



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Francisco Beltrão  
**Curso de Engenharia Ambiental**



---

**CRISTIANE VALMORBIDA**

**ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS APÓS A IMPLANTAÇÃO DA USINA  
HIDRELÉTRICA FOZ DO CHAPECÓ COM BASE NOS RELATÓRIOS ENVIADOS  
AO IBAMA**

Francisco Beltrão - PR

2019

**CRISTIANE VALMORBIDA**

**ANÁLISE DOS PROCESSOS EROSIVOS APÓS A IMPLANTAÇÃO DA USINA  
HIDRELÉTRICA FOZ DO CHAPECÓ COM BASE NOS RELATÓRIOS ENVIADOS  
AO IBAMA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.  
Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra Michelle Milanez Franca

Francisco Beltrão - PR

2019



Ministério da Educação  
**Universidade Tecnológica Federal do Paraná**  
Campus Francisco Beltrão  
**Curso de Engenharia Ambiental**



## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso – TCC2

### **Análise dos processos erosivos após a implantação da usina hidrelétrica Foz do Chapecó com base nos relatórios enviados ao IBAMA**

por

**Cristiane Valmorbida**

Trabalho de Conclusão de Curso 2 apresentado às 15:30 horas, do dia 29 de novembro de 2019, como requisito para aprovação da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Francisco Beltrão. A candidata foi arguida pela Banca Avaliadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Avaliadora considerou o trabalho aprovado.

Banca Avaliadora:

\_\_\_\_\_  
**Michelle Milanez França**

(Presidente da Banca)

\_\_\_\_\_  
**Fernando César Manosso**

(Membro da Banca)

\_\_\_\_\_  
**Hernan Vielmo**

(Membro da Banca)

\_\_\_\_\_  
**Denise Andréia Szymczak**

(Professora Responsável pelo TCC)

\_\_\_\_\_  
**Wagner de Aguiar**

(Coordenador do Curso de Engenharia Ambiental)

“O Termo de Aprovação encontra-se assinado na Coordenação do Curso.”

## RESUMO

VALMORBIDA, Cristiane. **Análise dos processos erosivos após a implantação da usina hidrelétrica Foz do Chapecó com base nos relatórios enviados ao IBAMA.** 2019. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2019.

As técnicas utilizadas para o controle de processos erosivos, que podem ser causados pelo impacto ambiental do enchimento do reservatório de uma usina hidrelétrica, necessitam de monitoramento ambiental. O objetivo do estudo é verificar a forma de ocorrência desses processos nas margens do reservatório ao longo do tempo, aliados aos fatores climatológicos e hidrossedimentológicos que agem no local. Esta pesquisa foi realizada através da análise de relatórios produzidos pela usina e enviados ao órgão ambiental licenciador. Fez-se a compilação dos dados de precipitação pluviométrica, vazão sólida, vazão líquida e processos erosivos evidenciados nos relatórios para posterior comparação temporal. Foram evidenciadas as relações entre os dados a partir da análise dos eventos mais significativos ocorridos ao longo do tempo de existência da usina hidrelétrica quanto à ocorrência de focos erosivos nas margens do reservatório. Os resultados foram de convergência entre o que há sobre o tema na literatura e as análises realizadas a partir dos gráficos e tabelas. Pôde-se inferir que o desenvolvimento vegetativo ao longo das margens do reservatório está entre as formas mais ambientalmente seguras de se recuperar a estabilidade do solo nas margens.

**Palavras-chave:** Processos Erosivos. Climatologia. Hidrossedimentologia. Reservatório.

## ABSTRACT

VALMORBIDA, Cristiane. **Analysis of erosion processes after the Foz do Chapecó hydroelectric plant was implemented based on reports sent to IBAMA.** 2019. 65 f. Course's final work. Environmental Engineering course. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Francisco Beltrão, 2019.

The techniques used to control erosion processes, which may be caused by the environmental impact of reservoir filling of a hydroelectric power plant, require environmental monitoring. The aim of the study is to verify the occurrence of these processes in the reservoir margins over time, allied to the climatological and hydrosedimentological factors that act in the place. This research was conducted through the analysis of reports produced by the plant and sent to the licensing environmental agency. It was compiled the data of rainfall, solid flow, liquid flow and erosive processes evidenced in the reports for later temporal comparison. The relationships between the data were evidenced from the analysis of the most significant events that occurred over the lifetime of the hydroelectric plant regarding the occurrence of erosive foci in the reservoir margins. The results were of convergence between what is on the subject in the literature and the analyzes made from the graphs and tables. It can be inferred that vegetative development along the reservoir banks is among the most environmentally safe ways to restore soil stability at the banks.

**Palavras-chave:** Erosive processes. Climatology. Hydrosedimentology. Reservoir.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Mapa do Brasil. ....	23
Figura 2- Mapa da Região Sul.....	23
Figura 3- Áreas pertencentes à UHE. ....	24
Figura 4-Localização de todos os pontos no reservatório. ....	31
Figura 5- Relação campanhas X número de pontos de erosão .....	32
Figura 6-Situação dos pontos observados ao longo de cada monitoramento. ....	33
Figura 7- Caracterização das chuvas ao longo de todo o monitoramento. ....	34
Figura 8- Dados pluviométricos no período de excesso de precipitação. ....	35
Figura 9- Dados pluviométricos no período de menor precipitação. ....	35
Figura 10-Dados hidrossedimentológicos Fase rio. ....	37
Figura 11- Dados hidrossedimentológicos Fase reservatório até agosto de 2014. ....	38
Figura 12- Dados hidrossedimentológicos Fase reservatório entre 2016 e 2018.....	39
Figura 13- Dados hidrossedimentológicos período de excesso pluviométrico. ....	39
Figura 14- Dados hidrossedimentológicos período de menores índices pluviométricos. .....	40
Figura 15- Vazão líquida menor X maior chuva. ....	41
Figura 16- Vazão sólida menor X maior chuva.....	42
Figura 17- Localização dos focos de erosão antes do enchimento.....	43
Figura 18- Localização dos focos de erosão do ano 2010 até início do ano 2014. ....	43
Figura 19- Localização dos focos de erosão no ano de 2014. ....	44
Figura 20- Localização dos focos de erosão após a PEN 13. ....	45
Figura 21- Períodos com maiores focos de erosão marginal. ....	45
Figura 22- Climatologia no PRE 1. ....	46
Figura 23- Climatologia no PEN 13. ....	47
Figura 24- Precipitação máxima X mínima X média PRE 1. ....	48
Figura 25- Precipitação máxima X mínima X média PEN 13. ....	49
Figura 26- Dados hidrossedimentológicos médios no PRE 1.....	49
Figura 27- Dados hidrossedimentológicos médios no PEN 13.....	50
Figura 28- Vazão líquida PRE 1 X PEN 13. ....	51
Figura 29- Vazão sólida PRE 1 X PEN 13. ....	52

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1 OBJETIVO GERAL .....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	10
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	<b>11</b>
3.1 ENERGIA ELÉTRICA .....	11
3.2 USINA HIDRELÉTRICA DE ENERGIA .....	12
3.3 LEGISLAÇÃO PARA UMA UHE .....	14
3.4 IMPACTOS AMBIENTAIS .....	15
3.5 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE .....	17
3.6 PROCESSOS EROSIVOS .....	18
<b>3.6.1 Barragens</b> .....	<b>18</b>
<b>3.6.2 Técnicas de controle</b> .....	<b>19</b>
3.7 DADOS CLIMATOLÓGICOS .....	19
3.8 DADOS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS .....	20
<b>4 MATERIAIS E MÉTODO</b> .....	<b>22</b>
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO .....	22
4.2 PROGRAMAS AMBIENTAIS UTILIZADOS NO REFERIDO ESTUDO .....	25
4.3 ELABORAÇÃO DO MATERIAL DE APOIO .....	28
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>31</b>
5.1 PANORAMA BASE .....	31
5.2 MAPEAMENTO DOS PONTOS COM OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS AO LONGO DO TEMPO .....	42
<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>53</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>54</b>
<b>APÊNDICE A</b> .....	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O modo de vida da população mudou muito desde os primeiros assentamentos populacionais até a atualidade. As pessoas passaram a criar formas mais eficientes de realizar todas as suas atividades.

A eletricidade foi uma forma de energia que auxiliou no progresso de inúmeras atividades e equipamentos, permitindo que ações requerentes de grande esforço manual se tornassem simples. Com o passar do tempo, a eletricidade se tornou essencial para executar as atividades rotineiras, passou a ser difícil imaginar um mundo sem ela; sem um interruptor para acender as luzes de casa, uma tomada para carregar o celular ou conectar a uma televisão, sem a energia elétrica armazenada em uma bateria quando precisamos usar um notebook.

Entretanto, esses avanços geraram bônus e ônus ao nosso planeta. Essas ações ocorreram de forma tão acelerada que deram origem ao conceito de desenvolvimento sustentável. Conceito que aparece pela primeira vez no Relatório Nosso Futuro Comum, mais conhecido como Relatório Brundtland, publicado em 1987 pela Comissão Mundial Sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, organizada pela ONU (Organização das Nações Unidas). Deste modo, uma vez que os ganhos que a energia elétrica fornece estão aliados ao consumo desenfreado, com atualizações de modelos a cada minuto, gerando resíduos e consumindo recursos naturais; é de extrema importância elaborar formas de recuperar ou compensar os danos causados ao meio ambiente.

Assim, o desenvolvimento sustentável age como uma balança, em que o crescimento econômico e tecnológico deve estar em equilíbrio com as exigências do meio, incluindo a redução e reciclagem dos resíduos e as formas de manejo para recuperação de áreas degradadas e preservação dos recursos naturais. No eixo do crescimento econômico e tecnológico estão inseridas as fontes de energia, como por exemplo, as hidrelétricas; no eixo paralelo, de cuidados ambientais, se inserem os profissionais habilitados com planos de manejo e de monitoramento responsáveis por certificar de que as hidrelétricas não causem danos irreversíveis e que os danos inevitáveis sejam minimizados e compensados.

Partindo dessa premissa, independentemente do tipo de reservatório (de acumulação ou a fio d'água), seu entorno sofre com as variações ocasionadas pelo alagamento, isto é capaz de impactar ambientalmente as áreas lindeiras ao

reservatório com, por exemplo, erosão e assoreamento. Nesse sentido, o trabalho em questão trata da ocorrência de processos erosivos no entorno do reservatório de uma Usina Hidrelétrica de Energia.

Dentre as hipóteses que nortearam a execução deste trabalho, se encontra a relação da erosão marginal com as condições climáticas e hidrossedimentológicas do curso d'água. Foi de intento deste estudo, verificar a responsabilidade das condições climáticas na erosão, principalmente a precipitação, e verificar se as condições hidrossedimentológicas, como o carreamento líquido e de sedimentos contribuíram com a erosão e quais as consequências do incremento dos sedimentos erodidos no curso d'água.

O monitoramento dos impactos age em prol do crescimento econômico, tecnológico e é fundamental para a gestão ambiental do empreendimento. Assim, este trabalho intenta o incentivo na realização de estudos similares, que buscam divulgar a informação sobre as ações que estão sendo e que devem ser desenvolvidas de modo a atuar sobre os impactos ambientais negativos, minimizando-os ou compensando-os.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral avaliar a ocorrência dos processos erosivos nas margens do reservatório e sua relação com os programas de monitoramento climatológico e hidrossedimentológico, desde a fase pré enchimento até os dias atuais com base nos relatórios de monitoramento ambiental enviados ao IBAMA.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Mapear os focos de ocorrência dos processos erosivos nas margens do reservatório, a partir das coordenadas disponibilizadas nos relatórios de monitoramento;
- Identificar se as variáveis precipitação pluviométrica, vazão sólida e vazão líquida estão favorecendo a erosão nesses pontos;
- Verificar relação entre a precipitação pluviométrica e eventos erosivos, através de comparação temporal das ocorrências de erosão marginal com as ocorrências de grandes volumes pluviométricos;
- Verificar relação entre vazão sólida, vazão líquida e eventos erosivos, através de comparação temporal das ocorrências de erosão marginal com as ocorrências de picos de vazões líquidas e sólidas.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 ENERGIA ELÉTRICA

A premência de associar o crescimento econômico à melhorias na qualidade de vida da população e à preservação ambiental, ou seja, a efetivação do conceito de desenvolvimento sustentável - que visa a redução de impactos ambientais juntamente com as transformações de consumo no modo de vida das pessoas - proporcionou evoluções a partir do século XXI nas atividades de produção de energia. A energia elétrica, principalmente, é essencial para a realização de atividades diárias da contemporaneidade; há, portanto, indispensabilidade em buscar o desenvolvimento sustentável (ANEEL, 2008).

A utilização de energia elétrica gerada buscando essa forma de desenvolvimento proporciona evoluções na inclusão social e na oferta de trabalho e geração de renda. É necessário, por conseguinte, utilizar fontes diversificadas e mais limpas (que agridem menos o meio ambiente) na matriz energética mundial. Além disso, a Aneel (2008) indica que, no Brasil, a priorização de recursos renováveis vem ocorrendo na medida em que a biomassa passou a ser a segunda maior fonte de energia local em 2007, apesar da grande dependência do petróleo, e os recursos hídricos concebem a maior parte da energia elétrica consumida. Santos e Souza (2016) corroboram com a concepção de que é irreversível o uso de energias renováveis na matriz energética atual para alcançar os objetivos sociais e econômicos do Brasil.

O Brasil conta com grande parcela de fontes renováveis na matriz energética (como eólica, biomassa, hidráulica e etanol), sendo um exemplo para o mundo. Ademais, o Brasil reterá a qualificação de possuir a matriz mais limpa do mundo devido ao grande potencial hidrelétrico do país, citando que 81% da geração de energia elétrica em 2010 ocorreu através da hidreletricidade, sendo que 10% do potencial hidráulico técnico mundial pertence ao Brasil (TOLMASQUIM, 2012).

Em uma comparação entre as fontes de energia, hidrelétricas tem vantagem sobre termelétricas em consequência de durar muitas décadas; o autor não vê sentido em utilizar a queima de combustíveis fósseis enquanto for possível o uso de água para cumprir a mesma finalidade, sendo a última mais barata. Ademais, em uma análise energética mundial, a porcentagem de consumo de energia primária na América Latina é menor do que a porcentagem populacional na mesma área;

enquanto que sua participação em fontes de energia primária, a América Latina representa 21,1% da hidreletricidade mundial. Mais especificamente, o Brasil é o primeiro país do mundo quando relacionado à recursos hídricos; contrapondo a esta posição, o uso do potencial hidrelétrico do Brasil é de aproximadamente 25%, quando nos Estados Unidos a utilização deste recurso cinge os 80% (ROSA, 2007).

Tolmasquim (2012) considera elementares quatro atributos da hidráulica como forma de geração de eletricidade, sendo elas a extremamente baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE), a alta competitividade, o fato de ser uma fonte de energia renovável e a possibilidade de construção das usinas com quase 100% de serviços nacionais que podem gerar renda e empregos no Brasil. Aneel (2008) e Silva, Shayani e Oliveira (2018) concordam com Tolmasquim (2012) quanto à emissão de GEE, sobretudo quando as hidrelétricas são comparadas com as termelétricas, e também quanto ao uso da água como combustível tornar uma hidrelétrica em uma fonte renovável, uma vez que a água não é consumida, ela é utilizada e liberada para outros usos após a geração de energia, o que a torna uma fonte de energia elétrica competitiva economicamente e reduz o custo de uma operação que conta com flexibilidade.

Aneel (2008) também avalia aspectos da energia hidrelétrica em comparação com outras fontes de energia, afirmando que a hidrelétrica é mais barata e abundante no Brasil, deste modo, mais utilizada para o abastecimento do mercado. Isto está atrelado ao estratégico favorecimento do país pelos seus recursos naturais; assim como concluiu Tolmasquim (2012), a Aneel (2008) avalia a abundância brasileira de recursos naturais como redutora da dependência de suprimentos externos e isso, portanto, gera maior segurança quanto ao abastecimento de energia nacional.

### 3.2 USINA HIDRELÉTRICA DE ENERGIA

Aneel (2008, p. 149) define central hidroelétrica como “Instalação na qual a energia potencial e cinética da água é transformada em energia elétrica”.

A Aneel (2008) classifica o porte das centrais hidroelétricas de acordo com sua potência instalada; deste modo, uma central com até 1 MW de potência instalada é denominada Central Geradora Hidrelétrica (CGH), enquanto uma central que tenha potência instalada entre 1,1 MW e 30 MW é denominada Pequena Central Hidrelétrica (PCH) e uma central com mais de 30 MW de potência instalada é denominada Usina

Hidrelétrica de Energia (UHE). Além do porte da hidrelétrica, há alguns parâmetros usados para classificar uma usina hidrelétrica; dentre eles estão a vazão, a altura da queda d'água, o tipo de turbina utilizado, a localização da usina, o tipo de barragem e o tipo de reservatório.

A estrutura de uma usina funciona de maneira integrada e compreende um sistema de captação e adução de água, assim como uma barragem, uma casa de força e vertedouro. O objetivo de uma barragem é a interrupção do curso normal de um rio a fim de que se forme um reservatório, permitindo que haja o desnível preciso para dar forma à energia hidráulica. Para isso, é necessária a captação de água em determinado volume assim como o controle para que a vazão dos rios seja regular tanto em períodos chuvosos quanto em períodos secos (ANEEL, 2008).

A classificação segundo o tipo de reservatório pode ser de acumulação ou a fio d'água. Um permite que seja feito estoque de grande quantidade de água que pode ser usado em épocas de seca prolongada, enquanto o outro tira proveito da velocidade do rio para a geração de energia, com mínimo acúmulo. As usinas a fio d'água, por não possuir reservatórios, acabam por ter áreas de alagamento reduzidas, apesar da perda da capacidade de ter estoque de água para períodos de estiagem (ANEEL, 2008).

Grande maioria das hidrelétricas licitadas a partir de 2003 são a fio d'água ou com baixa capacidade de reservação; isto leva ao aumento da participação térmica na matriz brasileira de energia elétrica, o que impacta sobre os preços, o ambiente e, mais especificamente o aumento das emissões de GEE pelas usinas térmicas. Em 2017 as UHE contribuiriam com apenas 71% da capacidade instalada nacional, 8,6% menor do que em 2008, apesar da evolução das PCH no mesmo período reduza esta queda para 7% (ABBUD; TANCREDI, 2010).

Ainda segundo Abbud e Tancredi (2010), a pressão ambientalista sobre usinas com reservatório leva à perda de regularização plurianual do sistema hidrelétrico, a qual confere segurança ao abastecimento elétrico, que pode ser realizada devido à capacidade de os reservatórios armazenarem água em períodos chuvosos para gerar energia em períodos de estiagem. Apesar deste contraponto, justifica a utilização de hidrelétricas pelo fato de que quando jovens, seis a dez anos de operação, os lagos contribuem muito pouco com o efeito estufa quando se compara com uma usina termelétrica de igual potência; quando se compara a emissão de carbono para cada MW gerado, a emissão de hidrelétricas é cem vezes menor do que a das termelétricas;

outrossim, foram verificados lagos mais maduros que momentaneamente, em relação ao carbono, mais absorvem do que emitem. Com isso, os autores inferem também que outras formas de produção de energia são mais caras e com menos vantagens do ponto de vista ambiental do que uma hidrelétrica.

A sequência estrutural de uma usina hidrelétrica se dá pelo sistema de captação e adução, composto por canais ou condutos metálicos que conduzem a água à casa de força; nesta, a água passa pelas pás das turbinas, as quais estão conectadas ao eixo do gerador; o movimento da água através das pás gira o eixo, assim, a energia cinética do movimento da água é convertida em energia elétrica; posteriormente, a água volta ao leito natural do rio através do canal de fuga. Vários tipos de turbina são indicados, incluindo Francis e Bulbo, sendo que a turbina Bulbo é mais utilizada em usinas a fio d'água, em que as quedas são baixas e as vazões são altas. O vertedouro tem como função, permitir a passagem de água a fim de manter o controle nos níveis do reservatório, em razão de excesso de vazão ou de chuva, por exemplo (ANEEL, 2008).

A Aneel (2008) menciona também, o Sistema Interligado Nacional (SIN), sistema que abrange a geração e transmissão de energia elétrica de diversas usinas, linhas de transmissão e distribuição. As distribuidoras recebem a energia destinada ao abastecimento nacional através das companhias de transmissão.

### 3.3 LEGISLAÇÃO PARA UMA UHE

Conforme a resolução 237 do Conama (1997), em seus artigos 2º e 3º:

A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis (CONAMA, 1997).

A licença ambiental para empreendimentos e atividades consideradas efetiva ou potencialmente causadoras de significativa degradação do meio dependerá de prévio estudo de impacto ambiental e respectivo relatório de impacto sobre o meio ambiente (EIA/RIMA), ao qual dar-se-á publicidade, garantida a realização de audiências públicas, quando couber, de acordo com a regulamentação (CONAMA, 1997).

De acordo com Santana e Brzezinski (2018), antes de iniciar a construção de uma hidrelétrica é necessário pedir autorização ao Governo Federal, que por sua vez verificará a viabilidade do projeto; autorização concedida, a empresa deverá realizar

estudos de viabilidade e de meio ambiente, os estudos de impacto ambiental (EIA). Conama (1997) na resolução 237, em seu artigo 1º, define estudos ambientais como sendo estudos relativos aos aspectos ambientais que englobam a localização, instalação, operação e ampliação de um empreendimento ou atividade com a finalidade de análise para a emissão da licença que permite a efetivação da obra.

De acordo com Zhouri (2008) assim como com Santana e Brzezinski (2018), os EIA seguem orientações de um Termo de Referência (TR) e devem abranger as possíveis consequências e danos no local em que o projeto será executado. Além disso, consoante Santana e Brzezinski (2018), deve ser elaborado um Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), um resumo contendo os principais pontos avaliados no EIA de uma forma mais simples, acessível e com linguagem popular.

Segundo Zhouri (2008), o TR é emitido pelo órgão ambiental atuante no empreendimento e atua como um padrão que orienta qualquer obra, limitando os EIA/RIMA a aspectos ecológicos, sociais e culturais locais. Sendo que, o órgão ambiental competente quando se trata de atividades ou empreendimentos desenvolvidos ou localizados em dois ou mais Estados, conforme Conama (237/1997) - órgão que regulamenta as etapas a ser seguidas para obtenção de licenciamento ambiental e etapas para a avaliação dos impactos ambientais - é o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA).

### 3.4 IMPACTOS AMBIENTAIS

A oposição à construção de hidrelétricas baseia sua contrariedade nos impactos sobre fauna e flora locais assim como sobre a vida da população afetada, a formação de grandes reservatórios, elevação do nível dos rios ou mudanças no seu curso. Entretanto a indústria hidrelétrica, por não apresentar grandes variações no processo produtivo e ser provida de uma grande quantidade de estudos a respeito de impactos ambientais, é considerada tecnologicamente madura (ANEEL, 2008; SILVA; SHAYANI; OLIVEIRA, 2018).

É possível que haja uma tendência de abandono da hidreletricidade causado pelos movimentos contrários às grandes represas em nome das causas ambientais. Uma alternativa aos movimentos seria reduzir as dimensões das áreas afetadas pelo reservatório, diminuindo consideravelmente a área inundada; como ocorre nos casos de usina a fio d'água (ROSA, 2007).

Já Tolmasquim (2012), considera que os impactos ambientais devem ser mitigados ou compensados para que qualquer potencial hidráulico seja aproveitado. De modo a preservar o bioma local, as áreas mais bem conservadas contam com grande parte das áreas de entorno de reservatórios atualmente; outrossim, se tratando de projetos mais recentes, seu efeito sobre a socioeconomia engrandece os índices de desenvolvimento humano nos núcleos urbanos próximos à esses empreendimentos de forma que se tornem superiores aos da região a que pertencem.

Conforme Conama (1986) em seu artigo 1º da resolução 01:

Considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Sánchez (2013, p. 34) define impacto ambiental de maneira mais sucinta, como “Alteração da qualidade ambiental que resulta na modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana”.

Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) é um exame das possíveis consequências de ações tomadas no presente ou que possam vir a ser tomadas no futuro; assim, se torna hábil realizar as etapas sequenciais do EIA, incluindo estudos de base e planos de gestão ambiental. Os órgãos de controle ambiental, legislações vigentes, organismos de financiamento e a evolução de técnicas exigem que a AIA siga uma metodologia, na qual é realizada uma análise que relaciona as ferramentas de identificação de impactos e suas causas com cada método a fim de obter conhecimento sobre todas as medidas que possam ser propostas para a mitigação dos impactos listados (SÁNCHEZ, 2013; NOGUEIRA et al., 2018).

A fim de mitigar os impactos é necessário realizar o monitoramento ambiental, utilizando-se de coletas sistemáticas e periódicas dos dados selecionados para verificar se os requisitos determinados anteriormente, no EIA/RIMA, foram alcançados. Por conseguinte, o objetivo do monitoramento é a recuperação ambiental, a qual faz uso de técnicas de manejo, restabelecendo assim a vegetação e qualidade da água e conseqüentemente a comunidade biótica, para converter um ambiente

degradado em um ambiente utilizável para um novo e sustentável uso produtivo. Atualmente, quando atrelado a ambientes terrestres, a recuperação ambiental é denominada Recuperação de Áreas Degradadas (RAD) (SÁNCHEZ, 2013).

O monitoramento ambiental se insere nas atividades de gestão ambiental, as quais seguem um planejamento para assegurar a recuperação das áreas danificadas. Todavia, Sánchez (2013) explica que o monitoramento das hipóteses estabelecidas no EIA, por sua vez, confirma ou desmente essas hipóteses por meio de programas adequados de monitoramento.

Tendo em vista a importância do monitoramento para a recuperação ambiental, Sánchez (2013) classifica o monitoramento ambiental de acordo com as etapas em que o empreendimento se encontra; as etapas são pré-operacional, operacional e pós-operacional que se referem respectivamente às fases de estudos de base, funcionamento e depois do encerramento do empreendimento. Sánchez (2013) explicita que o plano de monitoramento se relaciona prioritariamente com a etapa operacional. Além dos EIA/RIMA e do plano de monitoramento posterior à AIA, Nogueira et al. (2018) ressaltam o papel do Plano Básico Ambiental (PBA), que abarca as propostas de ação dos estudos e da Licença Prévia a fim de utilizar estas ações durante instalação e operação do projeto de forma a articular as medidas de mitigação e compensação.

### 3.5 ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

De acordo com a Constituição Federal (1988) em seu artigo 225º:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações (CONSTITUIÇÃO FEDERAL, 1988).

As áreas de preservação permanente (APP) são fundamentais para o desenvolvimento sustentável e para a qualidade dos recursos hídricos devido ao fato de a vegetação facilitar a infiltração da água e reduzir os riscos de erosão e, por consequência, reduzir o assoreamento dos corpos d'água. Ademais, as APP são extremamente importantes como corredores de biodiversidade, essencial para a manutenção do desenvolvimento da flora e fauna da região em que as APP se encontram (GUIMARÃES; GUIMARÃES; LEAL, 2015).

### 3.6 PROCESSOS EROSIVOS

A erosão é um fenômeno que altera o solo, com variações na sua intensidade afetados pelos tipos de solo, cobertura vegetal, clima e declividade do terreno. Com isso, climas áridos contam com maior intensidade da ação eólica na erosão, devido aos solos rasos com vegetação rala; climas tropicais, de outro modo, contam com erosão provocada pelas chuvas intensas (SÁNCHEZ, 2013).

O conceito de Santos e Souza (2016) sobre a erosão ilustra a mesma como processo natural que passa pelas etapas de degradação do solo ou de rochas, decomposição do mesmo, transporte e deposição do material; agindo desde o princípio da Terra. Já Oliveira, Santos e Araujo (2018, p. 62) especificam a descrição de erosão como “Um processo (ou grupo de processos) que remove as camadas de solo e transporta-as através dos agentes erosivos, tais como rios, mares, vento e chuva”. Segundo Oliveira, Santos e Araujo (2018), são necessárias duas fases para compor a erosão; a remoção das partículas de solo e o transporte dessas partículas pelos agentes erosivos.

Se pode medir a intensidade da erosão a partir da massa de solo perdida por unidade de área em determinado intervalo de tempo, por exemplo t/ha/ano. Ademais, as atividades antrópicas têm capacidade de intensificar os processos erosivos; quando suprimem uma vegetação florestal em troca de uma cultura, estrada ou mina, por exemplo; deixando o solo exposto e sem proteção contra o intemperismo dos ventos e chuvas (SÁNCHEZ, 2013).

Sánchez (2013) elucida que com os processos erosivos, as águas transportam sedimentos para o fundo de lagos e rios, gerando o assoreamento destes corpos d'água. Assim como Oliveira, Santos e Araujo (2018), que concluíram que os danos causados pela erosão abrangem o assoreamento, contaminação de cursos d'água, enchentes, etc.

#### 3.6.1 Barragens

A respeito da essencialidade de considerar erosão, transporte e deposição de maneira unificada quando se analisa uma bacia hidrográfica, Coelho (2008) comenta que estes elementos, além de outros, são capazes de interferir no funcionamento e na dinâmica do sistema em questão, como ocorre em obras de engenharia em calhas de rios. Silva, Shayani e Oliveira (2018) entram em concordância com Coelho (2008)

quando mencionam que a retirada de vegetação nativa na etapa de construção de um empreendimento como as barragens acaba por tornar o solo mais exposto aos processos erosivos; complementando que a interrupção do curso d'água em projetos hidrelétricos comumente altera o regime hídrico além de comprometer a qualidade da água.

Deve-se atentar para os impactos causados pelas barragens, os quais agem nas áreas de influência direta (área alagada), indireta, totalidade da bacia e área de influência político-administrativa. Outrossim, as alterações que ocorrem nas bacias hidrográficas quando da construção de reservatórios e planícies de inundação, por exemplo, tem relação direta com a erosão marginal causada pela corrente dos rios nos canais fluviais; por conta disso é necessário o estudo dos processos que atuam nos canais a fim de compreendê-los com mais clareza (COELHO, 2008).

### **3.6.2 Técnicas de controle**

Santos e Souza (2016) destacam a importância de investigar a susceptibilidade erosiva do solo ainda quando é desenvolvido o plano de controle e monitoramento, sendo incluída nesta investigação a existência de formas de proteção do solo, como a cobertura vegetal que promove a conservação estrutural do mesmo impedindo grandes mobilizações sedimentares.

Dentre os efeitos da vegetação estão a proteção contra o impacto das gotas de chuva, aumento da infiltração da água no solo, aumento da matéria orgânica que melhora a estrutura do solo além de melhorar a retenção de água e, o aumento do atrito superficial que provoca uma diminuição na velocidade de escoamento. Além disso, o uso da vegetação para controlar a erosão e o assoreamento dos cursos d'água, tendo como aspecto principal a redução do escoamento superficial, evita a desagregação das partículas do solo e aumenta sua camada orgânica (SANTOS; SOUZA, 2016; RODRIGUES et al., 2015).

### **3.7 DADOS CLIMATOLÓGICOS**

Rosa et al. (2017) informa que há diversos fatores que influenciam na ocorrência dos processos erosivos, dentre os quais se encontram a geologia e pedologia da região, o uso e ocupação do solo, a precipitação e a declividade do terreno. De acordo com Rosa et al. (2017), a precipitação é considerada como fator

principal, devido aos eventos erosivos se concentrarem em períodos mais chuvosos do ano. Oliveira, Santos e Araujo (2018) também consideram o clima como fator de bastante influência nos processos erosivos. Da mesma maneira, Anache et al. (2017) atesta que no Brasil, a erosão pluvial causa perdas de solo entre 0,1 e 136 t/ha conforme o uso e ocupação do solo, sendo a forma mais significativa de erosão no país.

Tanto no caso de chover muito em um curto período como no caso de chover pouco durante um longo período ocorre acúmulo de água relativamente alto, deixando o solo saturado ou com menor capacidade de retenção de água, o que leva ao escoamento superficial e desagregação de materiais. No entanto, quando não há ocorrência de nenhum dos dois casos citados, a erosão ainda pode ocorrer devido a outros fatores influentes (ROSA et al., 2017).

A dissipação, na superfície, de energia cinética acumulada nas gotas de chuva faz com que esta forneça grande influência à erosão. Além da precipitação, Oliveira (2018) credita ao clima a definição do tipo de proteção vegetal que o terreno pode apresentar.

### 3.8 DADOS HIDROSSEDIMENTOLÓGICOS

Rossoni (2018) compara a hidrossedimentologia ao ciclo da água, sendo o início do ciclo sedimentológico com os processos erosivos, passando pelo transporte e pela deposição final do sedimento. Zanandrea, Kobiyama e Michel (2017) compreendem que a hidrossedimentologia trata da interação entre processos sedimentológicos e hidrológicos de uma bacia hidrográfica. De maneira mais aprofundada, Macedo (2013) caracteriza o canal fluvial pelos seus aspectos morfológicos e pelas descargas líquidas e sedimentares tanto suspensas quanto de fundo.

O conhecimento hidrossedimentológico de uma bacia hidrográfica é fundamental para o planejamento a respeito do manejo dos recursos naturais. Todavia, o estudo sobre transportes de sedimentos é complexo e com desafios que incluem compreender a dinâmica dos processos em função de monitoramentos diários devido às grandes variações que podem ocorrer em medições diárias (VESTENA, 2009).

O intuito do estudo da variação temporal no transporte de sedimento nos canais fluviais é o gerenciamento do sistema de coleta, transporte e deposição dos

sedimentos; permitindo que se avalie a interferência antrópica. Essas interferências são identificadas pelas variações na quantidade de sedimento que o canal aporta e pelas alterações no uso do solo; além disso, é possível visualizar a variação no fluxo de água e sedimentos dos rios por causa de estruturas de engenharias, como canalizações, represas e pontes (LELI et al., 2011).

A velocidade e turbulência do fluxo dos rios definem os processos de erosão, transporte e depósito dos sedimentos e seu poder de trabalho, podendo variar conforme alterações de fluxo ou de carga. Os rios possuem funcionamento natural, contudo, a ação antrópica é capaz de acelerar a dinâmica destes agentes sendo que qualquer alteração no sistema hídrico provoca mudanças hidrossedimentológicas significativas; com isso, o aumento na carga de sedimentos gera mudanças na quantidade e qualidade da água, corroborando com o assoreamento e demais fatores ao longo do curso d'água (OLIVEIRA; SANTOS; ARAUJO, 2018; SILVA; ANDRADE; ANDRADE, 2018).

Para Vestena (2009), o monitoramento é fundamental quando se trata da compreensão da hidrossedimentologia, e afirma que atividades agrícolas, malhas de acesso e distúrbios nos canais fluviais colaboram significativamente com o aumento na quantidade de sedimentos transportados pelos cursos d'água.

## 4 MATERIAIS E MÉTODO

### 4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Este estudo se enquadra na categoria de pesquisa qualitativa exploratória, com delineamento de estudo de caso associado à pesquisa documental.

A área de abrangência deste trabalho engloba a área total do reservatório da usina Foz do Chapecó Energia S. A. (FCE), atualmente em operação; tanto no seu perímetro marginal como no seu interior, que pode apresentar variações nas descargas sólidas e líquidas com a ocorrência de erosão nas margens. A FCE se caracteriza como uma unidade a fio d'água, gerando energia com o fluxo de água do rio, com mínimo acúmulo do recurso hídrico.

A usina está instalada no Rio Uruguai, entre os municípios de Águas de Chapecó (Santa Catarina) e Alpestre (Rio Grande do Sul), sendo que a casa de força fica totalmente em Alpestre. O reservatório tem uma área de 79,2 Km<sup>2</sup>, dos quais 40,0 Km<sup>2</sup> correspondem à própria calha do rio, assim, apenas 39,2 Km<sup>2</sup> foram inundados, o que torna a Foz do Chapecó uma das usinas com menor coeficiente área alagada/potência instalada do País; valor baixo quando se compara ao reservatório da Itaipu, com 1.350 Km<sup>2</sup> de área, o sétimo maior do Brasil, segundo Itaipu Binacional (2019).

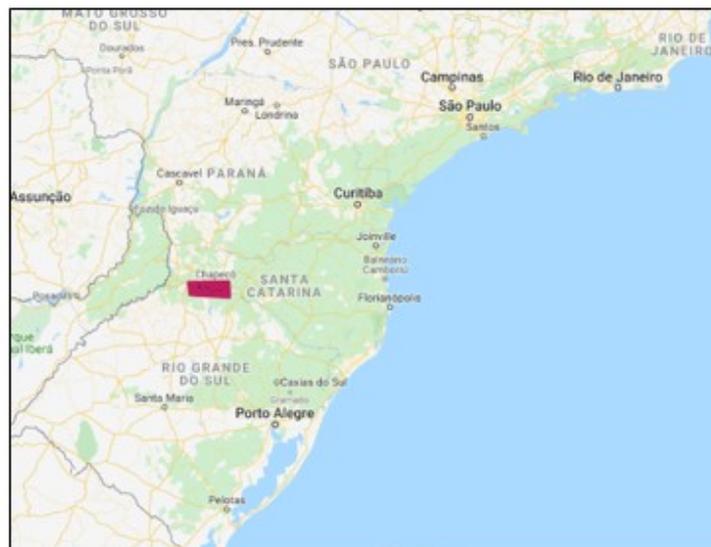
A localização em que se encontra a FCE em relação ao mapa do Brasil, na Figura 1, está evidenciada, na Figura 2, na região Sul do país, entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Figura 1- Mapa do Brasil.



Fonte: Autoria própria, 2019.

Figura 2- Mapa da Região Sul.



Fonte: Autoria própria, 2019.

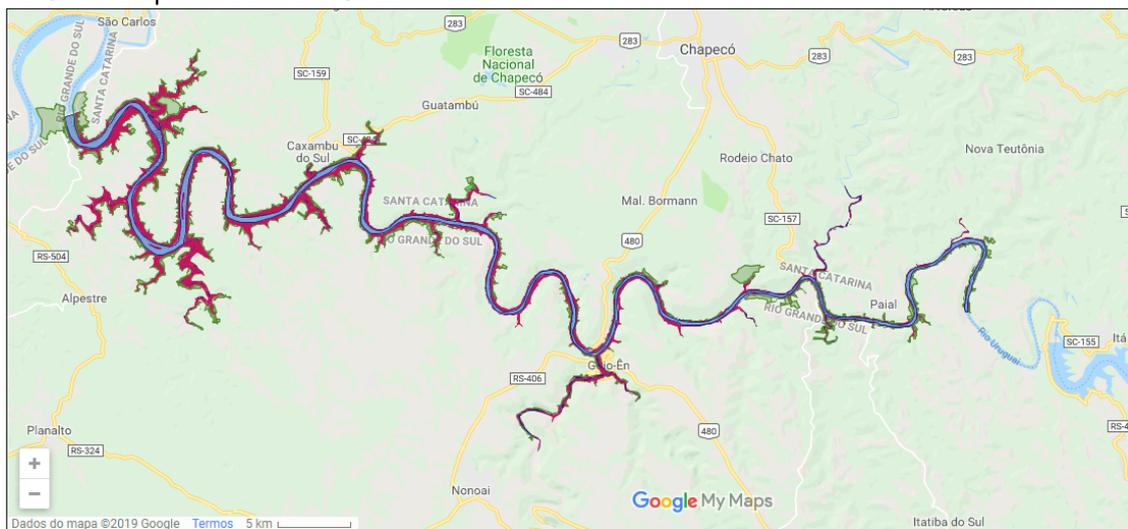
A FCE é classificada como uma UHE por ter potência instalada de 855 megawatts; sua altura de queda d'água é de 49,8 metros, com turbinas Francis em quatro unidades geradoras. A barragem tem 598 metros de extensão e 48 metros de altura, sendo a primeira no Brasil a fazer uso da técnica do núcleo asfáltico, técnica comum na Europa e Estados Unidos que garante total segurança no bloqueio da água já que o asfalto tem excelente desempenho como impermeabilizante. Sua vazão

mínima é de 75 m<sup>3</sup>/s e a máxima é de 62.190 m<sup>3</sup>/s, somente 100 m<sup>3</sup>/s menor que a vazão máxima da Itaipu.

A Figura 3 mostra as áreas pertencentes à UHE Foz do Chapecó, em específico, as áreas ao longo do reservatório, objeto de estudos do presente trabalho. As cores azul, roxo e verde compõem a área pertencente à FCE, sendo que a cor azul do trecho em destaque representa a calha original do rio, a cor roxa representa a área inundada pela formação do reservatório e a cor verde representa os locais em que foi implementada Área de Preservação Permanente nos entornos do reservatório e locais utilizados como canteiro de obras ao longo da fase de construção.

Com isso, se pode verificar que a delimitação se estende, no sentido do fluxo do rio, da jusante do barramento da UHE Itá ao barramento da UHE Foz do Chapecó, próximo à cidade de Alpestre. Outra observação possível com a composição de cores é de que a área inundada (39,2 Km<sup>2</sup>) está representada em proporção próxima da área de calha original do rio; isto corrobora a informação de que a área inundada corresponde à aproximadamente metade da área total do reservatório (79,2 Km<sup>2</sup>). Para isso, doze municípios em Santa Catarina – Águas de Chapecó, Caxambu do Sul, Guatambu, Chapecó, Paial e Itá – e no Rio Grande do Sul – Alpestre, Rio dos Índios, Nonoai, Faxinalzinho, Erval Grande e Itatiba do Sul – tiveram áreas utilizadas na formação do reservatório e das APPs.

Figura 3- Áreas pertencentes à UHE.



Fonte: Autoria própria, 2019.

## 4.2 PROGRAMAS AMBIENTAIS UTILIZADOS NO REFERIDO ESTUDO

O PBA (Projeto Básico Ambiental) é um documento essencial no processo de licenciamento ambiental, obrigatório para hidrelétricas. Uma vez que é utilizado para análise dos órgãos ambientais competentes quanto à adequação do empreendimento com os requisitos ambientais para a aprovação da Licença de Instalação que autoriza o início das obras planejadas. Ao longo do EIA/RIMA, com o qual se obtém a Licença Prévia, são diagnosticados os possíveis impactos ambientais e seus níveis de severidade e reversibilidade, além da elaboração de programas ambientais para controle e redução dos impactos previstos; o PBA é a etapa posterior, em que são detalhados os programas propostos no EIA, permitindo aos órgãos ambientais competentes avaliar sua eficácia e eventuais falhas. O documento, portanto, gera maior exatidão no custo ambiental do empreendimento e torna mais claras as responsabilidades ambientais exigidas.

Nesse PBA do Aproveitamento Hidrelétrico Foz do Chapecó foram retomados os programas expostos no EIA e acrescentados novos programas, conforme verificada a necessidade a partir das informações obtidas em novas vistorias, com a finalidade de assegurar a abrangência necessária para a preservação ambiental. Este trabalho delimitou alguns dos programas para estudo dos parâmetros; o programa de Controle dos Processos Erosivos, Monitoramento Climatológico e Monitoramento Hidrossedimentológico.

O Programa de Controle dos Processos Erosivos foi definido como o 1º Programa do Plano de Gestão Ambiental, visando evitar o assoreamento do reservatório e a consequente redução da vida útil do mesmo, o que seria feito com o acompanhamento da ocorrência e desenvolvimento de processos erosivos nas margens. Este programa busca a minimização da ocorrência de processos erosivos, identificando-se as áreas com maior risco potencial e adotando-se as medidas preventivas e/ou corretivas compatíveis com cada situação.

O programa busca um cenário de inexistência e/ou controle dos processos erosivos mais significativos nas margens do reservatório, com taludes protegidos, recuperados e estabilizados pela recuperação das áreas através do desenvolvimento de espécies vegetais, melhorando as características químicas, físicas e biológicas dos solos revegetados.

Como metodologia estabelecida para os procedimentos do programa em questão, foi realizada a avaliação do potencial erosivo das margens do reservatório, delimitando-se as áreas potencialmente erodíveis com o uso de uma base planialtimétrica para elaboração de mapas de Fotointerpretação do entorno do reservatório em função da vulnerabilidade das margens inter-relacionadas com o uso e ocupação. Os procedimentos a ser aplicados intentam o controle e manejo de solos ou reflorestamento. Assim, a metodologia segue as atividades de observação dos fenômenos de instabilidade nas áreas indicadas, avaliando o grau de risco e selecionando o projeto de estabilização mais compatível com cada local. As ações de contenção exigem observação para antever problemas que possam ocorrer no sistema de drenagem, vegetação plantada, obstrução de drenos, etc., evitando novas instabilizações. Foi estabelecido que para fins de monitoramento, seriam realizadas inspeções visuais para observação dos fenômenos.

Também foi definido no PBA, que o Programa de Controle dos Processos Erosivos se relaciona com os programas de Monitoramento Climatológico e de Monitoramento das Condições Hidrossedimentológicas, entre outros.

O programa de Monitoramento Climatológico foi definido como o 4º programa do PBA, justificado pela preocupação de alguns moradores com relação ao aumento da nebulosidade junto aos vales. Assim, o monitoramento inclui algumas variáveis como temperatura, umidade do ar, pressão atmosférica, radiação solar, vento, precipitação e evaporação, que permitirão verificar estas possíveis alterações.

Deste modo, optou-se por caracterizar as variáveis climáticas na região de influência do empreendimento, registrando seu comportamento local antes e após a formação do reservatório, possibilitando a formação de um banco de dados meteorológicos capazes de fornecer subsídios para os outros programas do PBA e para outras atividades a serem desenvolvidas na região. Metodologicamente, foi utilizado um banco de dados meteorológicos das estações já em operação na região, além da implantação de novas estações automatizadas de coleta de dados na área do reservatório, respeitando-se os preceitos da OMM - Organização Meteorológica Mundial para a elaboração do projeto executivo e a escolha das áreas para instalação.

O programa de Monitoramento Hidrossedimentológico foi definido como o 5º programa do PBA. Programas como este são comuns em empreendimentos de geração de energia elétrica por possibilitarem o monitoramento de eventuais alterações no regime fluvial e no transporte de sedimentos do corpo hídrico,

permitindo que sejam elaboradas e quantificadas medidas corretivas. O barramento do curso d'água tende à retenção de sedimentos afluentes no reservatório devido à redução da velocidade das correntes, alteração na calha do rio e elevação do nível d'água. Essas mudanças podem agravar processos naturais de erosão, carreamento e assoreamento; sendo o programa de monitoramento, capaz de minimizar estes efeitos e subsidiar o planejamento ambiental.

O programa em questão possui como meta de ação, a realização de, pelo menos, duas campanhas anuais, uma na cheia e outra na estiagem, com medições de descarga líquida e sólida. Com isso, torna-se possível relacionar os dados registrados com condições anteriores ao empreendimento e com os padrões de vazão mínima estabelecidos. Isso proporciona a avaliação do comportamento hidrossedimentológico em questões de tempo de vida útil do reservatório e seu uso para atividades múltiplas.

A metodologia do programa foi estruturada nas fases de levantamento topobatimétrico e de implantação e operação de uma rede hidrossedimentométrica composta, inicialmente, por quatro estações de medição de descarga sólida e líquida distribuídas nos principais formadores do reservatório. Além disso, a inter-relação com o Programa de Monitoramento Climatológico permite que se avaliem os efeitos das precipitações sobre a geração do escoamento e da produção de sedimentos na bacia.

Anterior ao enchimento, em junho de 2007, foram iniciadas as campanhas de monitoramento, que têm sido realizadas de acordo com as “Normas e Recomendações Hidrológicas” estabelecidas pelo antigo DNAEE (Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica) através do decreto no 60.852 de 14 de junho de 1967. Com a utilização da rede de estações fluviométricas, são realizadas medições de vazão líquida e coletas de sedimentos em campanhas trimestrais.

Em termos hidrossedimentométricos, os reservatórios implantados na bacia do rio Uruguai à montante da UHEFC colaboram com o aumento da vida útil do seu reservatório, uma vez que os sedimentos são contidos por cada reservatório anterior devido ao barramento e à redução da velocidade de fluxo d'água. Isso é corroborado pelo relatório de 2014, o qual compreende todo o período antecedente até 2007; quando é apresentado o baixo potencial de aporte de sedimentos para o reservatório, desde que sejam mantidas as tendências de produção média de sedimentos e desprezando futuras interferências antrópicas.

### 4.3 ELABORAÇÃO DO MATERIAL DE APOIO

Para realizar a avaliação dos processos erosivos, bem como os fatores interferentes, foram utilizados relatórios feitos pelo setor de meio ambiente da usina, os quais foram feitos com o propósito de documentar os dados obtidos no decorrer de cada semestre através de monitoramento dos programas de controle dos processos erosivos, condições climatológicas e hidrossedimentológicas. Esses relatórios foram entregues ao IBAMA, como estipulado no plano de gestão ambiental após aprovação do Estudo de Impacto Ambiental.

A partir destes relatórios, após autorização de uso, foram compiladas as informações relevantes ao estudo de caso. Para isso, foram confeccionadas planilhas no formato Excel, contendo os dados mais relevantes de cada relatório estudado. Os dados foram dispostos nas planilhas em relação à variável tempo, mensurado como período de monitoramento e segregado em meses.

Foi confeccionada a Tabela 4, visando contextualizar os códigos utilizados nas campanhas de monitoramento dos processos erosivos para melhor compreensão do estudo. O código iniciado por PRE, tem como premissa, a avaliação do período anterior ao enchimento do reservatório, ou pré enchimento. O código iniciado por ENC, está relacionado ao período de enchimento do reservatório. E os demais códigos iniciados por PEN se referem aos períodos posteriores ao enchimento do reservatório, ou pós enchimento. A sequência numeral tem o intuito de facilitar o entendimento cronológico das campanhas de monitoramento.

Tabela 1- Código das campanhas de monitoramento dos processos erosivos de acordo com o período cronológico.

<b>Código</b>	<b>Cronograma</b>
PRE 1	mai/2007 - mai/2010
ENC 2	jun/2010 - set/2010
PEN 3	ago/2010 - dez/2010
PEN 4	jan/2011 - mar/2011
PEN 5	abr/2011 - jun/2011
PEN 6	jul/2011 - set/2011
PEN 7	out/2011 - dez/2011
PEN 8	jan/2012 - mar/2012
PEN 9	abr/2012 - jun/2012
PEN 10	jul/2012 - out/2012
PEN 11	nov/2012 - ago/2013
PEN 12	set/2013 - mar/2014
PEN 13	abr/2014 - out/2014
PEN 14	nov/2014 - mai/2015
PEN 15	jun/2015 - dez/2015
PEN 16	jan/2016 - jun/2016
PEN 17	jul/2016 - dez/2016
PEN 18	jan/2017 - jun/2017
PEN 19	jul/2017 - nov/2017

**Fonte:** Autoria própria, 2019.

Com isso, foram quantificados os focos de erosão marginal ao longo de cada semestre monitorado, desde a fase pré enchimento do reservatório até fins de 2017, período correspondente ao último relatório enviado ao IBAMA e protocolado pelo instituto até o início deste estudo. Também foram coletadas informações a respeito de volumes de precipitação ao longo desse período nos relatórios climatológicos; além dos dados de vazão sólida e líquida presentes nos relatórios hidrossedimentológicos.

A partir da coleta das coordenadas de cada ponto em que ocorreram processos de erosão marginal, feita durante a elaboração das planilhas, foi possível realizar o mapeamento destes pontos. O mapeamento foi iniciado pela marcação de cada ponto no programa Google Earth, utilizando as coordenadas de cada um; e, posteriormente, exportando as marcações para um arquivo georreferenciado no Google My Maps, que permite a visualização dos pontos tanto em imagem de mapa padrão quanto em imagem de satélite.

Além disso, o mapeamento, da maneira como foi confeccionado, permitiu a observação dos pontos com a seleção do fator tempo. Deste modo, foi possível perceber em quais períodos de tempo se encontraram os maiores números de focos

de erosão. A obtenção desses dados foi fundamental para que o comparativo entre os relatórios a respeito dos processos erosivos, das condições climáticas e das condições hidrossedimentológicas na área de abrangência fosse realizado de maneira eficaz.

As tabelas e os gráficos, quantitativos e qualitativos, utilizados no estudo foram construídos a partir das planilhas já elaboradas. No próprio Excel, foram selecionados os dados passíveis de quantificação presentes nas planilhas e, em sequência, os dados foram convertidos em tabelas e, a partir destas, em gráficos comparativos.

Ao coletar os dados hidrossedimentológicos foram utilizadas as unidades apresentadas nos relatórios (vazões Líquidas em  $m^3/s$  e vazões sólidas em ton/dia). Todavia, tendo em vista a impossibilidade de comparação devido às diferentes unidades de medida, optou-se pela padronização da unidade de tempo, a fim de facilitar a visualização gráfica (vazões Líquidas em  $m^3/h$  e vazões sólidas em kg/h).

A conversão de unidades pode ser visualizada nas Tabelas 2 e 3 a seguir:

Tabela 2- Conversão de unidades para vazão líquida.

$m^3$	3600s	$3600m^3$	$3600m^3/h$
S	1h	1h	

**Fonte:** Autoria própria, 2019.

Tabela 3- Conversão de unidades para vazão sólida.

Ton	1dia	1000kg	1000kg	41.67kg/h
Dia	24h	1ton	24h	

**Fonte:** Autoria própria, 2019.

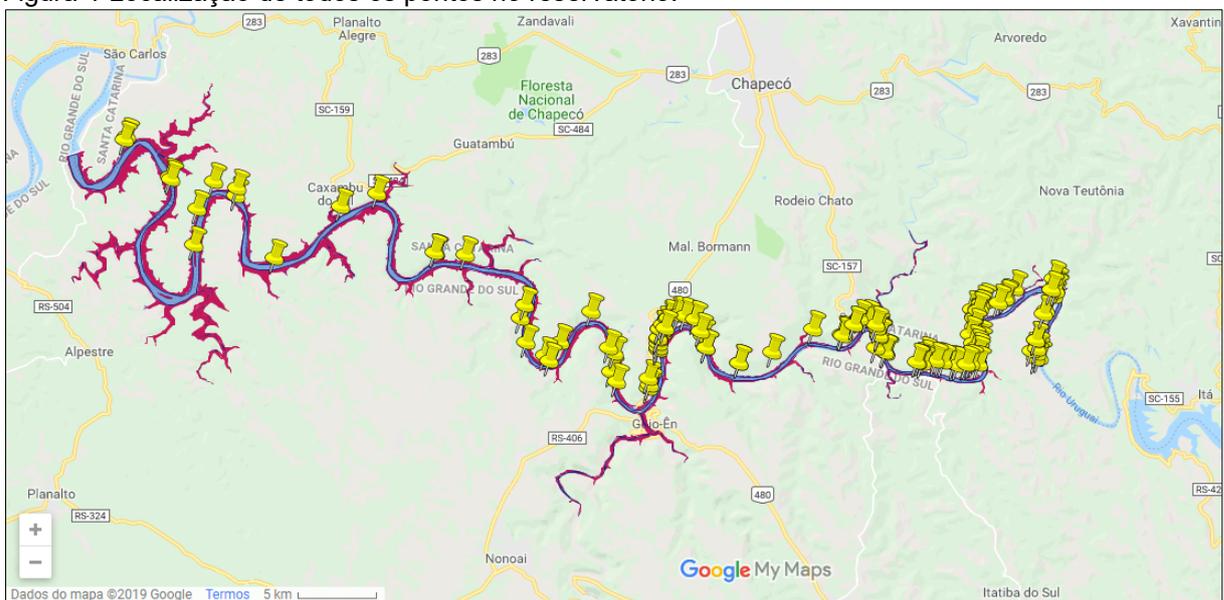
Com isso, os dados convertidos apresentaram muitas casas numerais, sendo escolhida, por conseguinte, a divisão de todos os dados por mil (1000), mantendo a notação científica  $10^3$  junto às unidades de medidas para especificação.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 PANORAMA BASE

O mapa exibido na Figura 4 foi elaborado com o objetivo de colocar em evidência todos os pontos em que foram observados processos erosivos; desde 2007, antes do enchimento do reservatório quando o curso d'água tinha como margens a própria calha do rio Uruguai, até fins do ano de 2017, último relatório enviado ao IBAMA e protocolado pelo instituto até o início deste estudo.

Figura 4-Localização de todos os pontos no reservatório.

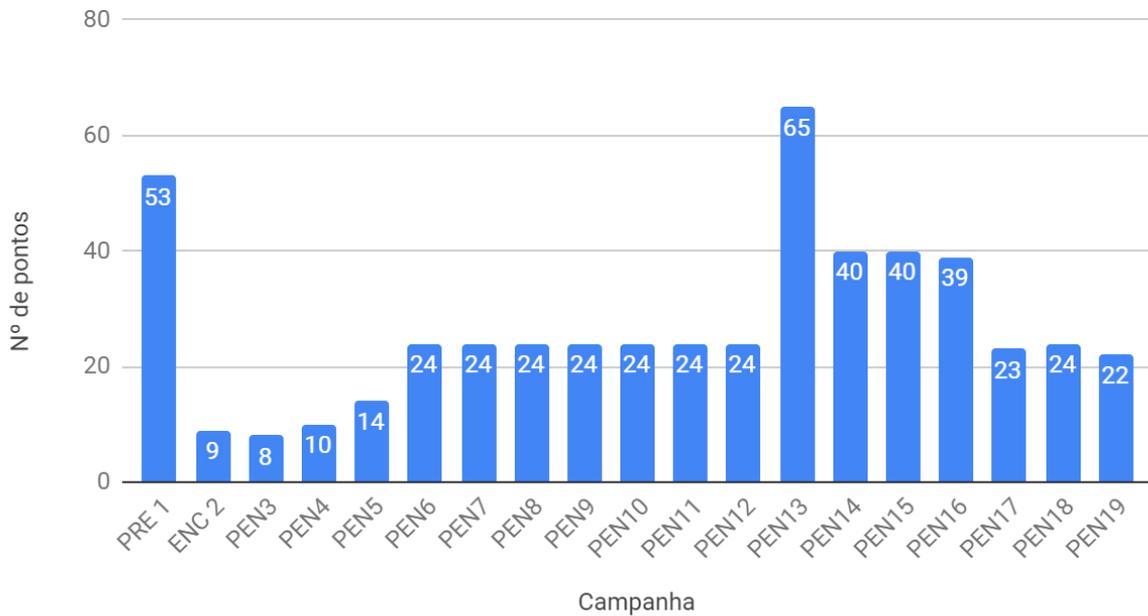


**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 5 retrata as campanhas de monitoramento e o número de pontos de erosão marginal monitorados em cada campanha; lembrando que há pontos que se repetem entre uma campanha de monitoramento e outra. Também se pode visualizar que as campanhas com maior número de pontos visualizados são PRE 1 e PEN 13.

Figura 5- Relação campanhas X número de pontos de erosão

### Número de pontos erosivos por campanha



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

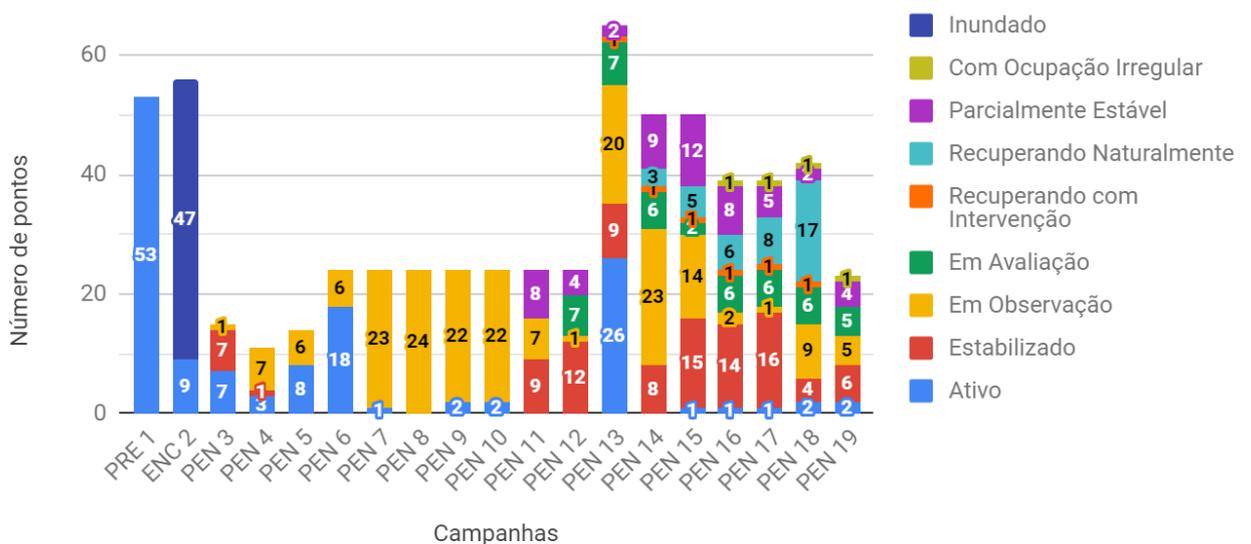
A Figura 6 está relacionada à situação dos pontos de erosão marginal em cada campanha de monitoramento, permitindo verificar o que ocorreu com os focos erosivos ao longo do período analisado. Pode-se ver que antes do enchimento do reservatório haviam 53 pontos de erosão marginal atendendo aos critérios de monitoramento, marcados em situação de ATIVOS, na campanha logo após o enchimento, foram visualizados 56 pontos, - 3 pontos novos- sendo que 47 se encontravam inundados e apenas 9 na superfície e ativos; a partir de então houve pequeno aumento de pontos e posterior estabilização, como se pode ver na quantidade de pontos marcados como em observação e em sequência, estabilizados ou parcialmente estáveis.

Nos últimos monitoramentos também se pode notar que vários pontos foram classificados como recuperados naturalmente, o que se deve em grande parte ao papel fundamental da APP na estabilização do solo, antes passível de erosão; isso confirma a função de proteção do solo pela vegetação, abordado por Sánchez (2013). Na campanha PEN 13, novamente, é possível verificar o aumento elevado no número de focos erosivos. Todavia, a partir dessa campanha de monitoramento se observa que a quantidade de pontos decresce, indicando tendência de estabilização e recuperação.

Também se nota que poucos pontos foram recuperados com intervenção; isso se deve ao risco maior de erosão que a intervenção poderia causar na maioria dos pontos, como mencionado nos relatórios. Pontos marcados como ocupação irregular indicam invasão da área de app pertencente à UHE, nesse caso, o processo exige as medidas legais e burocráticas cabíveis para que cesse a atividade irregular e a APP possa ser devidamente implantada, estabilizando o solo. Os pontos marcados como em avaliação, são pontos que se encontravam estáveis e que verificando continuidade da melhora, serão renomeados para recuperados ou estabilizados; os em observação ainda possuem maiores riscos de erosão, essa é a diferença das duas nomenclaturas.

Figura 6-Situação dos pontos observados ao longo de cada monitoramento.

### Situação dos pontos em cada campanha



Fonte: Autoria própria, 2019.

A Figura 7 relata o regime das chuvas ao longo de todo o período de estudo. Percebe-se que em 49 dos 113 meses totais, houve chuvas abaixo da média histórica (obtida pela estação pluviométrica de Chapecó), e em 37 meses, acima da média histórica, indicando períodos de estiagem e períodos de excesso pluviométrico na área de influência do reservatório.

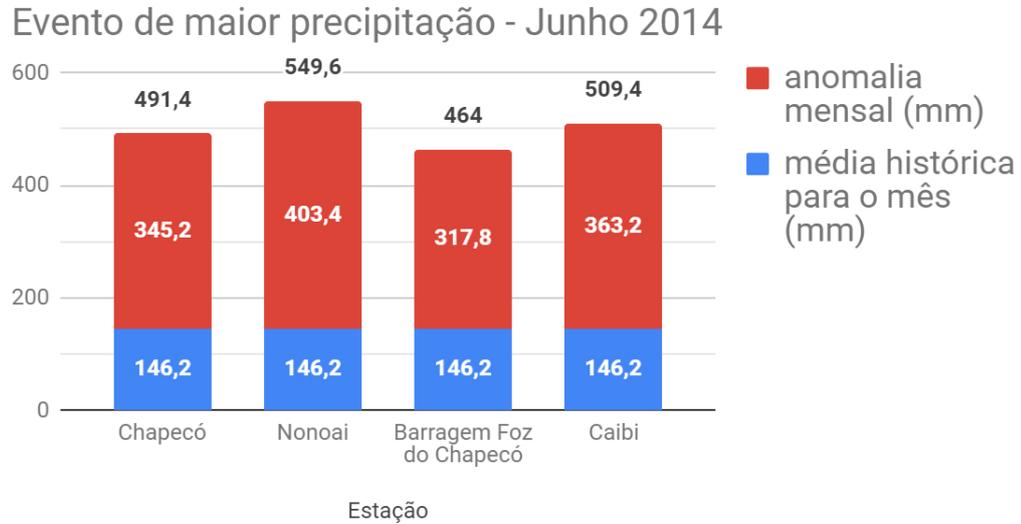
Figura 7- Caracterização das chuvas ao longo de todo o monitoramento.



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 8 retrata o evento de maior precipitação na área de influência da usina, em junho de 2014, na PEN 13 dos processos erosivos. Cada barra do gráfico representa o total pluviométrico (em mm) de cada estação, segregado em azul (correspondente à média histórica) e em vermelho (correspondente ao excedente); o total em milímetros de chuva está representado em numeral, acima de cada barra. Se pode notar que todas as estações de monitoramento pluviométrico apresentaram chuvas acima da média, com diferenças maiores que 300mm ao longo do mês, o que culminou em enchentes catastróficas na região. Deve-se lembrar que o reservatório é de regime a fio d'água, por isso, apesar de conseguir conter parte do volume de chuvas, não permite grande acumulação. Ademais, as chuvas não se encontraram somente na área de influência do reservatório, mas toda a região foi atingida em um curto espaço de tempo.

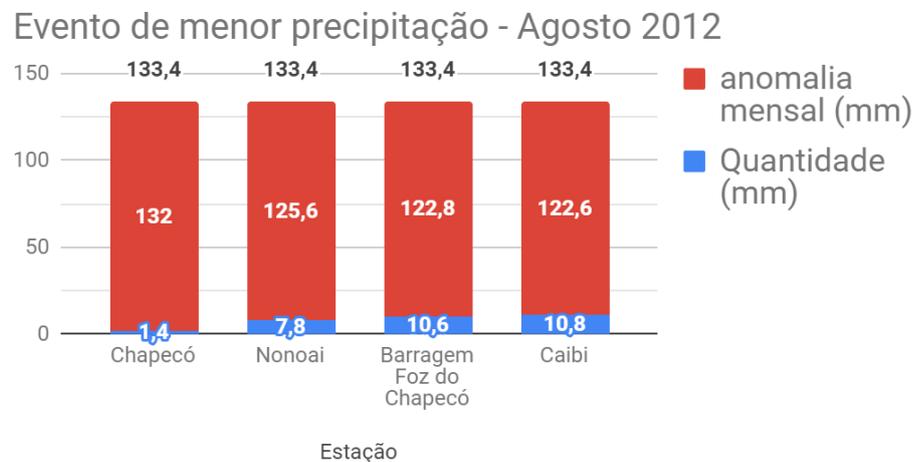
Figura 8- Dados pluviométricos no período de excesso de precipitação.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A Figura 9 representa o evento de menor precipitação na área de influência da usina, em agosto de 2012, período abordado na PEN 10 dos processos erosivos. Cada barra do gráfico representa o total pluviométrico (em mm) de cada estação, segregado em azul (correspondente à realidade do período) e em vermelho (correspondente à quantidade faltante em relação ao histórico); o total esperado de acordo com o histórico de dados, em milímetros de chuva, está representado em numeral, acima de cada barra. Se pode notar que todas as estações de monitoramento pluviométrico apresentaram chuvas abaixo da média, com diferenças maiores que 120mm ao longo do mês.

Figura 9- Dados pluviométricos no período de menor precipitação.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A Tabela 4 é demonstrativo da evolução dos processos hidrossedimentológicos; desde 2007, ainda na fase rio, até o último relatório de monitoramento acessado; a partir dos dados de vazão líquida e sólida média coletados em cada ponto de monitoramento.

Apesar de ter havido mudanças de uso das estações fluviométricas, pode-se notar uma relação proporcional entre a vazão líquida e a de sedimentos, uma vez que quando a líquida média monitorada foi baixa, ocorreu o mesmo com a sólida e quando a líquida foi alta, a sólida correspondeu.

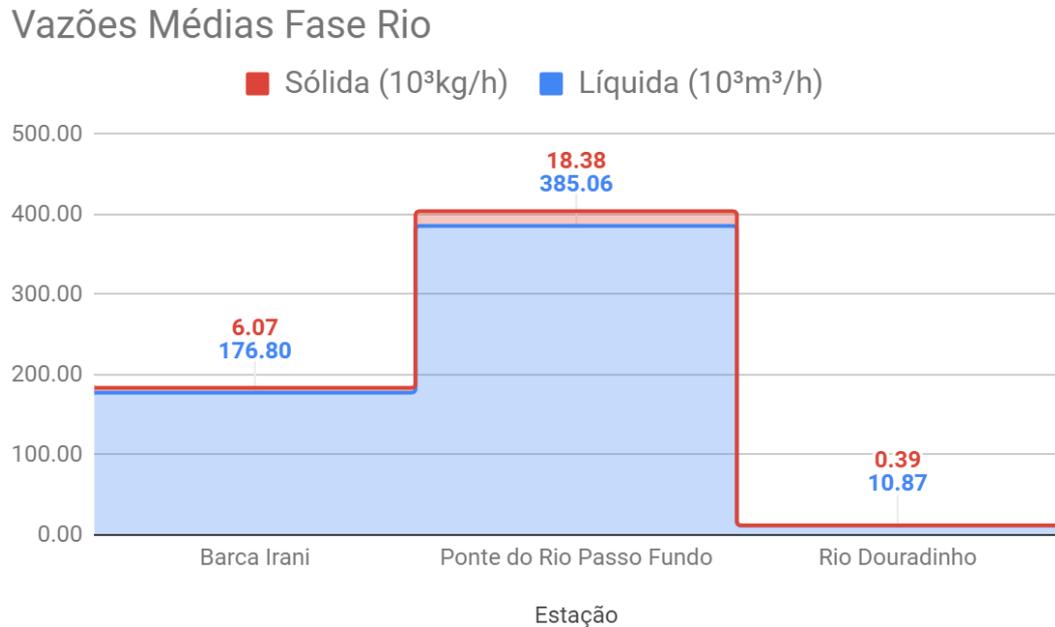
Tabela 4- Dados hidrossedimentológicos totais.

Estação	FASE RIO		FASE RES. até ago/14		FASE RES. 2016,17,18.	
	Vazão média	Qss média	Vazão média	Qss média	Vazão média	Qss média
	Líquida (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /h)	Sólida (10 <sup>3</sup> kg/h)	Líquida (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /h)	Sólida (10 <sup>3</sup> kg/h)	Líquida (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /h)	Sólida (10 <sup>3</sup> kg/h)
Barca Irani	176.80	6.07				
Ponte do Rio Passo Fundo	385.06	18.38				
Rio Douradinho	10.87	0.39	65.30	1.42	8.03	0.27
Ponte Rio Irani			248.47	6.72	353.34	6.32
Rio Paloma					2.88	0.00
Volta do Uvá					32.44	0.96

**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 10 abrange os dados hidrossedimentológicos nas localidades explicitadas no eixo horizontal, durante a Fase rio, que se estende de 2007 a 2010, acompanhando os eventos de construção até o enchimento do reservatório. Esses dados incluem as vazões Líquidas (em 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/h) e as vazões sólidas (em 10<sup>3</sup>kg/h), destacadas respectivamente nas cores azul e vermelho. Uma constante no gráfico é a baixa vazão sólida em detrimento da líquida no período mencionado.

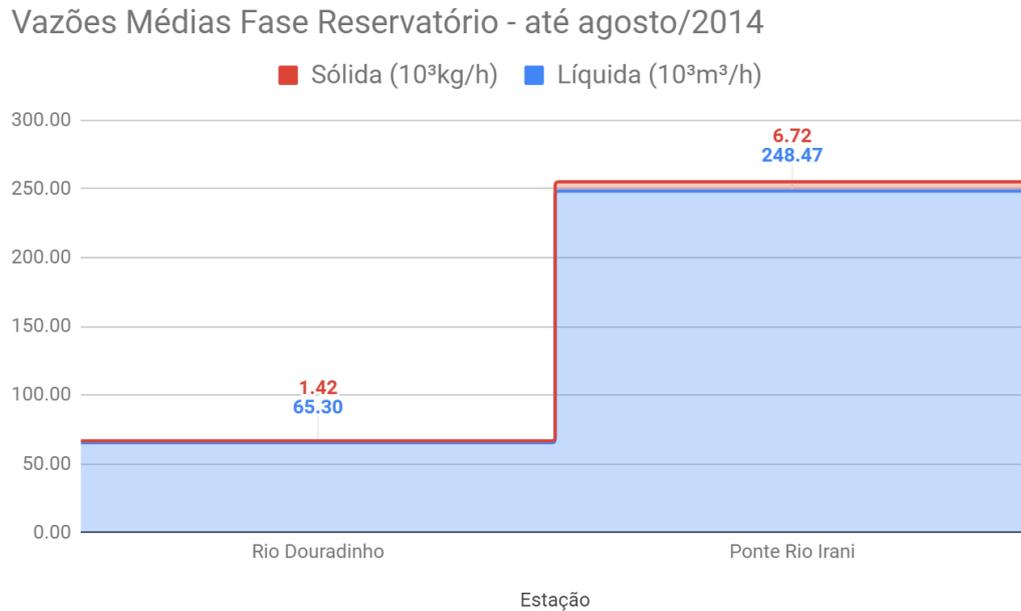
Figura 10-Dados hidrossedimentológicos Fase rio.



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 11 abrange os dados hidrossedimentológicos nas localidades explicitadas no eixo horizontal, durante a Fase Reservatório, que se estende de 2011 a agosto de 2014, acompanhando os primeiros anos de reservatório e o evento de excesso pluviométrico que culminou em enchente durante a PEN13 em junho de 2014. Esses dados incluem as vazões Líquidas (em 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/h) e as vazões sólidas (em 10<sup>3</sup>kg/h), destacadas respectivamente nas cores azul e vermelho. Percebe-se que a baixa vazão sólida em detrimento da líquida no período mencionado permanece constante no gráfico; isso indica que mesmo com a nova configuração das margens e do curso d'água, e mesmo havendo eventos climatológicos catastróficos, tanto no âmbito social e econômico como no ambiental (42 novos pontos de erosão); a descarga de sedimentos não alcançou os mesmos níveis de crescimento.

Figura 11- Dados hidrossedimentológicos Fase reservatório até agosto de 2014.

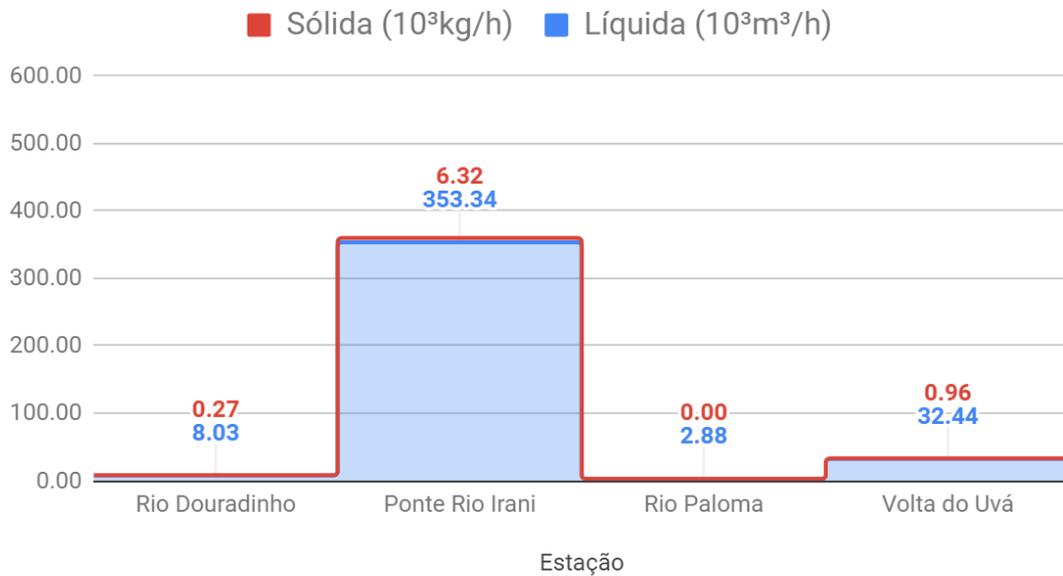


**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 12 inclui os dados hidrossedimentológicos nas localidades explicitadas no eixo horizontal, durante a Fase Reservatório, no período de 2016 a 2018. Esses dados incluem as vazões Líquidas (em 10³m³/h) e as vazões sólidas (em 10³kg/h), respectivamente nas cores azul e vermelho. É possível verificar que a baixa vazão sólida em detrimento da líquida no período mencionado permanece constante no gráfico, como evidenciado nos gráficos anteriores; isso indica que o reservatório não influi em grandes proporções nas vazões líquidas ou sólidas do curso d'água, sendo as estações de monitoramento próximas a vertedouros, as que registraram as maiores descargas.

Figura 12- Dados hidrossedimentológicos Fase reservatório entre 2016 e 2018.

### Vazões Médias Fase Reservatório - 2016, 2017, 2018

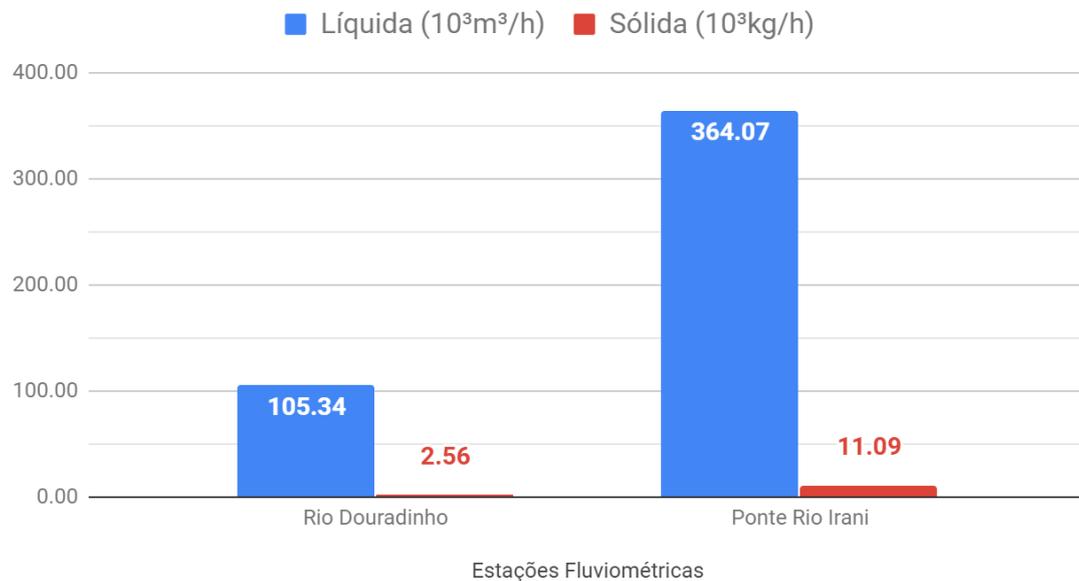


**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 13 retrata os dados da rede de monitoramento hidrossedimentológico durante o período identificado como sendo de maior precipitação a partir das análises climatológicas, englobando maio até agosto de 2014, denominada como PEN 13 no programa de monitoramento dos processos erosivos.

Figura 13- Dados hidrossedimentológicos período de excesso pluviométrico.

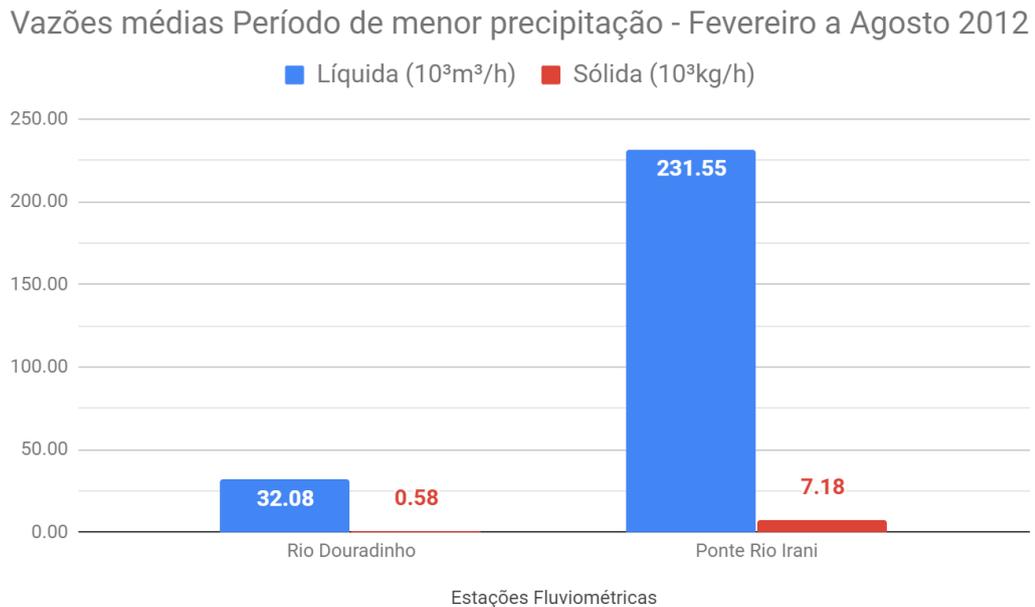
### Vazões médias Período de maior precipitação - Maio a Agosto 2014



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 14 retrata os dados da rede de monitoramento hidrossedimentológico durante o período identificado como sendo de menor precipitação a partir das análises climatológicas, englobando fevereiro até agosto de 2012, denominada como PEN 10 no programa de monitoramento dos processos erosivos.

Figura 14- Dados hidrossedimentológicos período de menores índices pluviométricos.

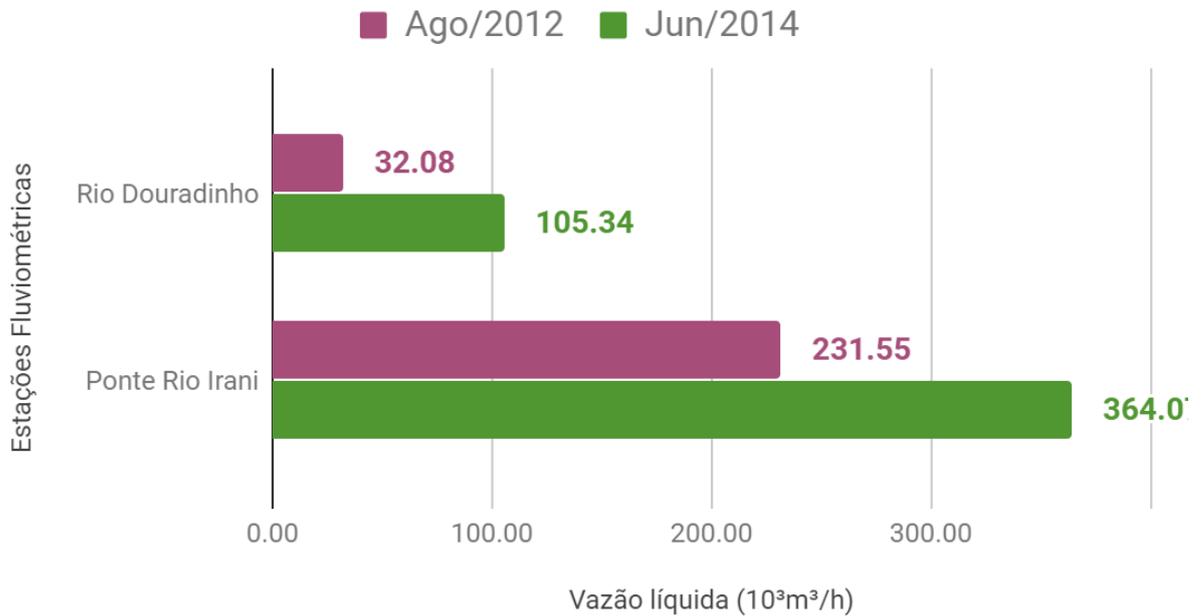


**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 15 inclui os dados da rede de monitoramento hidrossedimentológico durante os dois períodos que se destacaram pluviometricamente; agosto de 2012, evento de menor precipitação evidenciado pela cor roxa, e junho de 2014, evento de maior precipitação evidenciado pela cor verde; ocorridos no período de monitoramento de processos erosivos denominados como PEN 10 e PEN 13, respectivamente. Para efeitos de comparação, o gráfico reúne apenas as informações de descarga líquida ( $10^3\text{m}^3/\text{h}$ ) do curso d'água, verificadas através da rede de estações fluviométricas. Pode-se notar que a diferença de vazões líquidas entre os períodos mencionados é considerável, uma vez que em agosto de 2012 (chuvas abaixo da média) foram registrados dados próximos à metade dos valores registrados em junho de 2014 (chuvas acima da média).

Figura 15- Vazão líquida menor X maior chuva.

### Descarga Líquida em Períodos Destaque de Pluviometria

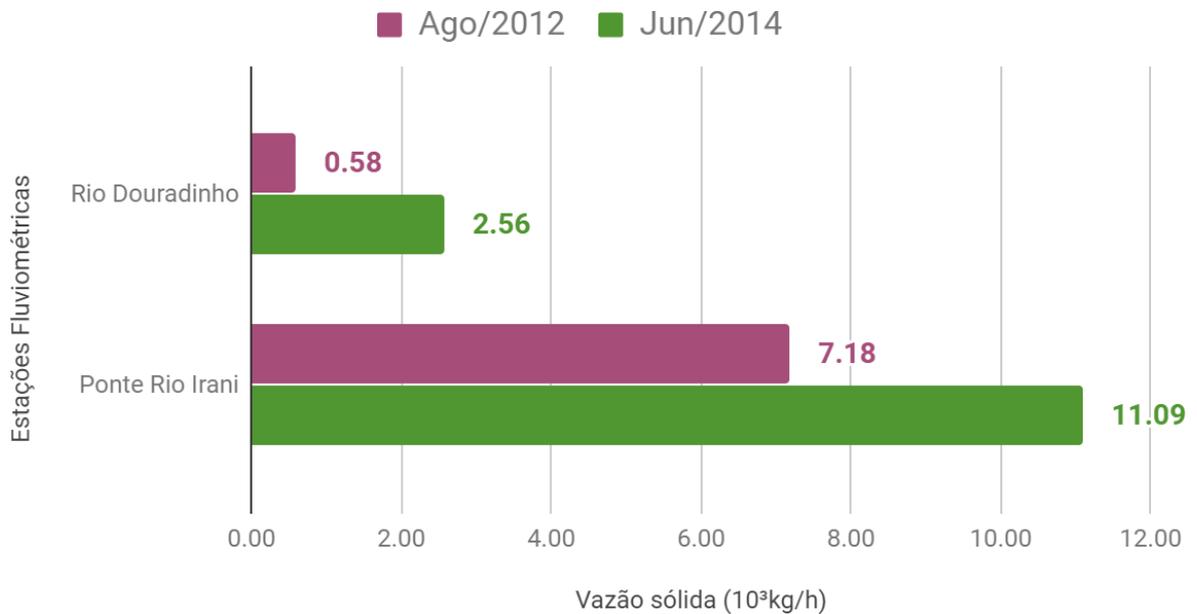


**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 16 abrange os dados da rede de monitoramento hidrossedimentológico durante os dois períodos que se destacaram pluviometricamente; agosto de 2012, evento de menor precipitação evidenciado pela cor roxa, e junho de 2014, evento de maior precipitação evidenciado pela cor verde; ocorridos no período de monitoramento de processos erosivos denominados como PEN 10 e PEN 13, respectivamente. Para efeitos de comparação, o gráfico reúne apenas as informações de descarga sólida ( $10^3\text{kg/h}$ ) do curso d'água, verificadas através da rede de estações fluviométricas. Pode-se notar que as vazões sólidas apresentaram o mesmo padrão que as líquidas do gráfico anterior, em que a diferença entre os períodos mencionados é considerável, uma vez que em agosto de 2012 (chuvas abaixo da média) foram registrados dados, em grande parte, inferiores à metade dos valores registrados em junho de 2014 (chuvas acima da média). Com isso, infere-se que a precipitação é um fator de elevada importância nas variações de carreamento de sedimentos em um reservatório de usina hidrelétrica com regime à fio d'água.

Figura 16- Vazão sólida menor X maior chuva.

## Descarga Sólida em Períodos Destaque de Pluviometria



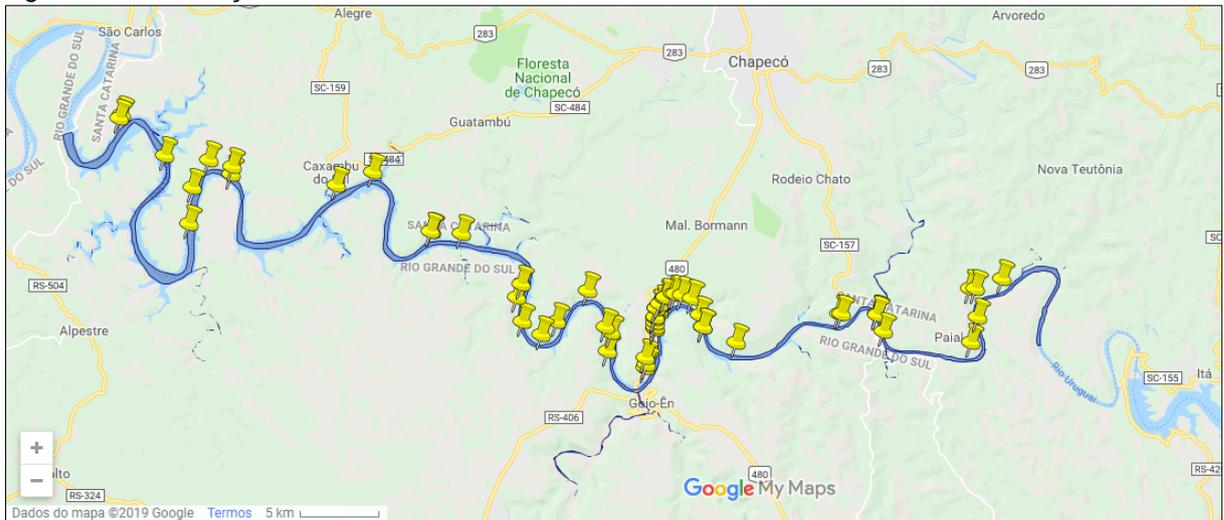
**Fonte:** Autoria própria, 2019.

## 5.2 MAPEAMENTO DOS PONTOS COM OCORRÊNCIA DE PROCESSOS EROSIVOS AO LONGO DO TEMPO

Na Figura 17 podem-se observar os pontos, com marcação amarela, em relação à calha original do rio, destacada na cor azul. O período correspondente à imagem é da fase pré enchimento, anterior ao barramento para formação do reservatório. Concomitantemente se pode destacar que a localização em que apareceu maior número de pontos de erosão marginal corresponde às proximidades do Goio-Ên; região de concentração turística, com grande movimentação de pequenas embarcações e de pessoas, e alteração da paisagem natural com a implementação de infraestrutura.

O destaque da localização evidencia que há grande probabilidade de que os processos de erosão ocorridos no espaço e tempo mencionados, tenham origem antrópica. Deste modo, a concordância entre Silva, Shayani e Oliveira (2018) e Coelho (2008) a respeito do potencial das ações antrópicas causarem impactos ambientais negativos, foram confirmadas no estudo em questão.

Figura 17- Localização dos focos de erosão antes do enchimento.

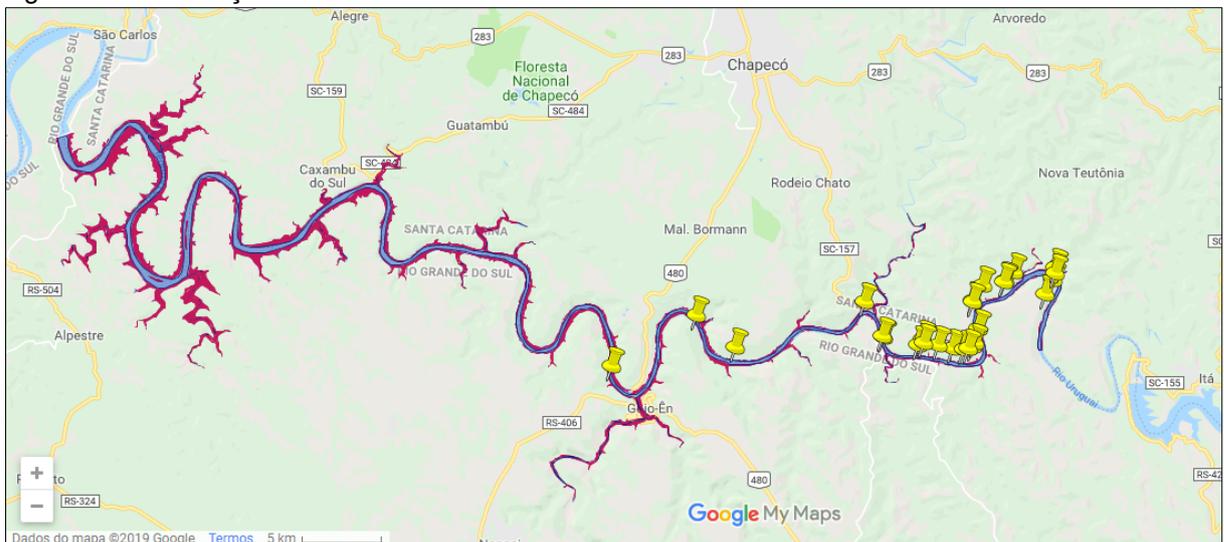


**Fonte:** Autoria própria, 2019.

Na Figura 18 podem-se observar os pontos, com marcação amarela, em relação à calha original do rio, destacada na cor azul e à área inundada pelo reservatório, na cor roxa. O período correspondente à imagem é da fase posterior ao enchimento do reservatório até o início de 2014, anterior aos eventos de excesso pluviométrico.

Pode-se observar que grande parte dos pontos existentes antes do enchimento ficaram submersos. Todavia, mais pontos surgiram na região imediatamente à jusante do barramento da UHE de Itá. Isso pode ser explicado devido ao poder erosivo que se dá pelo aumento na velocidade do fluxo d'água e pela variação de nível d'água na região mencionada, em decorrência do vertimento da UHE Itá.

Figura 18- Localização dos focos de erosão do ano 2010 até início do ano 2014.

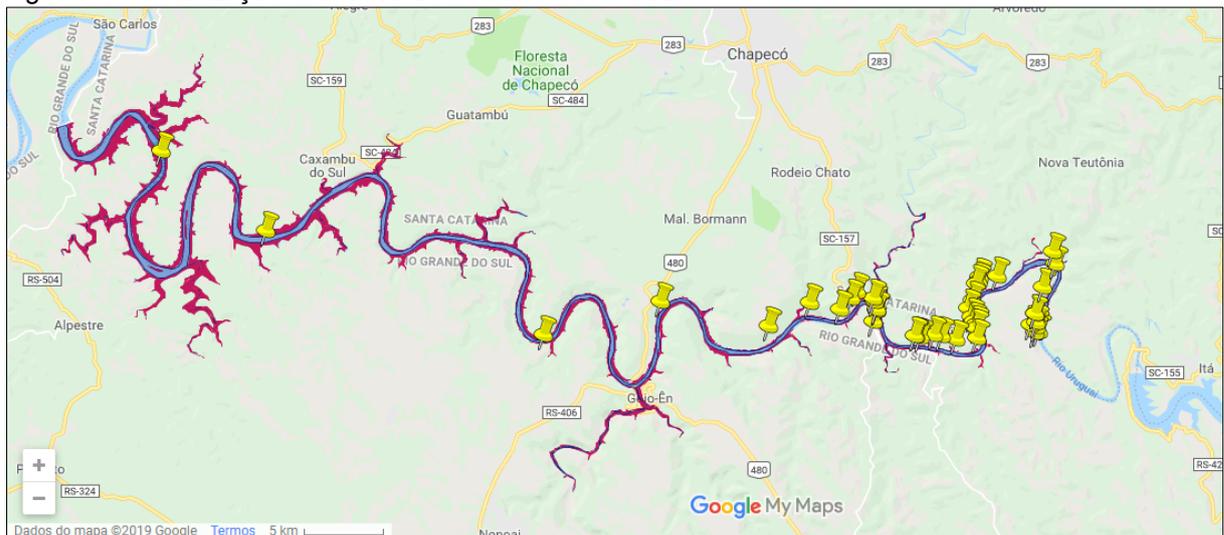


**Fonte:** Autoria própria, 2019.

Na Figura 19 podem-se observar os pontos, com marcação amarela, em relação à calha original do rio, destacada na cor azul e à área inundada pelo reservatório, na cor roxa. O período correspondente à imagem é da PEN 13, no ano de 2014, logo após elevação no índice de pluviosidade nas áreas que influem no reservatório.

É possível verificar que pontos novos surgiram ao longo de todo o reservatório. Entretanto, o maior número de novos pontos de erosão marginal se deu na região imediatamente à jusante do barramento da UHE de Itá. Isso pode ser explicado devido à potencialização do poder erosivo em uma situação que já conta com esse fator proporcionado pelas variações de nível e pelo aumento na velocidade do fluxo gerado pela queda d'água proporcionada pelo vertedouro da UHE. Nesse caso, o agravante teve origem nos excessos pluviométricos ocorridos no período; em acordo com a relevância das chuvas para a erodibilidade do solo mencionada por Rosa et al. (2017).

Figura 19- Localização dos focos de erosão no ano de 2014.



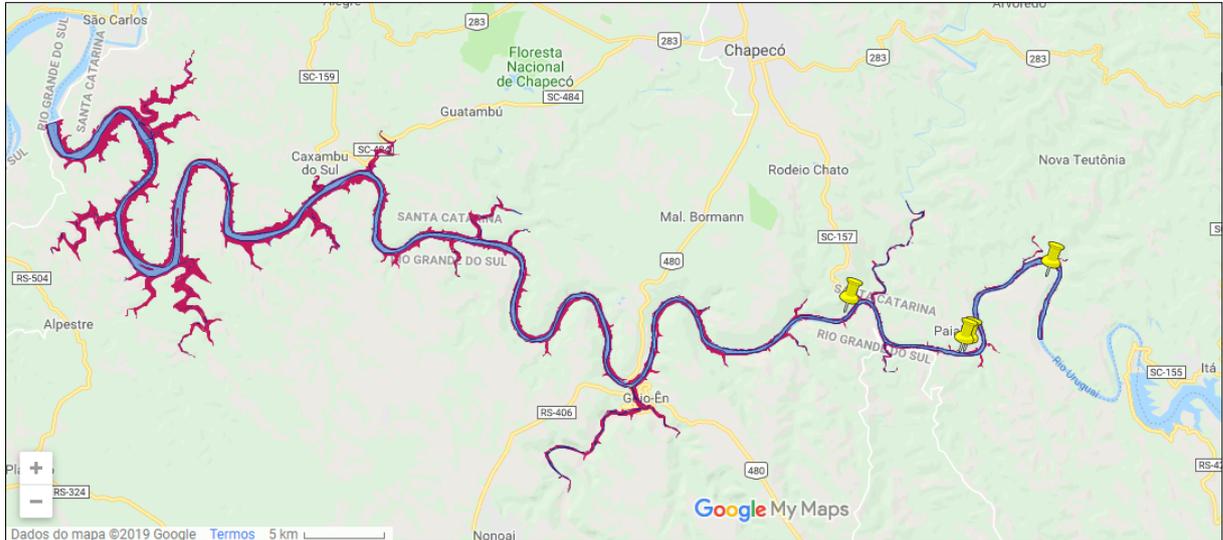
**Fonte:** Autoria própria, 2019.

Na Figura 20 podem-se observar os pontos, com marcação amarela, em relação à calha original do rio, destacada na cor azul e à área inundada pelo reservatório, na cor roxa. O período correspondente à imagem é posterior à PEN 13 e se prolonga até o ano de 2018 em que se teve acesso ao último relatório aqui estudado.

Se pode verificar que apenas três novos pontos surgiram desde a PEN 13. E, novamente, os novos pontos surgiram nas proximidades do barramento da UHE de Itá. O mapa acima corresponde à um período de aproximadamente quatro anos, o que

sugere a estabilização dos processos erosivos na área correspondente às margens do reservatório da UHEFC.

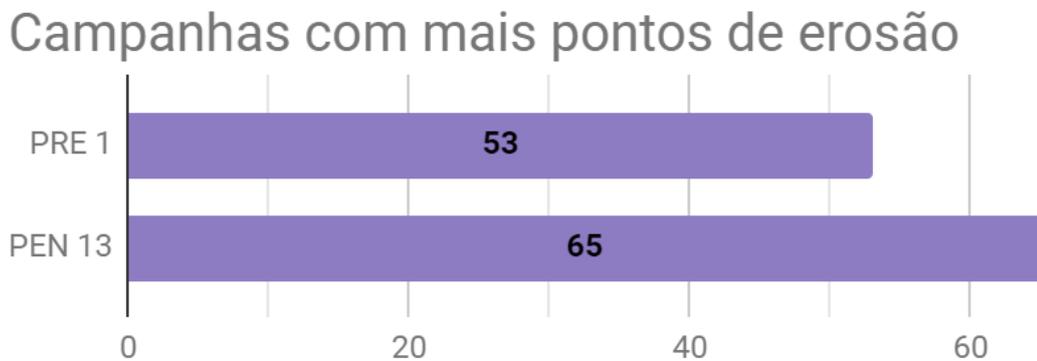
Figura 20- Localização dos focos de erosão após a PEN 13.



Fonte: Autoria própria, 2019.

A Figura 21 mostra os monitoramentos em que houveram maior número de pontos de erosão marginal, na campanha PRE 1, anterior ao enchimento do reservatório e na PEN 13, logo após eventos de precipitação que culminaram em enchentes. Como se pode observar nos demais gráficos, principalmente na Figura 5 que retrata o número de pontos em cada campanha, estas campanhas se destacaram, com número de pontos muito maior do que comumente ocorre. Se destaca que na PEN 13 foram identificados 42 novos pontos de erosão.

Figura 21- Períodos com maiores focos de erosão marginal.



Fonte: Autoria própria, 2019.

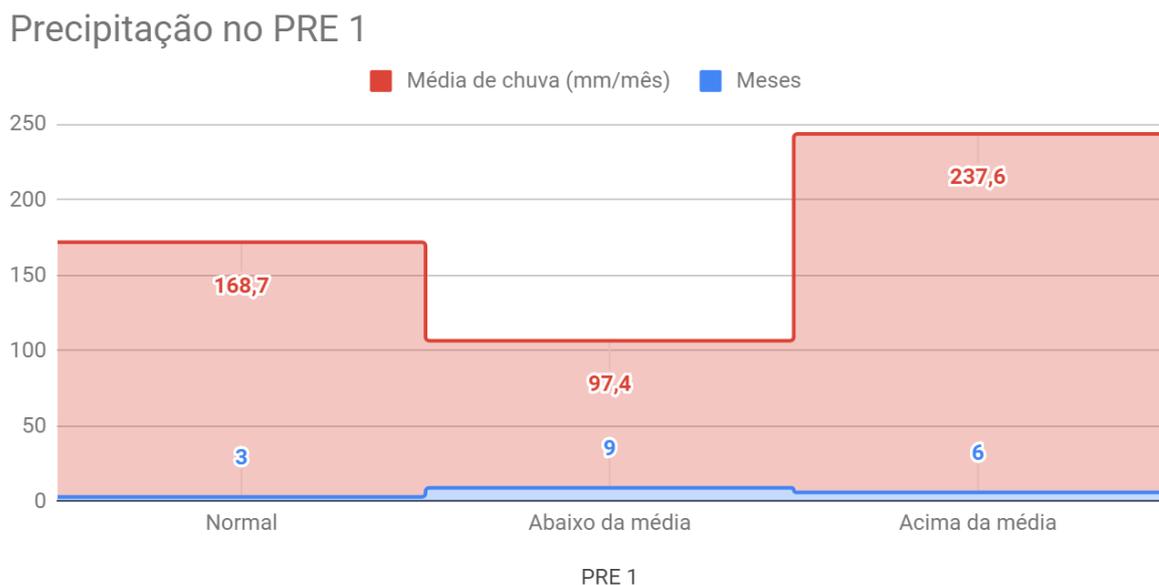
A Figura 22 mostra a situação pluviométrica durante 18 meses de monitoramento, ao longo do PRE 1, denominação dada ao período anterior ao

enchimento do reservatório no programa de processos erosivos. O período destacado corresponde ao primeiro registro de grande número de focos de erosão marginal.

Os 18 meses mencionados se encontram entre dezembro de 2008 a maio de 2010. É possível visualizar que em metade dos meses de registro de dados, a chuva (mm/mês) ficou abaixo da média, em 3 meses foi considerada normal e, apenas em um terço dos meses, as medidas de chuva ficaram acima da média.

Isso é indicativo de que nessa campanha de monitoramento, os processos erosivos não contaram como fator principal a ocorrência de chuvas acima da média, mas outros fatores contribuíram com a erosão. Ademais, vale ressaltar que a campanha de monitoramento em destaque é referente à fase de estudos da área a ser abrangida pelo reservatório; o que descarta a alteração das margens para compor o reservatório como um fator de contribuição à erosão marginal.

Figura 22- Climatologia no PRE 1.



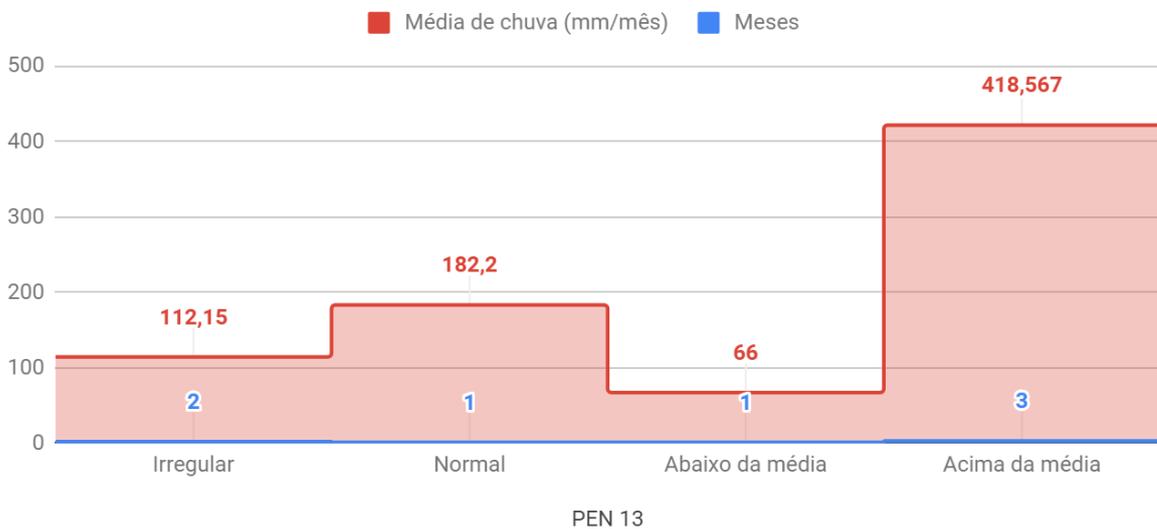
**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 23 mostra a situação pluviométrica durante 7 meses de monitoramento, ao longo da PEN 13 do programa de processos erosivos, denominação dada ao período posterior ao enchimento do reservatório que apresentou índices pluviométricos de alta intensidade, culminando em enchentes na região de influência da UHE, como explanado na Figura 8. O período destacado corresponde ao segundo registro de grande número de focos de erosão marginal.

Os 7 meses mencionados se encontram entre abril e outubro de 2014. É possível visualizar que, em 2 meses do registro de dados, a chuva (mm/mês) foi considerada irregular no tempo e espaço; em 1 mês, foi considerada normal; em 1 mês, ficou com dados abaixo da média e; ao longo de 3 meses, apresentou medidas de chuva acima da média e com valores elevados. Isso é indicativo de que nessa campanha de monitoramento, os processos erosivos contaram como fator relevante a ocorrência de chuvas acima da média e de alta intensidade.

Figura 23- Climatologia no PEN 13.

### Precipitação no PEN 13



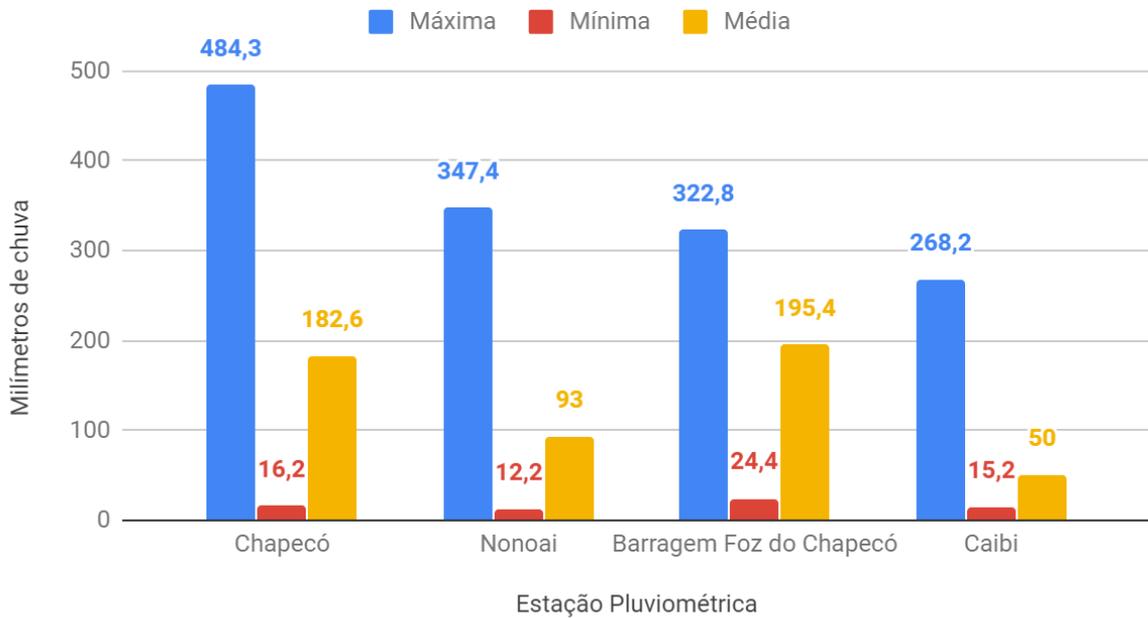
**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 24 tem como função a verificação dos dados registrados a respeito da precipitação na campanha de processos erosivos PRE 1 em cada estação de monitoramento pluviométrico. Os dados foram medidos em milímetros de chuva.

Pode-se observar que, ao longo do período mencionado, houve grande variação no regime de chuvas, uma vez que há grande diferença de valores máximos e mínimos. No entanto, a média das chuvas se manteve abaixo dos 200 mm de chuva, o que sugere que houveram mais eventos de chuvas leves do que de chuvas intensas.

Figura 24- Precipitação máxima X mínima X média PRE 1.

## Precipitação por Estação no PRE 1



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

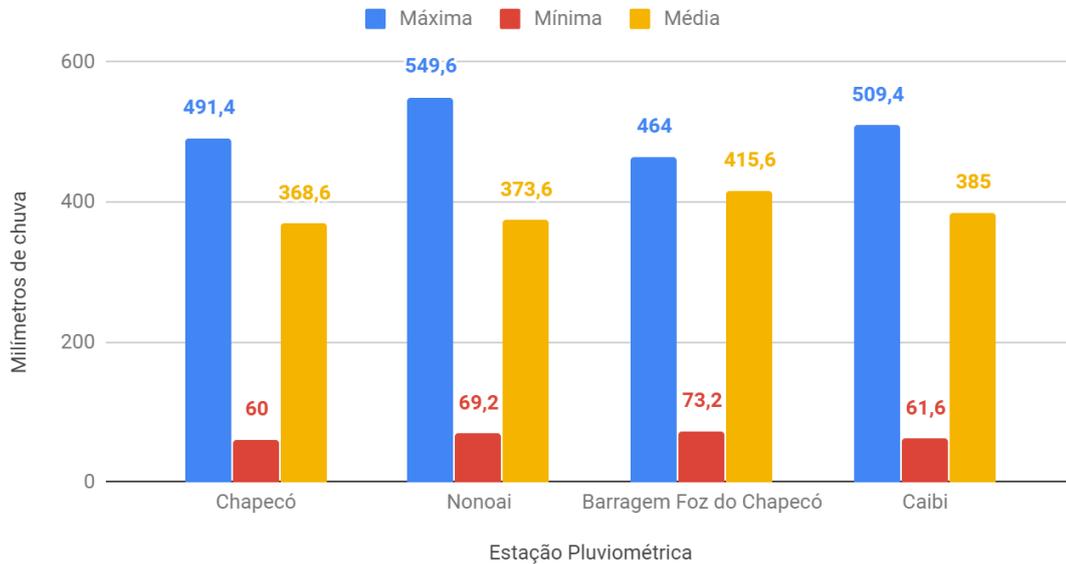
A Figura 25 tem como função a verificação dos dados registrados a respeito da precipitação na campanha de processos erosivos PEN 13 em cada estação de monitoramento pluviométrico. Os dados foram medidos em milímetros de chuva.

Pode-se observar que, ao longo do período mencionado, houve grande variação no regime de chuvas, uma vez que há grande diferença de valores máximos e mínimos, assim como na PRE 1. No entanto, a média das chuvas se manteve próxima dos 400 mm de chuva, o dobro da média visualizada na PRE 1 em que apenas a estação de Chapecó apresentou dados acima desse patamar quando verificadas as máximas de chuva. Isso sugere que houveram mais eventos de chuvas intensas ao longo de toda a rede de monitoramento climatológico.

Ademais, as mínimas da PEN 13 registraram dados em torno de 3 vezes maiores do que as mínimas da PRE 1; já as máximas exibidas neste gráfico se deram entre 450 mm e 550 mm de chuva. Estes dados corroboram a indicação de que houve excesso pluviométrico incomum no período em que mais foram registrados novos pontos de erosão marginal (42 novos pontos) desde que o reservatório foi concluído.

Figura 25- Precipitação máxima X mínima X média PEN 13.

## Precipitação por Estação no PEN 13

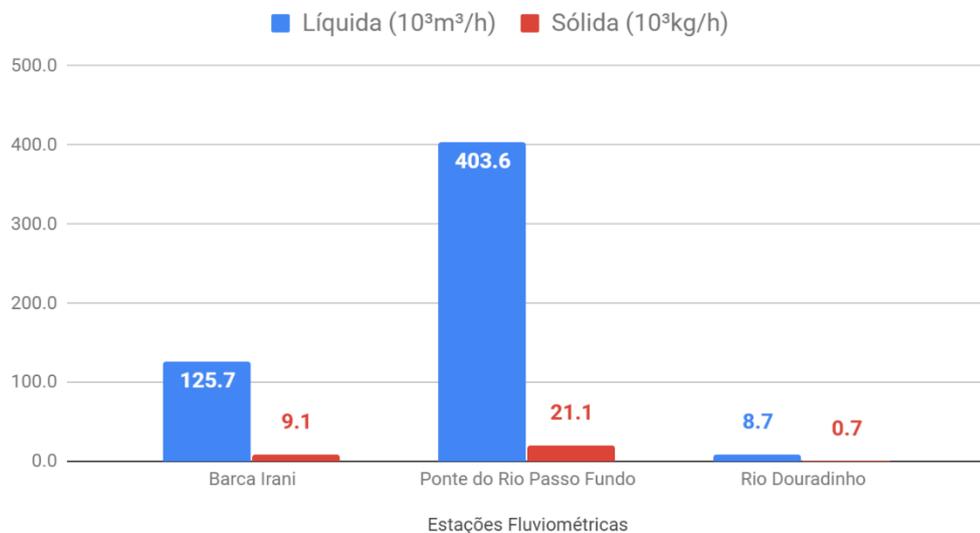


**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 26 coloca lado a lado as vazões líquida e sólida obtidas com o monitoramento hidrossedimentológico ao longo do PRE 1 do programa de processos erosivos. É possível verificar que a vazão líquida é consideravelmente maior do que a vazão sólida em todas as estações fluviométricas, mostrando que há relação entre ambas.

Figura 26- Dados hidrossedimentológicos médios no PRE 1.

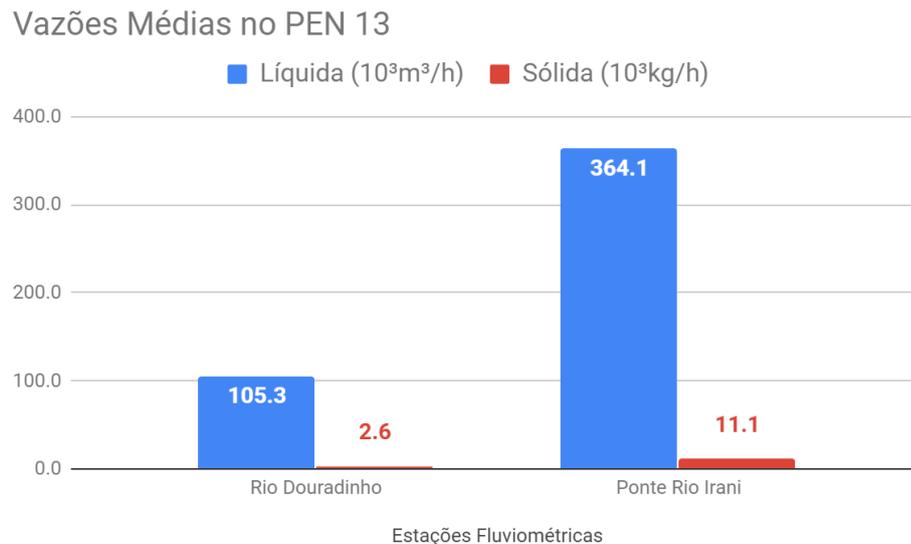
## Vazões Médias no PRE 1



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 27 coloca lado a lado as vazões líquida e sólida obtidas com o monitoramento hidrossedimentológico ao longo do PEN 13 do programa de processos erosivos. É possível verificar que a vazão líquida é consideravelmente maior do que a vazão sólida em todas as estações fluviométricas, mostrando que também há relação entre ambas nesse período.

Figura 27- Dados hidrossedimentológicos médios no PEN 13.



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

A Figura 28 trata dos dados da rede de monitoramento hidrossedimentológico durante os dois períodos que se destacaram em números de focos erosivos às margens do reservatório; PRE 1, anterior ao enchimento do reservatório, quando foi realizado levantamento das áreas críticas a ser monitoradas até sua estabilização ou regeneração evidenciado pela cor laranja, e PEN 13, evento que coincide temporalmente com os registros de chuvas intensas na região, evidenciado pela cor verde.

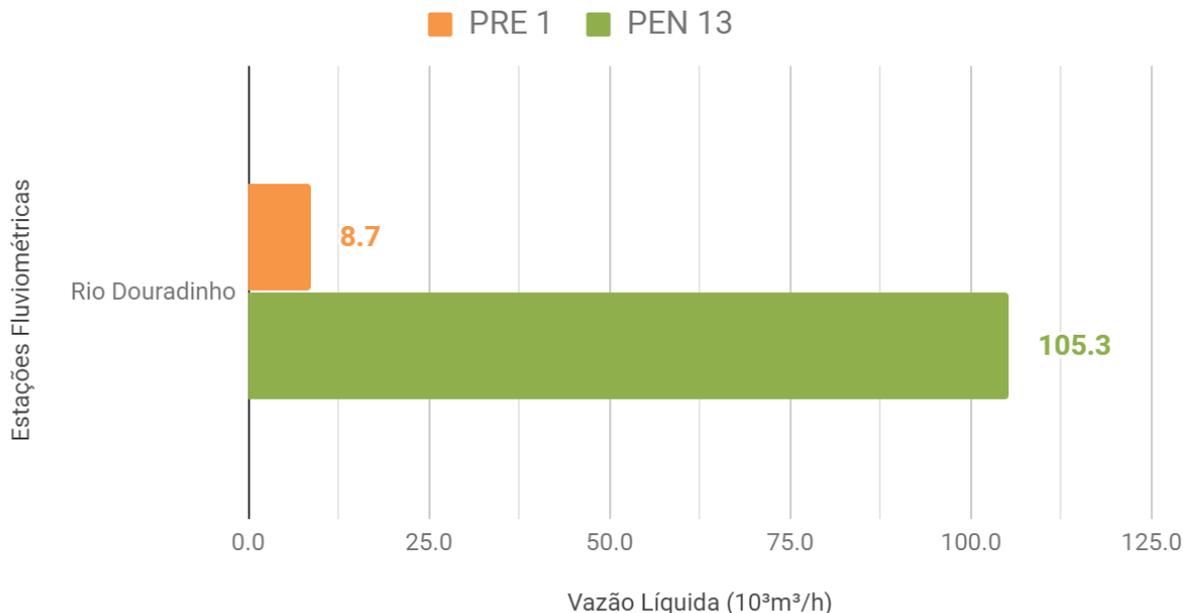
Para efeitos de comparação, o gráfico reúne apenas as informações de descarga líquida ( $10^3\text{m}^3/\text{h}$ ) do curso d'água, verificadas através das estações fluviométricas ativas durante os dois períodos de abrangência. Pode-se notar que a diferença de vazões líquidas entre os períodos mencionados é considerável. Uma vez que o PEN 13 reúne dados de um período específico inserido ao longo de um programa de monitoramentos já estabelecido, é possível inferir que os altos valores de descarga líquida ocorreram devido às chuvas intensas, sendo capazes de causar

erosão nos taludes marginais com o auxílio da maior velocidade de escoamento líquido, deixando as margens mais vulneráveis à erosão.

Enquanto isso, o PRE 1 foi o período de coleta inicial de dados, objetivando o controle dos pontos de erosão marginal existentes ao longo da implantação do reservatório e sendo utilizado como panorama inicial nos monitoramentos seguintes. Assim, os dados de descarga líquida representados graficamente pela cor laranja sugerem que não houve excesso de escoamento líquido com aumento da velocidade do curso d'água, ou seja, o processo de erosão das margens do reservatório contou com outros fatores de contribuição.

Figura 28- Vazão líquida PRE 1 X PEN 13.

### Vazão Líquida ( $10^3\text{m}^3/\text{h}$ ) nos Eventos Destaque em Erosão



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

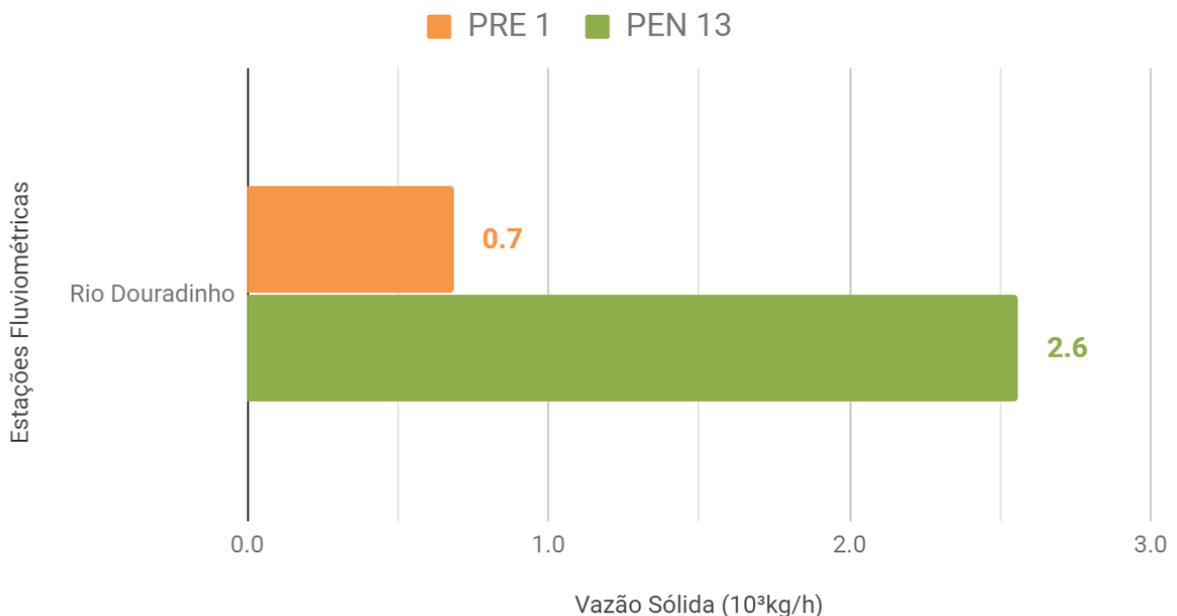
A Figura 29 representa os dados da rede de monitoramento hidrossedimentológico durante os dois períodos que se destacaram em números de focos erosivos às margens do reservatório; PRE 1, anterior ao enchimento do reservatório, quando foi realizado levantamento das áreas críticas a ser monitoradas até sua estabilização ou regeneração evidenciado pela cor laranja, e PEN 13, evento que coincide temporalmente com os registros de chuvas intensas na região, evidenciado pela cor verde. Para efeitos de comparação, o gráfico reúne apenas as

informações de descarga sólida ( $10^3\text{kg/h}$ ) do curso d'água, verificadas através das estações fluviométricas ativas durante os dois períodos de abrangência.

Pode-se notar que a variação das vazões sólidas entre os períodos mencionados se dá de maneira semelhante à do gráfico anterior. Uma vez que o PEN 13 reúne dados de um período específico inserido ao longo de um programa de monitoramentos já estabelecido, é possível inferir que os altos valores de descarga sólida ocorreram devido ao aumento do potencial de erosão gerado pelas chuvas intensas, sendo capazes de intensificar os processos erosivos nos taludes marginais com o auxílio da maior velocidade de escoamento líquido e alteração dos níveis de água do reservatório, deixando as margens mais vulneráveis à erosão, assim como citado por Oliveira, Santos e Araujo (2018) e por Silva, Andrade e Andrade (2018). Enquanto isso, o PRE 1 foi o período de coleta inicial de dados, objetivando o controle dos pontos de erosão marginal existentes ao longo da implantação do reservatório e sendo utilizado como panorama inicial nos monitoramentos seguintes.

Figura 29- Vazão sólida PRE 1 X PEN 13.

### Vazão Sólida ( $10^3\text{kg/h}$ ) nos Eventos Destaque em Erosão



**Fonte:** Autoria própria, 2019.

## CONCLUSÃO

O mapeamento dos pontos de erosão marginal foi fundamental para a visualização da ocorrência de erosão ao longo do tempo e a localização das maiores concentrações de pontos. O que se pode inferir com a visualização dos mapas é que, em momentos sem interferências de grandes níveis nas condições climatológicas, os processos erosivos nas margens do reservatório tendem à estabilização, como evidenciado pela análise da Figura 6.

Os dados climatológicos e hidrossedimentológicos foram selecionados a partir das relações destes entre si e com os processos erosivos, identificadas tanto na pesquisa bibliográfica quanto nos próprios relatórios estudados. O trabalho evidenciou as relações entre os dados, contribuindo para a explanação da maneira com que cada fator é capaz de influenciar na ocorrência de erosão em margens de reservatórios.

O fator precipitação foi identificado como agravante relevante para a ocorrência de novos focos de erosão marginal. Isso se pôde inferir a partir da análise dos gráficos e mapas no período em que houveram chuvas acima da média, campanha PEN 13 dos processos erosivos, quando comparados aos demais períodos avaliados. Em contribuição às chuvas, as atividades antrópicas nas áreas de entorno do reservatório corroboraram na degradação e exposição das margens, como foi verificado na Figura 17 e em concordância com as afirmações de Sánchez (2013).

Quanto aos fatores relacionados com hidrossedimentos, utilizando as comparações fornecidas pelos gráficos ao longo de períodos específicos de tempo, ficaram evidentes as relações entre processos erosivos e as condições hidrossedimentológicas. Isso é observado quando, em períodos de aumento na vazão líquida, a vazão sólida seguiu o mesmo padrão.

Sendo devido ao aumento na intensidade pluviométrica, ou ao vertimento de barramentos à montante da UHE em questão; foi possível verificar que a velocidade do fluxo d'água se enquadra como variável importante na erosão das bases dos taludes, pois quanto maior a velocidade da água, maior sua capacidade erodível. Outro dado quanto à hidrossedimentologia, se dá pela visualização do aumento na quantidade de sedimentos em decorrência dos processos erosivos. Conseqüentemente, as condições hidrossedimentológicas influem como causa e como consequência, nos eventos de erosão marginal, concomitantemente.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBUD, Omar Alves; TANCREDI, Marcio. **Transformações recentes da matriz brasileira de geração de energia elétrica**: causas e impactos principais. Centro de Estudos da Consultoria do Senado, 2010. Disponível em: <<https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td-69-transformacoes-recentes-da-matriz-brasileira-de-geracao-de-energia-eletrica-causas-e-impactos-principais>>. Acesso em: 26 set. 2018.

ANACHE, Jamil A. et al. Runoff and soil erosion plot-scale studies under natural rainfall: A meta-analysis of the Brazilian experience. **Catena**, v. 152, n. p.29-39, 2017. Disponível em: <<https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/Publications/PDFfiles/2350.pdf>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

Aneel. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: Tda Comunicação, 2008. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

COELHO, André Luiz Nascentes. GEOMORFOLOGIA FLUVIAL DE RIOS IMPACTADOS POR BARRAGENS. **Revista Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 26, p.16-32, jun. 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15721/8895>>. Acesso em: 15 set. 2018.

CONAMA. Resolução nº 001, de 23 de janeiro de 1986. . Brasília, Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 25 set. 2018.

CONAMA. Resolução nº 237, de 19 de dezembro de 1997. . Brasília, Disponível em: <<http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res97/res23797.html>>. Acesso em: 25 set. 2018.

CONSTITUIÇÃO FEDERAL. Artigo nº 225, de 1988. . Brasília, Disponível em: <<http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/legislacaoConstituicao/anexo/CF.pdf>>. Acesso em: 03 out. 2018.

GUIMARÃES, Bruno Bianchi; GUIMARÃES, Raul Borges; LEAL, Antonio Cezar. Código Florestal brasileiro: análise do conceito de Área de Preservação Permanente e sua aplicação na bacia hidrográfica do Córrego São Pedro - Anhumas, São Paulo. **Boletim Campineiro de Geografia**, Campinas, v. 5, n. 1, p.157-173, 2015. Disponível em: <<http://agbcampinas.com.br/bcg/index.php/boletim-campineiro/article/view/192/127>>. Acesso em: 28 set. 2018.

ITAIPU BINACIONAL. **Reservatório**. 2019. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/reservatorio>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

LELI, Isabel Terezinha et al. Variabilidade temporal no transporte de sedimentos no rio Ivaí - Paraná (1977-2007). **Revista Brasileira de Geociências**, São Paulo, v. 41,

n. 4, p.619-628, dez. 2011. Disponível em:

<<http://ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/view/7858/7285>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

MACEDO, Hudson de Azevedo. **GEOMORFOLOGIA E HIDROSSEDIMENTOLOGIA DA PLANÍCIE DO RIO PARAGUAI, DA LAGOA VERMELHA À CONFLUÊNCIA DO RIO MIRANDA, PANTANAL MATO-**

**GROSSENSE**. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências e Meio Ambiente, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Rio Claro, 2013. Disponível em:

<[https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92790/macedo\\_ha\\_me\\_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92790/macedo_ha_me_rcla.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>. Acesso em: 23 out. 2018.

NOGUEIRA, Ana Paula Lima et al. Avaliação e monitoramento do Programa Básico Ambiental de Empreendimento da construção civil: estudo de caso em obra de grande porte na Zona Sul do Município de São Paulo. **Revista Petra**, v. 4, n. 1, p.133-153, jan./jul. 2018. Disponível em: <<https://www.metodista.br/revistas/revistas-izabela/index.php/ptr/article/view/1372/966>>. Acesso em: 12 set. 2018.

OLIVEIRA, Felipe Ferreira; SANTOS, Ramon Eduardo Salles dos; ARAUJO, Rodrigo da Cruz de. PROCESSOS EROSIVOS: DINÂMICA, AGENTES CAUSADORES E FATORES CONDICIONANTES. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetininga, v. 5, n. 3, p.60-83, abr./jun. 2018. Disponível em:

<<https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/699/928>>. Acesso em: 17 out. 2018.

ONU. **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Oslo: 1987. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2019.

RODRIGUES, Valdemir Antonio et al. AVALIAÇÃO DO ESCOAMENTO E INTERCEPTAÇÃO DA ÁGUA DAS CHUVAS. **Irriga**, Botucatu, v. 1, n. 1, p.1-13, 2015. Edição Especial. Disponível em:

<<http://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/1054>>. Acesso em: 15 set. 2018.

ROSA, Amanda Gama et al. Comportamento da precipitação como fator ativo de processos erosivos no município de Rondon do Pará, PA (Brasil). **Scientia Plena**, Sergipe, v. 13, n. 2, p.1-11, 2017. Disponível em:

<<https://www.scientiaplena.org.br/sp/article/view/3468/1657>>. Acesso em: 31 ago. 2018.

ROSA, Luiz Pinguelli. Geração hidrelétrica, termelétrica e nuclear. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p.39-58, 2007. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/%0D/ea/v21n59/a04v2159.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

ROSSONI, Renata Barão. **Simulação Hidrossedimentológica de Grandes Bacias: O estudo de caso da bacia da Laguna dos Patos**. 2018. 226 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Ambiental, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em:

<<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/179934>>. Acesso em: 18 set. 2018.

SÁNCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de impacto ambiental**: conceitos e métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 583 p.

SANTANA, Acir T. de; BRZEZINSKI, Maria Lúcia N. Lins. UHE BELO MONTE: O ESTUDO DE IMPACTO AMBIENTAL E SUAS CONTRADIÇÕES. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, Itapetininga, v. 5, n. 2, p.235-256, 2018. Disponível em: <<https://periodicos.itp.ifsp.edu.br/index.php/IC/article/view/1202/911>>. Acesso em: 22 out. 2018.

SANTOS, Welson Aialon Alcaniz dos; SOUZA, Henrique Clementino de. Atuação, monitoramento e análise de processos erosivos no âmbito de parques eólicos: estudo de caso nas regiões litorânea e agreste do Nordeste brasileiro. **Revista de Geociências do Nordeste**, Natal, v. 2, n. , p.133-142, 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufrn.br/revistadoregne/article/view/10432/7381>>. Acesso em: 22 out. 2018.

SILVA, Lara Raquel de Jesus Rodrigues; SHAYANI, Rafael Amaral; OLIVEIRA, Marco Aurélio Gonçalves de. ANÁLISE COMPARATIVA DAS FONTES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA, HIDRELÉTRICA E TERMELÉTRICA, COM LEVANTAMENTO DE CUSTOS AMBIENTAIS, APLICADA AO DISTRITO FEDERAL. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 7., 2018, Gramado. **Anais...** . Cbes, 2018. Disponível em: <<http://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/527/527>>. Acesso em: 22 out. 2018.

SILVA, Patrícia Alves da; ANDRADE, Leila Nalis Paiva da Silva; ANDRADE, Bruna da Cruz. DINÂMICA FLUVIAL E USO/OCUPAÇÃO DA TERRA DO CÓRREGO RIO BONITO NO MUNICÍPIO DE NOVA CANAÃ DO NORTE/MATO GROSSO. **Revista Equador**, Teresina, v. 7, n. 1, p.163-183, 2018. Disponível em: <<http://www.ojs.ufpi.br/index.php/equador/article/view/6909/4232>>. Acesso em: 16 ago. 2018.

TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. Perspectivas e planejamento do setor energético no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 26, n. 74, p.249-260, 2012. Disponível em: <<http://www.journals.usp.br/eav/article/view/10636/12378>>. Acesso em: 22 out. 2018.

VESTENA, Leandro Redin. Análise da dinâmica hidrossedimentológica em uma bacia hidrográfica no sul do Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 21, n. 3, p.413-424, dez. 2009. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1982-45132009000300014>. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132009000300014&script=sci\\_abstract&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1982-45132009000300014&script=sci_abstract&tlng=pt)>. Acesso em: 16 set. 2018.

ZANANDREA, Franciele; KOBAYAMA, Masato; MICHEL, Gean Paulo. CONECTIVIDADE HIDROSSEDIMENTOLÓGICA: UMA ABORDAGEM CONCEITUAL. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 22., 2017, Florianópolis. **Anais...** . Florianópolis: Abrh, 2017. p. 1 - 8. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/173604/001058236.pdf?sequence=1&i>>

sAllowed=y>. Acesso em: 23 out. 2018.

ZHOURI, Andréa. Justiça ambiental, diversidade cultural e accountability: desafios para a governança ambiental. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 23, n. 68, p.97-107, out. 2008. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-69092008000300007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-69092008000300007)>. Acesso em: 12 set. 2018.

## APÊNDICE A

Tabela 4 – Relação municípios X pontos erosivos

<i>Municípios</i>	<i>Pontos erosivos</i>
<i>Águas de Chapecó</i>	0
<i>Caxambu do Sul</i>	3
<i>Guatambu</i>	0
<i>Chapecó</i>	16
<i>Paial</i>	31
<i>Itá</i>	12
<i>Alpestre</i>	2
<i>Rio dos Índios</i>	9
<i>Nonoai</i>	6
<i>Faxinalzinho</i>	0
<i>Erval Grande</i>	24
<i>Itatiba do Sul</i>	21
<b>Total de pontos:</b>	<b>124</b>

Tabela 5 – Relação campanhas X número de pontos de erosão

<i>Campanha</i>	<i>Nº de pontos erosivos</i>
<b>PRE 1</b>	53
<b>ENC 2</b>	9
<b>PEN3</b>	8
<b>PEN4</b>	10
<b>PEN5</b>	14
<b>PEN6</b>	24
<b>PEN7</b>	24
<b>PEN8</b>	24
<b>PEN9</b>	24
<b>PEN10</b>	24
<b>PEN11</b>	24
<b>PEN12</b>	24
<b>PEN13</b>	65
<b>PEN14</b>	40
<b>PEN15</b>	40
<b>PEN16</b>	39
<b>PEN17</b>	23
<b>PEN18</b>	24
<b>PEN19</b>	22
<b>Total de visualizações:</b>	<b>515</b>

Tabela 6 – Relação número de pontos de erosão X frequência de visualização da quantidade

<i><b>Nº de pontos erosivos</b></i>	<i><b>Frequência</b></i>
76	1 campanha
8	2 campanhas
1	3 campanhas
5	4 campanhas
0	5 campanhas
2	6 campanhas
8	7 campanhas
0	8 campanhas
0	9 campanhas
0	10 campanhas
5	11 campanhas
2	12 campanhas
2	13 campanhas
6	14 campanhas
4	15 campanhas
3	16 campanhas
1	17 campanhas
1	18 campanhas
<b>124</b>	<b>Total de pontos</b>

Tabela 7 – Situação dos pontos observados ao longo de cada monitoramento

Situação	Frequência																			
	PRE 1	ENC 2	PEN 3	PEN 4	PEN 5	PEN 6	PEN 7	PEN 8	PEN 9	PEN 10	PEN 11	PEN 12	PEN 13	PEN 14	PEN 15	PEN 16	PEN 17	PEN 18	PEN 19	SOMA
<b>Ativo</b>	53	9	7	3	8	18	1		2	2			26		1	1	1	2	2	<b>136</b>
<b>Estabilizado</b>			7	1							9	12	9	8	15	14	16	4	6	<b>101</b>
<b>Em Observação</b>			1	7	6	6	23	24	22	22	7	1	20	23	14	2	1	9	5	<b>193</b>
<b>Em Avaliação</b>												7	7	6	2	6	6	6	5	<b>45</b>
<b>Recuperando com Intervenção</b>													1	1	1	1	1	1		<b>6</b>
<b>Recuperando Naturalmente</b>														3	5	6	8	17		<b>39</b>
<b>Parcialmente Estável</b>											8	4	2	9	12	8	5	2	4	<b>54</b>
<b>Com Ocupação Irregular</b>																1	1	1	1	<b>4</b>
<b>Inundado</b>		47																		<b>47</b>
<b>SOMA</b>	<b>53</b>	<b>56</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>24</b>	<b>65</b>	<b>50</b>	<b>50</b>	<b>39</b>	<b>39</b>	<b>42</b>	<b>23</b>	<b>625</b>						

Tabela 8 – Relação entre pontos recomendados para fixação de estacas e pontos efetivados

<i>Estacas</i>	<i>Frequência</i>
<i>Recomendadas</i>	25
<i>Fixadas</i>	55
<b>Total visualizadas:</b>	<b>80</b>

Tabela 9 – Períodos com maiores focos de erosão marginal

<i>Campanha com mais pontos de erosão</i>	<i>Nº de pontos</i>	<i>PERÍODO</i>
<i>PRE 1</i>	53	-mai/2010
<i>PEN 13</i>	65	abr/2014 - out/2014

Tabela 10 – Quantificação total de chuvas

<i>Quantificação</i>	<i>Frequência</i>
<i>Abaixo da média</i>	49
<i>Acima da média</i>	37
<i>Normal</i>	10
<i>Irregular</i>	17
<b>Nº de meses:</b>	<b>113</b>

Tabela 11 - Dados maior chuva

<i>Estação</i>	<i>Mês de maior chuva</i>	<i>Quantidade (mm)</i>	<i>média histórica para o mês (mm)</i>	<i>anomalia mensal (mm)</i>
<b>Chapecó</b>	jun 2014	491,4	146,2	345,2
<b>Nonoai</b>	jun 2014	549,6	146,2	403,4
<b>Barragem Foz do Chapecó</b>	jun 2014	464	146,2	317,8
<b>Caibi</b>	jun 2014	509,4	146,2	363,2

Tabela 12 – Dados menor chuva

<b>Estação</b>	<b>Mês de menor chuva</b>	<b>Quantidade (mm)</b>	<b>média histórica para o mês (mm)</b>	<b>anomalia mensal (mm)</b>
<b>Chapecó</b>	ago 2012	1,4	133,4	132
<b>Nonoai</b>	ago 2012	7,8	133,4	125,6
<b>Barragem Foz do Chapecó</b>	ago 2012	10,6	133,4	122,8
<b>Caibi</b>	ago 2012	10,8	133,4	122,6

Tabela 13 – Dados hidrossedimentológicos totais

<b>Estação</b>	<b>FASE RIO</b>		<b>FASE RES. até ago/14</b>		<b>FASE RES. 2016,17,18.</b>	
	<b>Vazão</b>	<b>Qss</b>	<b>Vazão</b>	<b>Qss</b>	<b>Vazão</b>	<b>Qss</b>
	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>	<b>Média</b>
	<b>Líquida</b>	<b>Sólida</b>	<b>Líquida</b>	<b>Sólida</b>	<b>Líquida</b>	<b>Sólida</b>
<i>Barca Irani</i>	49,11	145,76				
<i>Ponte do Rio Passo Fundo</i>	106,96	440,98				
<i>Rio Douradinho</i>	3,02	9,29	18,14	34,18	2,23	6,38
<i>Ponte Rio Irani</i>			69,02	161,3	98,15	151,7
<i>Rio Paloma</i>					0,8	0,1
<i>Volta do Uvá</i>					9,01	23,07

Tabela 14 – Dados hidrossedimentológicos Fase rio

<b>Estação</b>	<b>FASE RIO 2007 - 2010</b>	
	<b>Vazão 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Qss 10<sup>3</sup>kg/h</b>
	<b>Líquida (10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Sólida (10<sup>3</sup>kg/h)</b>
<i>Barca Irani</i>	176.80	6.07
<i>Ponte do Rio Passo Fundo</i>	385.06	18.38
<i>Rio Douradinho</i>	10.87	0.39

Tabela 15 – Dados hidrossedimentológicos Fase reservatório até agosto de 2014

<b>Estação</b>	<b>FASE RES. 2011 até ago/14</b>	
	<b>Vazão 10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/h</b>	<b>Qss 10<sup>3</sup>kg/h</b>
	<b>Líquida (10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/h)</b>	<b>Sólida (10<sup>3</sup>kg/h)</b>
<i>Rio Douradinho</i>	65.30	1.42
<i>Ponte Rio Irani</i>	248.47	6.72

Tabela 16 – Dados hidrossedimentológicos Fase reservatório entre 2016 e 2018

**FASE RES. 2016,17,18.**

<i>Estação</i>	Vazão 10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /h	Qss 10 <sup>3</sup> kg/h
	Líquida (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /h)	Sólida (10 <sup>3</sup> kg/h)
<i>Rio Douradinho</i>	8.03	0.27
<i>Ponte Rio Irani</i>	353.34	6.32
<i>Rio Paloma</i>	2.88	0.00
<i>Volta do Uvá</i>	32.44	0.96

Tabela 17 – Dados hidrossedimentológicos maior chuva

<i>maior chuva</i>		Jun/2014
<i>Estações Fluviométricas</i>	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Qss (ton/dia)
	Líquida (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /h)	Sólida (10 <sup>3</sup> kg/h)
<i>Rio Douradinho</i>	105.34	2.56
<i>Ponte Rio Irani</i>	364.07	11.09

Tabela 18 – Dados hidrossedimentológicos menor chuva

<i>menor chuva</i>		Aug/2012
<i>Estações Fluviométricas</i>	Vazão (m <sup>3</sup> /s)	Qss (ton/dia)
	Líquida (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> /h)	Sólida (10 <sup>3</sup> kg/h)
<i>Rio Douradinho</i>	32.08	0.58
<i>Ponte Rio Irani</i>	231.55	7.18

Tabela 19 – Vazão líquida menor X maior chuva

<i>Menor x Maior (chuva) - Líquida (10<sup>3</sup>m<sup>3</sup>/h)</i>		
<i>Estações Fluviométricas</i>	Ago/2012	Jun/2014
<i>Rio Douradinho</i>	32.08	105.34
<i>Ponte Rio Irani</i>	231.55	364.07

Tabela 20 – Vazão sólida menor X maior chuva

<i>Menor x Maior (chuva) - Sólida (10<sup>3</sup>kg/h)</i>		
<i>Estações Fluviométricas</i>	Ago/2012	Jun/2014
<i>Rio Douradinho</i>	0.58	2.56
<i>Ponte Rio Irani</i>	7.18	11.09

Tabela 21 – Climatologia no PRE 1

## Precipitação no PRE 1

<i>climatologia dez/2008 - mai/2010</i>	Quantificação (18 meses)	Média de chuva
	Meses	(mm/mês)
<i>Acima da média</i>	6	237,6
<i>Abaixo da média</i>	9	97,4
<i>Normal</i>	3	168,7

Tabela 22 – Climatologia no PEN 13

## Precipitação no PEN 13

<i>climatologia abr/2014 - out/2014</i>	Quantificação (7 meses)	Média de chuva
	Meses	(mm/mês)
<i>Acima da média</i>	3	418,567
<i>Abaixo da média</i>	1	66
<i>Normal</i>	1	182,2
<i>Irregular</i>	2	112,15

Tabela 23 – Precipitação máxima X mínima X média PRE 1

<i>ESTAÇÃO Pluviométrica</i>	Máxima(mm)	Mínima(mm)	Média(mm)
<i>Chapecó</i>	484,3	16,2	182,6
<i>Nonoai</i>	347,4	12,2	93
<i>Barragem Foz do Chapecó</i>	322,8	24,4	195,4
<i>Caibi</i>	268,2	15,2	50

Tabela 24 – Precipitação máxima X mínima X média PEN 13

<i>ESTAÇÃO Pluviométrica</i>	Máxima(mm)	Mínima(mm)	Média(mm)
<i>Chapecó</i>	491,4	60	368,6
<i>Nonoai</i>	549,6	69,2	373,6
<i>Barragem Foz do Chapecó</i>	464	73,2	415,6
<i>Caibi</i>	509,4	61,6	385

Tabela 25 – Vazões no PRE 1

<i>Estações Fluviométricas</i>	Vazão média mensal	
	Líquida ( $10^3\text{m}^3/\text{h}$ )	Sólida ( $10^3\text{kg}/\text{h}$ )
<i>Barca Irani</i>	125.7	9.1
<i>Ponte do Rio Passo Fundo</i>	403.6	21.1
<i>Rio Douradinho</i>	8.7	0.7

\* as demais estações não estavam em funcionamento

Tabela 26 – Vazões no PEN 13

PEN 13 <i>Estações Fluviométricas</i>	Vazão média mensal	
	Líquida ( $10^3\text{m}^3/\text{h}$ )	Sólida ( $10^3\text{kg}/\text{h}$ )
<i>Rio Douradinho</i>	105.3	2.6
<i>Ponte Rio Irani</i>	364.1	11.1

*\* as demais estações não estavam em funcionamento*

Tabela 27 – Vazão líquida PRE 1 X PEN 13

<b>Vazão Líquida (<math>10^3\text{m}^3/\text{h}</math>)</b>		
<i>Estações Fluviométricas</i>	PRE 1	PEN 13
<i>Rio Douradinho</i>	8.7	105.3

*\*estação em comum*

Tabela 28 – Vazão sólida PRE 1 X PEN 13

<b>Vazão Sólida (<math>10^3\text{kg}/\text{h}</math>)</b>		
<i>Estações Fluviométricas</i>	PRE 1	PEN 13
<i>Rio Douradinho</i>	0.7	2.6

*\*estação em comum*