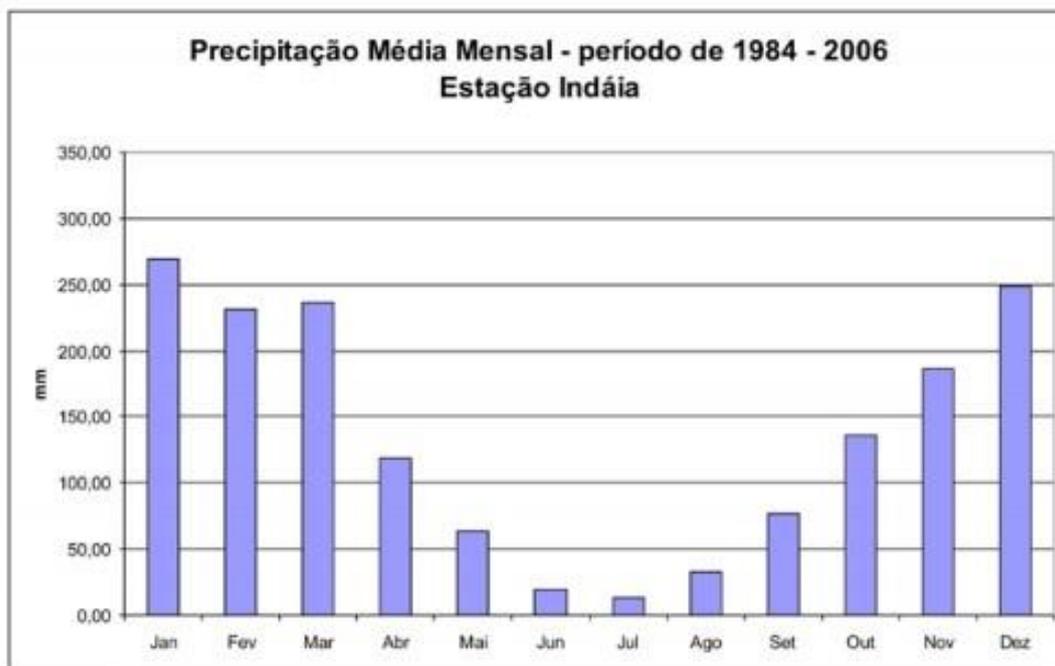
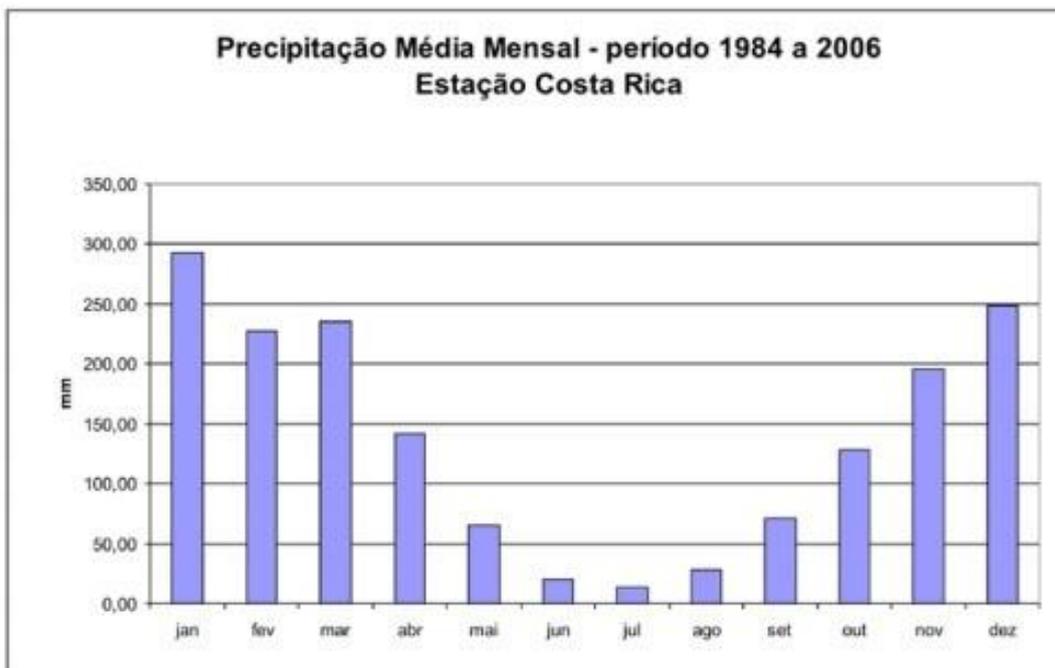


Gráfico 2 - Médias mensais das estações localizadas no alto curso da BHRS.
Fonte: Ferreira, 2011 (adaptado).

Com relação ao gráfico, nota-se que a pluviosidade da área encontra-se bem caracterizada, com chuvas mais intensas no (final de dezembro, janeiro, fevereiro e março), passando por rápido declínio no outono (final de março, abril, maio e junho). No inverno (final de junho, julho, agosto e setembro) a região apresenta forte estiagem ao comparado nos demais meses do anos de

1984 a 2006, contudo, é na primavera (final de setembro, outubro, novembro e dezembro) que o regime de chuvas volta ao seus picos máximos.

Partindo dessa premissa, durante a pesquisa foi possível realizar duas saídas de campo, inicialmente na estiagem (junho) e em período de chuva mais abundante (novembro) para estar comparando os dados obtidos em situações climáticas distintas.

4.2.4 Declividade

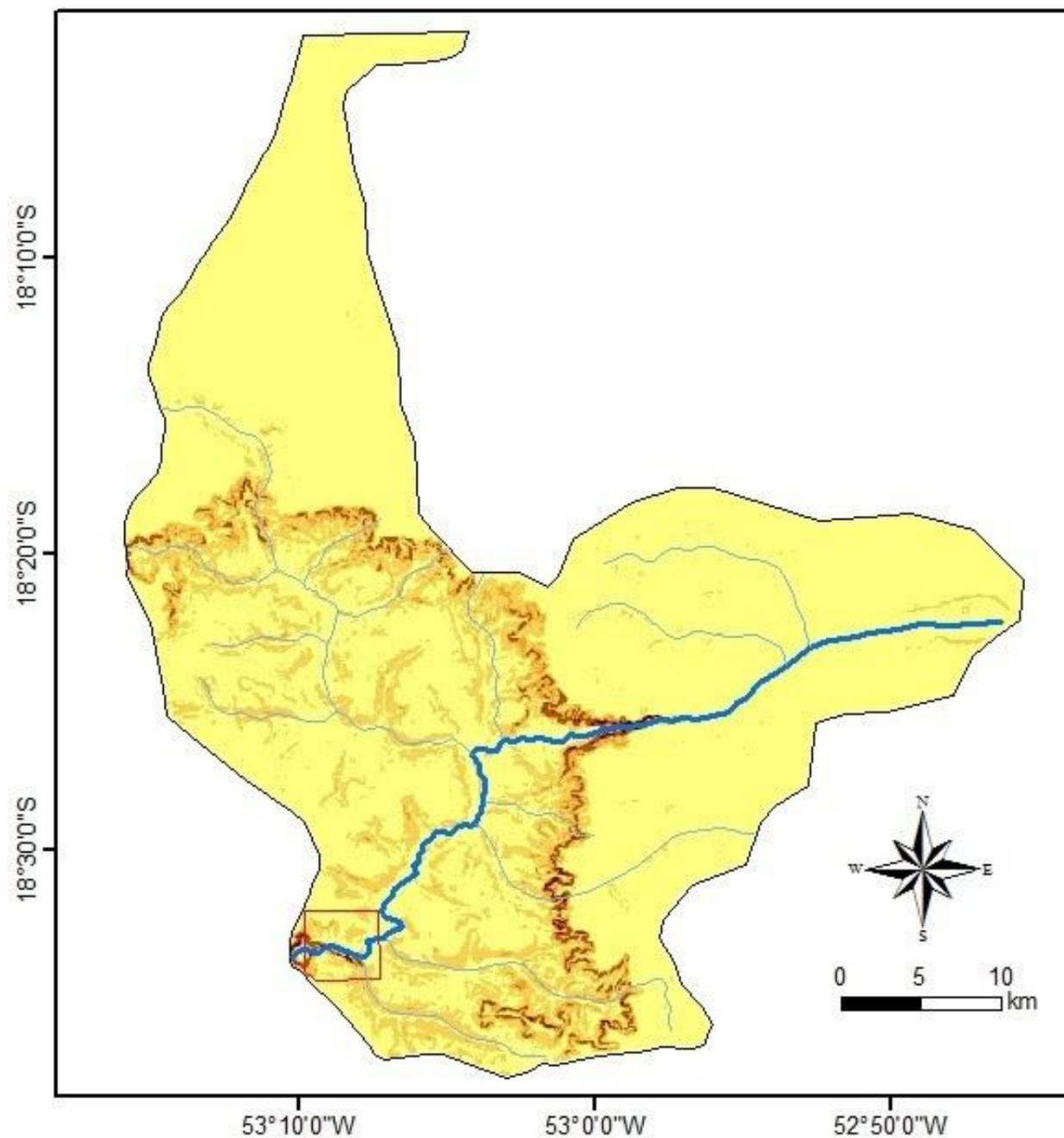
A avaliação da declividade do terreno na AID e AID da PCH Costa Rica permite a constatação e variação das diversas declives que o terreno possui, além de demonstrar a capacidade de escoamento e lavagem que o solo é capaz de arrastar (Figura 15).

Na porção leste e norte da AID ocorre predominância de baixa influência de declives, variando de 03 a 06% no relevo, e 06 a 09% nas cabeceiras de drenagem. Oliveira (2014) classificou esse tipo de relevo de muito suave a suave, sendo necessário controle de erosão e/ou melhorias na fertilidade do solo e, nas cabeceiras de drenagem, relevo suave a suave ondulado, sendo a mesma restrita a cultivo utilizando a agricultura moderna

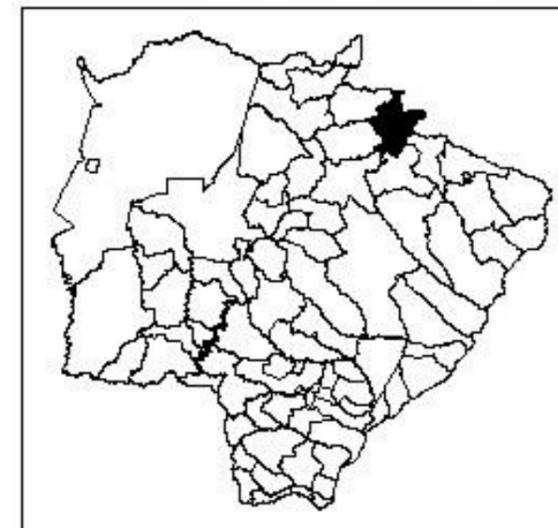
Na porção central, oeste e sul da AID, ocorre a predominância na variação de 3 a 6% e 6 a 9%, sendo nesse caso presença de relevos suave ondulado a ondulado, possuindo um potencial erosivo e perda de solo grande, sendo recomendável a utilização para pastoreio e/ou conservação da vegetação natural (Oliveira, 2014).

Já a faixa de transição, com relevo ondulado a forte ondulado e com declividade de 40% ou superior, ocorre uma declividade mais acentuada acompanhando a formação de solo litólica. Oliveira (2014) salienta que nessas áreas o recomendável é manter a vegetação nativa, sem a utilização para produção agrícola. Vale salientar que essas mesmas características são representativas dentro da AID da PCH Costa Rica.

MAPA DE DECLIVIDADE DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA PCH COSTA RICA



Costa Rica - MS



Área de Influência

- Área de Influência Direta
- Área de Influência Indireta

Hidrografia

- Rio Sucuriú
- Afluentes - BHRS

Declividade (%)

- 0 - 3
- 3 - 6
- 6 - 9
- 9 - 15
- 15 - 75



Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós Graduação em Geografia - Três Lagoas/MS
LAPEGEO - Laboratório de Prática de Ensino e Geoprocessamento

Fonte: Shuttle Radar Topography Mission (SRTM - 90m) - EMBRAPA.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

Figura 15 – Mapa de declividade da Área de Influência da PCH Costa Rica.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

4.3 Seleção dos pontos amostrais de monitoramento da qualidade, transporte de sedimentos em suspensão e velocidade de fluxo da água na AID

Foram coletadas amostras em todo o entorno da PCH Costa Rica, sendo elas feitas a jusante e a montante da PCH, situados na AID. Além desses, foram obtidos outras amostras como forma de controle, tornando possível a comparação com ambientes mais distantes da AII da PCH.

Partindo desses elementos, a AID da PCH Costa Rica aumentou de forma que seja possível correlacionar os dados de uma forma geral. A síntese desses pontos, correspondentes a tabela 2, foram atualizados após o campo para que fizesse parte deste trabalho.

Latitude Longitude	Foto	Descrição
Ponto 01 18° 36' 37.80" S 53° 08' 11.68' O		Jusante da PCH Costa Rica
Ponto 02 18° 33' 32.1" S 52° 08' 03" O		Vertedouro da PCH (Montante)
Ponto 03 18° 33' 38.3" S 53° 07' 58.4" O		Montante do Salto Majestoso (Rio Sucuriú)
Ponto 04 18° 33' 32.9" S 53° 08' 09.1" O		Próximo as comportas da PCH Costa Rica
Ponto 05 18° 33' 48.22" S 53° 07' 55.04" O		Córrego Grota Funda (Afluente do Rio Sucuriú)
Ponto 06 18° 33' 41.9" S 53° 07' 57.6" O		Jusante do Salto Majestoso (Rio Sucuriú)

Latitude Longitude	Foto	Descrição
Ponto 07 18° 33' 47.1" S 53° 07' 59.9" O		Ribeirão de Baixo (Afluente do Rio Sucuriú)
Ponto 08 18° 33' 47.1" S 53° 07' 59.9" O		Encontro do Córrego Grotta Funda, e Ribeirão de Baixo com o Rio Sucuriú
Ponto 09 18° 33' 37.5" S 53° 08' 12.8" O		Jusante da PCH Costa Rica (na saída de água)
Ponto 10 18° 33' 22" S 53° 08' 48.4" O		Córrego da Surpresa (Afluente do Rio Sucuriú)
Ponto 11 18° 33' 32.1" S 53° 10' 47" O		Córrego da Formiga (Afluente do Rio Sucuriú)
Ponto 12 18° 32' 56.96" S 53° 07' 36.19" O		Ponte sobre o Rio Sucuriú em Costa Rica/MS

Tabela 2 - Síntese dos pontos de coleta na AID da PCH Costa Rica.

Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

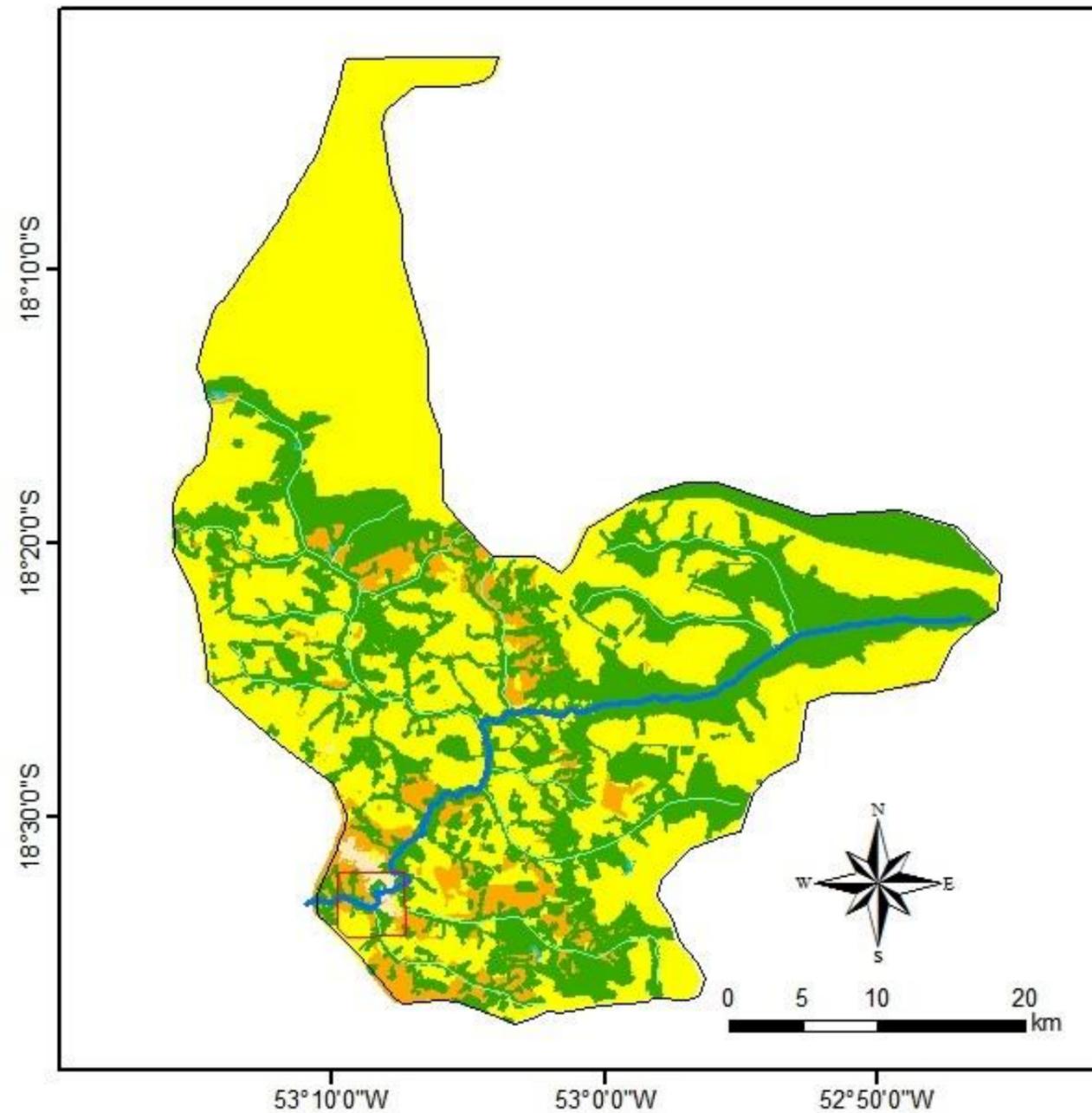
4.4 Geração do mapa de uso e ocupação da terra da AID e All em período próximo a saída de campo na PCH Costa Rica

A implantação de empreendimentos em uma determinada região afeta todo o sistema em questão e, no caso da PCH Costa Rica, a obra pode ter determinado e colaborado com o crescimento da área, tanto de forma direta, ao exemplo das alterações no local, como indiretamente, seja no desenvolvimento local, regional ou apenas as torres de fios.

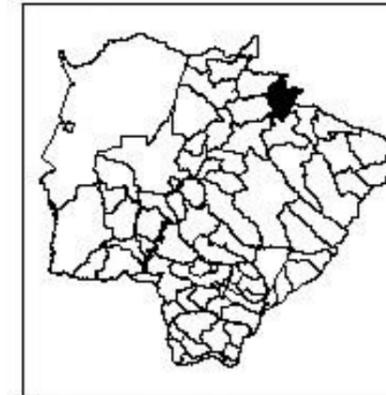
Para Mendonça (1997, *apud* por Ferreira, 2011) a importância de se conhecer o uso e ocupação da terra consiste em fornecer elementos para o planejamento e ordenamento do espaço físico geográfico, além da previsão de elementos e acontecimentos relativos a necessidade humana, de modo que o meio ambiente gere qualidade de vida como forma de equilíbrio ambiental.

Luchiari (2006) ressalta que para a elaboração desses mapas é necessários uma série de etapas fundamentais, tal como revisão de literatura, aquisição de imagens, escolha do modo de interpretação e, a partir daí, os testes iniciais, trabalho de campo preliminar, confecção da chave de interpretação, interpretação e elaboração de mapas preliminares, entre tantos outros. No caso do mapeamento realizado nessa dissertação, todas essas informações estão distribuídas ao longo dos capítulos. Desta forma, o produto final almejado consiste na elaboração do mapa de uso e ocupação da terra da AID e All da PCH Costa Rica (figura 16).

MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA (2014) DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DA PCH COSTA RICA



Costa Rica/MS



Área de Influência

- Área de Influência Direta
- Área de Influência Indireta

Hidrografia

- Rio Sucuriú
- Afluentes_BHRS

Classes

- Lavoura
- Mata
- Pastagem
- Urbano
- Água



Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Programa de Pós Graduação em Geografia - Três Lagoas/MS
LAPEGEO - Laboratório de Prática de Ensino e Geoprocessamento

Fonte: Imagem de Satélite LANDSAT 8 Sensor OLI. Órbita 224 Ponto 073 de 21/07/14

Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

Figura 16 - Mapa de Uso e Ocupação da Terra na AID e All da PCH Costa Rica / 2014.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

No mapa de uso da terra, nota-se que a lavoura está em mescla com outros tipos de vegetação. A área classificada, correspondente a AII da PCH Costa Rica possui aproximadamente 1482,78 km², conforme os cálculos realizados pelo software SPRING[®] 5.1.8.

Da área total classificada, 870,70 km² foram classificadas como Lavoura Permanente. Em tom amarelado, essa classe é responsável por juntar culturas tais como cana-de-açúcar, algodão, girassol, soja e eucalipto, entre outros, sendo o eucalipto pouco representativo perante o resto do estado.

Já em contraste com a Lavoura Permanente, aparece a classe mata com uma área equivalente a 444.12km², correspondente as áreas de cerrado, área de reserva e mata ciliar. Com valores significativos, a AII apresenta várias áreas de conservação, tais como o Parque das Emas e as nascentes do rio Sucuriú, localizadas a noroeste da PCH Costa Rica. Esse trecho delimitado na BHRS apresenta melhor conservação quando comparado a bacia como um todo.

A classe pastagem corresponde a trechos interligados com as demais classes, ora se destacando em grandes áreas, ora se isolando em pequenos compartimentos, correspondendo a 157,91km². A pastagem classificada corresponde como pastagem nativa e plantada para a criação de gado.

A classe Urbana não apresenta representatividade significativa perante as demais classes da AII, possuindo uma área equivalente a 8.33km². Apesar da contínua expansão comparado com outras imagens, o núcleo urbano de Costa Rica MS quando comparado com a região de Costa Rica MS é pequeno, assim como ocorre com a maioria dos municípios do Mato Grosso do Sul.

A classe Água apresenta uma área de apenas 1,69km² de extensão, mas isso corresponde apenas a interpretação das imagens orbitais, tendo em vista que, principalmente a copa das árvores, obstrui a interpretação da mesma. É de destaque essas locais, principalmente, em locais de açudes ou represamento, como é o caso na AID da PCH Costa Rica, mas também pode ocorrer a classificação em rios e lagos.

Para facilitar a compreensão da quantificação das informações analisadas, as classes foram tabuladas de acordo com suas porcentagens no gráfico 3.

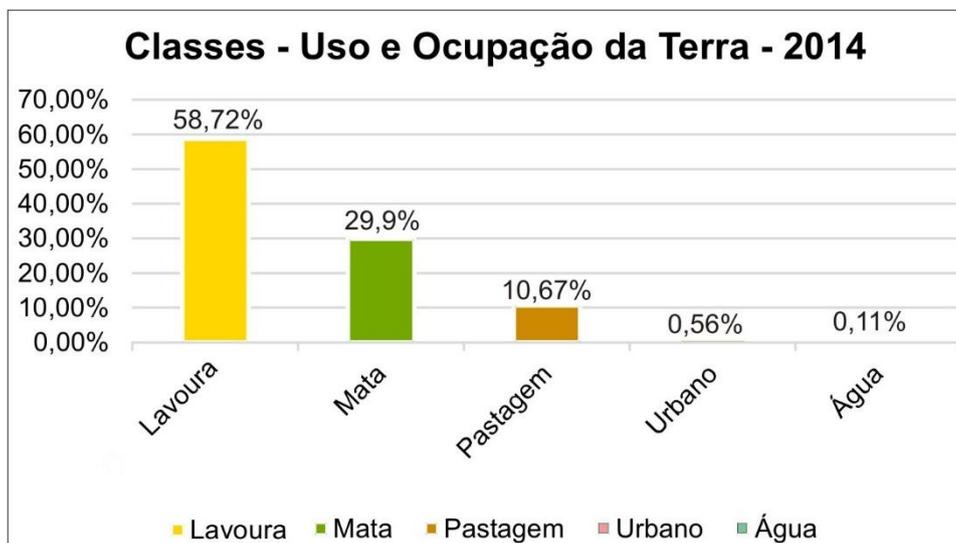


Gráfico 3 - Quantificação do mapa de Uso e Ocupação da Terra-2014.
Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

4.5 Monitoramento e enquadramento das águas superficiais na AID da PCH Costa Rica

Conforme a realização da classificação da qualidade da água superficial, é possível obter informações das quais podem ser designadas de acordo com sua utilização. Nessa circunstância, cumpriu-se análises físico-químicas e sedimentológica da água, além da sua vazão e temperatura em determinadas amostras.

Foram executadas nos dias 05 e 06 de junho e 18 de novembro de 2014 as saídas campo sendo possível investigar o local em período seco e respectivamente. Com os pontos pré determinados a jusante e a montante da PCH Costa Rica, *in situ*, foram realizadas as análises físico-química da água superficial, velocidade e coletadas 500ml de amostras para que, em laboratório, fosse possível realizar as análises sedimentológicos do local. Todo esse processo pode ser acompanhado a seguir.

4.5.1 Resultado da velocidade da água na AID do rio Sucuriú

A medida proveniente da velocidade de um curso hídrico pode dizer muito a seu respeito, como exemplo em locais onde há barramento ocorre a redução do fluxo de sedimento que, desta forma, assoreia o leito do rio. No caso da AID não é diferente, da mesma maneira em que baixa velocidade acarreta no assoreamento dos rios, a alta velocidade desgasta o leito dos rios com mais facilidade. Em conjunto com outras análises, foi possível obter esses dados em campo, sendo os resultados apresentados no quadro 6.

Velocidade e Temperatura da Água				
05 e 06/06/14		18/11/2014		
Amostras	Velocidade (m/s)	Temperatura (°C)	Velocidade (m/s)	Temperatura (°C)
1	20.0	28.06	24.30	24.4
2	5.80	26.48	4.50	25.0
3	0.50	26.66	3.0	25.3
4	0.30	25.52	-	-
5	6.65	25.98	-	-
6	-	24.65	30.0	29.0
7	-	24.88	-	-
8	-	25.15	25.0	28.0
9	-	26.91	-	-
10	-	26.17	-	-
11	-	26.41	-	-
12	-	-	45.0	26.5

Quadro 6 – Velocidade e Temperatura da Água na AID da PCH Costa Rica referentes a junho e novembro/2014.

Organização: Thiago de Andrade Águas, 2015.

Foi possível observar que a maior velocidade encontrada foi aonde o rio Sucuriú corre livremente, fora da área de inundação da PCH Costa Rica, tendo sua velocidade variada em até 45m/s (**amostra 12**), medido no mês de novembro. Em contrapartida, o menor resultado encontra-se perto das comportas da PCH (**amostra 4**), chegando a 0.3m/s no mês de junho, consequência do barramento do rio.

A jusante do salto majestoso também apresentou velocidade significativa como consequência da força do rio passando pela cachoeira do Salto Majestoso, chegando aos 30m/s (**amostra 6**) no mês de junho. Esse resultado é inversamente proporcional a montante (**amostra 3**), uma vez que o rio ao sair

do vertedouro, encontra-se em uma série de obstáculos rochosos e baixa declividade, variando de 0.50m/s no mês de junho e 3.0m/s no mês de novembro. No vertedouro da PCH (**amostra 2**), a velocidade do rio também permaneceu baixa, variando de 5.8m/s em junho a 4.5m/s em novembro.

A jusante da PCH Costa Rica (**amostra 1**), o rio já toma a sua velocidade normal, variando em 20.0m/s no mês de junho e 24.3m/s no mês de novembro, bem como o encontro do córrego Grota Funda e Ribeirão de Baixo com o rio Sucuriú (**amostra 8**), com sua velocidade chegando a 25m/s no mês de novembro.

4.5.2 Resultado das análises físico-químicas

Os parâmetros físico-químicos medidos em campo são apresentados no quadro 7.

Enquadramento das Águas Superficiais (Res. 357/2005 do CONAMA)								
Amostras	05 e 06/06/14				18/11/2014			
	OD (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	C.E. (µS/cm)	OD (mg/L)	pH	Turbidez (NTU)	C.E. (µS/cm)
1	10.26	7.16	1.0	26.0	10.0	6.3	0.0	10.0
2	8.84	7.73	2.0	21.0	11.13	6.5	9.0	5.0
3	4.15	6.92	0	22.0	10.45	6.4	13.0	4.0
4	6.60	6.34	1.0	23.0	-	-	-	-
5	3.66	6.39	2.8	62.0	-	-	-	-
6	7.15	7.24	12.0	20	10.52	5.9	15	5.0
7	6.55	7.06	21.0	47.0	-	-	-	-
8	9.30	7.25	16.5	30.0	6.1	5.6	0.0	10.0
9	7.49	7.74	9.0	22.0	-	-	-	-
10	7.42	7.02	39.0	21.0	-	-	-	-
11	6.45	6.26	42.0	21.0	-	-	-	-
12	6.75	6.7	1.0	4.0	6.75	6.7	1.0	4.0

Quadro 7- Enquadramento físico-químico das águas superficiais da AID da PCH Costa Rica referentes a maio e novembro de 2014.

Organização: Thiago de Andrade Águas (2015)

De antemão, é ressaltado que o Oxigênio Dissolvido (O.D.) é um dos parâmetros mais importantes para a elaboração de laudos e análises para a qualidade da água, no caso das amostras da AID, foi o agente decisivo para a geração de classes conforme a norma 357/2005 do CONAMA.

O Potencial Hidrogeniônico (pH) variou entre neutro, com seu maior valor nas **amostras 2 e 9**, com pH variando entre 7.73 e 7.74 (junho/14) respectivamente, para ácido, tendo seu menor valor na **amostra 8**

(novembro/14), de pH 5.6. Contudo, não é o fator principal de classificação, mas sim um fator limitante quando se leva em consideração que a variação do pH pode comprometer a utilização e apresentar restrições para o ser humano para uso de modo geral tal como pode apresentar problemas ao ecossistema local.

A turbidez apresentou valores baixos devido à baixa presença de sedimento no curso hídrico, assim como apresentado mais adiante. A proteção dos mananciais com APPs também asseguram os baixos valores de turbidez, assim como a ausência de APP aumenta o nível de turbidez dos cursos hídricos.

Já a Condutividade Elétrica (C.E.) não pode ser considerada, neste caso, um fator determinante, uma vez que resultados de até 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ são considerados de ordem natural. Os resultados das classes podem ser observados conforme o quadro 8.

Amostras	Classes - Res. 357/2005 do CONAMA	
	05 e 06/06/14	18/11/2014
1	Especial	Especial
2	I	I
3	III	III
4	I	-
5	IV	-
6	I	I
7	I	-
8	I	I
9	I	-
10	I	-
11	I	-
12	I	I

Quadro 8 – Definição das classes conforme a Resolução 357/2005 do CONAMA.
Organização: Thiago de Andrade Águas (2015)

A um nível de qualidade que garante que apenas a **amostra 1** correspondeu a classe Especial, que corresponde a preservação de equilíbrio natural de caráter integral. Essa amostra apresentou alto índice quando comparada as demais devido ao seu turbilhamento das águas a jusante da PCH Costa Rica.

A **amostra 5** foi a que apresentou o menor valor de O.D. quando comparado aos demais devido à situação localização, dentro na barragem da PCH Costa Rica. A turbidez baixa também é consequência da área de barragem, uma vez que todo o material proveniente do curso hídrico é barrado, depositando no fundo. Sua utilização é restrita ao consumo humano após tratamento, irrigação limitada a algumas espécies de árvores e pesca amadora.

A **amostra 5** foi a única que permaneceu na classe IV devido a sua localização dentro do PNMSS. O córrego Grota Funda encontra-se em ambiente altamente protegido e com alto teor de matéria orgânica, consumindo o oxigênio presente na água de forma natural e constante. Por ser um córrego preservado, possui pouca taxa de sedimentação, logo, sua turbidez apresenta valores inferiores aos demais. O elevado valor da condutividade elétrica é justificado pelos componentes químicos ali presentes nos processos atuantes

da matéria orgânica, bem como o processo de oxido-redução. Os presentes nessa classe são recomendados a manter apenas para navegação ou paisagismo.

As demais **amostras**, tal como a **2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 e 12**, mantiveram valores medianos a altos de O.D., variando de 6.45 a 9.30 mg/l, permanecendo, desta forma, na classe I. Houve algumas variações tal como do pH entre as **amostras 4, 5 e 11** e na turbidez, bem como a **amostra 11** que apresentou valor de 42.0 NTU, contudo, esses não são valores decisórios para a definição das classes do CONAMA. A classe I apresenta restrições mais amenas quanto ao consumo humano e a utilização para irrigação da agricultura.

A **amostra 11** apresentou baixo pH e alta concentração na turbidez devido à proximidade de plantações de cana-de-açúcar, ocasionando transporte direto para o córrego da Formiga de vinhoto e alta concentração de material orgânico, respectivamente.

4.5.3 Resultado das amostras de sedimento em suspensão

Após todo o processo de campo e laboratório, a obtenção das amostras de sedimentos suspensos na AID da PCH Costa Rica foi sintetizada no quadro 9.

A avaliação da carga de sedimentos suspensos é de suma importância para análises correspondentes aos dados físico-geográficos da área em questão. O enquadramento da quantidade de sedimentos encontrados na água pode dizer muito em relação ao ambiente estudado, uma vez que boa parte da concentração detrítica encontrada na água é proveniente da lavagem de solos enfraquecidos, acarretados pelo mau uso do mesmo.

Amostras	Sedimentos em Suspensão			
	05 e 06/06/14		18/11/2014	
	g/100ml	g/L	g/100ml	g/L
1	0.003	0.030	0.003	0.030
2	0.005	0.050	0.002	0.020
3	0.003	0.030	-	-
4	0.006	0.060	-	-
5	0.002	0.020	-	-
6	0.003	0.030	0.003	0.030
7	0.007	0.070	-	-
8	0.005	0.050	0.005	0.050
9	0.005	0.050	-	-
10	0.001	0.010	-	-
11	0.001	0.010	-	-
12	0.004	0.040	0.004	0.040

Quadro 9 – Sedimentos Suspensos na AID da PCH Costa Rica no mês de junho e novembro/2014.

Organização: Thiago de Andrade Águas, 2014.

Pode-se observar que a concentração de sedimento suspenso foi baixa, uma vez que a AID da PCH Costa Rica está situada onde boa parte do rio é protegida pelas áreas de preservação, não entrando nesse contexto as obras da PCH Costa Rica e parte do município de Costa Rica. Com o rio Sucuriú foi barrada pela usina, grande parte desse sedimento que escoar junto com a vazão fica retido, enquanto boa parte de sua água límpida vai retomando seu processo de equilíbrio. O uso e ocupação da terra afeta diretamente o escoamento, permitindo a ocorrência de assoreamento e a presença de produção de sedimentos e que, inclusive, é possível conhecer se essa carga é de origem de erosão marginal a partir da concentração de sedimento e a velocidade de fluxo (MONTANHER et al., 2009).

Observa-se na obtenção do sedimento suspenso que as **amostras 5** (córrego Grota Funda), **10** (córrego da Surpresa), e **11** (córrego da Formiga) não apresentaram valores significativos durante as análises, variando entre 10

e 20mg/L. Esses valores são justificáveis uma vez que os córregos se encontram em locais preservados e de baixa velocidade e declividade. Já o ribeirão de Baixo (**amostra 7**), afluente do rio Sucuriú pertencente ao Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú, apresentou os valores mais elevados quanto ao transporte de sedimentos em suspensão, chegando a 70g/L. De velocidade superior aos demais, o ribeirão de Baixo possui maior capacidade de transporte. As coletas das amostras de água dos córregos foram feitas no mês de junho apenas por caráter investigativo.

Contudo, na **amostra 8**, foi possível demonstrar que parte dos sedimentos provenientes de outros córregos são capazes de retomar o equilíbrio no curso fluvial. No encontro entre o córrego Grota Fundo, o ribeirão de Baixo e o rio Sucuriú, os resultados mantiveram em valores constantes no mês de junho e novembro, chegando a 50mg/L, resultado superior a poucos metros dali, a jusante do Salto Majestoso (**amostra 6**), chegando a 30mg/L nos meses de junho e novembro.

Ao seguir o fluxo do rio Sucuriú, a jusante da PCH Costa Rica, foi possível obter diferenças sedimentológicas entre as **amostras 1 e 9**, tendo as mesmas variações de 30mg/L nos meses de junho e novembro na **amostra 1** e 50mg/L no mês de junho na **amostra 9**. A grande variação em pequenas áreas pode ser explicada devido a sua localização e situação. A amostra **1** foi obtida em um trecho de menor velocidade do rio quando comparado a **amostra 9**, que passa por todo o processo de revolvimento antes de retornar ao rio Sucuriú.

A **amostra 4** foi a que apresentou maior valor de sedimentos suspensos presente no rio Sucuriú, possuindo 60mg/L (mês de junho) nas proximidades da comporta da PCH Costa Rica. Esse fenômeno ocorre devido ao constante movimento da água ali próximo, arrastando esse material junto. Esse fato pode acarretar sérios problemas as obras do empreendimento, uma vez que esse material transportado acelera a corrosão dos equipamentos.

A **amostra 2** teve uma redução do mês de junho (50mg/L) para o mês de novembro (20mg/L), podendo ser consequência dos fatores climáticos, uma vez que o regime de chuvas intensifica a sedimentação dos rios, além da velocidade do fluxo, que, segundo análise de campo, foi menor em novembro.

Na **amostra 3** no mês de junho (30mg/L), foi possível verificar que parte desse sedimento ficou retido no vertedouro da PCH Costa Rica, onde a

velocidade de fluxo é menor, decantando esse sedimento. A **amostra 12** demonstra essa atividade (40mg/l), uma vez que foi coletada no mês de julho e novembro no município de Costa Rica, fora do lago da PCH Costa Rica, transportando livremente os sedimentos em suspensão.

4.6 Considerações Finais

Compreende-se que com a realização de um empreendimento tal como uma PCH os vários fatores relacionados à adaptação e conservação do meio, dos quais devem ser levados em consideração, e a carência de tais informações muitas vezes direcionam para a falta de planejamento ou trabalhos errôneos, conduzindo para consequências ainda mais devastadoras.

Uso e ocupação da terra da AID e All via imagem orbital próximo as saídas de campo na PCH Costa Rica

Foi possível analisar que, apesar de possuir uma área verde considerável, parte das encostas do curso principal do rio Sucuriú apresenta pouco ou quase nada de proteção. As nascentes do rio Sucuriú apresentaram conservação, contudo, é justificável devido suas características muito úmida em áreas planas com pouca declividade, e o Parque das Emas, no qual é protegido por lei.

A porção norte e oeste da All é ideal em relação a declividade e ao tipo de solo, contanto que seja manejado da maneira ideal. Já na porção central da All, encontra-se em situação delicada perante as demais, estando presentes misturas de pasto, lavoura e mata. Esses problemas podem se agravar principalmente próximo a PCH Costa Rica, na qual a lavagem do solo pode aumentar o processo de assoreamento do reservatório, comprometendo o canal e prejudicando o funcionamento da usina.

Nota se um contraste constante visto pelas imagens orbitais quando relacionado a mata, lavoura e pastagem. Apesar da predominância da lavoura em boa parte da All devido suas condições topográficas favoráveis a agricultura mecanizada, na AID apresentou um grande contraste na preservação elaborada pela PCH Costa Rica e do PNMSS das matas com áreas de lavoura e pastagem. Segundo conversas informais com moradores,

pastagem está avançando significativamente na região, sendo necessário medir o transtorno que isso poderá gerar posteriormente.

Nessa perspectiva, conclui-se que a utilização de imagens orbitais aos usos de sensoriamento remoto e geoprocessamento constitui uma técnica elementar para avaliação e obtenção dos dados espaciais provenientes da área. Não seria possível avaliar tanto a AID como a All de forma ampla se não fossem tais informações, uma vez que são áreas distantes, as vezes de difícil acesso e de mudanças constantes.

Avaliar a qualidade físico-química da água (pH, Oxigênio Dissolvido, Condutividade Elétrica, Turbidez e Temperatura da água,) na AID da PCH Costa Rica, em pontos pré-estabelecidos em no meses de junho e novembro de 2014

Referentes à classificação definida pela resolução do 357/2005 do CONAMA, não houve alterações muito significativas no ponto das coletas. Em alguns casos, as classes indicadas foram a “Classes Especiais” ou “I”, “III” e “IV”, tendo como fator determinante para tal enquadramento o oxigênio dissolvido encontrado nos 12 locais de coleta das amostras de água.

A **amostra 1** apresentou o maior valor de O.D. no mês de junho e seu valor continuou alto no mês de novembro. Essa alta taxa que a enquadrou na classe “especial” deve-se ao revolvimento da água ao ser liberada ao vertedouro. Pode-se correlacionar esses valores também a jusante do Salto Majestoso, contudo, a turbidez diferenciou ambas as amostras, classificando-as em classes diferentes nos meses de seca e chuva.

Os valores apresentados conforme a Resolução 357/2005 apresentaram as condições das águas superficiais em sua situação no momento das coletas. Esses valores são constantemente alterados devido suas condições naturais e ações humanas. Fatores tais como liberação de efluentes na água, despejo de resíduos de indústrias, entre tantos outros despejados no rio Sucuriú e seus afluentes passam a alterar todo o biossistema que ali se depende, podendo alterar toda a fauna e flora aquática que ali existe.

As informações apresentadas e discutidas formaram uma avaliação, mesmo que parcial, da AID e All da PCH Costa Rica, presente na Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú no ano de 2014, contudo, esses dados devem ser obtidos ano a ano para que se obtenha o controle de qualidade de um rio que é o maior do estado como para toda a população que depende dele, em todos os sentidos.

Avaliar os transportes dos sedimentos suspensos em AID da PCH Costa Rica nos meses de junho e novembro de 2014

Em relação a concentração de sedimentos obtidos a jusante e a montante da PCH Costa Rica, ficou claro que a represa reteve parte do transporte em suspensão, bem como mostrado em fotos de dragas trabalhando, contudo, conforme as análises, esse sedimento não apresentou tanta representatividade quando comparado a resultados a jusante e a montante.

Na descrição quando relacionada aos sedimentos suspensos, houve uma variação quanto ao resultado esperados. Apesar de ser estar localizado em uma área de preservação, a **amostra 7** obteve o maior valor de sedimento suspenso (0.070mg/L) devido sua alta taxa de revolvimento aliado a altas velocidades.

Em contrapartida, os menores valores foram encontrados nos córregos (**amostras 5, 10 e 11**), devido a sua baixa movimentação. A **amostra 11** percorrer nas proximidades de lavouras, pode ser que transporte outros materiais químicos, além de sedimentos, para o rio Sucuriú.

Pode-se perceber que nas **amostras 8 e 9** já a jusante da PCH Costa Rica é que o rio tende a tomar seu fluxo hídrico como era antes da deposição de seus sedimentos. A **amostra 4** demonstrou um valor de 0.060mg/l ao ponto que no vertedouro (**amostra 2**) esse número cai para a média de 0.035mg/l, retomando quilômetros depois a 0.050mg/l na **amostra 8** e na **amostra 9**. A **amostra 12** também apresentou valores consideráveis (0.040mg/l), levando-se em consideração que é o único trecho que corre livremente disponível até então durante a pesquisa.

Avaliar as influências do uso ocupação da terra na qualidade físico-química da água e enquadramento da mesma na Resolução nº 357, de 17 de março de 2005 do CONAMA

Essa pesquisa, mesmo que preliminar das AID e AII, completam as demais que buscam entender que a demanda energética do Brasil, e a instalação de PCHs é vista como um desafio devido à complexidade e à grande quantidade de informações a serem avaliadas. Para tal, EIAs são realizados com coleta de dados primários e secundários. Esses estudos tanto geram dados novos como se utilizam de dados já existentes.

Alguns impactos causados por PCHs não são possíveis de serem mitigados, como a perda da biodiversidade e de áreas representativas do patrimônio cultural, histórico e arqueológico. Nesses casos, os impactos são compensados pela recuperação de áreas degradadas na mesma bacia hidrográfica do empreendimento, pela criação de museus ou por meio da destinação de recursos para a manutenção ou criação de unidades de conservação.

No caso da PCH Costa Rica, foi criado o Parque Natural Municipal Salto do Sucuriú foi criado como forma compensatória para as alterações ambientais geradas pela PCH Costa Rica. De forma contraditória, o mesmo que criou e incentivou a preservação do parque, barra por volta de 60% da água do rio Sucuriú para a geração de energia, segundo conversas informais. Contudo, a PCH Costa Rica ainda mantém estabilidade quanto as questões conservacionistas, uma vez que está em constante obra para melhoria da sua estrutura em equilíbrio com o meio ambiente.

E a situação que se encontra em terra afeta diretamente a qualidade da água da área em questão. Isso ocorre devido o que o uso e ocupação consegue reter, armazenar e/ou barrar o que vai parar nos cursos hídricos.

Enfim, o resultado das pesquisas acadêmicas, além de subsidiar o licenciamento, pode ser utilizado para o planejamento territorial da área de estudo, bem como auxiliar na elaboração de políticas públicas, ações de recuperação de áreas degradadas, previsão das áreas passíveis de serem preservados, estabelecimento de corredores ecológicos, monitoramento de

espécies da fauna e flora ameaçadas de extinção e suas respectivas estratégias de conservação.

-

Capítulo V - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Nesse capítulo será abordado a bibliografia utilizada para a elaboração desta dissertação.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ÁGUAS, T. A.; BRAZ, A. M.; COSTA, K. C. P.; GARCIA, P. H. M.. **Perspectiva ambiental da concentração de sedimentos suspensos na Área de Influência Direta-AID da PCH Costa Rica/MS.** Enciclopédia Biosfera, v. 10, p. 2522-2532, 2014.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Guia do Empreendedor de Pequenas Centrais Hidrelétrica.** ANEEL, 2003. 704 p.

_____, Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução nº 393, de 04 de dezembro de 1998.** Estabelece os procedimentos gerais para registro e aprovação dos estudos de inventário hidrelétrico de bacias hidrográficas. Brasília: ANEEL, 1988.

ANDRADE, R. V. ; LORA, E. E. S.; DUPAS, F. A . **Recursos Naturais, Demografia e Desenvolvimento: Uma Análise Baseada no Relatório de Desenvolvimento Humano 2001 da ONU.** In: 4 Encontro de Energia no Meio Rural (AGRENER 2002), 2002.

ARAUJO, G. H. S. **Gestão ambiental de áreas degradadas/** Gustavo Henrique de Sousa Araujo, Josimar ribeiro de Almeida, Antonio José Teixeira Guerra. – 2ª ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E., (Eds.) **Sistema de Informações geográficas: Aplicações na Agricultura.** Brasília, SPI-EMBRAPA, 2 edição, 1998.

ATLAS MULTIRREFERENCIAL. Governo do Estado do Mato Grosso do Sul – SEPLAN. IBGE, 1990.

BARBOSA. T. A. S. **Análise do Estudo de Impacto Ambiental da PCH Ninho da Águia. Proposta de otimização do processo de Licenciamento Ambiental utilizando uma matriz simplificada.** 2004. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá.

BATZIAS, F.A.; SIDIRAS, D.K.; SPYROU E.K. Evaluating **Livestock manures for biogas production: a GIS based method**. *Renewable Energy*. v. 30, p. 1161– 1176, 2005.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas**: Trad. De Francisco M. Guimarães. Petrópolis, Vozes, 1973.

BITTENCOURT ROSA, D. ; NASCIMENTO, L. A. . **Novos Dados Geológicos e Geomorfológicos da Bacia Hidrográfica do Rio das Pombas no Setor Sudeste do Estado de Mato Grosso**. *Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas*, v. 1, p. 69/5-91, 2007.

BITAR, O. Y.; CLAUDIO, C. F. B. R.; GALLARDO, A. L. C. F.. **Critérios para delimitação de áreas de influência em estudos de impacto ambiental**. 2012. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo.

BRASIL - Conselho Nacional do meio Ambiente. Resolução nº 357, de março de 2005. Estabelece classificação para as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional. DOU. Nº 53. Seção 1. p.58. Brasília-DF, 18 /03/ 2005.

_____, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. Folha Sf. 23/24 Rio de Janeiro/Vitória.

_____, Ministério das Minas e Energias. Secretaria Geral. **Projeto RADAMBRASIL**: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Uso potencial da terra. Rio de Janeiro, 1982. Folha SE. 22 Goiânia.

BRAZ, A. M. **Geotecnologias Aplicadas a Análise Ambiental na Bacia Hidrográfica do Córrego Carro Queimado – Três Lagoas/MS 2013**. 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia/Bacharel) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas, 2014.

CAMARA, G.; DAVIS C.; MONTEIRO, A. M.; D'ALGE, J. C. **Introdução à Ciência da Geoinformação**. São José dos Campos, INPE, 2001 (on-line, 2a. edição, revista e ampliada).

CAMARA, G.; CASANOVA, M. A.; MEDEIROS, C. B.; HEMERLY, A.; MAGALHÃES, G. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Curitiba, Sagres Editora, 1997.

CARDOSO, R. B. ; ALMEIDA, R. P. ; NOGUEIRA, L. A. H. . **Uma Avaliação do Método Expedito para a determinação da vazão de projeto em Pequena Centrais Hidrelétricas**. PCH Notícias, v. 33, p. 10-14, 2007.

CARVALHO N. O.. **Hidrossedimentologia prática** / Newton de Oliveira Carvalho. – 2ª ed., rev., atual. e ampliada. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

Curtarelli ; Arnesen, A. S. ; VASCONCELOS, L. R. C. . **Análise do Potencial Hidrelétrico Aproveitável de uma Bacia Hidrográfica por meio de Técnicas de Geoprocessamento**. In: XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011, Maceió, AL. Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2011.

Guia Nacional de Coletas e Preservação de Amostras: Água, Sedimentos, Comunidades Aquáticas e Efluentes Líquidos / Companhia Ambiental do Estado de São Paulo; Organizadores: Carlos Jesus Brandão... [et al.]. —São Paulo: CETESB; Brasília: ANA, 2011.

CHRISTOFOLETTI, A., 1936 – **Geomorfologia Fluvial** / Antônio Christofoletti. – São Paulo: Edgard Blücher, 1981.

_____, A. **Modelagem de sistemas ambientais** 1ª edição – São Paulo: Blucher, 1999.

_____, A., 1936 – **Geomorfologia**. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974.

CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Nº 344, de 25 de março de 2004**. Estabelece as diretrizes gerais e os procedimentos mínimos para a avaliação do material a ser dragado em águas jurisdicionais brasileiras, e dá outras providências.. Brasília: CONAMA, 2002.

_____, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução Nº 302, de 20 de março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. Brasília: CONAMA, 2002.

EMBRAPA. **Geotecnologia e Geoinformação: O produtor pergunta, a EMBRAPA responde** / editores técnicos, Sérgio Gomes Tôsto ... [et al.]. – Brasília, DF: Embrapa, 2014.

FERREIRA, C. F. ; MIRANDOLA, P. H. **Uso de Imagens de Sensoriamento Remoto para Mapeamento do uso e ocupação da terra da bacia Hidrográfica do Alto Sucuriú - MS- BR**. In: II Simpósio Internacional de Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia, 2010, São Paulo. Caminhos Atuais da Cartografia na Geografia. São Paulo: USP, 2010. v. 1. p. 1-15.

MIRANDOLA, Patricia Helena ; FERREIRA, Cesar F. ; GONÇALVES, Franciele . **Uso de SIG para análise da vulnerabilidade ambiental da Bacia do Alto Sucuriú MS/BR..** In: In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011,, 2011, Curitiba. Anais do XV Simpósio. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto,, 2011. v. 1. p. 1-15.

FERREIRA, C. C..**Geotecnologias aplicada a criação e organização de Banco de Dados Geoambientais da Bacia Hidrográfica do Rio Sucuriú – MS/BR**. 2011.Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas

FERNANDES, C. T. C.. **Impactos socioambientais de grandes barragens e desenvolvimento: a percepção dos atores locais sobre a Usina Hidrelétrica de Serra da Mesa**. 2004. Tese (Doutorado) - Universidade de Brasília – Centro de Desenvolvimento Sustentável, Brasília.

FERNANDES, L. A..**Mapa litoestratigráfico da parte oriental da Bacia Bauru (PR, SP, MG), escala 1:1. 000.000**. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, v. 55, p. 53-66, 2004.

FERREIRA, M. **Levantamento do potencial hidroelétrico na área urbana de Pont Grossa – PR para Pequenas Centrais com uso de ferramentas de geoprocessamento**. 2004. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Industrial Elétrica) – Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2004.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação** Ed.: Oficina de Textos, São Paulo 2008.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto** Ed. Oficina de Textos 3. ed. ampliada e atualizada, São Paulo:, 2011.

GADSDEN S.; RYLATT, M.; LOMAS, K.;ROBINSON, D. **Predicting the urban solar fraction: a methodology for energy advisers and planners based on GIS**. Energy and Buildings, v. 35, p. 37–48, 2003.

GADSDEN, S.; RYLATT, M.; LOMAS, K. **Putting solar energy on the urban map: a new GIS-based approach for dwellings**. Solar Energy, v. 74, p. 397– 407, 2003.

GRAHAM, R. **Preliminary Investigation into the Hydropower Potential on Scottish Farms**. Journal of Agricultural Engineering Research, v. 70, p. 307–311, 1998

GUERRA, A. J. T. ; CUNHA, S. B. . **Geomorfologia: Uma Atualização de Bases e Conceitos**. RIO DE JANEIRO: BERTRAND, 1994.

GOLDEMBERG, José ; LUCON, O. . **Energia e Meio Ambiente no Brasil**. Estudos Avançados, v. 21, p. 07-20, 2007.

HILLRING, B.; KRIEG, R. **Wind energy potential in southern Sweden example of planning methodology**. Renewable Energy, v. 13, n. 4, p. 471-479, 1998.

INFANTI JR, N.; FORNASARI FILHO, N..**Processos de Dinâmicas Superficiais**. In: Geologia de Engenharia / editores Antonio Manoel dos Santos Oliveira, Sérgio Nertan Alves de Brito. – São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, 1998.

IZIPPATO, F. J. **Diretrizes para análise ambiental com uso de geotecnologias na Bacia Hidrográfica do Córrego do Pinto, Três Lagoas/MS**. 2013.Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas.

IBGE. **Noções Básicas de Cartografia**. Rio de Janeiro, 1999.

_____**Manual Técnico do Uso da Terra**. Ed. 3. Rio de Janeiro, 2013.

JENSEN, J. R., **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres** / John R. Jensen; tradução José Carlos Neves Epiphânio (coordenador)... [et al.]. – São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

JÚNIOR, A. F. S. **Uso do entorno do Reservatório da UHE Promissão: Uma análise ambiental atualizada, face à perspectiva de zoneamento**. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2009.

KHAN, M. J.; IQBAL, M. T.; MAHBOOB, S. **A wind map of Bangladesh**. Renewable Energy, v. 29, p. 643–660, 2004

LEPSCH, I. F.. **Formação e conservação dos solos** / Igor F. Lepsch – São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

LELI, I. T.; STEVAUX, J. C. ; NOBREGA, M. T. . **Produção e transporte da carga suspensa fluvial: teoria e método para rios de médio porte**. Boletim de Geografia (UEM), v. 28, p. 43-58, 2010.

LORA, E. S.; TEIXEIRA, F. N. **Energia e meio ambiente**. In: MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARTINS, A.R.S. (Coord.). Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos. Itajubá, MG: FUPA, 2001.

LUCHIARI, A. **Os produtos do sensoriamento remoto nos mapeamentos de uso e cobertura da terra**. In: Panorama da Geografia Brasileira. V2. São Paulo: Anna Blume, 2006 (p. 145 a p. 168).

MACHADO, F. B.; NARDY, AA J. R.;ROCHA JÚNIOR, E. R. V.;MARQUES, L. S.;OLIVEIRA, M. A. F. . **Geologia e litogeoquímica da formação Serra Geral nos Estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul**. Geociências (São Paulo. Online), v. 28, p. 523-540, 2009.

MIRANDOLA – AVELINO, P. H. **Análise Geo – Ambiental Multitemporal para fins de Planejamento Ambiental: Um exemplo aplicado à Bacia Hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso – Brasil**. 2006. Tese (Doutorado em Geociências) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

_____, P. H. . **A trajetória da tecnologia dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) na pesquisa geográfica**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, Três Lagoas, v. 1, n.1, p. 21-38, 2004.

MEDEIROS, R. B.; PINTO, A. L.; SILVA, L. O. S.. **Influência do regime pluviométrico no transporte fluvial de sedimentos na bacia do Córrego Moeda, Três Lagoas/MS**. Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 8, p. 30-48, 2012.

MIGUEL, A. E. S.; R. B. MEDEIROS; DECCO, H. F.; W. OLIVEIRA. **Avaliação da Fragilidade Potencial da Bacia Hidrográfica do Rio Taquaruçu/MS**. Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas, v. 10, p. 66-84, 2013.

MME, Ministério de Minas e Energia, 2011. **Resenha Energética Brasileira: Exercício de 2010 (Preliminar)**. Brasília, 2011, 28p.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. 2009. **Análise técnica do Estudo de Impacto Ambiental do Aproveitamento Hidrelétrico Belo Monte, processo nº 02001.001848/2006-75**. Brasília, 2009, 3p.

MOTTA, Tarion Araújo. **Termos e Manejos Ambientais**. 2ª ed. Goiás, 2006.

MONTANHER, O. C.; MORAIS, E. S.; SOUZA FILHO, E. E.. **Transporte e Concentração de Sedimentos em Suspensão durante a Recessão de uma Onda de Cheia no Córrego Zororó - PR**. In: XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009, Viçosa. XIII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 2009.

OLIVEIRA, G. H. **As implicações do Uso, Ocupação e Manejo da Terra na qualidade e enquadramento das águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Córrego Bom Jardim, Brasilândia/MS**. 2014. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Três Lagoas.

ORTIZ, F. R. **Pequenas centrais hidrelétricas** / Ramiro Ortiz Flórez. –São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

PINTO, A. L.; MAURO, C. A. **A importância do Ribeirão Claro para o Abastecimento de água da cidade de Rio Claro-SP**. In: Geografia Teórica-vol.15 1985.

PIZARRO, M. A.; EPIPHANIO, J. C. N.; GALVÃO, L. S. **Identificação de minerais em solos tropicais a partir de dados hiperespectrais do sensor AVIRIS**. In: IX

Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 1998, Santos. Anais do IX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São Paulo: Imagem Multimídia, 1998. p. 1315-1325.

RAMACHANDRA, T. V.; JHA, R. K.; KRISHNA S. V.; SHRUTHI B. V. **Spatial Decision Support System for Assessing Micro, Mini and Small Hydel Potential.** Journal of Applied Sciences, v. 4, n. 4, p. 596-604, 2004.

RAMACHANDRA T. V.; SHRUTHI B. V. **Wind energy potential mapping in Karnataka, India, using GIS.** Energy Conversion and Management, v. 46, p. 1561–1578, 2005.

RIMA – Relatório de Impacto Ambiental. **Relatório de Impacto Ambiental PCH Areado: Rio Indaiá Grande – MS.** Curitiba, 2010.

ROCHA, P. C.; SOUZA FILHO, E. E.; FERNANDEZ, O. V. Q. **Aspectos do controle de descargas efetuado por barramentos no Alto Rio Paraná.** Boletim Paranaense de Geociências, v. 46, p. 117-122, 1998.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**, 3ª ed. Uberlândia, Ed. da Universidade Federal de Uberlândia, 1995.

SANTOS, D. A. R. ; VILELA, F. F. ; ARASATO, L. S. ; CORRÊA, C. V. S. ; BORSARI R. **Aplicação de Geotecnologias para a elaboração do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial (PACUERA) da UHE Salto do Rio Verdinho/Goiás.** In: XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR,. São José dos Campos: MCT/INPE, 2013. v. I. p. 6548-6555

SCHNEIDER, L. C.; KINZIG, A. P.; LARSON, E. D.; SOLÓRZANO L. A. **Method for spatially explicit calculations of potential biomass yields and assessment of land availability for biomass energy production in Northeastern Brazil.** Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 84, p. 207–226, 2001

SILVA, M. T. G.; LACERDA, M. P. C.; CHAVES, A. A. A.. **Geotecnologia aplicada na avaliação do uso das terras na microbacia do Ribeirão João Leite, Goiás.** Pesquisa Agropecuária Tropical (Impresso), v. 39, p. 330-337, 2009.

SILVA, M. B. **Estudo da Influência da Poluição Difusa na Qualidade da Água de Reservatórios de Usinas Hidroelétricas.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialista em Gestão Ambiental e Negócios no Setor Energético). Universidade de São Paulo, São Paulo.

SILVA JUNIOR, A. F. **Uso do entorno do reservatório da UHE Promissão: Uma análise ambiental atualizada, face à perspectiva de zoneamento.** 2006. Dissertação de Mestrado – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2006

SORENSEN, B. **GIS management of solar resource data.** Solar Energy Materials & Solar Cells, v. 67, p. 503-509, 2001.

SOUZA, J. S. A. ; BARRETO, R. ; CAMPOS, C. O. ; ELS, R. H. V. **O Uso de SIG para a Identificação de Potencial Hidráulico do Distrito Federal, Visando a Geração de Energia Elétrica.** In: Encontro Nacional de Geografia, 2006, Acre, 2006.

TOP, N.; MIZOUE N.; ITO, S.; SHIGETAKA. K. **Spatial analysis of woodfuel supply and demand in Kampong Thom Province, Cambodia.** Forest Ecology and Management, v. 194, p. 369–378, 2004.

TRICART, J. **Ecodinâmica.** Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

UHLMANN. G. W. **Teoria Geral dos Sistemas: Do Atomismo ao Sistemismo (Uma abordagem sintética das principais vertentes contemporâneas desta Proto-Teoria).** São Paulo, 200.

VOIVONTAS, D.; TSILIGIRIDIS G.; ASSIMACOPOULOS D. **Solar potential for water heating explored by GIS.** Solar Energy, v. 62, n. 6, p. 419–427, 1998

VOIVONTAS, D.; ASSIMACOPOULOS D.; KOUKIOS, E.G. **Assessment of biomass potential for power production: a GIS based method.** Biomass and Bioenergy, v. 20, p. 101-112, 2001.