

**UNIVERSIDADE REGIONAL DO NOROESTE DO ESTADO  
DO RIO GRANDE DO SUL**

**DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA**

**Curso de Engenharia Civil**

**Daniel Oliveira de Bitencorte**

**ANÁLISE DA VIABILIDADE DE UM APROVEITAMENTO  
HIDRELÉTRICO A PARTIR DE ESTUDOS DE CONCEPÇÃO  
HIDROLÓGICA**

**Ijuí/RS**

**2011**

**Daniel Oliveira de Bitencorte**

# **ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO A PARTIR DE ESTUDOS DE CONCEPÇÃO HIDROLÓGICA**

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUI, como requisito parcial à obtenção de aprovação para a realização do Trabalho de Conclusão de Curso.

**Orientador: Giuliano Crauss Daronco**

**Ijuí/RS**

**2011**

**Daniel Oliveira de Bitencorte**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE DE UM APROVEITAMENTO HIDRELÉTRICO A  
PARTIR DE ESTUDOS DE CONCEPÇÃO HIDROLÓGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em sua forma final pelo professor orientador e pelo membro da banca examinadora

Banca examinadora

---

Prof. Giuliano Crauss Daronco, Engenheiro Civil - Orientador

---

Prof. Valdi Henrique Spohr, Engenheiro Civil

Ijuí, 23 de novembro de 2011

## AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Antônio e Elaine por absolutamente tudo. Por me possibilitarem seguir o caminho do correto, me proporcionar oportunidades para crescer e me tornar o que sou e viverem minhas conquistas e realizações como suas vitórias. Enquanto os pais estiveram de joelhos o filho permaneceu de pé.

Ao meu irmão Denis, pelo apoio e que mesmo distante se fez necessário.

Aos meus queridos sogros Iloir e Dulce pelos momentos de apoio, e minha sincera gratidão ao amor proporcionado as minhas filhas na minha ausência.

Ao colega e amigo Engenheiro Juarez Bernardi pelo tempo e ajuda a mim dedicados no desenvolvimento deste trabalho e também ao acesso às informações constantes neste trabalho.

Ao professor Giuliano Crauss Daronco pelo tempo e paciência a mim dedicados, pelo espírito crítico e prático e pela disponibilidade sempre a mim oferecida.

Por fim, meu mais sincero agradecimento a Carine, minha amada rainha e minhas princesas Giovana e Eduarda. Pela força, apoio incondicional, carinho e compreensão as horas de ausência nos momentos marcantes junto as nossas filhas. Por ser nelas o lugar onde arranco forças de nunca desistir e me fortalecer com seus sorrisos.

## RESUMO

Devido à importância e o crescimento desse tipo de empreendimento no Brasil, o presente trabalho expõe as etapas básicas e necessárias de um estudo hidrológico, para o desenvolvimento de um projeto básico nos padrões ELETROBRÁS. Este trabalho compara diferentes arranjos construtivos em um mesmo ponto, objetivando encontrar o aproveitamento hidrelétrico ideal para a construção da Pequena Central Hidrelétrica (PCH) Igrejinha, localizada no rio Ijuizinho no Estado do Rio Grande do Sul. Foram elaboradas planilhas eletrônicas com dados hidrológicos e gráficos que possibilitaram avaliar sob o ponto de vista da potência instalada, o ponto onde a operação do pequeno aproveitamento hidrelétrico fosse ideal. Visto que os conceitos hidrológicos são fundamentais em toda a vida útil deste tipo de empreendimento, foram levantadas vazões turbinadas, potência instalada e energia média que melhor se adequassem aos dados hidrológicos do local. Os estudos comprovaram que se pode alcançar 4,85 MW instalados no mesmo local, porém com diferente traçado, do estudo proposto pela CEEE em inventário com potência instalada de 2,50 MW.

Palavras-chave: Potência Instalada, Pequenas Centrais Hidrelétricas, Estudos Hidrológicos.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo da Água.....	26
Figura 2: Mapa de Localização das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) na Bacia do Rio Uruguai.....	42
Figura 3: Articulação das Cartas/folhas.....	47
Figura 4: Despacho de aprovação dos estudos de inventário.....	49
Figura 5: Despacho efetivando o registro ativo para Ceriluz.....	50
Figura 6: Ficha técnica do rio Ijuizinho.....	53
Figura 7: Participação de quedas nos estudos aprovados de inventário.....	54
Figura 8: Cópia parcial do mapa físico do Rio Grande do Sul.....	55
Figura 9: Sub-bacias do Rio Uruguai.....	56
Figura 10: Bacia Hidrográfica da PCH Igrejinha, Bacia 7, Sub-bacia 75.....	56
Figura 11: Cópia parcial Mapa do Rio Grande do Sul.....	57
Figura 12: Localização das estações pluviométricas e fluviométricas.....	67
Figura 13: Localização estações fluviométricas nas proximidades do rio Ijuí.....	67
Figura 14: :Contribuição de água no trecho entre a barragem e casa de máquinas da PCH Igrejinha.....	80
Figura 15: Detalhe da área alagada da alternativa aprovada no inventário hidrelétrico .....	88
Figura 16: Perfil de trecho do rio Ijuizinho indicando a área alagada da alternativa aprovada em inventário..	88
Figura 17: Seção topobatimétrica no eixo da ponte sobre o rio Ijuizinho.....	89
Figura 18: Detalhe da ponte considerando o lago no NANormal aprovado em inventário.....	89
Figura 19: Ponte sobre o rio Ijuizinho.....	90
Figura 20: Detalhe do acesso da rodovia.....	90
Figura 21: Perfil de trecho do rio demonstrando as alternativas de arranjo estudadas nesta etapa dos estudos..	91
Figura 22: Arranjo geral da Alternativa 01.....	92
Figura 23: Levantamentos de campo desenvolvidos no local da Alternativa 01.....	92
Figura 24: Arranjo geral da Alternativa 02.....	93

**LISTA DE TABELAS**

Tabela 1: Fontes de Geração de Energia no Rio Grande do Sul.....	39
Tabela 2: Quadro comparativo entre inventário e arranjo em estudo.....	51
Tabela 3: Quadro indicatório das estações pluviométricas da região.....	62
Tabela 4: Dados estação Tupanciretã.....	63
Tabela 5: Dados de chuva da estação Tupanciretã.....	63
Tabela 6: Dados estação Esquina dos Lima.....	64
Tabela 7: Dados de chuva da estação Esquina dos Lima.....	64
Tabela 8: Comparativo das médias mensais das estações selecionadas.....	65
Tabela 9: Dados estação Colônia Mousquer.....	66
Tabela 10: Dados estação Passo Faxinal.....	66
Tabela 11: Dados estação Colônia Mousquer.....	69
Tabela 12: Dados estação Colônia Mousquer.....	70
Tabela 13: Dados estação Passo Faxinal.....	71
Tabela 14: Dados estação Passo Faxinal.....	72
Tabela 15: Dados vazão específica Colônia Mousquer.....	73
Tabela 16: Dados vazão específica Passo Faxinal.....	74
Tabela 17: Dados vazão específica Colônia Mousquer com preenchimento por correlação.....	76
Tabela 18: Dados vazão específica na PCH Igrejinha.....	77
Tabela 19: Tabela Frequência X Vazão no Posto Colônia Mousquer.....	78
Tabela 20: Tabela Frequência X Vazão na PCH Igrejinha.....	79
Tabela 21: Comparação dos dados energéticos da PCH Igrejinha.....	83
Tabela 22: Quadro resumo da PCH Igrejinha.....	86

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Fontes de Geração de Energia no Rio Grande do Sul.....	39
Gráfico 2: Correlação entre as estações estudadas.....	75
Gráfico 3: Curva de Permanência do Posto Colônia Mousquer.....	78
Gráfico 4: Curva de Permanência da PCH Igrejinha.....	79
Gráfico 5: Curva Cota – Área – Volume do reservatório da PCH Igrejinha.....	81
Gráfico 6: Comparativos de geração de energia na PCH Igrejinha.....	84



## LISTA DE SIGLAS E SÍMBOLOS

?: por cento

ANA: Agência Nacional das Águas

ANEEL: Agência Nacional de Energia Elétrica

APP: Área de Preservação Permanente

Art.: Artigo

BNDES: Banco Nacional do Desenvolvimento

BRU: Bacia do Rio Uruguai

CBEE: Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial

CBH: Comitês de Bacias Hidrográficas

CCC: Conta de Consumo de Combustível

CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica

CEPEL: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

CERPCH: Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas

CGSE: Câmara de Gestão do Setor Elétrico

CNAEE: Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica

CNPE: Conselho Nacional de Política Energética

CNRH: Conselho Nacional de Recursos Hídricos

COMASE: Comitê Coordenador das Atividades do Meio Ambiente do Setor Elétrico

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente

CRH: Conselho de Recursos Hídricos

DF: Distrito Federal

DNAEE: Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica

DOU: Diário Oficial da União

DRH: Departamento de Recursos Hídricos

ELETRONBRAS: Centrais Elétricas Brasileiras S/A

EPE: Empresa Pesquisa Energética

FEPAM: Fundação Estadual de Proteção Ambiental

FRH: Fundo de Investimentos em Recursos Hídricos

GCE: Gestão da Crise de Energia Elétrica

GWh: Gigawatt / hora

IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ICMS: Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços

KW: Quilowatt

LI: Licença de Instalação

LO: Licença de Operação

LP: Licença Prévia

MAE: Mercado Atacadista de Energia Elétrica

MME: Ministério das Minas e Energia

MRE: Mecanismo de Relocação de Energia

MWh: Megawatt / hora

MW: Megawatt

ONS: Operador Nacional do Sistema Elétrico

PCH: Pequena Central Hidrelétrica

PNPCH: Programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas

PNRH: Política Nacional de Recursos Hídricos

PPT: Programa Prioritário de Termelétricas

PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica

PROINFA: Programa de Incentivos às Fontes Alternativas de Energia Elétrica

RH: Recursos Hídricos

RS: Rio Grande do Sul

SEINFRA: Secretaria de Infraestrutura

SGH: Superintendência de Gestão e Estudos Energéticos

SIPOT: Sistema de Informações do Potencial Hidrelétrico Brasileiro

SNGRH: Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos

SRH: Sistema de Recursos Hídricos

UHE: Usina Hidrelétrica de Energia

UNIJUÍ: Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
1.1. Tema da pesquisa.....	14
1.2. Delimitação do tema.....	14
1.3. Formulação da questão de estudo.....	14
1.4. Objetivos.....	14
1.4.1.Objetivo geral .....	14
1.4.2.Objetivo específico .....	14
1.5. Justificativas .....	15
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>18</b>
2.1. PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS .....	18
2.1.1.Histórico das Pequenas Centrais Hidrelétricas.....	18
2.1.2.Definição do conceito de PCH no Brasil.....	20
2.1.3.Funcionamento das PCHs.....	21
2.1.4.Benefícios e vantagens para empreendedores de PCHs .....	22
2.2. RECURSOS HÍDRICOS.....	23
2.2.1.Hidrologia.....	23
2.2.2.Estudos hidrológicoss .....	25
2.2.3.A outorga de uso dos recursos hídricos .....	28
2.2.4.Direito de uso dos recursos hídricos.....	29
2.3. LEGISLAÇÃO .....	31
2.3.1.ANEEL .....	31
2.3.2.Legislação básica.....	32
2.3.3.Resoluções normativas .....	33
2.3.4.Normas de organização da ANEEL.....	33
2.3.5.Programa de incentivo as PCHs .....	33
2.3.6.Instituições que atuam no setor elétrico brasileiro .....	35
2.4. ÁREA DE ESTUDO .....	38
2.4.1.PCHs no Rio Grande do Sul.....	38
2.4.2.Bacia do Rio Uruguai .....	40
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>44</b>

3.1.Classificação do estudo .....	44
3.2.Procedimento de coleta e interpretação de dados.....	44
3.3.Descrição geral da área em estudo .....	44
3.4.Planejamento da pesquisa.....	45
3.5.Materiais .....	45
<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS.....</b>	<b>48</b>
4.1. HISTÓRICO DOS ESTUDOS.....	48
4.2. DADOS PRELIMINARES .....	52
4.2.1.Estudo de inventário da sub-bacia 75 .....	52
4.2.2.Estudo de projeto da PCH Igrejinha.....	54
4.2.3.Localização e acessos – Caracterização da área estudada.....	54
4.2.4.Aspectos gerais e caracterização da bacia .....	55
4.2.5.Coordenadas geográficas.....	57
4.2.6.Características gerais da bacia do rio Ijuizinho.....	57
<b>5. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA PCH IGREJINHA .....</b>	<b>59</b>
5.1. CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA BACIA.....	62
5.2. BASE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS .....	65
5.3. ESTUDO DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS USADOS ..	68
5.4. GERAÇÃO DA SÉRIE DE DESCARGAS FLUVIOMÉTRICAS .....	68
5.5. VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DO POSTO COLÔNIA MOUSQUER.....	69
5.6. VAZÕES MÉDIAS DO POSTO PASSO FAXINAL.....	70
5.7. ESTUDO DE CORRELAÇÃO ENTRE POSTOS .....	72
5.8. SÉRIE POSTO BASE COLÔNIA MOUSQUER PREENCHIDA POR CORRELAÇÃO .....	75
5.9. SÉRIE GERADA PARA O LOCAL DA PCH IGREJINHA.....	76
5.10. CURVA DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES MÉDIAS MENSAIS .....	77
5.11. CURVA DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES MÉDIAS MENSAIS .....	78
5.12. CURVA DE PERMANÊNCIA PCH IGREJINHA .....	79
5.13. VAZÃO REMANESCENTE .....	79
5.14. CURVA COTA X ÁREA X VOLUME DA PCH IGREJINHA .....	81
<b>6. ESTUDOS ENERGÉTICOS .....</b>	<b>82</b>
6.1. INTRODUÇÃO.....	82
6.2. VAZÃO REGULARIZADA.....	82

6.3.	VAZÃO DO PROJETO .....	82
6.4.	DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS D'ÁGUA NORMAIS DE OPERAÇÃO .....	82
6.5.	DEFINIÇÃO DA POÊNCIA INSTALADA.....	83
6.6.	ENERGIA MÉDIA GERADA PARA O HISTÓRICO DE VAZÕES .....	83
6.7.	ENERGÉTICO PARA A PCH IGREJINHA.....	84
6.8.	CÁLCULO DA POTÊNCIA INSTALADA.....	85
6.9.	RESULTADOS FINAIS .....	86
<b>7.</b>	<b>ESTUDO DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>87</b>
7.1.	GENERALIDADES .....	87
7.2.	ALTERNATIVAS DE ARRANJO .....	87
7.2.1.	Alternativa 01 .....	91
7.2.2.	Alternativa 02 .....	93
7.3.	COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DA ALTERNATIVA .....	93
<b>8.</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>95</b>
<b>9.</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>96</b>
<b>10.</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>97</b>

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. TEMA DA PESQUISA

O tema da pesquisa é: Hidrologia.

### 1.2. DELIMITAÇÃO DO TEMA

Estudos de concepção hidrológica para projeto da PCH localizada no rio Ijuizinho, no Noroeste do RS.

### 1.3. FORMULAÇÃO DAS QUESTÕES DE ESTUDO

O aproveitamento sugerido para estudo possui potencial hidráulico para geração de energia?

Quais são os dados e estações fluviométricas necessárias para o desenvolvimento dos estudos de concepção hidrológica?

### 1.4. OBJETIVOS

#### 1.4.1. OBJETIVO GERAL

Desenvolver o processo de estudo de concepção hidrológica de uma PCH no Estado do RS, tendo como objetivo a geração de energia elétrica através de um potencial hidráulico existente, com baixo impacto ambiental com condições de competitividade no mercado veiculadas pela atual política de apoiar as iniciativas de investimentos em fontes alternativas.

Mostrar a existência de aproveitamentos hidrelétricos não inventariados com importância para a atual situação energética brasileira.

#### 1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos da presente pesquisa são:

Apresentar os estudos de concepção hidrológica realizados para projeto básico. Nesta fase, foram desenvolvidos levantamentos e estudos nas seguintes áreas: topografia, energéticos e hidrológicos, executados visando a implantação do empreendimento denominado PCH Igrejinha, tendo como objetivo a geração de energia elétrica através de um potencial hidráulico existente, com baixo impacto ambiental com condições de competitividade no mercado veiculadas pela atual política de apoiar as iniciativas de investimentos em fontes alternativas. Abordar de forma sucinta as etapas dos estudos hidrológicos que devem nortear a qualidade e quantidade dos estudos.

### 1.5. JUSTIFICATIVAS

A geração de energia elétrica é uma necessidade do próprio comportamento humano. Em virtude da facilidade de aquisição de eletrodomésticos, eletrônicos e condicionadores, e estes tornarem elevada a demanda de energia elétrica, preponderantemente ao cair da noite, as Pequenas Centrais Hidrelétricas são consideradas alternativas rápidas e eficientes para promover a expansão da oferta. Logo, o governo brasileiro tem buscado incentivar a construção desse tipo de sistema, simplificando o processo de outorga e concedendo benefícios.

A situação energética no Brasil, não é das melhores. Em 2000, previu-se uma possibilidade de colapso do sistema de 15%, quando o permitido e tolerável é de 5%. Em meio à ameaça de uma parada total do sistema energético brasileiro, empresas do setor elétrico então procuraram novas formas de investimento: as pequenas centrais hidrelétricas. Estes empreendimentos permitem um retorno energético em curto prazo, já que são construções de pequeno porte. Além disso, o parque gerador do país não pode esperar, pois há a necessidade de incrementá-lo o quanto antes.

Segundo OLIVEIRA *et al* (2010) a implantação de um parque gerador de energia elétrica de base predominantemente hídrica deve-se fundamentalmente às características físicas e geográficas do Brasil. Segundo o plano 2015 da ELETROBRÁS, o potencial hidrelétrico do Brasil corresponde a um total de 260 mil MW, o maior potencial hidrelétrico em todo o mundo. Desta soma, pouco mais de 30% se transformaram em usinas construídas ou outorgadas e o potencial a aproveitar é cerca de 126 mil MW, segundo o Plano Nacional de Energia até 2030 da EPE.

Assim, para a implantação de um parque gerador de energia elétrica é importante que os projetos de centrais hidrelétricas sejam desenvolvidos de forma a aproveitá-lo ao máximo, trazendo benfeitorias a pequenos centros urbanos, regiões rurais, complementando o fornecimento realizado pelo sistema interligado conclui OLIVEIRA *et al* (2010).

As possibilidades técnicas e práticas da geração de energia incentivam a difusão e o uso das fontes alternativas mais prontamente disponíveis no Brasil, sendo que apenas o emprego de técnicas simples em sua utilização pode ser suficiente para resolver problemas localizados de energia ou melhorar as instalações atualmente disponíveis.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) não produzem apenas energia, elas geram melhor qualidade de vida, maior oferta de emprego, trazem avanço econômico sustentável e ainda é um ótimo investimento financeiro.

As Pequenas Centrais Hidrelétricas – PCH representam, atualmente, uma forma rápida e eficiente de promover a expansão da oferta de energia elétrica, visando suprir a crescente demanda verificada no mercado nacional. Esse tipo de empreendimento possibilita um melhor atendimento às necessidades de carga de pequenos centros urbanos e regiões rurais, uma vez que, na maioria dos casos, complementa o fornecimento realizado pelo sistema interligado. Por isso, além de simplificar o processo de outorga, o Governo concedeu uma série de benefícios ao empreendedor, para estimular os investimentos (ANEEL 2003).

A desestatização do setor energético trouxe muitos atrativos para investidores no Brasil e isso fez com que se aprimorasse a oferta de energia nacional. Os novos consumidores livres e produtores independentes fizeram o mercado energético tomar um novo rumo. Com isso, a implantação de Pequenas Centrais Hidrelétricas — produção de energia com baixo impacto ambiental, “limpa” e renovável — tornou-se extremamente atrativa.

TIAGO FILHO *et al* (2003) afirmam que diante do cenário brasileiro, o mercado de PCH apresenta grande potencial hidrelétrico, sendo altamente atrativo a investidores estrangeiros, o que levará à necessidade de uma maior atenção a esses pequenos aproveitamentos para a geração em um futuro próximo.



Antes dos anos 90, o abastecimento de energia era feito localmente com o objetivo de abastecer as próprias empresas. Já na década de 90, surgiram as distribuidoras de energia. Foi então que, em 1998, começou a ser difundido o mercado livre de energia, consolidado em 2002 e com o incentivo do governo através do plano Proinfra. Hoje os bancos contam com um crédito exclusivo para PCHS, através do BNDES. O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa) estimulou geradores de energia a investir em tecnologias com emissão reduzida ou nula de gases poluentes na atmosfera. O BNDES fornece uma linha de crédito de até 70% do valor do investimento. Neste caso, os investidores privados precisam garantir apenas 30% com capital próprio.

Já a ELETROBRÁS assegurará ao empreendedor que tiver um contrato de compra de energia de longo prazo, receita mínima de 70% de energia contratada durante o período de financiamento, uma proteção integral quanto aos riscos de exposição do mercado em curto prazo. Outro incentivo para produtores de energia independente é a não tributação de ICMS em seu quadro de encargos. A Agência Nacional de Energia Elétrica também oferece benefícios para os proprietários de PCH que se enquadrem nos moldes legais.

Diante destas realidades do setor energético brasileiro, houve o interesse em desenvolver um trabalho sobre estudos de concepção hidrológica, visto que estão sendo realizadas obras para instalação de algumas PCHs na região Noroeste do estado do RS. E também, pelo fato de uma vez concluído a graduação de Engenharia Civil, o pesquisador estar qualificado a somar nessa área no mercado de trabalho.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

#### 2.1.1. HISTÓRICO DAS PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS

A história das Pequenas Centrais Hidrelétricas, no Brasil inicia no final do século passado, em destaque para o ano de 1883 quando se inaugurou em Minas Gerais a primeira usina hidrelétrica do país, denominado “Ribeirão do Inferno”. No início, as PCHs em operação visavam, principalmente, atender sistemas isolados nos Estados construídos por pequenos empresários da época ou por prefeituras municipais.

A regulamentação ocorreu a partir de 1934, quando foi promulgado pelo Presidente Getúlio Vargas o Código de Águas, assegurando ao poder pública a possibilidade de controlar rigorosamente as concessionárias de energia elétrica. A expansão deu-se a partir de 1952 com a criação do Ministério das Minas e Energia – MME e, em 1961, da ELETROBRÁS, para coordenar o setor de energia elétrica brasileiro. Para a consolidação do setor elétrico brasileiro, em 1965 foi criado o Departamento Nacional de Águas e Energia, encarregado da regulamentação dos serviços de energia elétrica, Lei 4.904 de 17/12/65. Durante o período de estatização é importante destacar o ano de 1984, quando iniciou a operação da Usina Hidrelétrica Tucuruí, da Eletronorte, primeira hidrelétrica de grande porte construída na Amazônia (ELETROBRÁS, 2008).

Segundo TIAGO FILHO *et al* (2006) em 1941, existiam milhares de empresas de energia elétrica, e centenas de pequenas centrais, entretanto, tirando os grupos estrangeiros existentes, somente oito empresas possuíam potência instalada superior a 3.000 kW. Desta forma, até esta época, tirando alguns casos especiais, quase a totalidade das instalações eram compostas de pequenas centrais hidrelétricas.

São definidos os seguintes critérios para aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica, aproveitamento hidrelétrico com potência superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW e/ou área do reservatório inferior a 3,0 km<sup>2</sup>.

A partir da década de 1940, a criação das empresas estaduais de energia elétrica resultou na retomada do investimento em grandes obras de geração, buscando economia de escala. A partir deste momento, as empresas estaduais praticamente abandonaram os pequenos projetos, mantendo em operação aquelas julgadas mais interessantes na época, descreve TIAGO FILHO *et al* (2006).

De acordo com TIAGO FILHO e ALENCAR (2008), o mercado das PCH no Brasil tem sido implementado devido à disponibilidade de tecnologias eficientes e a redução das despesas operacionais. Novos projetos têm atraído o interesse de vários grupos privados e companhias públicas. A maior parte dos empreendimentos foi concebida na década de 1960. O processo estancou com os planos nacionais de energia que incentivavam a transferência das concessões particulares para concessões públicas, geralmente representadas pelas Companhias de Eletricidade Estaduais estruturadas na época, enquanto a geração passou a ser papel do Governo Federal.

A partir da década de 1990, o Governo Federal procurou programar, gradualmente, uma política de concessão a grupos privados e companhias públicas para a PCH. A concessão de serviço público de geração de energia tornou-se acessível à iniciativa privada e mediante um programa de privatização iniciou-se a transferência para o controle privado das concessionárias distribuidoras até então sob o comando das empresas estatais federais e estaduais (LASCH 2008).

Segundo as Diretrizes para Projetos de PCH (2003), e de acordo com a Constituição Federal, os potenciais de energia hidráulica constituem bens da União. Compete ainda a União explorar diretamente ou mediante autorização, concessão ou permissão, o aproveitamento energético dos cursos d'água, em articulação com os Estados onde se situam os potenciais hidroenergéticos.

Segundo PINELI (2005) o interesse de investidores privados por este tipo de empreendimento tem crescido. As modificações na legislação quanto à produção e comercialização de energia, bem como as mudanças institucionais que aconteceram no país com a privatização de empresas do setor elétrico, são responsáveis pelos investimentos que vêm ocorrendo.

### 2.1.2. DEFINIÇÃO DO CONCEITO DE PCH NO BRASIL

Do ponto de vista legal, a definição de PCH foi citada pela primeira vez na legislação do setor elétrico em 1982, na Portaria do Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE nº 109, que definiu que seriam consideradas PCHs aquelas centrais hidrelétricas que contemplassem cumulativamente as seguintes características:

- Operassem a fio d'água ou no máximo com regularização diária;
- Tivessem barragens e vertedouros com altura máxima de até 10 metros;
- Não utilizassem túneis;
- Possuíssem estruturas hidráulicas, no circuito de geração, para vazão turbinável de, no máximo 20 m<sup>3</sup>/s;
- Fossem dotadas de unidades geradoras com potência individual de até 5.000 kW, limite que buscava unicamente garantir que a indústria nacional teria condições de produzir esse tipo de equipamento;
- Tivessem potência instalada total de, no máximo, 10.000 kW;

Porém, o alto número de condicionantes criou problemas na incrementação de um programa para inserção de PCH, o que levou à redefinição do conceito de PCH.

Em 1987, pela Portaria DNAEE nº 136, manteve-se as características associadas apenas à potência, passando PCH a ser aquele aproveitamento hidrelétrico com potência total de 10.000 kW e com unidades geradoras de, no máximo, 5.000 kW. A simplificação, contudo, não implicou em aumento dos empreendimentos, como poderia ser esperado. Por outro lado, a retirada das outras limitações permitiu a execução de empreendimentos empresarialmente e, sobretudo, ambientalmente contestáveis.

Segundo Tiago *et al* (2006) nos anos de 1996 e 1997, o DNAEE criou um grupo multi-institucional para realizar um diagnóstico da situação e implementar um segundo plano nacional de pequenas centrais hidrelétricas. Entre as conclusões contidas no documento final, duas eram relevantes: (i) o aumento da potência limite e, (ii) a criação de novos procedimentos levando em consideração as alterações que vinham sendo realizadas no ambiente institucional do setor elétrico, em especial, a criação do produtor independente de energia elétrica. É importante salientar que, até esse momento o DNAEE poderia realizar tal modificação na definição, pois era

uma portaria emitida por esse órgão que definia as características de potência. No final do ano de 1997, por meio de sucessivas Medidas Provisórias, o limite para autorização, no caso de centrais hidrelétricas, foi sendo aumentado de 10 MW para 25 MW, sendo que, em 1998, a Lei nº 9.648, de 27 de maio, fixou finalmente esse limite em 30 MW, através de uma alteração no artigo 26 da Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996.

A ANEEL estabelece os seguintes critérios para enquadramento de aproveitamento hidrelétrico na condição de Pequena Central Hidrelétrica na Resolução N ° 652/2003 de 09 de janeiro de 2003, publicada no Diário Oficial de 10/12/2003.

- Ter aproveitamento hidrelétrico com potencia superior a 1.000 kW e igual ou inferior a 30.000 kW, destinado a produção independente, auto-produção ou produção independente autônoma, com área do reservatório inferior a 3,0 km<sup>2</sup>.
- A area do reservatório não poderá ser superior a 13 km<sup>2</sup> e deve atender a equação:

$$A \geq 14,3 \cdot P/H$$

Sendo:

P = Potência elétrica instalada em (MW);

A = Área do reservatório em (km<sup>2</sup>);

H = Queda bruta em (m) definida pela diferença entre os níveis d'água máximos normal de montante e normal de jusante;

As PCHs quanto a capacidade de regularização podem ser: a fio d'água, de acumulação, com regularização mensal do reservatório (ELETROBRÁS, 2000).

A partir da resolução 652 de 2003, aumentou enormemente o número de estudos de inventário contemplando pelo menos uma PCH na alternativa de divisão de queda selecionada.

### 2.1.3. FUNCIONAMENTO DAS PCH's

O custo da energia elétrica produzida pelas PCHs é maior que o de uma usina hidrelétrica de grande porte (UHE-Usina Hidrelétrica de Energia), onde o reservatório pode ser operado de forma a diminuir a ociosidade ou os desperdícios de água. Entretanto as PCHs são instalações que resultam em menores impactos ambientais e se prestam à geração descentralizada. Segundo a ANEEL, uma PCH típica normalmente opera a fio d'água, isto é, o reservatório não permite a

regularização do fluxo d água. Com isso, em ocasiões de estiagem a vazão disponível pode ser menor que a capacidade das turbinas, causando ociosidade. Este tipo de hidrelétrica é utilizado principalmente em rios de pequeno e médio porte que possuam desníveis significativos durante seu percurso, gerando potência hidráulica suficiente para movimentar as turbinas. As resoluções elaboradas pela ANEEL permitem que a energia gerada nas PCHs entre no sistema de eletrificação, sem que o empreendedor pague as taxas pelo uso da rede de transmissão e distribuição. O benefício vale para quem entrou em operação até 2003. As PCHs são dispensadas ainda de remunerar municípios e Estados pelo uso dos recursos hídricos.

#### 2.1.4. BENEFÍCIOS E VANTAGENS PARA EMPREENDEDORES DE PCH

- Autorização não onerosa para explorar o potencial hidráulico (**Lei nº 9.074**, de 7 de julho de 1995, e **Lei nº 9.427**, de 26 de dezembro de 1996);
- Descontos não inferiores a 50% nos encargos de uso dos sistemas de transmissão e distribuição (**Lei nº 10.438**, de 26 de abril de 2002; **Resolução ANEEL nº 281**, de 10 de outubro de 1999; e **Resolução ANEEL nº 219**, de 23 de abril de 2003);
- Livre comercialização de energia com consumidores ou conjunto de consumidores reunidos por comunhão de interesses de fato ou de direito, cuja carga seja igual ou superior a 500 kW (**Lei nº 9.648**, de 27 de maio de 1998, e **Lei nº 10.438**, de 26 de abril de 2002);
- Isenção relativa à compensação financeira pela utilização de recursos hídricos (**Lei nº 7.990**, de 28 de dezembro de 1989, e **Lei nº 9.427**, de 26 de dezembro de 1996);
- Participação no rateio da Conta de Consumo de Combustível – CCC, quando substituir geração térmica a óleo diesel, nos sistemas isolados (**Lei nº 10.438**, de 26 de abril de 2002);
- Isenção de aplicação, anualmente, de no mínimo um por cento da receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico – P&D (**Lei nº 9.991**, de 24 de julho de 2000);
- Comercialização das energias geradas pelas Pequenas Centrais Hidrelétricas com concessionárias de serviço público tendo como teto tarifário o valor normativo estabelecido conforme a **Resolução ANEEL nº 248**, de 06 de maio de 2002;

- MRE – Mecanismo de Relocação de Energia para centrais hidrelétricas conectadas ao sistema interligado e não despachadas centralizadamente pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (**Decreto nº 2.655**, de 2 de janeiro de 1998, com a redação dada pelo **Decreto nº 3.653**, de 7 de novembro de 2000, e **Resolução ANEEL nº 169**, de 3 de maio de 2001).

- PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica instituído com objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos de produtores independentes autônomos, concebidos com base em PCH, e fontes eólicas e biomassa, mediante procedimentos estabelecidos nas **Leis 10.438**, de 26 de abril de 2002, **Lei 10.762**, de 11 de novembro de 2003, e **Decreto 4.541**, de 23 de dezembro de 2002.

## 2.2. RECURSOS HÍDRICOS

### 2.2.1. HIDROLOGIA

A Hidrologia é uma ciência que estuda a ocorrência, distribuição e movimentação da água no planeta Terra, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente, incluindo sua relação com a vida. Desenvolveu-se no século XX, devido à necessidade das grandes obras hidráulicas.

Segundo GARCEZ *et al* (1970), os insucessos que vinham acontecendo anteriormente com as obras nas calhas dos rios, resultantes principalmente de estimativas insuficientes de vazões de enchentes, traziam conseqüências desastrosas que se agravam com a ampliação do porte das obras e o crescimento das populações ribeirinhas, bem como, com as repercussões do colapso operacional desses empreendimentos sobre a economia das nações. Entretanto, as primeiras notícias sobre a preocupação dos homens com os fenômenos hidrológicos remontam ao Antigo Egito, à Mesopotâmia, à Índia e à China, há alguns milhares de anos antes de Cristo. Essas obras de engenharia hidráulica eram realizadas em bases totalmente empíricas; as que tinham um bom desempenho eram copiadas, as que sofriam desastres eram alteradas naquilo que se julgasse ser a causa do erro.

O início das análises de medições de precipitação e vazão ocorreu no século XIX, porém, após 1950 com o uso do computador, houve uma grande evolução nos estudos hidrológicos.

O aproveitamento dos recursos hídricos requer concepção, planejamento, projeto, construção e operação de meios para o domínio e a utilização das águas. Cada projeto de aproveitamento hídrico supõe um conjunto específico de condições físicas, às quais deve ser condicionado, razão pela qual dificilmente podem ser aproveitados projetos padronizados que conduzam a soluções simples e esquematizadas. As condições específicas de cada projeto devem ser satisfeitas através da aplicação integrada dos conhecimentos fundamentais de várias disciplinas, afirma LENCASTRE (1990).

O trabalho dos engenheiros com os recursos hídricos pode ser resumido em uma pergunta essencial visando o controle do uso da água: Qual quantidade de água será preciso? Esta é a resposta mais difícil de obter com precisão, porque envolve aspectos sociais, econômicos e técnicos.

Os projetos de um plano para controle de cheias baseia-se nos valores de pico do escoamento, quando que para a utilização da água, o importante é o volume escoado durante longos períodos de tempo. Essas definições são aplicações da Hidrologia, ou seja, o estudo da ocorrência e distribuição das águas naturais no planeta.

O exato comportamento dos cursos de água nos anos futuros não pode ser previsto, logo é preciso estimativas sobre as variações da vazão, de modo que o projeto possa ser elaborado com um risco adotado calculado. Aplica-se então, métodos de estimativa de probabilidades relativas aos eventos hidrológicos. O estudo probabilístico necessita da coleta de dados da natureza, na forma de séries históricas. Cálculos de reservação de água em barragens requer que se tracem estimativas sobre as seqüências de vazões nos cursos d'água que somente séries de dados de um longo período podem fornecer. Porém poucos projetos são executados exatamente nas seções onde se fizeram medidas de vazão, muitas obras são construídas em rios nos quais nunca se mediu vazão.

Segundo LENCASTRE (1990), três métodos alternativos têm sido usados para calcular a vazão na ausência de registros. O primeiro método utiliza fórmulas empíricas, que transformam valores de precipitação em vazão, considerando as características hidrográficas da bacia de contribuição. Uma segunda possibilidade é analisar a série de precipitações (chuvas) e calcular as vazões através da aplicação dos modelos computacionais que simulam o comportamento hidrológico da bacia. A terceira alternativa consiste em estimar as vazões a partir de registros



obtidos em postos próximos de outra bacia. As bacias devem ser muito semelhantes para se estabelecer uma correlação aceitável entre ambas.

As diferentes técnicas para a obtenção dos parâmetros a serem utilizados para o planejamento, projeto ou operação dos sistemas de recursos hídricos podem ter seu uso feito isolada ou conjuntamente. Isso se dará, em função da quantidade de dados hidrológicos disponíveis, dos recursos de tempo e financeiros alocados, da importância da obra e dos estágios do estudo (projeto em nível básico, técnico ou executivo), afirma LENCASTRE (1990).

A hidrologia, devido suas inúmeras aplicações práticas, foi subdividida nas seguintes áreas:

- Hidrometeorologia - é a parte da ciência que trata da água na atmosfera;
- Limnologia - refere-se ao estudo dos lagos e reservatórios artificiais;
- Potamologia ou Fluviologia - trata do estudo dos arroios e rios;
- Glaciologia ou Criologia - é a área da ciência relacionada com a neve e o gelo na natureza;
- Hidrogeologia - é o campo científico que trata das águas subterrâneas.

### 2.2.2. ESTUDOS HIDROLÓGICOS

Segundo OLIVEIRA *et al* (2010) o conhecimento preliminar do comportamento do curso d'água de interesse é importante para os cálculos técnicos, econômicos e ambientais de uma PCH. Os dados e métodos fornecidos pela hidrologia aplicada são utilizados para os estudos energéticos, de segurança operativa e outros tais como sanitários e o ecológico, fundamentais para o dimensionamento de sistemas de baixas e altas pressões, grupo gerador, casa de máquinas, sistemas de transmissão, além da operação da central hidrelétrica.

Para CARVALHO (2006) os estudos hidrológicos baseiam-se em elementos observados e medidos no campo, estabelecimento de postos pluviométricos ou fluviométricos e sua manutenção ininterrupta são as condições necessárias. Projetos de obras futuras são elaborados com base em elementos do passado. A engenharia utiliza a hidrologia no projeto e operação de projetos de controle e de uso da água, no nosso caso específico, a geração hidrelétrica.

O estudo da hidrologia começa com o conceito do ciclo hidrológico. Este ciclo começa com a evaporação das águas nos oceanos, este vapor de água é transportado pelas massas de ar em circulação na atmosfera para diversas regiões do globo. Em condições especiais, este vapor se transforma em nuvens que podem precipitar na forma de chuva, neve ou granizo, parte desta precipitação ocorre sobre os próprios oceanos e, desta forma, o ciclo se fecha. Esta parcela, que se precipita sobre os oceanos, é inútil para a geração hidrelétrica, no entanto, parte da precipitação ocorre sobre a terra é dispersa de diversas maneiras.

Quanto maior a precipitação sobre terras elevadas, maior o potencial de geração hidrelétrica. A maior parte é temporariamente armazenada no solo onde caiu e retorna para a atmosfera devido à evaporação e à transpiração das plantas, uma parcela menor encontra um caminho sobre a superfície da terra formando, devido à gravidade, córregos, lagos e rios que levam as águas precipitadas até os oceanos, outra parcela infiltra-se no solo formando o sistema de águas subterrâneas. As águas subterrâneas também sofrem a ação da gravidade e fluem para regiões mais baixas e eventualmente terminam nos oceanos.

No entanto, parcela significativa da água superficial e subterrânea volta para a atmosfera devido à evaporação e à transpiração antes de atingir os oceanos. Este processo é extremamente complexo porque as águas superficiais podem percolar através do solo até as águas subterrâneas e as águas subterrâneas podem voltar à superfície. Isto significa que as previsões da quantidade de água disponível em um rio para a geração de energia elétrica da sua disponibilidade mínima e da quantidade máxima dependem de modelos estatísticos e climáticos extremamente complexos.

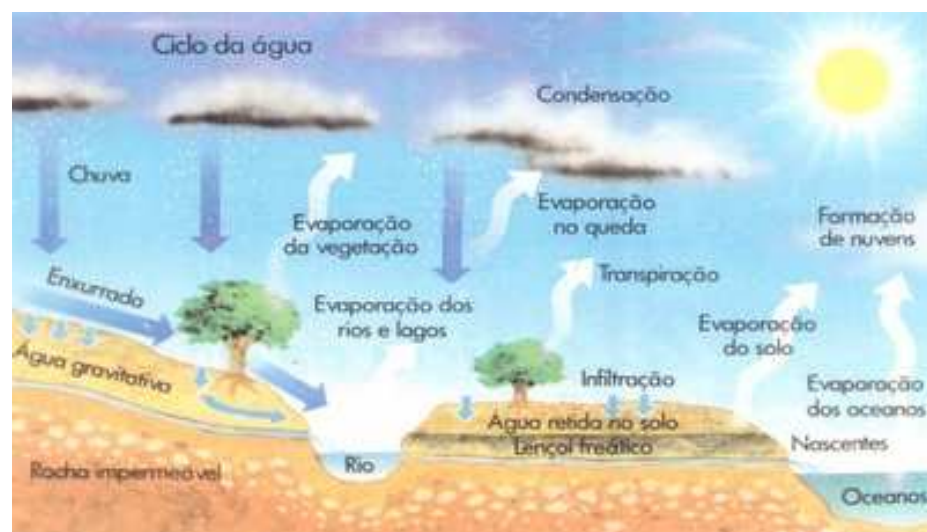


Figura 1: Ciclo da Água (Fonte: <http://www.infoescola.com/geografia/ciclo-hidrologico-ciclo-da-agua/>)

Segundo GUILHERME (2011) a quantidade disponível de água para geração determina o tamanho da usina assim como o fluxo de caixa possível de ser obtido para remunerar o investimento. A disponibilidade mínima de água determina o risco de falta de energia e restrições operativas para garantir a navegabilidade dos rios e a disponibilidade de água para uso humano, animal e para a agricultura.

Os estudos das cheias máximas servirão para o dimensionamento dos extravasores, obras de desvio e operação com risco controlado do reservatório, enquanto os de vazão mínima são importantes para o tipo de turbina hidráulica e operação da central hidrelétrica, sob o ponto de vista técnico, econômico, sanitário e ecológico (SOUZA, SANTOS e BORTONI, 2009).

Finalmente, a quantidade máxima de água determina os esforços máximos que as estruturas deverão suportar assim como as restrições operativas para impedir inundações. Portanto, no projeto de hidrelétricas a primeira variável a ser considerada é a vazão. No entanto, para chegarmos à vazão é necessário estudar todo o ciclo hidrológico, conclui GUILHERME (2011).

O balanço hídrico é a base da hidrologia, a variação da água armazenada é igual ao somatório de todos os fluxos de água que entram menos o somatório de todos os fluxos de água que saem num determinado ponto.

As usinas hidrelétricas aproveitam a energia potencial existente quando a água passa por um desnível do terreno. A potência de uma usina hidrelétrica é proporcional ao produto da descarga (ou vazão), pela queda, gravidade e rendimento da máquina. A queda é definida pela diferença de altitude do nível da água a montante e a jusante do eixo do rotor da turbina. A descarga em um rio depende das características da bacia hidrográfica, como o clima, a geologia, os solos, a vegetação e a topografia.

Em projetos de centrais hidrelétricas os estudos hidrológicos são necessários para:

- Escolha das turbinas adequadas e determinação da potência instalada.
- Análise da variação temporal da disponibilidade de energia.
- Determinação da energia garantida ou firme.
- Estimativa de vazões máximas em eventos extremos para dimensionamento das estruturas extravasoras.

- Otimização da operação de sistemas interligados de geração elétrica que incluem hidrelétricas e termoelétricas.
- Análise das relações entre o uso da água para geração de energia e outros usos, como irrigação, abastecimento urbano, navegação, preservação do meio ambiente e recreação.

Para COLLISCHONN e TASSI (2011), no Brasil a geração de energia elétrica está fortemente ligada à hidrologia porque a quase totalidade da energia gerada e consumida é oriunda de usinas hidrelétricas. Considerando os dados da década de 1990, o Brasil é o terceiro maior produtor de energia hidrelétrica do mundo, atrás apenas dos Estados Unidos e do Canadá e a frente da China, da Rússia e da França. Entretanto, a energia hidrelétrica no Brasil corresponde a mais de 97% do total da energia elétrica gerada, enquanto que, na maior parte dos outros países, a energia hidrelétrica corresponde a percentuais muito menores do total.

### 2.2.3. A OUTORGA DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

O processo de outorga de uso de recursos hídricos consiste de uma autorização para o uso de água bruta, atualmente bem de domínio público, conforme estabelece a última Constituição Federal. De acordo com a nova legislação de recursos hídricos, a outorga para o uso se insere no conjunto dos instrumentos de gestão que visam estabelecer bases técnicas e sociais para o uso sustentado da água, e, em última instância, para o desenvolvimento social e econômico da Nação (MOLIN 2007).

O Código de Águas regulamentou o direito de uso da água, tendo como finalidade a sua proteção contra práticas e procedimentos que comprometessem a sua qualidade e quantidade. Para tal, o Código de Águas introduziu o instrumento de outorga, onde ao detentor do domínio das águas cabe autorizar o seu uso (MOLIN 2007).

O Artigo 150 do Código das Águas determina que a utilização da água para o abastecimento humano e para a geração, serão outorgados por decreto do Presidente da República (MOLIN 2007).

Atualmente, a outorga é instrumento indispensável para evitar ou minimizar conflitos sociais e econômicos entre os diferentes usuários, e sua efetiva implantação, certamente, conduzirá a uma limitação no uso para o conjunto da sociedade (MOLIN 2007).

No final do ano de 1994, foi sancionada a Lei n 10350 que regulamentou o Sistema Estadual de Recursos Hídricos, previsto no Art. 171 da Constituição. Através dessa lei, o Rio Grande do Sul se constitui numa das unidades federada pioneiras na gestão participativa e descentralizada do Sistema de Recursos Hídricos, onde os Comitês de Bacia passam a desempenhar papel principal (MOLIN 2007).

#### 2.2.4. DIREITO DE USO DOS RECURSOS HÍDRICOS

Todo e qualquer empreendimento que utilize ou afete os recursos hídricos está sujeito à legislação vigente. A **Lei nº 9.433**, de 08 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos, e a **Lei nº 9.984**, de 17 de julho de 2000, que criou a Agência Nacional de Águas – ANA representa um marco institucional no País e estabeleceram diferentes modelos de organização visando a gestão descentralizada e o uso múltiplo das águas (ANEEL 2003).

Um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos é a outorga de direito de uso de recursos hídricos, à qual estão sujeitos os empreendimentos hidrelétricos. De acordo com a **Resolução nº 16** do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, de 08 de maio de 2001, a outorga é o ato administrativo mediante o qual a autoridade outorgante faculta ao outorgado o direito de uso de recurso hídrico, por prazo determinado, nos termos e nas condições expressas no respectivo ato, consideradas as legislações específicas vigentes. O regime de outorga tem como objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício do direito de acesso à água. Na **Lei nº 9.984**, de 17 de julho de 2000, que dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas, alguns dispositivos são de especial interesse para o setor de energia elétrica. Dentre eles destaca-se artigo 7º, que trata da declaração da reserva de disponibilidade hídrica. A reserva de disponibilidade hídrica visa resguardar a vazão a ser outorgada, possibilitando aos investidores o planejamento de empreendimentos que necessitem desses recursos. Nesse sentido, a **Lei nº 9.984**, de 17 de julho 2000, estabelece: “**Art. 7º**: Para licitar a concessão ou autorizar o uso de potencial de energia hidráulica em corpo de água de domínio da União, a ANEEL deverá promover junto à Agência Nacional de Águas, a prévia obtenção de declaração de reserva de disponibilidade hídrica. **Art. 7º, § 1º**: Quando o potencial hidráulico localizar-se em corpo de água de domínio dos Estados ou do Distrito Federal, a declaração de reserva de disponibilidade hídrica será obtida em articulação com a respectiva entidade gestora de recursos hídricos. **Art. 7º, § 2º**: A declaração de reserva de disponibilidade

hídrica será transformada automaticamente, pelo respectivo poder outorgante, em outorga de direito de uso dos recursos hídricos à instituição ou empresa que receber da ANEEL a concessão ou a autorização de uso do potencial de energia hidráulica.” Em articulação com os órgãos gestores de recursos hídricos, a ANEEL estabeleceu procedimentos para a obtenção da declaração da reserva de disponibilidade hídrica, cujos principais aspectos estão a seguir especificados (ANEEL 2003):

- Na fase de registro para elaboração do inventário ou do projeto básico, o empreendedor deve consultar previamente o órgão gestor de recursos hídricos correspondente, de forma a obter informações a respeito da disponibilidade hídrica contidas no Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica, além dos usos já outorgado-regularizados na bacia onde se localiza o aproveitamento, para incorporação nos estudos. Ressalta-se que essa consulta não implica a obtenção da declaração de reserva de disponibilidade hídrica, podendo a disponibilidade hídrica ser diferente da época da consulta.
- Se não existir plano de recursos hídricos, o empreendedor deve informar à ANEEL, caso haja necessidade de discussões junto ao órgão gestor no que se refere à incorporação dos usos múltiplos.
- O empreendedor deverá encaminhar à ANEEL a formalização dessa consulta, bem como a respectiva resposta do órgão gestor.
- Uma vez elaborados os estudos, com a incorporação das informações dos usos múltiplos previamente obtidos, o empreendedor deve encaminhá-los à ANEEL.
- Após análise e aprovação do projeto, a Agência deverá solicitar ao órgão gestor de recursos hídricos a declaração de reserva de disponibilidade hídrica. Nessa oportunidade será encaminhada à entidade outorgante cópia do projeto enviado à ANEEL pelo empreendedor.
- Para avaliação e emissão da declaração de reserva de disponibilidade hídrica, o órgão gestor poderá solicitar informações complementares ao empreendedor, sendo que este deverá encaminhá-las com cópia para a ANEEL.

- Caso a reserva de disponibilidade hídrica não atenda às demandas do projeto, os estudos deverão ser revisados pelo empreendedor e encaminhados à ANEEL.
- Caso a reserva de disponibilidade hídrica atenda às demandas do projeto, este será encaminhado para autorização.

## 2.3. LEGISLAÇÃO

### 2.3.1. ANEEL

Com o Código de Defesa do Consumidor – Lei 8078, em vigor desde 11 de março de 1991, instituiu um novo paradigma nas relações de consumo, resguardando os direitos dos consumidores e, em contrapartida, exigindo das empresas a melhoria da qualidade dos seus produtos e serviços (ANEEL, 2011).

A ANEEL foi criada, visando compreender a sua necessidade e buscar as soluções adequadas à luz da legislação vigente, num processo de melhoria contínua da qualidade. Mediante o conjunto de informações colhidas junto à Ouvidoria, é possível avaliar o nível de satisfação dos usuários dos serviços públicos, permitindo à Administração identificar e corrigir eventuais pontos de estrangulamento da sua atuação, coibir excessos ou comportamentos abusivos e estimular a transparência e eficiência administrativa (ANEEL, 2011).

Quando a ANEEL foi criada, cada consumidor brasileiro ficava sem energia elétrica, em média, 21 vezes por ano, num total de quase 26 horas. Hoje, esses números caíram para 14,8 interrupções, num total de 18 horas. A queda revela o êxito da orientação aos agentes do setor para garantir a segurança da energia fornecida, dentro do propósito fiscalizador, mais preventivo que punitivo (ANEEL, 2011).

A Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996, institui a AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, autarquia sob regime especial, vinculada ao Ministério das Minas e Energia, com sede e foro no Distrito Federal, com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as Políticas e Diretrizes do Governo Federal. Constituída a Agência, com a publicação de seu Regimento

Interno, ficará extinto o Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica – DNAEE (ANEEL, 2011).

O Decreto nº 2.335, de 6 de outubro de 1997, aprova a Estrutura Regimental da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL. E em 28 de dezembro de 1997, por meio da Portaria nº 349, do Ministro de Estado das Minas e Energia, é aprovado o Regimento Interno da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, que exercerá as suas competências segundo as normas específicas do Código de Águas (Decreto nº 24.643, de 10 de julho de 1934), da Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, da Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995, e legislação complementar subsequente, na forma estabelecida em seu Regimento Interno (ANEEL, 2011).

A ANEEL foi criada com a missão de proporcionar condições favoráveis para que o desenvolvimento do mercado de energia elétrica ocorra com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade (ANEEL, 2011).

Os principais motivos para a criação da ANEEL foi de tornar o modelo do setor elétrico, mais competitivo, sendo estes:

- Atender ao consumidor: assegurar expansão da oferta a qualidade do fornecimento e a modicidade de preços, com base na competição e estímulo à eficiência econômica dos agentes.
- Atender ao contribuinte: Desobrigar investimentos futuros, interromper geração de passivos e recuperar recursos (privatização).
- Atender ao cidadão: Permitir Governo mais eficiente e focado no campo social: Saúde, Educação, Segurança.

### 2.3.2. LEGISLAÇÃO BÁSICA

A legislação básica do setor elétrico se formou ao longo de quase 70 anos de história. É uma soma de artigos da Constituição, leis complementares e ordinárias, decretos, portarias interministeriais, portarias do Ministério de Minas e Energia e do extinto Departamento Nacional de Águas e Energia Elétrica (DNAEE), resoluções da ANEEL, conjuntas e CONAMA. Os marcos da modernização deste segmento, quando esgota o papel do Estado investidor são, a Lei de Concessões de Serviços Públicos, de fevereiro de 1995 e Lei 9.427/1996, que trata da criação da ANEEL. Inclui os atos legislativos atualizados diariamente e suas eventuais alterações,



republicações, retificações, inclusões e revogações, efetivadas pelo Centro de Documentação (ANEEL, 2011).

### 2.3.3. RESOLUÇÕES NORMATIVAS

Regularmente a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL emite e pública no Diário Oficial da União, resoluções voltadas às atividades do setor de energia elétrica. Estas resoluções são numeradas seqüencialmente por ano e tem caráter normativo, pois, são atos regulamentares de alcance ou interesse geral, voltados às atividades do setor elétrico e têm por objeto o estabelecimento de diretrizes, obrigações, encargos, condições, limites, regras, procedimentos, requisitos ou quaisquer direitos e deveres dos agentes e usuários desse serviço público (ANEEL, 2011).

### 2.3.4. NORMAS DE ORGANIZAÇÃO DA ANEEL

São procedimentos gerais que fixam padrões reguladores visando a garantir o funcionamento, a ordem dos trabalhos e os processos da Diretoria da ANEEL, nas matérias relativas à regulação e à fiscalização dos serviços e instalações de energia elétrica; gestão e acompanhamento das atividades descentralizadas da Agência; política de gestão de documentos de arquivo; política de segurança da informação; Reuniões Deliberativas Públicas da Diretoria etc (ANEEL, 2011).

### 2.3.5. PROGRAMAS DE INCENTIVO AS PCH's

De acordo com TIAGO FILHO *et al* (2006) na década de 1980, o Governo Federal procurou incentivar a implantação de pequenas centrais através do Programa Nacional de Pequenas Centrais Hidrelétricas (PNPCH) do Ministério de Minas e Energia - MME promovendo estudos, cursos, subsídios técnicos e legais para o desenvolvimento do assunto. Mesmo considerando que o programa foi criado visando à auto-produção e ao atendimento aos mercados isolados do Norte do país, pouca coisa se efetivou.

Segundo SOUZA (2005) a retomada das centrais de pequeno porte se deu com a crise energética de 2001 e com a desverticalização das empresas de energia no final da década de 90. Fato ressaltado com a criação, em 1998, de um centro de pesquisa voltados as PCHs, o Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas – CNRPCH, sediado na

Universidade Federal de Itajubá e cujo comitê diretor é composto por 13 instituições dentre elas o Ministério de Minas e Energia, Ministério de Ciência e Tecnologia, Ministério do Meio Ambiente, ELETROBRÁS, Furnas, Cemig, ANEEL e USP.

DANTAS (2001) relata que a crise energética criou um clima de incertezas sobre o futuro da economia brasileira e dúvidas nos meios jurídicos, geradas pela indecisão do Governo, a mercê de medidas que foram pouco depois modificadas, diante das pressões da opinião pública e de decisões judiciais desfavoráveis.

O setor elétrico brasileiro passou, a partir de 1995 por uma completa reestruturação institucional e regulamentar, marcada pela introdução da livre competição nos segmentos de geração e de comercialização, com a inserção de novos agentes, e pela garantia do livre acesso na prestação dos serviços de energia elétrica. Como decisão de Governo, conduzida pelo Ministério de Minas e Energia – MME, essa adequação teve como objetivos principais a redução do papel do Estado nas funções empresariais, à privatização das empresas existentes e a licitação da expansão, com atração do capital privado, e o estabelecimento e fortalecimento institucional dos órgãos reguladores. A concretização dessas metas foi alcançada com as seguintes medidas:

- A instituição da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, com a atribuição de regular e fiscalizar os serviços de energia elétrica;
- A desverticalização das empresas, segmentando as atividades de produção, transporte e comercialização;
- A instituição de um modelo comercial competitivo, com a criação do Produtor Independente de Energia, do Consumidor Livre e do Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE;
- A garantia do livre acesso às redes de transmissão e de distribuição, com a definição da Rede Básica de Transmissão e do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS;
- A transição do ambiente regulado para o competitivo, com o estabelecimento dos contratos Iniciais.

Segundo LASCH (2008) no ano de 2000 foi instituído, pela Lei nº 9.478, o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) com a atribuição de formular e propor diretrizes da política energética nacional. Em 2001 o Brasil vivenciou sua maior crise de energia elétrica, acentuada pelas condições hidrológicas extremamente desfavoráveis verificadas nas regiões Sudeste e Nordeste. Com a gravidade da situação, o governo federal criou a Câmara de Gestão

da Crise de Energia Elétrica - GCE (PRESIDÊNCIA, 2008), a empresa Comercializadora Brasileira de Energia Emergencial (CBEE) para realizar a contratação das térmicas emergenciais, incluídas no Programa Prioritário de Termelétricas (PPT) e a Câmara de Gestão do Setor Elétrico CGSE (ELETROBRÁS, 2008). Foi criado também o Comitê Técnico do Meio Ambiente, com a finalidade de analisar e revisar procedimentos para licenciamento ambiental de empreendimentos que resultassem no aumento da oferta de energia.

Em 2004, estabeleceu-se o Novo Modelo do Setor Elétrico e a principal alteração advinda foi a substituição do critério utilizado para concessão de novos empreendimentos de geração, onde o investidor que oferecesse o menor preço para a venda da produção das futuras usinas venceria o leilão. A reforma marcou a retomada da responsabilidade do planejamento do setor de energia elétrica pelo Estado e ainda, obrigou a desverticalização das companhias, segmentando-as em geradoras, transmissoras e distribuidoras. As atividades de distribuição e transmissão continuaram totalmente regulamentadas e inalteradas, porém em permanente processo de aperfeiçoamento. Mas a produção das geradoras, apesar das restrições atribuídas em 2004, ainda era negociada no mercado livre – ambiente no qual as partes compradora e vendedora acertavam entre si as condições através de contratos bilaterais.

Nesse contexto e considerando uma crise mundial pré-anunciada de escassez de energia, a dependência de combustíveis fósseis, constantes alertas de crise e ruptura do sistema, fato que ocorreu em 2001, com o “apagão” que levou ao desencadeamento de medidas paliativas de racionamento do consumo de energia elétrica, as Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) ganharam novamente importância no cenário nacional.

#### 2.3.6. INSTITUIÇÕES QUE ATUAM NO SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

**Ministério de Minas e Energia – MME** Órgão do Poder Executivo responsável pelas políticas governamentais tem sob sua atuação assuntos ligados a:

- a) geologia, recursos minerais e energéticos;
- b) mineração e metalurgia;
- c) petróleo, combustível e energia elétrica, inclusive nuclear.

Compete ao MME, em harmonia com as diretrizes do Conselho Nacional de Política Energética, elaborar políticas, programas governamentais, metas e instrumentos para a prestação dos serviços públicos de energia elétrica aos consumidores. Tem ainda sob sua responsabilidade o planejamento indicativo da expansão do sistema de geração e determinativo do sistema de transmissão (ANEEL 2003).

**Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL** Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL foi instituída como autarquia especial, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia elétrica, de acordo com a legislação e em conformidade com as diretrizes e as políticas do Governo Federal. A ANEEL orienta suas atividades de forma a proporcionar condições favoráveis para que o desenvolvimento do mercado de energia elétrica ocorra com equilíbrio entre os agentes e em benefício da sociedade, tendo como principais competências:

- Garantir tarifas justas;
- Zelar pela qualidade dos serviços prestados;
- Exigir/promover os investimentos necessários;
- Arbitrar conflitos de interesses;
- Fiscalizar de forma ampla;
- Defender o interesse do Cidadão-Consumidor.

A ANEEL também exerce o papel de Poder Concedente, responsável pela condução das outorgas de concessão, autorização e permissão para exploração dos serviços de energia elétrica (ANEEL 2003).

**Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS** O ONS é uma entidade de direito privado, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia nos sistemas interligados brasileiros, a partir do Centro Nacional de Operação dos Sistemas e dos centros de operação das supridoras regionais. Integram o ONS empresas de geração, transmissão, distribuição, importadores e exportadores de energia elétrica e consumidores livres, tendo o MME como membro participante, com poder de veto em questões que entrem em conflito com as diretrizes e políticas governamentais para o setor. As principais atribuições do ONS são:

- Planejamento e programação da operação e despacho centralizado da geração, com vistas na otimização dos sistemas eletro energéticos interligados;
- Supervisão e controle da operação dos sistemas eletro energéticos nacionais e das interligações internacionais;
- Contratação e administração dos serviços de transmissão de energia elétrica e respectivas condições de acesso;
- Elaboração de propostas anuais de ampliações e reforços das instalações da Rede Básica de Transmissão (ANEEL 2003).

**Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE** As transações de compra e venda de energia elétrica no curto prazo, não cobertas por contratos bilaterais, são realizadas no âmbito do Mercado Atacadista de Energia Elétrica – MAE. Criado como ambiente de mercado autorregulado pela **Lei nº 9.648**, de 27 de maio de 1998, o MAE ganhou personalidade jurídica de direito privado, sem fins lucrativos, submetido à autorização, regulamentação e fiscalização da ANEEL em fevereiro de 2002, com a publicação da Medida Provisória 29, convertida posteriormente na **Lei nº 10.433**, de 24 de abril de 2002. Integra o MAE os titulares de concessão, permissão ou autorização para geração, distribuição, comercialização, importação ou exportação de energia elétrica, e consumidores livres, na forma da Convenção do Mercado, instituída pela **Resolução ANEEL nº 102**, de março de 2002. A Convenção do Mercado é um instrumento que estabelece a estrutura e a forma de funcionamento do MAE, disciplinando as obrigações dos agentes de mercado, a composição e as atribuições do conselho de administração do MAE, as competências da Superintendência do MAE, o processo de contabilização e liquidação do MAE, e outras disposições gerais. A implementação do Mercado procede em etapas, inicialmente definidas pela **Resolução ANEEL nº 290**, de agosto de 2000. As etapas e o cronograma para implantação das Regras do Mercado e consolidação do Mercado Atacadista de Energia Elétrica foram ajustados pela **Resolução ANEEL nº 446**, de agosto de 2002, e, posteriormente, pela **Resolução ANEEL nº 237**, de maio de 2003 (ANEEL 2003).

**Centrais Elétricas Brasileiras S/A – ELETROBRÁS** A Centrais Elétricas Brasileiras S/A – ELETROBRÁS é uma empresa pública, holding das concessionárias de geração e transmissão de energia elétrica de propriedade do Governo Federal, com atuação em todo o território nacional através de suas subsidiárias. Possuidora de 50% do capital da Itaipu Binacional, promove pesquisas no campo da energia elétrica através do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPTEL e opera programas do Governo Federal na área de energia elétrica, como o procel, o Luz

no Campo e o reluz. Em parceria com os governos estaduais e o BNDES, a ELETROBRÁS participa da administração de empresas concessionárias de energia, com gestão vinculada ao objetivo empresarial, otimizando as condições de privatização dessas empresas (ANEEL 2003).

## 2.4. ÁREA DE ESTUDO

### 2.4.1. PCH's NO RIO GRANDE DO SUL

Segundo MOLIN (2007) a geração hidrelétrica é a principal fonte de geração de energia elétrica do Rio Grande do Sul, representando 73,64% da capacidade instalada operando no estado.

O Estado do Rio Grande do Sul, pela sua condição geográfica comparada às outras unidades da Federação, possui uma característica peculiar, já que se encontra no extremo de um sistema elétrico interligado. Mesmo oferecendo alternativas promissoras para produção de energia elétrica, carece de uma expansão maior das linhas de transmissão e é bastante dependente de outras fontes de energia (SEINFRA 2008).

O objetivo do Estado é aumentar a geração de energia, preferencialmente de forma descentralizada e com fontes alternativas e renováveis, com prioridade para projetos de pequeno e médio porte, não poluentes e com baixo impacto ambiental, considerando as realidades regionais (SEINFRA 2008).

Logo as metas traçadas pelo Estado são:

- Diversificar a matriz energética do Estado;
- Incentivar a pesquisa e produção de energias renováveis;
- Criar um pólo industrial de produtos para geração de energias renováveis;
- Tornar-se referência mundial em pesquisa e geração de energias renováveis;

Buscando incentivar a geração de energia hidrelétrica, o Estado visa:

- Apoiar o Programa Gaúcho de PCH's da SEINFRA, que objetiva a incentivar e viabilizar a construção de novas PCHs;

- Estipular um prazo aos detentores de outorgas para que executem a obra e que, após, outros interessados possam fazê-lo;
- Incentivar a implantação dos projetos;

#### Plano Estadual de Eficiência Energética:

Buscar através de um Plano Estadual Abrangente de Eficiência Energética incentivar a Conservação e o Uso Racional da água e energia no Estado (SEINFRA 2008).

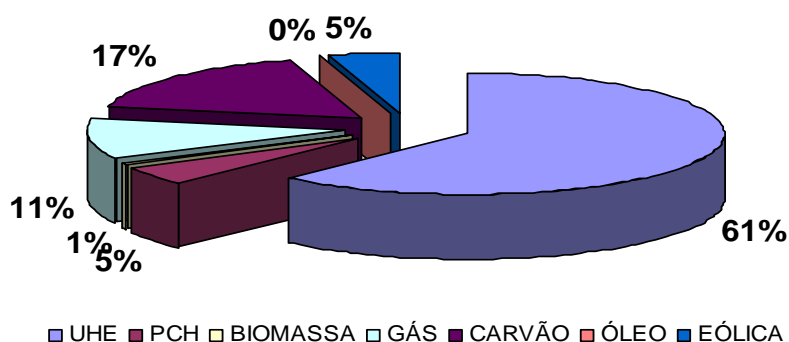


Gráfico 1: Fontes de Geração de Energia no Rio Grande do Sul  
(Fonte: Governo do Estado do Rio Grande do Sul)

Fonte	Rio Grande do Sul		BRASIL	
	CAPACIDADE MW	%	CAPACIDADE MW	%
<b>Hidrelétrica</b>	5.029	45,1	77.143	70,7
<b>Gás</b>	806	13,2	11.389	10,4
<b>Petróleo</b>	224	1,4	4.545	4,2
<b>Biomassa</b>	78	0,2	4.247	3,9
<b>Nuclear</b>	0	0,0	2.007	1,8
<b>Carvão Mineral</b>	538	5,7	1.415	1,3
<b>Eólica</b>	150	2,3	247	0,2
<b>Capacidade Instalada</b>	6.826	67,8	100.993	92,5
<b>Capacidade de Importação</b>	2.120	32,2	8.170	7,5
<b>TOTAL</b>	<b>8.945</b>	<b>100,0</b>	<b>109.163</b>	<b>100,0</b>

Tabela 1: Fontes de Geração de Energia no Rio Grande do Sul (Fonte: Governo do Estado do Rio Grande do Sul)

#### 2.4.2. BACIA DO RIO URUGUAI

A Bacia do Rio Uruguai, é localizada ao sul do país e faz divisa com o Estado de Santa Catarina e fronteira com a Argentina e o Uruguai, de acordo com dados do SIPOT, o potencial ainda não aproveitado na Bacia do Rio Uruguai seria mais 10 GW de potência.

A bacia do rio Uruguai estende-se entre os Paralelos de 27° e 34° latitude Sul e os meridianos de 49° 30' e 58° 15' W. Abrange uma área de aproximadamente 384.000 km<sup>2</sup>, dos quais 174.494 km<sup>2</sup> situam-se no Brasil, equivalente a 2% do território brasileiro. Sua porção brasileira encontra-se na região sul, compreendendo 46.000 Km<sup>2</sup> no Estado de Santa Catarina e 130.000Km<sup>2</sup> no Estado do Rio Grande do Sul. É delimitada ao norte e nordeste pela Serra Geral, ao sul pela fronteira com a República Oriental do Uruguai, a leste pela Depressão Central Rio-grandense e a oeste pela Argentina (HÜFFNER e ENGEL 2011).

O rio Uruguai possui 2.200 km de extensão, originando-se da confluência dos rios Pelotas e do Peixe, onde divide os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Delimita a fronteira entre o Brasil e a Argentina após a sua confluência com o rio Peperi-Guaçu e, depois de receber a afluição do rio Quaraí, que limita o Brasil e o Uruguai, marca a fronteira entre a Argentina e o Uruguai até sua foz. Possui uma vazão média anual de 3.600m<sup>3</sup>/s e volume médio anual de 114 km<sup>3</sup> de água. No Brasil seus principais afluentes são os rios Canoas, Pelotas, Passo Fundo, Chapecó, Ijuí, Ibicuí e Quaraí. Na Argentina integra-se na bacia do rio Uruguai os rios Aguapey, Miriñiy e Gualeguaychu e no Uruguai os rios Daymán, Queguay e Negro (HÜFFNER e ENGEL 2011).

Aproximadamente 3,8 milhões de pessoas vivem na parte brasileira da região hidrográfica do Uruguai, que possui um total de 384 municípios, com maior concentração nas unidades hidrográficas de Chapecó, Canoas, Ibicuí e Turvo. Entre as maiores cidades estão Lages e Chapecó, em Santa Catarina, e Erechim, Ijuí, Uruguaiana, Santana do Livramento e Bagé, no Rio Grande do Sul. A região concentra importantes atividades agroindustriais e apresenta reconhecido potencial hidrelétrico (HÜFFNER e ENGEL 2011).

O clima regional é subtropical com distribuição de chuvas ao longo de todo ano, mas com maior concentração entre maio e setembro. Os meses que podem ser mais secos são os de



novembro a fevereiro. As precipitações anuais variam de cerca de 1800 mm nas cabeceiras, no Planalto, para 1300 mm, na fronteira com o Uruguai (HÜFFNER e ENGEL 2011).

A composição da diversidade biológica da bacia é formada pelos principais Biomas do sul da América Latina: a Mata Atlântica e seus ecossistemas associados (Floresta Ombrófila Mista, Floresta Estacional Decidual, Floresta Estacional Semi-decidual e campos naturais) e o Pampa, os quais se encontram em um processo de fragmentação acelerado em razão dos diversos usos do solo e pelo impacto dos empreendimentos hidrelétricos (HÜFFNER e ENGEL 2011).

Por suas dimensões, a bacia hidrográfica do rio Uruguai é um dos mais importantes corredores de biodiversidade do Cone Sul, apresentando em sua fauna diversas espécies endêmicas ou em vias de extinção (HÜFFNER e ENGEL 2011).

A aceleração da construção de hidrelétricas está no centro da estratégia de desenvolvimento adotada em nosso país. Nestas últimas décadas, dezenas de hidrelétricas foram construídas para atender a demanda de energia cada vez maior. Mais recentemente, com a crise do petróleo e com a crise econômica que se estabeleceu a nível mundial, a construção de hidrelétricas ganha mais importância, e os principais investimentos em infra-estrutura do governo brasileiro estão direcionados para construção de grandes hidrelétricas nas principais bacias hidrográficas de nosso país (HÜFFNER e ENGEL 2011).

A bacia do rio Uruguai (BRU) tem grande capacidade e potencial de geração hídrica. Desde o anúncio dos primeiros planos de barragens na região, o discurso oficial dos governos e das empresas e de seus apoiadores, foi de que “as hidrelétricas trariam progresso e desenvolvimento para região”. Este discurso foi e tem sido a justificativa ideológica para concretização destes projetos (HÜFFNER e ENGEL 2011).

A região é considerada estratégica na geração de eletricidade e se torna um destes territórios brasileiros em disputa, que o capital internacional quer controlar. A bacia do rio Uruguai apresenta potencial de 12.816 MW, significando 5,1% do potencial nacional. Deste total, 5.182 MW já aproveitados, 6.482 MW inventariados e 1.152 MW estimados (HÜFFNER e ENGEL 2011).

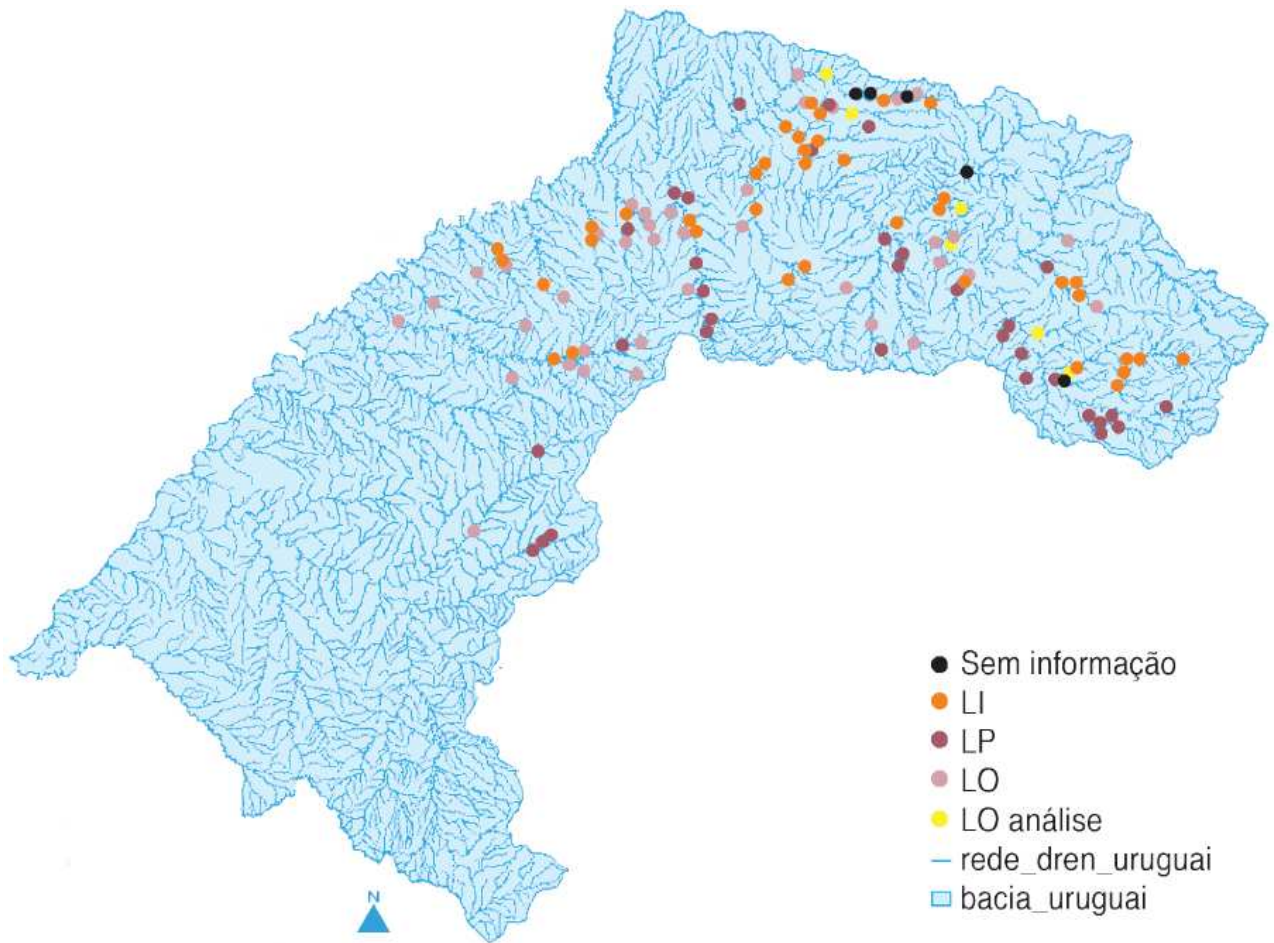


Figura 2: Mapa de Localização das Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCHs) na Bacia do Rio Uruguai – empreendimentos até 30 MW com a situação dos processos de planejamento, licenciamento ambiental, construção ou operação. (Fonte: Grandes e Pequenas Centrais Hidrelétricas na Bacia do Rio Uruguai. Guia para organizações e movimentos sociais).

A partir dos anos oitenta, já foram construídas sete grandes hidrelétricas: Usina Hidrelétrica (UHE) de Passo Fundo, UHE Ita, UHE Machadinho, UHE Barra Grande, UHE Campos Novos, UHE Monjolinho e UHE Foz do Chapecó. As hidrelétricas, no atual modo de produção, nada mais são que grandes fábricas de produzir eletricidade. As sete hidrelétricas já construídas geram 2.601 MWh médios de energia elétrica. A partir de uma análise detalhada em cada uma das usinas e seus contratos de comercialização, constata-se que a energia elétrica está sendo vendida a preços que variam entre 130,00 reais a 140,00 por MWh. Se as usinas fossem poços de petróleo, é como se a energia estivesse sendo vendida a 125 dólares por barril. Significa que as sete hidrelétricas juntas (5.357 MW de potência) geram por ano 3,2 bilhões de reais e durante 30 anos vão gerar aos seus ‘donos’ nada menos que 95 bilhões de reais. No entanto a BRU possui um potencial total de 12.816 MW, isso significa que os demais 7.459 MW que ainda não foram explorados, poderão gerar mais 4,57 bilhões de reais por ano ou 137 bilhões de reais em 30 anos, somente com o negócio da geração. Portanto, as empresas que controlam a energia na BRU, na

verdade estão buscando se apropriar de um recurso estratégico que possui uma capacidade de gerar um valor em torno de R\$ 7,5 bilhões de faturamento por ano ou 230 bilhões de reais nos próximos 30 anos. Além do negócio da geração de energia seria necessário analisar o faturamento da distribuição e de transmissão, em que as sete usinas conseguem mais outros 2,75 bilhões de reais por ano (HÜFFNER e ENGEL 2011).

As sete hidrelétricas custaram algo em torno de R\$ 8 bilhões para serem construídas, sendo que 5,5 bilhões vieram do BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, valores que chegam a 75% do total de cada investimento (HÜFFNER e ENGEL 2011).

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. CLASSIFICAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo de caso no Rio Ijuizinho visa determinar a viabilidade de um aproveitamento hidrelétrico, utilizando os estudos de concepção hidrológica, visando tomadas de decisões com relação à viabilidade técnica-econômica e sócio-ambiental, para contrapor o inventário proposto pela CEEE.

O presente estudo hidrológico foi desenvolvido no sentido de subsidiar a elaboração do Projeto Básico da PCH IGREJINHA, micro bacia do rio Ijuizinho, que está inserido na Bacia do Rio Uruguai (07), sub-bacia do rio Ijuí (75).

#### 3.2. PROCEDIMENTOS DE COLETA E INTERPRETAÇÃO DE DADOS

Reconstituir a série de vazões médias mensais, visando à análise energética da usina e definindo o regime do rio Ijuizinho, junto ao posto Colônia Mousquer (cód. 75295000), localizado na calha do mesmo rio, próximo a ponte da rodovia federal BR-285 sobre o rio Ijuizinho. Também será conduzida estimativa de vazões máximas e suas probabilidades de ocorrência, para os dimensionamentos hidráulicos das estruturas envolvidas. As vazões mínimas ou de estiagem são importantes na determinação da vazão sanitária, atendendo assim as exigências ambientais.

#### 3.3. DESCRIÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

O rio Ijuizinho nasce no município de Tupanciretã desenvolve-se no sentido sudeste - noroeste, cortando o município de Entre-Ijuís e Tupanciretã, sendo responsável por parte da divisa dos municípios de Cruz Alta, Boa Vista do Cadeado, Jóia, Augusto Pestana, Eugenio de Castro e Entre-Ijuís. Porém, a PCH de interesse encontra-se instalada no município de Jóia (Margem Esquerda) e Boa Vista do Cadeado (Margem Direita).

### 3.4. PLANEJAMENTO DA PESQUISA

Os estudos hidrológicos serão desenvolvidos com base nas informações coletadas de fontes oficiais, sendo as entidades identificadas a seguir:

- ANEEL – Inventários das estações fluviométricas;
- ANEEL – Inventários das estações pluviométricas;
- ANA - Agência Nacional de Águas;

Após consulta aos postos constantes do boletim fluviométrico do DNAEE, será selecionada a estação fluviométrica de Colônia Mousquer, com base em critérios de:

- Proximidade;
- Período disponível (maior abrangência);
- Características físicas – geologia, relevo, declividade, cobertura vegetal;
- Qualidade dos dados;

A planilha a seguir ilustra a estação fluviométrica utilizada para o estudo da PCH IGREJINHA no Rio Ijuizinho:

<b>CÓDIGO</b>	<b>NOME DO POSTO</b>	<b>ENTIDADE</b>	<b>RIO</b>	<b>PERÍODO</b>
75295000	COLÔNIA MOUSQUER	ANA	IJUIZINHO	11/1974 - 12/2006

### 3.5. MATERIAIS

Parte dos documentos de estudo serão obtidos através das cartas do mapeamento sistemático do Brasil, em escala 1:50.000, e equidistância das curvas de nível de 20 m em 20 m, executadas pela Secretaria de Planejamento da Presidência da República IBGE – Diretoria de Geodésia e Cartografia das Superintendência de Cartografia. As cartas serão reproduzidas e o mosaico montado, as mesmas serão utilizadas para os estudos de projeto básico da PCH, sendo utilizado o software AUTOCAD, para digitalização e levantamento topográfico para confirmação da área de drenagem da PCH.

Serão utilizadas as cartas topográficas, do mapeamento sistemático do Brasil, conforme segue:

- **SANTO ÂNGELO**

Folha SH.22-V-A-IV-1

MI – 2931/1 – Rio Grande do Sul - escala 1:50.000

- **RIO IJUIZINHO**

Folha SH.22-V-A-IV-3

MI – 2931/3 – Rio Grande do Sul - escala 1:50.000

- **SANTA TECLA**

Folha SG.21-X-B-VI

MI - 2930/4 – Rio Grande do Sul - escala 1:50.000

- **TUPACIRETÃ**

Folha SH.22-V-C-I-1

MI – 2948/1 – Rio Grande do Sul - escala 1:50.000

- **CRUZ ALTA**

Folha SH.22-V-A-IV-2

MI – 2931/2 – Rio Grande do Sul - escala 1:50.000

- **RIO IVAÍ**

Folha SG.22-V-A-IV-4

MI – 2931/4 – Rio Grande do Sul - escala 1:50.000

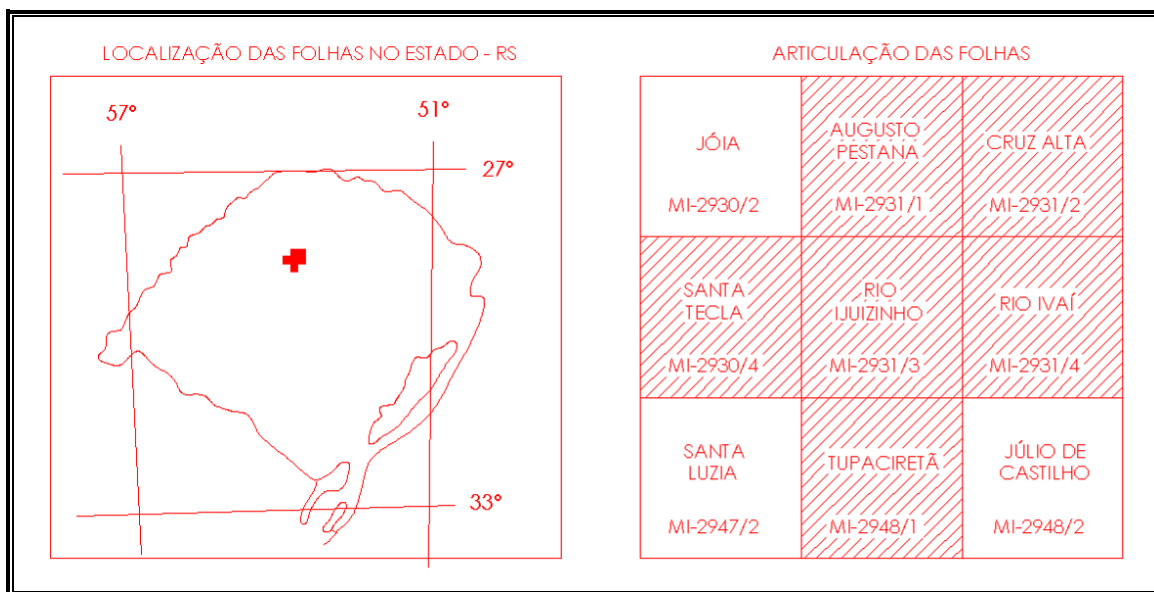


Figura 3: Articulação das Cartas/folhas (Fonte: O autor 2011).

Com base nas cartas mencionadas acima será possível verificar perfis de estradas de rodagem, divisão municipal, área de drenagem, localização e acessos dos municípios, obtidos junto a órgãos públicos e empresas privadas; além de outras informações de caráter geral.

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS**

Os estudos foram elaborados a partir dos dados já existentes, juntamente com os novos levantamentos efetuados na fase de elaboração deste relatório. O escopo deste trabalho está de acordo com a Resolução, a qual estabelece os requisitos gerais para apresentação de Estudos de Projetos Básicos de Pequenas Centrais Hidroelétricas.

Dentre as alternativas de arranjo e localização contempladas neste estudo, o aproveitamento PCH Igrejinha, foi consolidado, enquadrando-se da melhor forma possível nos seguintes requisitos principais pré-estabelecidos:

- Maximização da geração de energia;
- Maior retorno econômico;
- Menor impacto ambiental.

Em função do arranjo adotado para as estruturas, os impactos ambientais provocados pelo aproveitamento são de pequena extensão, não havendo qualquer restrição sob os aspectos sócio-ambientais para sua viabilização, principalmente, em se tratando da área alagada que praticamente não teve acréscimo, pois se manteve o mesmo eixo e cota da antiga usina Tarumã já desativa.

### **4.1. HISTÓRICO DOS ESTUDOS**

O estudo de projeto da PCH Igrejinha, surgiu do interesse por parte da empresa em que trabalho, visando o desenvolvimento e a implantação da pequena central hidrelétrica no referido curso d'água, e buscando atuar como Produtor Independente de energia iniciou a pesquisa em busca do aproveitamento ideal em 2009, junto com o autor deste trabalho, então funcionário da Cooperativa. A empresa vem conciliar interesse de investidores locais e a necessidade de efetuar um aproveitamento ótimo dos recursos naturais, conforme estabelecido pelo Poder Concedente, tornando o aproveitamento do rio compatível com os outros usos e, sobretudo evitando a predação energética, através da consideração de uma divisão de quedas otimizada e baseada em dados realistas.



Inicialmente, o Despacho, decisão da ANEEL que tem por fim dar andamento ao processo por ato burocrático, nº 892-ANEEL, de 31 de outubro de 2001, aprovou os Estudos de Inventário Hidrelétrico da sub-bacia hidrográfica nº 75 compostos pelos rios Ijuí, Palmeira, Fiúza, Potiribu, Ijuizinho, Conceição, Caxambu, Piratinim, Inhacapetum, Icamaquã e Itacurubí, apresentados pela Companhia Estadual de Energia Elétrica - CEEE, identificando assim o potencial denominado de “PCH Igrejinha” (IZ-5A) com 2,5 MW, localizada no rio Ijuizinho.

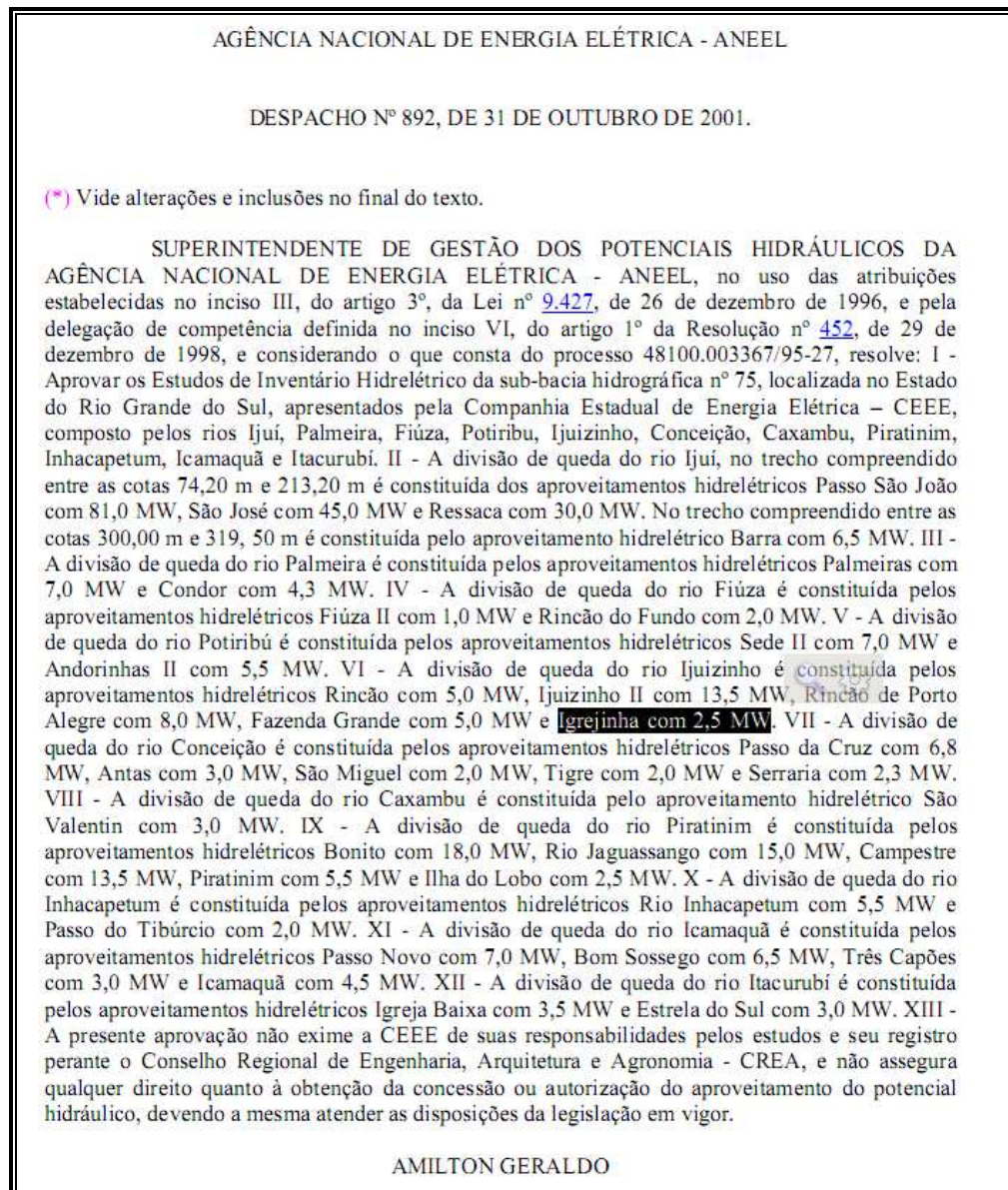


Figura 4. – Despacho de aprovação dos estudos de inventário. (Fonte – ANEEL).

Posteriormente, a empresa apresentou interesse em desenvolver os estudos de projeto Básico da PCH Igrejinha e em 10 de julho de 2009 foi informada que o registro foi efetivado como ativo para realização do Projeto Básico, por meio do Despacho nº 2.503, publicado no D.O.U de 13/07/2009. Estando em curso na SGH/ANEEL o Processo nº 48500.008423/2008-29, no qual

há o interesse na elaboração do Projeto Básico da PCH Igrejinha, com potência estimada de 2,5 MW, situada no rio Ijuizinho, sub-bacia 75, bacia hidrográfica do rio Uruguai, no Estado do Rio Grande do Sul.

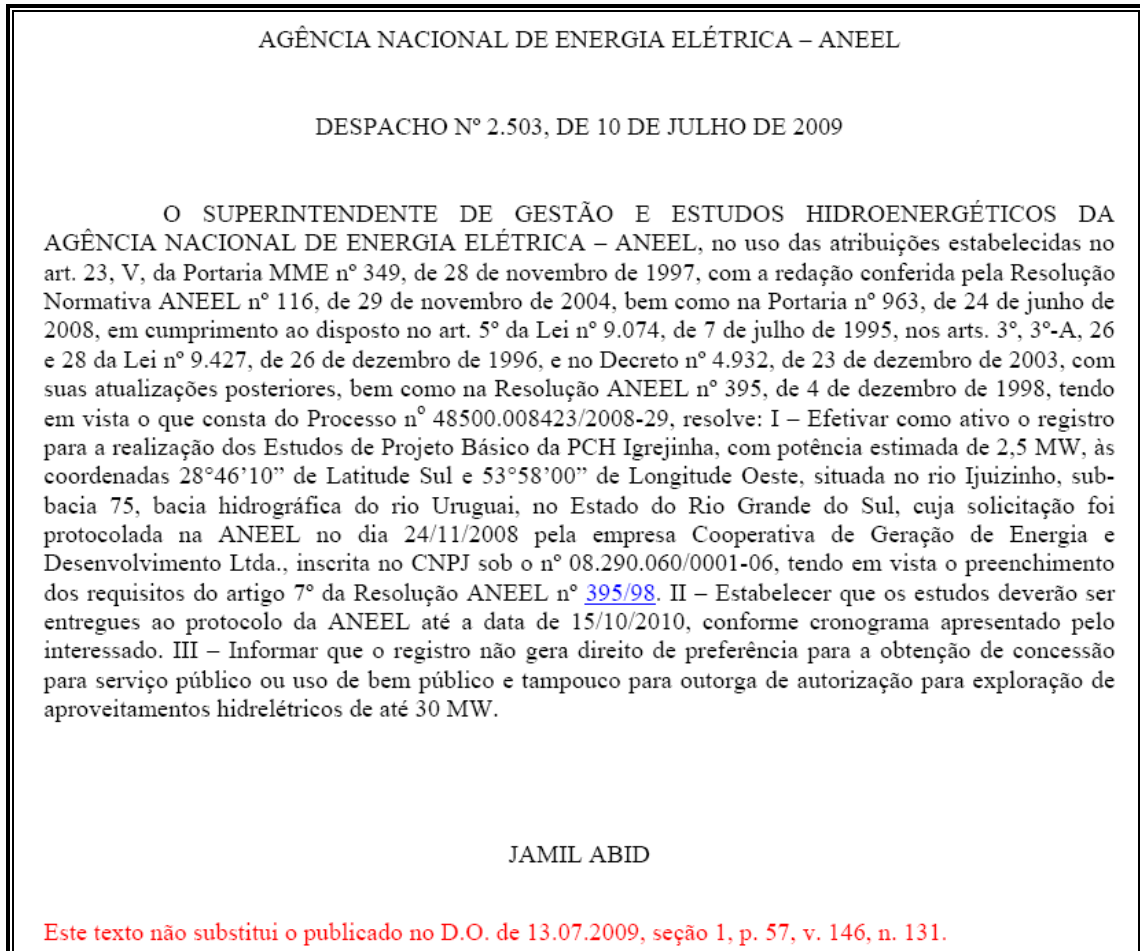


Figura 5 – Despacho efetivando o registro ativo para Ceriluz. (Fonte – ANEEL).

Com relação à diferença de potência instalada do aproveitamento em questão: na fase de inventário hidrelétrico os estudos apresentaram uma potência instalada estimada de 2,5 MW, segundo dados da CEEE. Na fase em que desenvolvíamos pesquisas de campo, onde os estudos são mais aprofundados, foi constatada a possibilidade do aumento da potência instalada para 4,85 MW, devido à topografia ser favorável. Desta forma, tendo como objetivo principal aproveitar ao máximo o recurso hídrico, o presente TCC foi desenvolvido inteiramente para justificar com dados hidrológicos a possibilidade de um aproveitamento ótimo, comparando o arranjo proposto pelo autor com arranjo considerado no inventário considerando valor de potência instalada.

Quadro Comparativo das Informações entre Inventário e Estudo de Projeto.

	<b>INVENTÁRIO APROVADO</b>	<b>ESTUDO PCH Igrejinha</b>
Coordenadas Geográficas: eixo barramento	Latitude:28°46'10" Longitude: 53°58'00 "	Latitude:28°47'42,55" Longitude: 53°58'15,59"
Distância da foz (km):	163,70	172,5 km
Potência (MW):	2,50	4,85 MW
Nível de Montante (m):	330,90	337,50 m
Nível de Jusante (m):	315,80	319,05 m (referente a vazão média de longo termo)
Queda Bruta Hb (m):	15,10	18,45 m (referente a vazão média de longo termo)
Área do Reservatório (km <sup>2</sup> ):	1,41km <sup>2</sup>	0,1338 km <sup>2</sup>

Tabela 2. – Quadro comparativo entre inventário e arranjo em estudo.

#### Arranjo Geral:

Nos estudos de inventário o circuito de adução da PCH Igrejinha compreendia em um canal escavado na margem esquerda do rio Ijuizinho, enquanto que no presente projeto básico, o arranjo se dá com um circuito de adução através de túnel escavado em rocha pela margem direita do rio.

#### Coordenadas Geográficas:

O posicionamento físico do eixo da barragem foi alterado, ou seja, por razões que serão explicadas no decorrer do presente TCC, o eixo da barragem se deslocou cerca de 8,8 km para montante, coincidindo com o eixo da antiga usina Tarumã já desativada.

#### Potência Instalada e Energia Média:

A potência e, conseqüentemente, a energia média foram alteradas para maior, principalmente devido ao aumento da queda bruta da usina ocasionado pelo novo posicionamento das estruturas, o que torna o aproveitamento mais interessante.

## 4.2. DADOS PRELIMINARES

### 4.2.1. ESTUDO DE INVENTÁRIO DA SUB-BACIA 75

A Companhia Estadual de Energia Elétrica – CEEE realizou os estudos de Inventário Hidrelétrico da sub-bacia hidrográfica nº75, composto pelos rios Ijuí, Palmeira, Fiúza, Potiribu, Ijuizinho, Conceição, Caxambu, Piratinim, Inhacapetum, Icamaquã e Itacurubí, localizados no Estado do Rio Grande do Sul.

A divisão de quedas do rio Ijuizinho é constituída por 05 (cinco) aproveitamentos hidrelétricos identificados como:

- PCH Rincão com 5,0 MW;
- PCH Ijuizinho II com 13,5 MW;
- PCH Rincão de Porto Alegre com 8,0 MW;
- PCH Fazenda Grande com 5,0 MW;
- PCH Igrejinha com 2,5 MW.

O citado Inventário Hidrelétrico foi aprovado através do Despacho nº892 de 31 de outubro de 2001 emitido pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, conforme mostrado anteriormente.



Inventário Sub-Bacia do Sub-Bacia 75

**Quadro 4.7 aproveitamentos selecionados no Rio Ijuizinho.**  
**INVENTÁRIO SUB-BACIA 75**

**QUADRO RESUMO**  
**BACIA DO RIO IJUIZINHO**

**ALTERNATIVA: ESCOLHIDA**

IDENTIFICAÇÃO DO APROVEITAMENTO			NÚMERO DE ORDEM	1	2	3	4	5	6	7	8		
			NOME DO RIO	IJUIZINHO	IJUIZINHO	IJUIZINHO	IJUIZINHO	IJUIZINHO					
			NOME DO APROVEITAMENTO	IZ-1 Rincão	IZ-2 Ijuizinho II	IZ-3B' Rincão de Porto Alegre	IZ-4 Fazenda Grande	IZ-5A Igrejinha					
			COORD.	LATITUDE	28°25'27"	28°26'35"	28°32'00"	28°40'32"	28°46'10"				
				LONGITUDE	54°17'55"	54°17'20"	54°13'13"	53°58'21"	53°58'00"				
			DISTÂNCIA DA FOZ km	33,50	42,50	72,20	142	163,70					
			ÁREA DE DRENAGEM km <sup>2</sup>	2.108	2.055	1.832	1.066	939					
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	RESERVATÓRIO	NÍVEIS D'ÁGUA (m)	MÁXIMO NORMAL Namax	213,20	240	274	310	330,90					
			MÍNIMO NORMAL Namin	213,20	240	266,40	310	330,90					
			MÉDIO NAMED	213,20	240	271	310	330,90					
			NORMAL A JUSANTE NA <sub>m</sub>	203,80	213,40	251,30	290,60	316,20					
		VOLUMES (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	DEPLEÇÃO M	0	0	7,60	0	0					
			TOTAL	0,99	2,12	94,51	12,32	5,50					
			ÚTIL	0	0	63,25	0	0					
		ÁREAS (km <sup>2</sup> )	NO N.A. MÁXIMO NORMAL	0,33	0,75	11,99	2,54	1,41					
			NO N.A. MÉDIO	0,33	0,75	8,58	2,54	1,41					
			NO N.A. MÍNIMO NORMAL	0,33	0,75	5,30	2,54	1,41					
	QUEDAS (m)	BRUTA MÁXIMA - Hb1	10,10	26,70	23,10	18,80	15,10						
		BRUTA MÉDIA - Hb2	10,10	26,70	19,50	18,80	15,10						
		LÍQUIDA MÁXIMA - H1	9,70	25,80	22,80	18,30	12,20						
		LÍQUIDA MÉDIA - H2	9,70	25,80	19,30	18,30	12,20						
	VAZÕES (m <sup>3</sup> / s)	REGULARIZADA NO PERÍODO CRÍTICO - Q <sub>c</sub>	40,80	39,30	35,70	23,90	20,30						
		MÉDIA DE LONGO TERMO - MLT	57,50	56,20	51,10	32,40	29,20						
		DE PROJETO DO DESVIO	971	957	881	557	497						
		DE PROJETO DO VERTEDOURO - Q <sub>v</sub>	1845	2354	1671	1057	943						
	CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS	ENERGIA FIRME MW MÉDIOS	2,80	7,10	4,80	2,80	1,40						
(A) POTÊNCIA DE REFERÊNCIA - MW		5	12,90	8,70	5,10	2,50							
(B) POTÊNCIA INSTALADA - MW		5	13,50	8	5	2,50							
TURBINAS	NÚMERO	3	3	2	3	2							
	TIPO	KAPLAN	KAPLAN	KAPLAN	KAPLAN	KAPLAN							
CUSTOS REFERÊNCIA: Dez/1999 US\$ 1,00 = R\$ 1,809	(C) TOTAL 10 <sup>6</sup> US\$	17,611	18,903	28,107	14,326	9,726							
	DE REFERÊNCIA (C) / (A) 10 <sup>3</sup> US\$ / kW	3,52	1,47	3,23	2,81	3,89							
	DE INSTALAÇÃO (C) / (B) 10 <sup>3</sup> US\$ / kW	3,52	1,40	3,51	2,87	3,89							
	ÍNDICE CUSTO / BENEFÍCIO NA CONFIGURAÇÃO FINAL - US\$ / MWh	73,40	31,66	69,79	58,89	80,97							
OBSERVAÇÕES													

Figura 6 – Ficha técnica do rio Ijuizinho. (Fonte – ANEEL).

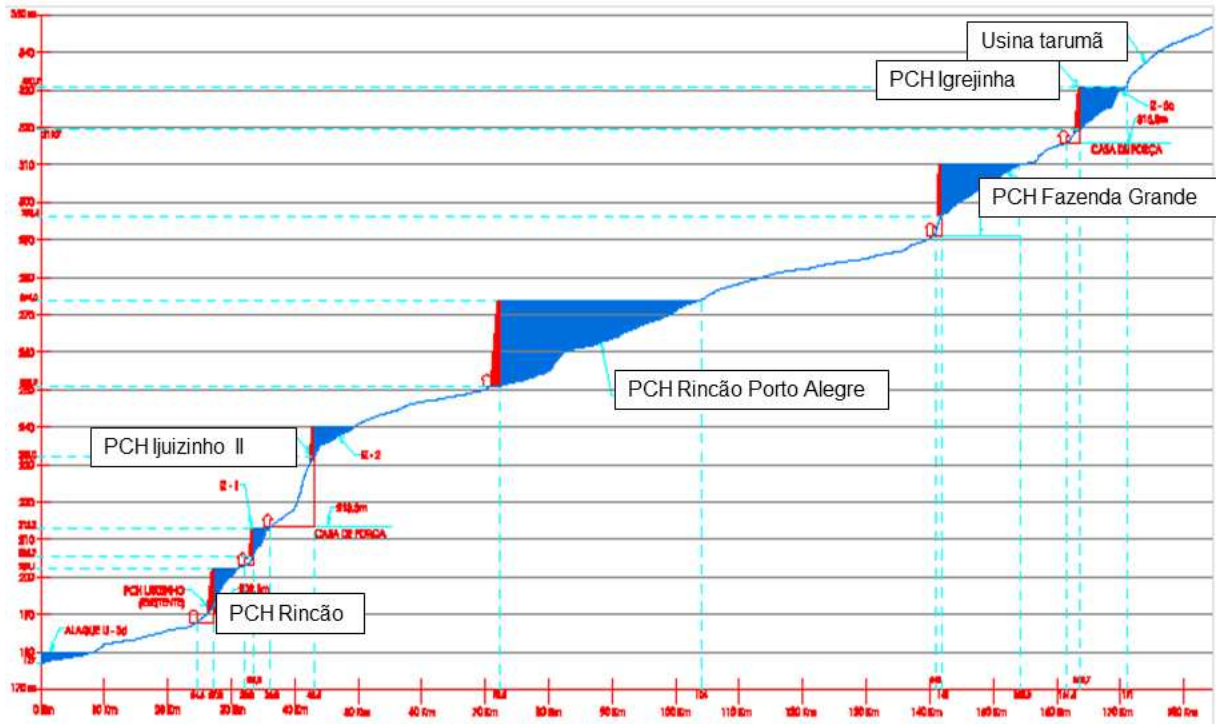


Figura 7 – Participação de quedas nos estudos aprovados de inventário (Fonte: O autor 2011).

#### 4.2.2. ESTUDO DE PROJETO DA PCH IGREJINHA

A PCH Igrejinha localiza-se no rio Ijuizinho e foi identificado nos estudos de inventário da sub-bacia 75 apresentado pela Empresa Companhia Estadual de Energia elétrica – CEEE e aprovado através do Despacho da Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL nº892 de 31 de outubro de 2001. Sua potência estimada é de 2,5 MW, e suas coordenadas são 28°46'10" de latitude sul e 53°58'00" de longitude oeste.

#### 4.2.3. LOCALIZAÇÃO E ACESSOS – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA ESTUDADA

O empreendimento hidrelétrico PCH Igrejinha está localizado no Rio Ijuizinho, bacia 7, sub-bacia 75, afluente do rio Ijuí pela margem esquerda no Estado do Rio Grande do Sul.

Partindo do trevo de entroncamento da RS 522 com a BR 285, a principal via de acesso ao empreendimento se dá pela RS 522 até o município de Jóia, onde se percorrem 12 km até a localidade de São José, distrito do mesmo município. Passando pela vila São José percorre-se aproximadamente 12 km pela estrada principal até o entroncamento com a estrada que liga Boa Vista do Cadeado a São Bernardo e Tupanciretã (projeção de continuação da BR 377), onde

converge à esquerda percorrendo mais 3,60 km até a ponte sobre o rio Ijuizinho (conhecida como ponte queimada). Passando pela ponte percorre-se mais 2,0 km, até avistar um açude no potreiro do lado esquerdo da estrada. Nesse ponto se localiza a projeção do eixo do túnel da PCH Igrejinha. O acesso à posição da casa de máquinas se dá pelo portão do potreiro localizado nesse trecho. Já o acesso ao barramento se dá pelo portão que fica em frente à sede do Sr. Herve Lassen, localizada cerca de 1,70 km aquém do referido eixo do túnel, ou seja, 300 m após a ponte queimada.

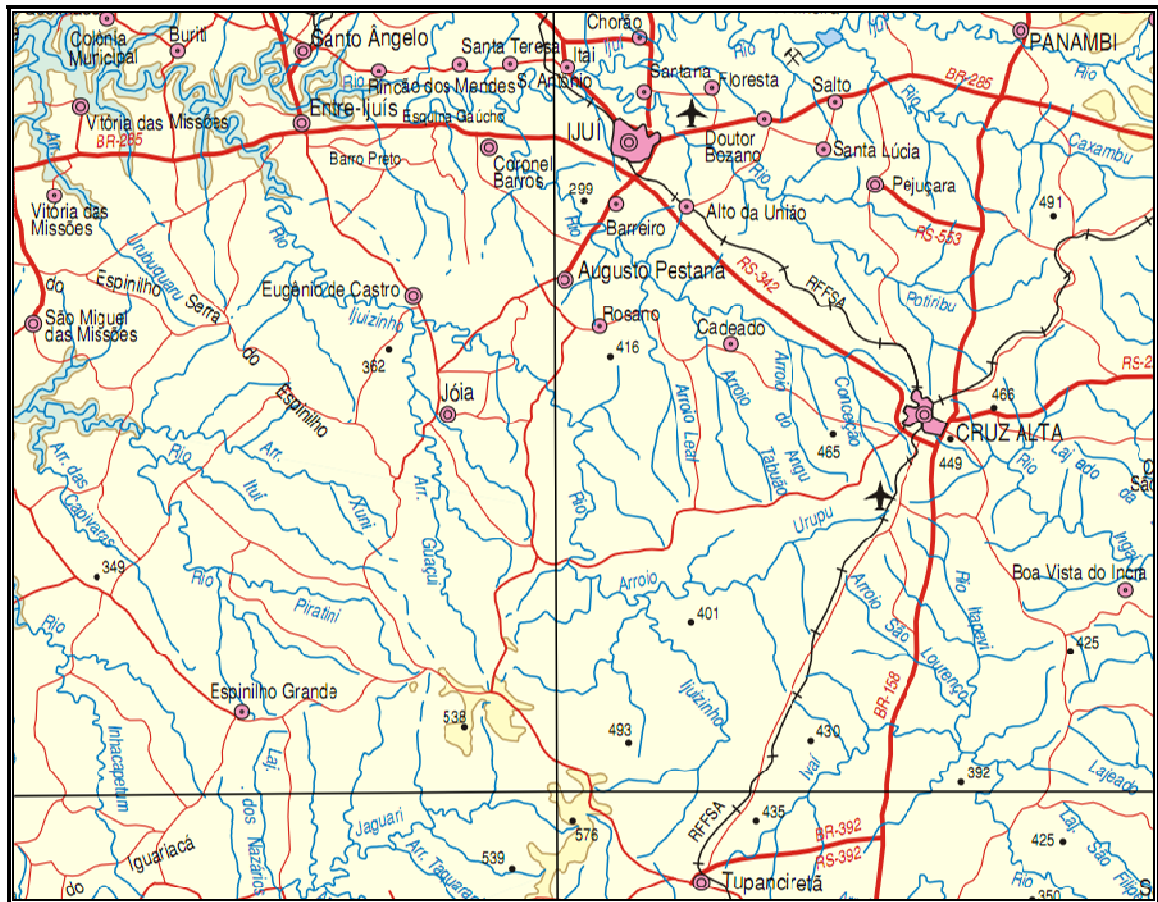


Figura 8: Cópia parcial do mapa físico do Rio Grande do Sul (Fonte: IBGE).

#### 4.2.4. ASPECTOS GERAIS E CARACTERIZAÇÃO DA BACIA

O presente estudo hidrológico foi desenvolvido no sentido de subsidiar a elaboração do Projeto da PCH Igrejinha, localizado na bacia 7, sub-bacia 75, conforme abaixo.

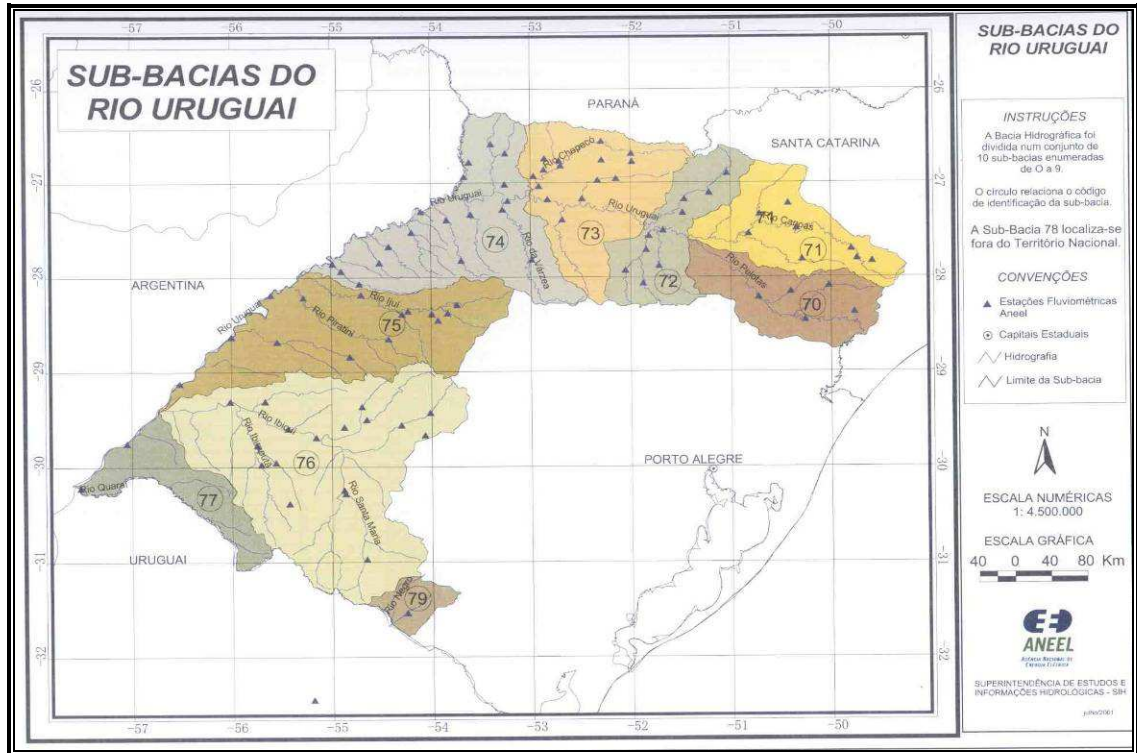


Figura 9 – Sub-bacias do Rio Uruguai. (Fonte – ANEEL)

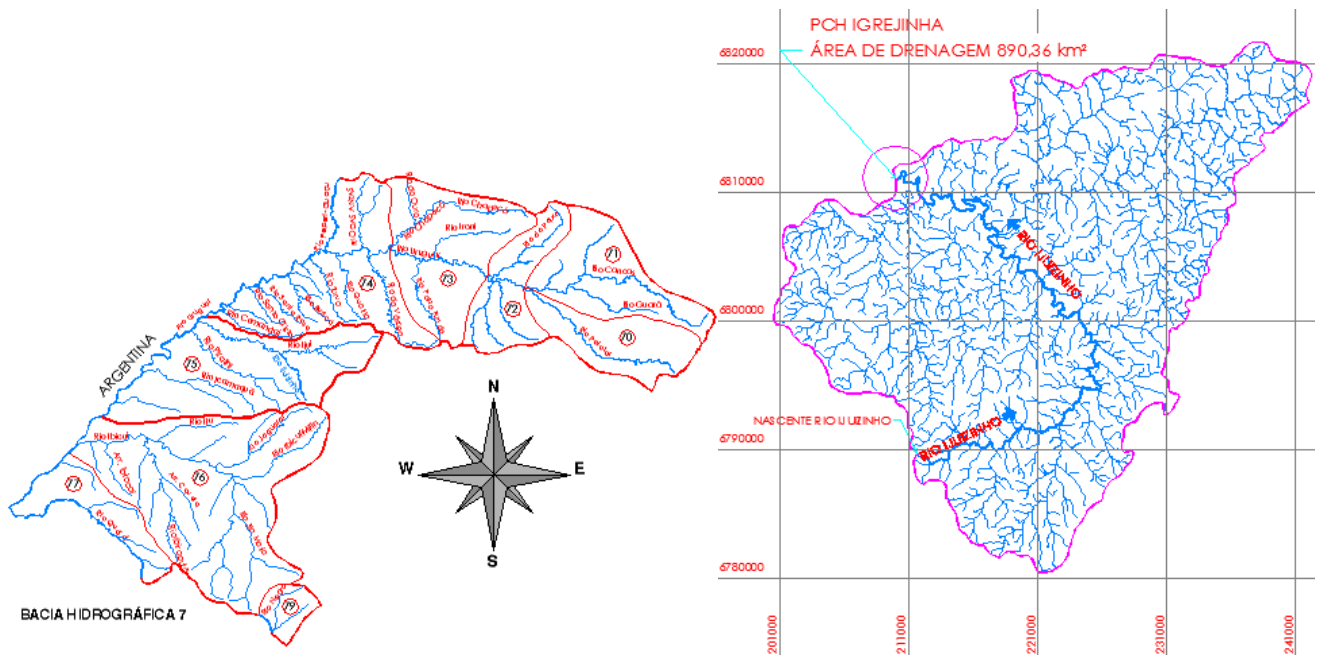


Figura 10 – Bacia Hidrográfica da PCH Igrejinha, Bacia 7, Sub-bacia 75 (Fonte: O autor 2011).

O rio Ijuizinho nasce no município de Tupanciretã e desenvolve-se no sentido noroeste cortando 7 municípios. Os municípios inseridos totalmente na sub-bacia do Rio Ijuizinho são: Tupanciretã, Eugênio de Castro, Jóia, Boa Vista do Cadeado, Augusto Pestana, Entre Ijuis e Vitória das Missões.



Vale observar que o aproveitamento em questão está inserido entre os municípios de Boa Vista do Cadeado (margem direita) e Jóia (margem esquerda), estando a casa de máquinas na margem direita do rio Ijuizinho, município de Boa Vista do Cadeado.

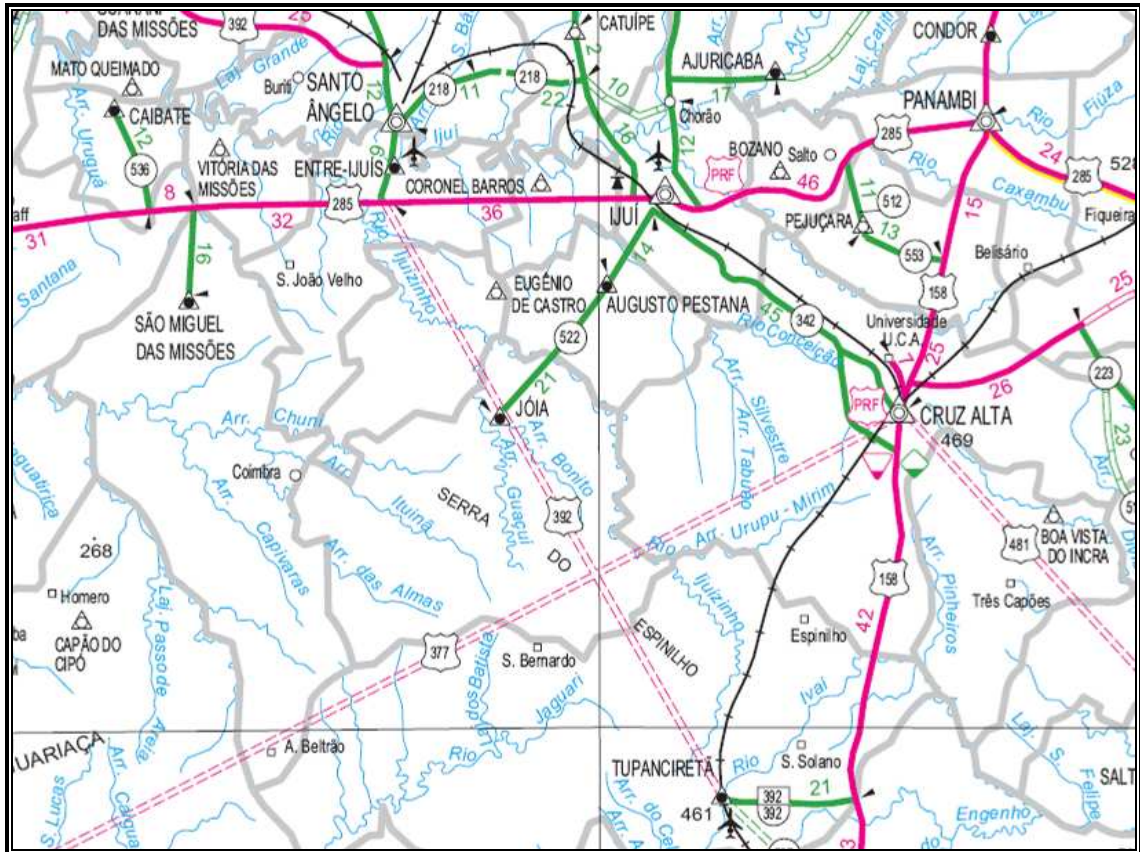


Figura 11: Cópia parcial Mapa do Rio Grande do Sul.

#### 4.2.5. COORDENADAS GEOGRÁFICAS

O empreendimento está inserido, sob as coordenadas geográficas a seguir:

Barragem: Latitude 28°47'42,55"

Casa de Máquinas: Latitude 28°46'51,24"

Longitude 53°58'15,59"

Longitude 53°57'51,44"

#### 4.2.6. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA BACIA DO RIO IJUIZINHO

O rio Ijuizinho pertence à bacia do rio Uruguai que abrange uma área de aproximadamente 384.000km<sup>2</sup>, dos quais 176.000km<sup>2</sup> situam-se em território nacional, compreendendo

46.000km<sup>2</sup> do Estado de Santa Catarina e 130.000km<sup>2</sup> no Estado do Rio Grande do Sul. Possui uma vazão média anual de 3.600m<sup>3</sup>/s, volume médio anual de 114km<sup>3</sup>.

Esta bacia situa-se geograficamente entre os paralelos 27° e 34° de latitude Sul e os meridianos de 49° 30' e 58° 15' W Gr. Sua porção nacional encontra-se totalmente na região sul, sendo delimitada ao norte e nordeste pela Serra Geral, ao sul pela fronteira com a República Oriental do Uruguai, a leste pela Depressão Central rio-grandense e a oeste pelo território argentino.

O rio Ijuizinho é afluente pela margem esquerda do rio Ijuí e desemboca no limite de Entre-Ijuís com Santo Ângelo. A bacia do rio Ijuí drena uma área de 13.427 km<sup>2</sup> entre os paralelos 27°50' e 29°05' sul e os meridianos 53°15' e 55°15' oeste. A mesma estende-se por cerca de 200 km no sentido Leste-Oeste. Apresenta uma forma aproximadamente triangular, em que um dos vértices corresponde à confluência do rio Ijuí com o rio Uruguai. Destacam-se na bacia os municípios de Ijuí, Santo Ângelo e Cruz Alta, este último no divisor de águas entre as bacias do Ijuí e do Jacuí.

## 5. CARACTERIZAÇÃO FISIAGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DA PCH IGREJINHA

A área de drenagem do eixo do aproveitamento PCH Igrejinha foi planimetrada dos mapas do serviço geográfico do exército, encontrando-se a seguinte área de drenagem:

Área de drenagem da PCH Igrejinha ..... 890,36 km<sup>2</sup>

Para a caracterização da forma de uma bacia são utilizados índices que buscam associá-la com formas geométricas conhecidas.

### Índice de Compacidade

O índice ou coeficiente de compacidade,  $K_c$ , é a relação entre o perímetro da bacia e a circunferência de um círculo de área igual à da bacia, ou seja:

$$K_c = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}, \text{ onde:}$$

P = perímetro da bacia, em km;

A = área de drenagem da bacia, em km<sup>2</sup>;

$$K_c = \frac{0,28.151,43}{(890,36 \text{ km}^2)^{0,5}} = 1,42$$

O índice de compacidade é uma medida do grau de irregularidade da bacia, já que para uma bacia circular ideal ele é igual a 1,0. Desde que outros fatores não interfiram quanto mais próximos da unidade for o índice de compacidade maior será a potencialidade de ocorrência de picos elevados de enchentes.

### Índice de Conformação ou Fator de Forma

O índice de conformação ou fator de forma  $K_f$ , é a relação entre a área da bacia hidrográfica e o quadrado de seu comprimento axial, medido ao longo do curso d'água principal, desde a foz até a cabeceira mais distante, próxima do divisor de águas da bacia.

Então:

$$K_f = \frac{A}{L^2}, \text{ onde:}$$

L = comprimento axial da bacia, ou comprimento total do curso d'água principal, em km;

A = área de drenagem da bacia, em km<sup>2</sup>.

$$K_f = \frac{890,36 \text{ Km}^2}{(63,14)^2} = 0,22$$

O índice de conformação relaciona a forma da bacia com um retângulo. Numa bacia estreita e longa, a possibilidade de ocorrência de chuvas intensas cobrindo, ao mesmo tempo, toda sua extensão, é menor que em bacias largas e curtas. Desta forma, para bacias de mesma área, será menos sujeita a enchentes àquela que possuir menor fator de forma.

#### Densidade de Drenagem

A densidade de drenagem, D<sub>d</sub>, é a relação entre o comprimento total dos cursos d'água de uma bacia e a sua área total. Este índice fornece uma indicação da eficiência da drenagem, ou seja, da maior ou menor velocidade com que a água deixa a bacia hidrográfica. Este índice não considera a capacidade de vazão dos cursos d'água que, no caso de ser insuficiente, pode vir a provocar um efeito de represamento, reduzindo a eficiência de drenagem.

$$D_d = \frac{L_T}{A}, \text{ onde:}$$

L<sub>T</sub> = comprimento total dos cursos d'água da bacia, em km;

A = área de drenagem da bacia, em km<sup>2</sup>.

$$D_d = \frac{1562,54}{890,36} = 1,75 \text{ Km/Km}^2$$

Desde que outros fatores não interfiram, se numa bacia houver um número grande de tributários, tal que a densidade de drenagem seja superior a 3,5 km/km<sup>2</sup>, o deflúvio atingirá

rapidamente o curso d'água principal e haverá, provavelmente, picos de enchentes altos e deflúvios de estiagem baixos. Diz-se que essas bacias são bem drenadas. Quando este índice for da ordem de 0,5 km/km<sup>2</sup>, a drenagem é considerada pobre.

### Declividade do Rio

A velocidade de escoamento de um rio depende da declividade dos canais fluviais. Quanto maior a declividade, maior será a velocidade de escoamento e mais pronunciada e estreita serão os hidrogramas das enchentes. Foi considerada para este estudo a declividade média, obtida dividindo-se o desnível entre a nascente e a foz pela extensão total do curso d'água principal.

$$S = \frac{H}{L}, \text{ onde:}$$

S = declividade média, em m/km;

H = diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado, em M;

L = comprimento axial da bacia, ou, comprimento total do curso d'água principal, em km.

$$S = \frac{181,50}{63,14} = 2,87 \text{ m/Km}$$

### Tempo de Concentração

O tempo de concentração mede o tempo necessário para que toda a bacia contribua para o escoamento superficial numa seção considerada, ou seja, é o tempo em que a gota que se precipita no ponto mais distante da seção transversal considerada de uma bacia, leva para atingir essa seção. Para o cálculo do tempo de concentração da bacia envoltória ao empreendimento, recomenda-se a adoção da fórmula do Soil Conservation Service. (fonte: diretrizes de projeto básico).

$$t_c = 0,95 \cdot \left( \frac{L^3}{H} \right)^{0,385}, \text{ onde:}$$

t<sub>c</sub> = tempo de concentração, em horas;

H = diferença entre cotas do ponto mais afastado e o considerado, em m;

L = comprimento axial da bacia, em km.

$$t_r = 0,95 \cdot \left( \frac{63,14^3}{181,50} \right)^{0,385} = 15,40 \text{ horas}$$

### 5.1. CARACTERIZAÇÃO PLUVIOMÉTRICA DA BACIA

Para a caracterização do regime pluvial da bacia, foram utilizadas as estações pluviométricas localizadas no rio Ijuizinho.

As séries históricas destas estações pluviométricas foram obtidas diretamente através do Hidroweb no site da ANA, seguindo abaixo as seguintes séries históricas.

CÓDIGO	NOME DO POSTO	ENTIDADE	RIO	PERÍODO
02854009	SÃO MIGUEL DAS MISSÕES	CEEE	PIRATINIM	Não há dados disponíveis
02854010	USINA IJUIZINHO	CEEE	IJUÍ	Não há dados disponíveis
02854014	SANTO ANGELO - IPAGRO	INMET	IJUÍ	2004 a 2008
02854016	PCH IJUIZINHO	CERMISSÕES	IJUIZINHO	Não há dados disponíveis
02953030	TUPANCIRETA	ANA	IJUIZINHO	1976 a 2004
02853035	NOVA RAMADA	ANA	CONCEIÇÃO	2004
02854013	SÃO BERNARDO	ANA	JAGUARÍ	2000
02954031	ESQUINA DOS LIMA (STA BARBARA)	ANA	INHACAPETUM	1983 a 2004

Tabela 3. – Quadro indicatório das estações pluviométricas da região (Fonte: O autor 2011).

## TUPANCIRETA (02953030)

Dados da Estação	
Código	02953030
Nome	TUPANCIRETA
Código Adicional	-
Bacia	RIO URUGUAI (7)
Sub-bacia	RIOS URUGUAI, IJUÍ E OUTROS (75)
Rio	RIO IJUIZINHO
Estado	RIO GRANDE DO SUL
Município	TUPANCIRETA
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-29:5:8
Longitude	-53:49:19
Altitude (m)	469
Área de Drenagem (km2)	-

Tabela 4 – Dados estação Tupanciretã. (Fonte – ANA)

### Totais Mensais de Chuva

Série: 02953030 (Importado, Bruto, 07/1976 - 07/2009)

Vazões Médias Mensais - PCH Igrejinha - AD 890,36 km <sup>2</sup>													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1976							42,20	113,20	106,40	99,60	123,00	96,30	
1977	229,10	106,40	89,60	89,00	83,60	154,60	279,60	151,60	100,60	148,10	137,80	93,00	1663,00
1978	83,00	63,70	69,50	9,40	52,40	115,00	175,10	52,80	81,20	125,90	224,70	108,60	1161,30
1979	14,90	161,10	24,40	198,80	207,70	45,40	105,10	126,50	270,20	319,40	118,20	157,40	1749,10
1980	50,20	31,90	283,20	80,70	137,40	64,70	115,60	86,30	46,40	280,80	218,40	73,30	1468,90
1981	161,10	148,60	26,20	91,40	22,30	112,60	25,10	10,10	295,00	37,70	198,40	93,70	1222,20
1982	63,30	125,00	81,50	33,30	179,60	365,20	202,90	338,40	213,40	219,00	274,50	73,50	2169,60
1983	138,70	290,60	168,20	205,00	302,10	128,80	364,60	116,00	121,50	175,70	83,00	20,30	2114,50
1984	332,20	125,40	79,00	273,60	230,60	346,00	185,20	148,40	201,20	165,60	89,10	96,70	2273,00
1985	30,00	198,60	182,50	187,60	265,90	127,00	136,70	207,40	221,20	58,30	7,20	42,00	1664,40
1986	47,60	146,50	192,70	239,00	214,80	207,20	64,40	205,40	168,80	146,00	470,20	32,00	2134,60
1987	106,70	182,40	166,20	221,20	154,00	122,20	438,20	163,40	172,60	94,80	143,10	62,80	2027,60
1988	175,70	65,60	70,60	105,20	105,70	135,30	49,10	17,60	391,90	137,20	137,50	77,20	1468,60
1989	225,20	42,90	161,00	166,40	14,60	104,20	151,10	209,10	123,60	154,40	68,20	116,30	1537,00
1990	170,70	102,80	131,10	235,60	123,20	176,70	57,00	38,60	310,30	112,20	294,50	82,90	1835,60
1991	64,70	69,00	85,50	224,40	47,10	203,20	174,80	110,80	76,60	114,20	43,60	258,20	1472,10
1992	16,20	0,00								190,30	103,90	99,70	
1993	181,50	89,70	237,70	43,70	222,20	190,30	223,60	7,80	66,90	205,90	246,00	254,90	1970,20
1994	41,70	178,60	55,10	213,60	121,90	213,20	244,60	115,80	118,40	212,50	157,70	126,40	1799,50
1995	125,90	284,00	116,50	40,00	48,20	88,10	303,50	132,30	166,30	141,10	28,00	83,40	1557,30
1996	229,20	260,90	44,50	152,10	33,50	109,10	60,90	194,10	66,90	117,90	191,80	107,20	1568,10
1997	245,90	135,20	10,40	69,60	101,10	143,30	65,50	184,00	115,40	532,70	237,60	348,00	2188,70
1998	173,40	408,00	143,10	313,20	101,20	125,70	194,80	189,20	209,70	186,40	65,70	115,50	2225,90
1999	96,20	140,10	73,30	279,20	193,50	90,10	256,90	45,80	152,60	216,80	88,20	57,30	1690,00
2000	162,60	82,80	233,90	127,40	118,10	222,60	105,30	94,20	91,50	272,70	172,80	133,30	1817,20
2001	359,10	177,40	174,50	229,10	150,40	110,70	229,20	120,50	281,30	181,00	238,80	74,20	2326,20
2002	176,30	77,60	243,60	137,20	305,50	246,00	331,30	293,90	277,50	486,20	153,20	232,90	2961,20
2003	124,20	235,30	333,20	339,00	31,40	251,10	138,30	106,40	105,00	188,10	260,90	313,70	2426,60
2004	122,80	118,20	29,10	155,40	194,90	75,40	269,30	60,30	210,40	67,50	158,20	34,80	1496,30
2005	108,10	34,20	83,70	400,10	409,10	334,50	47,60	179,50	157,70	352,50	60,80	131,10	2298,90
2006	65,80	110,80	114,00	94,70	32,30			63,40	80,90	174,60	155,00	55,30	
2007	159,00	172,00	116,70	70,40	163,40	59,40	149,30				64,70	115,80	
2008	115,20	101,50	109,20	275,90	138,00	205,90	117,10	233,70	130,00	469,70	130,70	21,50	2048,40
2009	193,00	77,60	24,20	30,20	108,90	103,80	86,30						
<b>MD</b>	<b>139,10</b>	<b>137,70</b>	<b>123,60</b>	<b>166,60</b>	<b>144,20</b>	<b>160,60</b>	<b>168,40</b>	<b>132,80</b>	<b>165,50</b>	<b>199,50</b>	<b>155,90</b>	<b>114,80</b>	<b>1873,70</b>

Tabela 5 – Dados de chuva da estação Tupanciretã. (Fonte – ANA)

## ESQUINA DOS LIMA (STA. BARBARA) (02954031)

Dados da Estação	
Código	02954031
Nome	ESQUINA DOS LIMA (STA. BARBARA)
Código Adicional	-
Bacia	RIO URUGUAI (7)
Sub-bacia	RIOS URUGUAI, IJUÍ E OUTROS (75)
Rio	ARROIO INHACAPETUM
Estado	RIO GRANDE DO SUL
Município	SANTIAGO
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-29:4:40
Longitude	-54:30:31
Altitude (m)	420
Área de Drenagem (km <sup>2</sup> )	-

Tabela 6 – Dados estação Esquina dos Lima. (Fonte – ANA)

### Totais Mensais de Chuva

Série: 02954031 (Importado, Bruto, 01/1983 - 06/2009)

Vazões Médias Mensais - PCH Igrejinha - AD 890,36 km <sup>2</sup>													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1983		218,10	259,30	261,50	282,50	73,70	240,50	66,90	97,90	163,90	62,10	131,60	
1984	231,60	108,50	51,60	248,90	370,40	310,10	240,10	80,30	274,00	174,10	99,00	165,80	2354,40
1985	49,00	198,90	219,80	227,60	220,90	95,50	259,30	157,60	273,70	42,00	16,90	55,10	1816,30
1986	84,40	167,30	239,40	277,20	276,60	173,80	125,20	153,40	183,60	131,70	390,60	41,90	2245,10
1987	117,80	201,10	126,70	273,80	147,60	141,80	491,50	180,00	149,20	133,70	129,50	40,50	2133,20
1988	286,00	87,20	47,70	182,70	125,60	96,50	63,00	39,30	333,80	104,00	133,20	29,00	1528,00
1989	205,20	8,00	139,30	196,60	5,50	63,40	117,60	150,30	292,60	121,00	124,80	95,20	1519,50
1990	115,40	94,60	193,80	284,70	201,10	135,10	63,60	24,00	284,20	212,10	253,60	118,60	1980,80
1991	84,00	83,60	89,00	217,00	101,70	222,00	119,00	67,00	58,50	73,50	60,00	261,80	1437,10
1992	65,10	228,60	194,00	224,70	169,00	111,30	98,00	66,40	86,00	271,90	109,90	79,10	1704,00
1993	358,30	98,60	211,30	57,60	221,60	206,40	215,00	9,20	55,00	268,40	298,20	132,40	2132,00
1994	87,40	425,40	54,80	204,30	153,60	124,80	339,30	138,90	162,60	249,50	161,40	46,40	2148,40
1995	174,10	185,30	244,90	23,00	95,20	138,80	189,20	188,20	164,50	119,90	12,10	27,20	1562,40
1996	319,00	230,10	93,50	233,40	24,70	147,30	58,70	162,40	82,00	125,80	77,60	132,40	1686,90
1997	180,40	201,50	43,20	89,70	109,00	129,00	76,50	120,00	87,40	555,00	215,30	305,10	2112,10
1998	224,20	196,70	225,70	439,20	94,00	80,20	125,50	268,60	217,70	137,90	97,60	42,60	2149,90
1999	73,90	165,40	69,60	240,00	218,00	79,50	156,80	33,20	180,30	131,40	84,20	75,90	1508,20
2000	134,00	78,90	308,40	121,70	140,80	252,10	63,50	56,00	209,60	201,70	118,10	220,80	1905,60
2001	273,70	313,40	191,70	235,30	30,00	147,30	199,30	84,10	200,90	134,10	125,80	40,40	1976,00
2002	66,80	125,20	232,30	245,50	220,30	142,70	317,00	232,30	224,20	513,90	149,70	286,90	2756,80
2003	133,80	184,40	175,00	231,60	93,40	228,30	64,20	72,90	89,00	225,80	199,50	319,70	2017,60
2004	62,30	76,20	4,00	128,70	52,90	86,60	74,60	60,20	92,10	205,60	78,50	58,80	980,50
2005	83,50	69,10	80,30	359,20	291,10	237,30	43,20	134,80	183,60	360,10	99,00	109,40	2050,60
2006	90,70	40,30	165,00	72,30		150,90	71,40	75,40	186,90	253,00	182,40	128,50	
2007	187,50	163,90	146,70	148,50	140,50	55,10	84,40	56,30				115,00	
2008	74,80	127,60	35,80	194,80	98,60	176,90	123,90	115,60	96,70	332,90	57,30	76,00	1510,90
2009	141,70	239,20	46,20	10,30	159,80	118,50							
<b>MD</b>	<b>150,20</b>	<b>159,90</b>	<b>144,00</b>	<b>201,10</b>	<b>155,60</b>	<b>145,40</b>	<b>154,60</b>	<b>107,40</b>	<b>170,60</b>	<b>209,70</b>	<b>133,50</b>	<b>120,60</b>	<b>1879,00</b>

Tabela 7 – Dados de chuva da estação Esquina dos Lima. (Fonte – ANA)



PRECIPITAÇÕES TOTAIS MENSAIS														
POSTO	Cores	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL
2953030		139,10	137,70	123,60	166,60	144,20	160,60	168,40	132,80	165,60	199,60	155,90	114,80	1.873,70
2954031		150,20	159,90	144,00	201,10	155,60	145,40	154,60	107,40	170,60	209,70	133,50	120,60	1.879,00
Média mensal		144,65	148,80	133,80	183,85	149,90	153,00	151,50	120,10	168,05	204,60	144,70	117,70	1.876,35

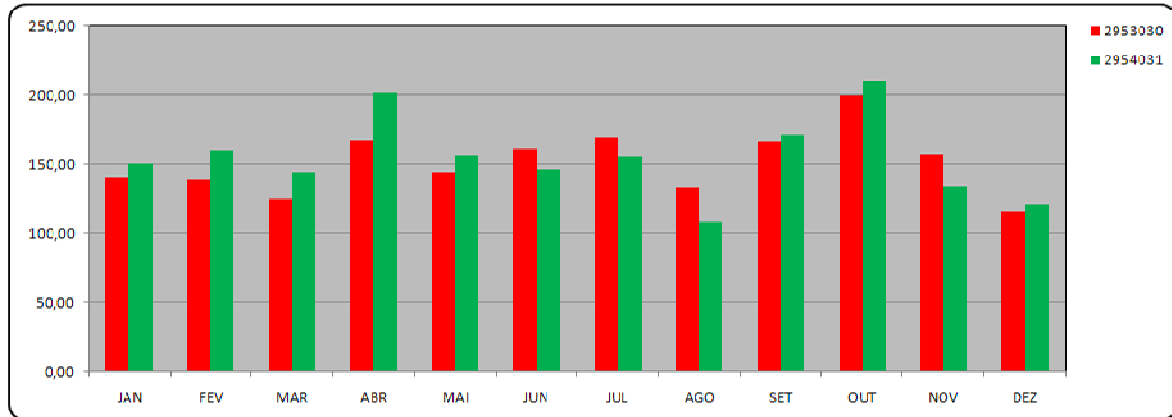


Tabela 8 – Comparativo das médias mensais das estações selecionadas. (Fonte: O autor 2011).

Analisando as médias podemos concluir que o **posto 02953030**, é o mais representativo para o estudo pluviométrico em questão, por ser um posto localizado no Rio Ijuizinho e também por apresentar uma boa série histórica (1976 – 2009), e apresenta uma precipitação média anual de 1.873,70 mm, considerando também a média dos demais postos, chegamos a valores semelhantes isto é, média anual dos dois postos é igual a 1.876,35 mm. Os demais postos, inclusive o posto 02954014 foram desconsiderados por apresentarem uma pequena serie histórica e também porque a série apresentou valores que divergem dos demais.

## 5.2. BASE DE DADOS FLUVIOMÉTRICOS

Os estudos hidrológicos foram desenvolvidos com base nas informações colhidas de várias fontes, sendo as entidades identificadas a seguir:

- ANEEL – Inventários das estações fluviométricas;
- ANA - Agência Nacional de Águas.

Após consulta aos postos constantes do boletim fluviométrico da ANEEL, foram selecionados inicialmente duas estações fluviométricas com base em critérios de:

- Proximidade;

- Área de Drenagem;
- Período disponível;
- Disponibilidade dos dados;
- Qualidade dos dados;

### COLÔNIA MOUSQUER (75295000)

Dados da Estação	
Código	75295000
Nome	COLÔNIA MOUSQUER
Código Adicional	-
Bacia	RIO URUGUAI (7)
Sub-bacia	RIOS URUGUAI,IJUÍ E OUTROS (75)
Rio	RIO IJUIZINHO
Estado	RIO GRANDE DO SUL
Município	SANTO ANGELO
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-28:23:21
Longitude	-54:19:55
Altitude (m)	200
Área de Drenagem (km2)	2131

Tabela 9 – Dados estação Colonia Mousquer. (Fonte – ANA)

### PASSO FAXINAL (75155000)

Dados da Estação	
Código	75155000
Nome	PASSO FAXINAL
Código Adicional	-
Bacia	RIO URUGUAI (7)
Sub-bacia	RIOS URUGUAI,IJUÍ E OUTROS (75)
Rio	RIO IJUÍ
Estado	RIO GRANDE DO SUL
Município	IJUÍ
Responsável	ANA
Operadora	CPRM
Latitude	-28:17:21
Longitude	-53:46:48
Altitude (m)	200
Área de Drenagem (km2)	2003

Tabela 10 – Dados estação Passo Faxinal. (Fonte – ANA)

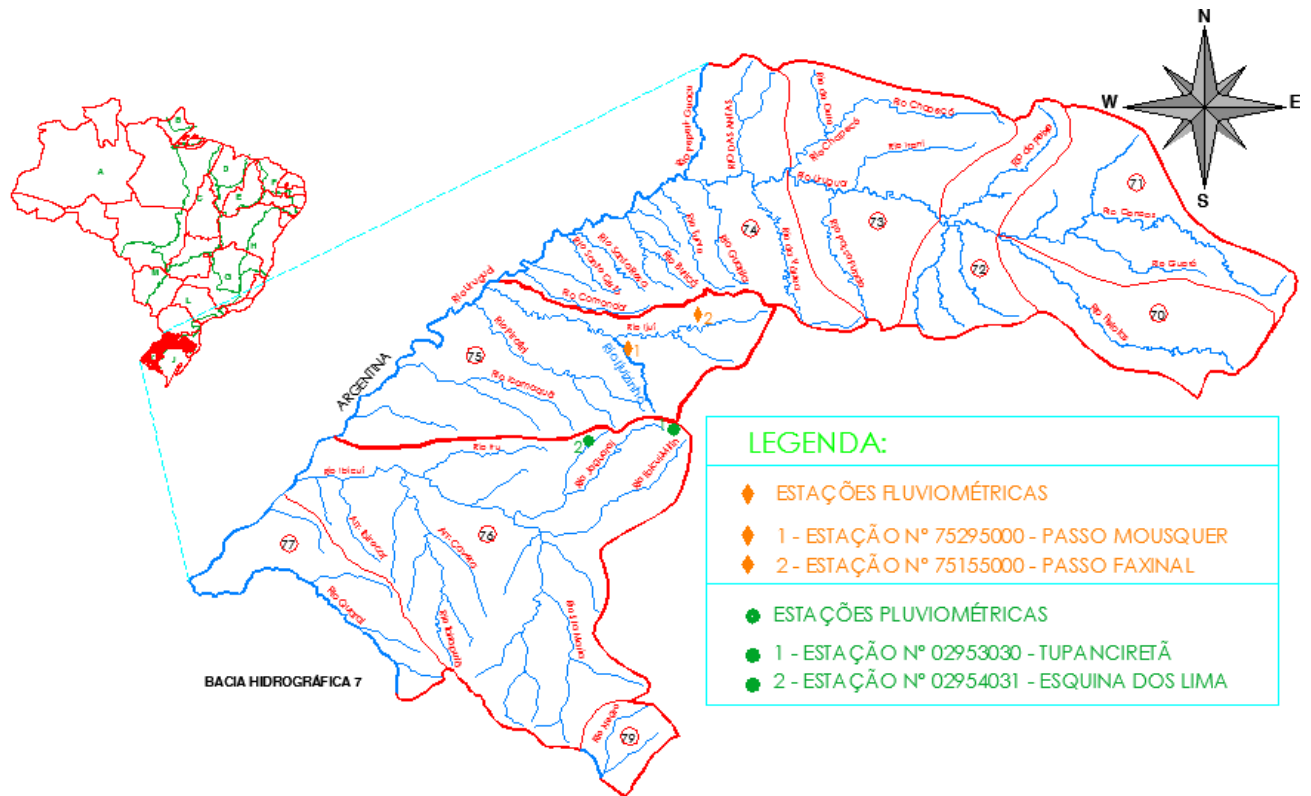


Figura 12 – Localização das estações pluviométricas e fluviométricas (Fonte: O autor 2011).

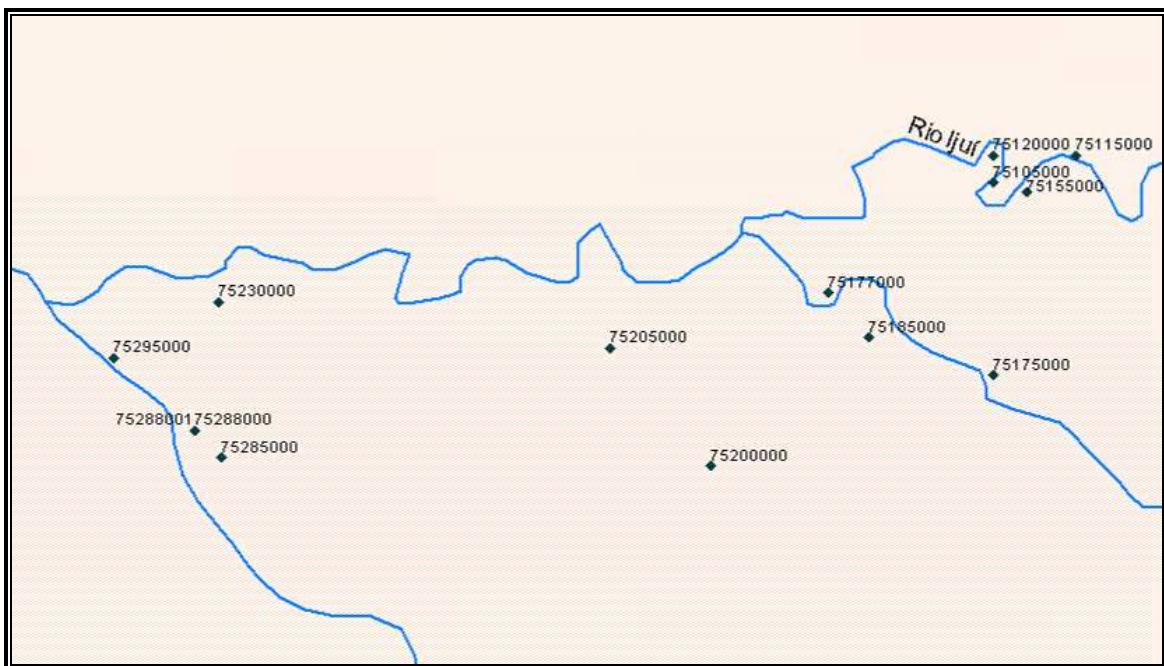


Figura 13 – Localização estações fluviométricas nas proximidades do rio Ijuí (Fonte – ANA)

Conforme já citado, a área de drenagem do eixo envolvido neste estudo foi replanimetrada dos mapas do serviço geográfico do exército/IBGE, não se encontrando nenhuma discrepância significativa dos valores citados pelas entidades, sendo o valor descrito abaixo:

<b>Nome do Aproveitamento</b>	<b>AD (área de drenagem)</b>	<b>Km (dist. da foz)</b>
PCH Igrejinha	890,36 km <sup>2</sup>	172,5 km

### 5.3. ESTUDOS DE CONSISTÊNCIA DOS DADOS FLUVIOMÉTRICOS USADOS

O estudo de consistência visou principalmente detectar erros e falhas de observação na série de vazões médias mensais da estação fluviométrica Colônia Mousquer (75295000), que é a estação básica utilizada para a determinação da série de vazões média mensais para o local da PCH.

A estação Colônia Mousquer se localizada no próprio rio Ijuizinho e tem leituras continuadas.

A estação Passo Faxinal foi utilizada para a complementação da série através do estudo de correlação entre os postos.

Tendo em vista que a PCH Igrejinha está localizada no mesmo rio do posto Colônia Mousquer, e também apresentando uma excelente relação entre as áreas de drenagem do local do aproveitamento e a Estação, da ordem de  $2,3934 = 2.131/890,36 \text{ km}^2$ , foram adotados os dados desta estação como referência para os estudos hidrológicos e energéticos do aproveitamento em apreço.

Não foram detectados erros significativos nos dados disponíveis, erros estes que podem ser em função das imperfeições das medidas causadas tanto por falhas nos equipamentos como por negligência do observador.

### 5.4. GERAÇÃO DA SÉRIE DE DESCARGAS FLUVIOMÉTRICAS

Para finalidade de análise energética do estudo de projeto básico da PCH Igrejinha, buscou-se obter a série de vazões médias mensais no período disponível dos postos envolvidos. A partir da série gerada para o posto base calculou-se em planilha “Excel” a série no local do eixo de interesse. Como já citado anteriormente, no rio Ijuizinho, onde estão sendo desenvolvidos os estudos, existe um posto denominado de Colônia Mousquer cód.

75295000, com área de drenagem de 2.131 km<sup>2</sup>, série de observação de 1974 a 2005 (dados formados) e de 2006 a 2009 (dados brutos), conforme fornecido pela ANA. Devido ao fato deste posto estar localizado na mesma calha do rio onde está sendo desenvolvido o estudo, achou-se por bem adotar tal posto como posto base para os estudos.

A análise será realizada da seguinte maneira:

- Comparação dos fluviogramas para o mesmo período entre a estação analisada e a estação base;
- Estudos de correlação entre a estação analisada e a estação base;
- Preenchimento das falhas de observação;

### 5.5. VAZÕES MÉDIAS MENSAIS DO POSTO COLÔNIA MOUSQUER

Série de vazões médias mensais baixadas do site da ANA/ANEEL (<http://hidroweb.ana.gov.br>) – Sistema de Informações Hidrológicas v. 1.0.9 – ANA gerando a série consistida abaixo:

Série de Vazões Médias Mensais: 75295000 (Consistido, Média Diária, 11/1974 - 12/2005):

POSTO COLÔNIA MOUSQUER ( CÓD.: 75295000 )  
MÉDIAS MENSAIS DE VAZÕES  
SÉRIE: 75295000 ( IMPORTADO, CONSISTIDO, MÉDIA DIÁRIA, 11/1974 - 12/2005 )

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1974													78,9
1975	42,9	17,6	35,1	29,1	38,0	91,1	50,9	84,1	169,0	58,3	79,5	38,9	61,2
1976	63,9	53,9	51,7	41,1	38,3	35,5	46,1	83,2	53,3	27,0	38,8	25,8	46,6
1977	70,7	40,8	23,1	25,5	22,9	49,9	109,0	127,0	84,0	29,3	50,8	33,2	55,5
1978	13,9	9,39	9,1	5,83	3,8	9,2	48,5	41,6	32,2	13,2	130,0	23,9	28,4
1979	7,72	12,6	10,1	38,5	43,2	28,2	56,8	70,3	91,2	290,0	101,0	108,0	71,5
1980	31,7	11,1	12,8	30,6	57,6	27,7	31,3	75,8	37,8	107,0	116,0	72,2	51,0
1981	45,3	56,6	18,4	12,7	8,63	17,7	10,5	6,45	62,5	23,3	22,9	24,5	25,8
1982	9,27	11,9	9,77	6,7	13,5	96,8	111,0	201,0	165,0	148,0	310,0	56,6	95,0
1983	33,6	110,0	106,0	159,0	335,0	170,0	306,0	152,0	58,4	88,3	89,9	22,4	135,9
1984	55,0	72,4	21,4	52,9	167,0	196,0	160,0	118,0	120,0	93,9	53,5	24,5	94,6
1985	16,8	33,6	39,6	134,0	149,0	85,9	126,0	213,0	145,0	46,1	21,5	12,6	85,3
1986	9,79	16,0	44,2	154,0	83,1	136,0	133,0	122,0	63,9	62,5	292,0	124,0	103,4
1987	65,3	66,0	33,9	219,0	132,0	102,0	233,0	143,0	92,2	74,9	79,9	23,6	105,4
1988	20,8	28,5	10,2	31,1	32,9	35,5	24,8	16,4	182,0	67,3	47,0	20,8	43,1
1989	41,3	38,8	17,9	26,8	17,2	16,0	86,5	47,8	245,0	82,6	36,1	19,6	56,3
1990	29,2	16,3	22,7	94,5	61,8	194,0	78,8	30,9	135,0	178,0	111,0	46,6	83,2
1991	19,2	13,8	11,0	15,2	14,4	75,4	38,2	88,7	26,7	22,9	12,3	29,7	30,6
1992	20,0	40,4	44,7	61,7	161,0	109,0	65,8	69,9	88,0	80,8	57,0	30,1	69,0
1993	41,5	20,5	66,5	20,7	66,6	99,1	83,6	38,8	25,3	58,2	101,0	141,0	63,6
1994	34,4	121,0	52,4	68,8	61,9	129,0	202,0	79,2	85,9	82,9	95,6	47,8	88,4
1995	52,3	30,2	45,1	18,3	14,6	22,5	58,5	47,0	36,7	66,9	19,7	11,2	35,3
1996	27,9	108,0	35,9	88,5	23,7	56,2	58,6	68,7	53,0	67,4	43,2	27,2	54,9
1997	15,1	24,6	13,3	9,54	14,0	39,2	28,0	59,7	33,0	392,0	295,0	120,0	87,0
1998	135,0	174,0	91,1	156,0	134,0	69,3	78,6						
1999	20,0	19,0	11,7	58,7	53,1	93,1		53,7	85,2	115,0	62,5	22,9	
2000	16,8	12,4	30,9	55,2	42,5	103,0	83,6	46,1	37,9	137,0	60,2	39,3	55,4
2001	128,0	76,7	47,7	69,2	107,0	56,2	81,4	34,2	41,7	97,1	36,6	26,0	66,8
2002	16,5	17,4	18,0	42,0	89,2	108,0	134,0	173,0	181,0	370,0	168,0	204,0	126,8
2003	90,9	47,9	50,1	38,3	79,1	42,9	64,5	29,1	39,1	67,3	82,0	195,0	68,9
2004	57,7	27,7	14,6	19,6	22,4	26,1	45,5	24,9	32,4	24,7	64,9	27,0	32,3
2005	15,4	9,77	7,89	35,3	144,0	220,0	69,2	51,4	68,0	226,0	57,7	33,9	78,2
MÉDIA	40,3	43,2	32,5	58,7	72,0	82,0	90,1	79,9	85,7	107	91,2	55,2	68,9

Tabela 11 – Dados estação Colônia Mousquer. (Fonte – ANA)

Foram identificadas falhas de observação no Posto Colônia Mousquer conforme destacados acima nas seguintes datas: agosto a dezembro/1998 e julho/1999; a partir de dezembro/2005 a ANA confirmou a não disponibilidade de dados consistidos, desta forma, optou-se por usar os dados brutos disponíveis. Sendo assim, segue série disponibilizada no site da ANA:

**MÉDIAS MENSIS DE VAZÕES**

SÉRIE: 75295000 ( IMPORTADO, BRUTO, MÉDIA DIÁRIA, 01/2006 - 12/2009 )

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
2006	18,7	12,5	21,4	19,3	13,0	47,5	45,2	31,0	39,5	54,9	89,7	42,9	36,3
2007	28,8	23,1	19,4	31,0	49,2	26,5	71,0				90,0	33,6	
2008	25,0	17,7	24,6	15,4	23,5	58,0	42,5	60,8	38,7	147,0	85,1	30,4	47,4
2009	29,8	19,1	13,0	8,56	11,1	16,4	32,2	117,0	156,0		217,0	181,0	
	25,6	18,1	19,6	18,6	24,2	37,1	47,7	69,6	78,1	101,0	120,5	72,0	41,8

Tabela 12 – Dados estação Colônia Mousquer. (Fonte – ANA)

Para preenchimento destas falhas de observação, foram consultados outros postos próximos e com características semelhantes na região sendo encontrado apenas o Posto Passo Faxinal (75155000), com dados disponíveis nos períodos de interesse e consistentes.

#### 5.6. VAZÕES MÉDIAS DO POSTO PASSO FAXINAL

Série de vazões médias mensais baixadas do site da ANA/ANEEL (<http://hidroweb.ana.gov.br>) – Sistema de Informações Hidrológicas v. 1.0.9 – ANA gerando a série consistida abaixo:



A partir de dezembro/2005 a ANA confirmou a não disponibilidade de dados consistidos para o Posto 75155000, desta forma, segue série com dados brutos disponíveis.

Médias Mensais de Vazões

MÉDIAS MENSIS DE VAZÕES

SÉRIE: 75155000 ( IMPORTADO, BRUTO, MÉDIA DIÁRIA, 01/2006 - 12/2009 )

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
2006	29,9	17,0	16,5	19,7	12,2	23,1	34,5	41,5	34,8	38,0	78,5	60,0	33,8
2007													
2008													
2009									141,0		142,0	134,0	
	29,9	17,0	16,5	19,7	12,2	23,1	34,5	41,5	87,9	38,0	110,3	97,0	33,8

Tabela 14 – Dados estação Passo Faxinal. (Fonte – ANA)

## 5.7. ESTUDO DE CORRELAÇÃO ENTRE POSTOS

A série de vazão média mensal é um dos principais elementos de cálculo de geração de energia. Em um primeiro passo foram atualizados os dados de vazões médias mensais nos postos pré-selecionados para o período disponível. Nos períodos descobertos por esta hipótese os dados no eixo de interesse foram determinados por estabelecimento de equação de correlação com os postos vizinhos.

Para finalidade de análise energética do Projeto Básico buscou-se obter a série de vazões médias mensais no período disponível dos postos envolvidos. A partir da série básica do posto existente no próprio rio Ijuizinho complementada, calculou-se em planilha Excel a série das vazões médias mensais no eixo de interesse.

Relação entre as áreas de drenagem dos postos considerados:

- Posto Colônia Mousquer / Posto Passo Faxinal =  $2.131 / 2003 = 1,0639$
- Posto Colônia Mousquer / PCH Igrejinha =  $2.131 / 890,36 \text{ km}^2 = 2,3934$

Foram então geradas as vazões médias mensais específicas a partir da série de vazões médias mensais dos postos baixados do site e sistema de banco de dados da ANA/ANEEL, conforme segue.



POSTO COLÔNIA MOUSQUER ( CÓD.: 75295000 )

SÉRIE DE VAZÕES ESPECÍFICAS (l/s/km<sup>2</sup>)ÁREA DE DRENAGEM ( AD) = 2131 km<sup>2</sup>

ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
<b>1974</b>												<b>37,02</b>	<b>37,0</b>
1975	20,13	8,26	16,47	13,66	17,83	42,75	23,89	39,47	79,31	27,36	37,31	18,25	28,7
1976	29,99	25,29	24,26	19,29	17,97	16,66	21,63	39,04	25,01	12,67	18,21	12,11	21,8
1977	33,18	19,15	10,84	11,97	10,75	23,42	51,15	59,60	39,42	13,75	23,84	15,58	26,1
1978	6,52	4,41	4,27	2,74	1,80	4,33	22,76	19,52	15,11	6,19	61,00	11,22	13,3
1979	3,62	5,91	4,74	18,07	20,27	13,23	26,65	32,99	42,80	136,09	47,40	50,68	33,5
1980	14,88	5,21	6,01	14,36	27,03	13,00	14,69	35,57	17,74	50,21	54,43	33,88	23,9
1981	21,26	26,56	8,63	5,96	4,05	8,31	4,93	3,03	29,33	10,93	10,75	11,50	12,1
1982	4,35	5,58	4,58	3,13	6,34	45,42	52,09	94,32	77,43	69,45	145,47	26,56	44,6
1983	15,77	51,62	49,74	74,61	157,20	79,77	143,59	71,33	27,40	41,44	42,19	10,51	63,8
1984	25,81	33,97	10,04	24,82	78,37	91,98	75,08	55,37	56,31	44,06	25,11	11,50	44,4
1985	7,88	15,77	18,58	62,88	69,92	40,31	59,13	99,95	68,04	21,63	10,09	5,91	40,0
1986	4,59	7,51	20,74	72,27	39,00	63,82	62,41	57,25	29,99	29,33	137,02	58,19	48,5
1987	30,64	30,97	15,91	102,77	61,94	47,86	109,34	67,10	43,27	35,15	37,49	11,07	49,5
1988	9,76	13,37	4,79	14,59	15,44	16,66	11,64	7,70	85,41	31,58	22,06	9,76	20,2
1989	19,38	18,21	8,40	12,58	8,07	7,51	40,59	22,43	114,97	38,76	16,94	9,20	26,4
1990	13,70	7,65	10,65	44,35	29,00	91,04	36,98	14,50	63,35	83,53	52,09	21,87	39,1
1991	9,01	6,48	5,16	7,13	6,76	35,38	17,93	41,62	12,53	10,75	5,77	13,94	14,4
1992	9,39	18,96	20,98	28,95	75,55	51,15	30,88	32,80	41,30	37,92	26,75	14,12	32,4
1993	19,47	9,62	31,21	9,71	31,25	46,50	39,23	18,21	11,87	27,31	47,40	66,17	29,8
1994	16,14	56,78	24,59	32,29	29,05	60,53	94,79	37,17	40,31	38,90	44,86	22,43	41,5
1995	24,54	14,17	21,16	8,59	6,85	10,56	27,45	22,06	17,22	31,39	9,24	5,26	16,5
1996	13,09	50,68	16,85	41,53	11,12	26,37	27,50	32,24	24,87	31,63	20,27	12,76	25,7
1997	7,09	11,54	6,24	4,48	6,57	18,40	13,14	28,02	15,49	183,95	138,43	56,31	40,8
1998	63,35	81,65	42,75	73,21	62,88	32,52	36,88						56,2
1999	9,39	8,92	5,49	27,55	24,92	43,69		25,20	39,98	53,97	29,33	10,75	25,4
2000	7,88	5,82	14,50	25,90	19,94	48,33	39,23	21,63	17,79	64,29	28,25	18,44	26,0
2001	60,07	35,99	22,38	32,47	50,21	26,37	38,20	16,05	19,57	45,57	17,18	12,20	31,4
2002	7,74	8,17	8,45	19,71	41,86	50,68	62,88	81,18	84,94	173,63	78,84	95,73	59,5
2003	42,66	22,48	23,51	17,97	37,12	20,13	30,27	13,66	18,35	31,58	38,48	91,51	32,3
2004	27,08	13,00	6,85	9,20	10,51	12,25	21,35	11,68	15,20	11,59	30,46	12,67	15,2
<b>2005</b>	<b>7,23</b>	<b>4,58</b>	<b>3,70</b>	<b>16,56</b>	<b>67,57</b>	<b>103,24</b>	<b>32,47</b>	<b>24,12</b>	<b>31,91</b>	<b>106,05</b>	<b>27,08</b>	<b>15,91</b>	<b>36,7</b>
2006	8,78	5,87	10,04	9,06	6,10	22,29	21,21	14,55	18,54	25,76	42,09	20,13	17,0
2007	13,51	10,84	9,10	14,55	23,09	12,44	33,32				42,23	15,77	19,4
2008	11,73	8,31	11,54	7,23	11,03	27,22	19,94	28,53	18,16	68,98	39,93	14,27	22,2
2009	13,98	8,96	6,10	4,02	5,21	7,70	15,11	54,90	73,21		101,83	84,94	34,2
<b>MÉDIA</b>	<b>18,1</b>	<b>18,92</b>	<b>14,55</b>	<b>25,37</b>	<b>31,22</b>	<b>36,05</b>	<b>39,95</b>	<b>37,05</b>	<b>39,88</b>	<b>49,86</b>	<b>44,41</b>	<b>26,80</b>	<b>31,79</b>

Tabela 15 – Dados vazão específica Colonia Mousquer (Fonte: O autor 2011).



Posto Colônia Mousquer e Posto Passo Faxinal – dezembro/1974 a dezembro/2005.

Resultando desta comparação o estabelecimento das equações de correlação entre os postos, permitindo o preenchimento das falhas de observação.

Para a geração da equação de correlação foram tomados os períodos comuns dos postos Colônia Mousquer e Passo Faxinal, sendo consideradas as vazões médias mensais específicas.

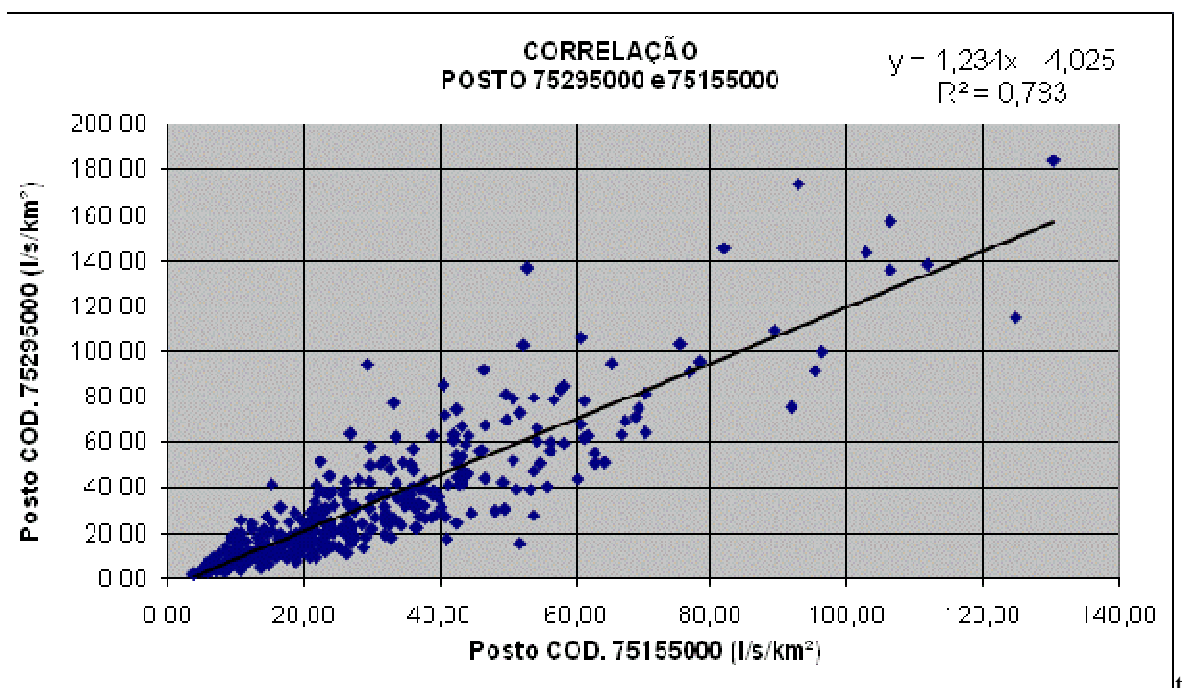


Gráfico 2- Correlação entre as estações estudadas (Fonte: O autor 2011).

#### 5.8. SÉRIE POSTO BASE COLÔNIA MOUSQUER PREENCHIDA POR CORRELAÇÃO

Para o preenchimento das falhas de observação foi aplicada a fórmula de correlação do item anterior nas vazões médias mensais específicas (l/s/km<sup>2</sup>) e transformando em vazões médias mensais (m<sup>3</sup>/s), sendo assim gerada a série para o Posto Base Colônia Mousquer devidamente preenchida.

Vazões Médias Mensais - Posto Colonia Mouquer - CÓD 75295000 - AD 2131 km <sup>2</sup>													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1974	94,74	38,16	22,67	10,33	29,63	91,46	37,77	32,65	28,05	9,67	13,35	78,90	40,61
1975	42,90	17,60	35,10	29,10	38,00	91,10	50,90	84,10	169,00	58,30	79,50	38,90	61,21
1976	63,90	53,90	51,70	41,10	38,30	35,50	46,10	83,20	53,30	27,00	38,80	25,80	46,55
1977	70,70	40,80	23,10	25,50	22,90	49,90	109,00	127,00	84,00	29,30	50,80	33,20	55,52
1978	13,90	9,39	9,11	5,83	3,83	9,23	48,50	41,60	32,20	13,20	130,00	23,90	28,39
1979	7,72	12,60	10,10	38,50	43,20	28,20	56,80	70,30	91,20	290,00	101,00	108,00	71,47
1980	31,70	11,10	12,80	30,60	57,60	27,70	31,30	75,80	37,80	107,00	116,00	72,20	50,97
1981	45,30	56,60	18,40	12,70	8,63	17,70	10,50	6,45	62,50	23,30	22,90	24,50	25,79
1982	9,27	11,90	9,77	6,66	13,50	96,80	111,00	201,00	165,00	148,00	310,00	56,60	94,96
1983	33,60	110,00	106,00	159,00	335,00	170,00	306,00	152,00	58,40	88,30	89,90	22,40	135,88
1984	55,00	72,40	21,40	52,90	167,00	196,00	160,00	118,00	120,00	93,90	53,50	24,50	94,55
1985	16,80	33,60	39,60	134,00	149,00	85,90	126,00	213,00	145,00	46,10	21,50	12,60	85,26
1986	9,79	16,00	44,20	154,00	83,10	136,00	133,00	122,00	63,90	62,50	292,00	124,00	103,37
1987	65,30	66,00	33,90	219,00	132,00	102,00	233,00	143,00	92,20	74,90	79,90	23,60	105,40
1988	20,80	28,50	10,20	31,10	32,90	35,50	24,80	16,40	182,00	67,30	47,00	20,80	43,11
1989	41,30	38,80	17,90	26,80	17,20	16,00	86,50	47,80	245,00	82,60	36,10	19,60	56,30
1990	29,20	16,30	22,70	94,50	61,80	194,00	78,80	30,90	135,00	178,00	111,00	46,60	83,23
1991	19,20	13,80	11,00	15,20	14,40	75,40	38,20	88,70	26,70	22,90	12,30	29,70	30,63
1992	20,00	40,40	44,70	61,70	161,00	109,00	65,80	69,90	88,00	80,80	57,00	30,10	69,03
1993	41,50	20,50	66,50	20,70	66,60	99,10	83,60	38,80	25,30	58,20	101,00	141,00	63,57
1994	34,40	121,00	52,40	68,80	61,90	129,00	202,00	79,20	85,90	82,90	95,60	47,80	88,41
1995	52,30	30,20	45,10	18,30	14,60	22,50	58,50	47,00	36,70	66,90	19,70	11,20	35,25
1996	27,90	108,00	35,90	88,50	23,70	56,20	58,60	68,70	53,00	67,40	43,20	27,20	54,86
1997	15,10	24,60	13,30	9,54	14,00	39,20	28,00	59,70	33,00	392,00	295,00	120,00	86,95
1998	135,00	174,00	91,10	156,00	134,00	69,30	78,60	167,35	125,33	98,42	42,10	35,14	108,86
1999	20,00	19,00	11,70	58,70	53,10	93,10	87,26	53,70	85,20	115,00	62,50	22,90	56,85
2000	16,80	12,40	30,90	55,20	42,50	103,00	83,60	46,10	37,90	137,00	60,20	39,30	55,41
2001	128,00	76,70	47,70	69,20	107,00	56,20	81,40	34,20	41,70	97,10	36,60	26,00	66,82
2002	16,50	17,40	18,00	42,00	89,20	108,00	134,00	173,00	181,00	370,00	168,00	204,00	126,76
2003	90,90	47,90	50,10	38,30	79,10	42,90	64,50	29,10	39,10	67,30	82,00	195,00	68,85
2004	57,70	27,70	14,60	19,60	22,40	26,10	45,50	24,90	32,40	24,70	64,90	27,00	32,29
2005	15,40	9,77	7,89	35,30	144,00	220,00	69,20	51,40	68,00	226,00	57,70	33,90	78,21
2006	18,70	12,50	21,40	19,30	13,00	47,50	45,20	31,00	39,50	54,90	89,70	42,90	36,30
2007	28,80	23,10	19,40	31,00	49,20	26,50	71,00	80,16	84,51	103,17	90,00	33,60	53,37
2008	25,00	17,70	24,60	15,40	23,50	58,00	42,50	60,80	38,70	147,00	85,10	30,40	47,39
2009	29,80	19,10	13,00	8,56	11,10	16,40	32,20	117,00	156,00	103,17	217,00	181,00	75,36
MD	40,14	40,26	30,78	52,86	65,50	77,23	83,88	80,16	84,51	103,17	90,91	56,51	67,16
MX	135,00	174,00	106,00	219,00	335,00	220,00	306,00	213,00	245,00	392,00	310,00	204,00	392,00
MN	7,72	9,39	7,89	5,83	3,83	9,23	10,50	6,45	25,30	9,67	12,30	11,20	3,83

Tabela 17 – Vazão específica Colônia Mousquer com preenchimento por correlação (Fonte: O autor 2011).

Obs. 1: As falhas de observação dos anos de 1974, 1998 e 1999 foram preenchidas com os valores resultantes da correlação linear entre os postos nos meses correspondentes e estão destacados em **magenta**.

Obs. 2: Os dados em **azul** referentes aos anos de 2007 e 2009, foram preenchidos com a média do mês de referência uma vez que não existe outro posto com correlação e com dados para complementar a série.

MÉDIA MENSAL 67,16 m<sup>3</sup>/s

MÁXIMA MÉDIA MENSAL 392,00 m<sup>3</sup>/s

MÍNIMA MÉDIA MENSAL 3,83 m<sup>3</sup>/s;

## 5.9. SÉRIE GERADA PARA O LOCAL DA PCH IGREJINHA

A série gerada para o local do aproveitamento foi efetuada por transposição dos dados por relação de área de drenagem entre o posto base (Colônia Mousquer) e o local do aproveitamento. Sendo que as falhas preenchidas por correlação linear entre o posto denominado Passo Faxinal, conforme estudo de correlação acima.

Área de drenagem da PCH Igrejinha 890,36 km<sup>2</sup>

A transposição das vazões é feita através de proporcionalidade de áreas das bacias hidrográficas, pela fórmula:

$QU = QP * AU / AP$ , onde QU e QP são as vazões no local da usina e do posto, e AU e AP são as áreas da usina e do posto em estudo.

Vazões Médias Mensais - PCH Igrejinha - AD 890,36 km <sup>2</sup>													
ANO	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA
1974	39,59	15,94	9,47	4,32	12,38	38,21	15,78	13,64	11,72	4,04	5,58	32,97	16,97
1975	17,92	7,35	14,67	12,16	15,88	38,06	21,27	35,14	70,61	24,36	33,22	16,25	25,57
1976	26,70	22,52	21,60	17,17	16,00	14,83	19,26	34,76	22,27	11,28	16,21	10,78	19,45
1977	29,54	17,05	9,65	10,65	9,57	20,85	45,54	53,06	35,10	12,24	21,22	13,87	23,20
1978	5,81	3,92	3,81	2,44	1,60	3,86	20,26	17,38	13,45	5,52	54,32	9,99	11,86
1979	3,23	5,26	4,22	16,09	18,05	11,78	23,73	29,37	38,10	121,17	42,20	45,12	29,86
1980	13,24	4,64	5,35	12,79	24,07	11,57	13,08	31,67	15,79	44,71	48,47	30,17	21,29
1981	18,93	23,65	7,69	5,31	3,61	7,40	4,39	2,69	26,11	9,74	9,57	10,24	10,78
1982	3,87	4,97	4,08	2,78	5,64	40,44	46,38	83,98	68,94	61,84	129,52	23,65	39,67
1983	14,04	45,96	44,29	66,43	139,97	71,03	127,85	63,51	24,40	36,89	37,56	9,36	56,77
1984	22,98	30,25	8,94	22,10	69,77	81,89	66,85	49,30	50,14	39,23	22,35	10,24	39,50
1985	7,02	14,04	16,55	55,99	62,25	35,89	52,64	88,99	60,58	19,26	8,98	5,26	35,62
1986	4,09	6,69	18,47	64,34	34,72	56,82	55,57	50,97	26,70	26,11	122,00	51,81	43,19
1987	27,28	27,58	14,16	91,50	55,15	42,62	97,35	59,75	38,52	31,29	33,38	9,86	44,04
1988	8,69	11,91	4,26	12,99	13,75	14,83	10,36	6,85	76,04	28,12	19,64	8,69	18,01
1989	17,26	16,21	7,48	11,20	7,19	6,69	36,14	19,97	102,36	34,51	15,08	8,19	23,52
1990	12,20	6,81	9,48	39,48	25,82	81,06	32,92	12,91	56,40	74,37	46,38	19,47	34,78
1991	8,02	5,77	4,60	6,35	6,02	31,50	15,96	37,06	11,16	9,57	5,14	12,41	12,80
1992	8,36	16,88	18,68	25,78	67,27	45,54	27,49	29,21	36,77	33,76	23,82	12,58	28,84
1993	17,34	8,57	27,78	8,65	27,83	41,41	34,93	16,21	10,57	24,32	42,20	58,91	26,56
1994	14,37	50,56	21,89	28,75	25,86	53,90	84,40	33,09	35,89	34,64	39,94	19,97	36,94
1995	21,85	12,62	18,84	7,65	6,10	9,40	24,44	19,64	15,33	27,95	8,23	4,68	14,73
1996	11,66	45,12	15,00	36,98	9,90	23,48	24,48	28,70	22,14	28,16	18,05	11,36	22,92
1997	6,31	10,28	5,56	3,99	5,85	16,38	11,70	24,94	13,79	163,78	123,25	50,14	36,33
1998	56,40	72,70	38,06	65,18	55,99	28,95	32,84	69,92	52,37	41,12	17,59	14,68	45,48
1999	8,36	7,94	4,89	24,53	22,19	38,90	36,46	22,44	35,60	48,05	26,11	9,57	23,75
2000	7,02	5,18	12,91	23,06	17,76	43,03	34,93	19,26	15,84	57,24	25,15	16,42	23,15
2001	53,48	32,05	19,93	28,91	44,71	23,48	34,01	14,29	17,42	40,57	15,29	10,86	27,92
2002	6,89	7,27	7,52	17,55	37,27	45,12	55,99	72,28	75,62	154,59	70,19	85,23	52,96
2003	37,98	20,01	20,93	16,00	33,05	17,92	26,95	12,16	16,34	28,12	34,26	81,47	28,77
2004	24,11	11,57	6,10	8,19	9,36	10,90	19,01	10,40	13,54	10,32	27,12	11,28	13,49
2005	6,43	4,08	3,30	14,75	60,17	91,92	28,91	21,48	28,41	94,43	24,11	14,16	32,68
2006	7,81	5,22	8,94	8,06	5,43	19,85	18,89	12,95	16,50	22,94	37,48	17,92	15,17
2007	12,03	9,65	8,11	12,95	20,56	11,07	29,66	33,49	35,31	43,11	37,60	14,04	22,30
2008	10,45	7,40	10,28	6,43	9,82	24,23	17,76	25,40	16,17	61,42	35,56	12,70	19,80
2009	12,45	7,98	5,43	3,58	4,64	6,85	13,45	48,88	65,18	43,11	90,67	75,62	31,49
<b>MD</b>	16,77	16,82	12,86	22,09	27,37	32,27	35,05	33,49	35,31	43,11	37,98	23,61	<b>28,06</b>
<b>MX</b>	56,40	72,70	44,29	91,50	139,97	91,92	127,85	88,99	102,36	163,78	129,52	85,23	<b>163,78</b>
<b>MN</b>	3,23	3,92	3,30	2,44	1,60	3,86	4,39	2,69	10,57	4,04	5,14	4,68	<b>1,60</b>

Tabela 18 – Dados vazão específica na PCH Igrejinha (Fonte: O autor 2011).

MÉDIA MENSAL (longo termo) 28,06 m<sup>3</sup>/s

MÁXIMA MÉDIA MENSAL 163,78 m<sup>3</sup>/s

MÍNIMA MÉDIA MENSAL 1,60 m<sup>3</sup>/s

## 5.10. CURVA DE PERMANÊNCIA DAS VAZÕES MÉDIAS MENSIS

A curva de permanência relaciona a vazão do rio com o tempo em que determinada vazão é igual a um dado valor. Para a elaboração da curva de permanência os dados foram organizados de forma a ficar estabelecida uma frequência relativa acumulada. A partir destes dados é que se estabelece uma probabilidade de ocorrência das vazões. Uma melhor

visualização e interpretação destes dados dão-se através da observação do gráfico em que estão representadas as vazões e as frequências com que ocorrem (a chamada curva de permanência de vazões). A seguir são mostrados tabelas e gráficos representativos da curva de permanência das vazões médias mensais para o local do posto base (Colônia Mousquer), assim como para eixo do aproveitamento.

### 5.11. CURVA DE PERMANÊNCIA LOCAL DO POSTO BASE COLÔNIA MOUSQUER

Área de drenagem = 2.131 km<sup>2</sup>

Cód. 75295000

Q95 % = 11,06 m<sup>3</sup>/s

Q mlt = 67,16 m<sup>3</sup>/s

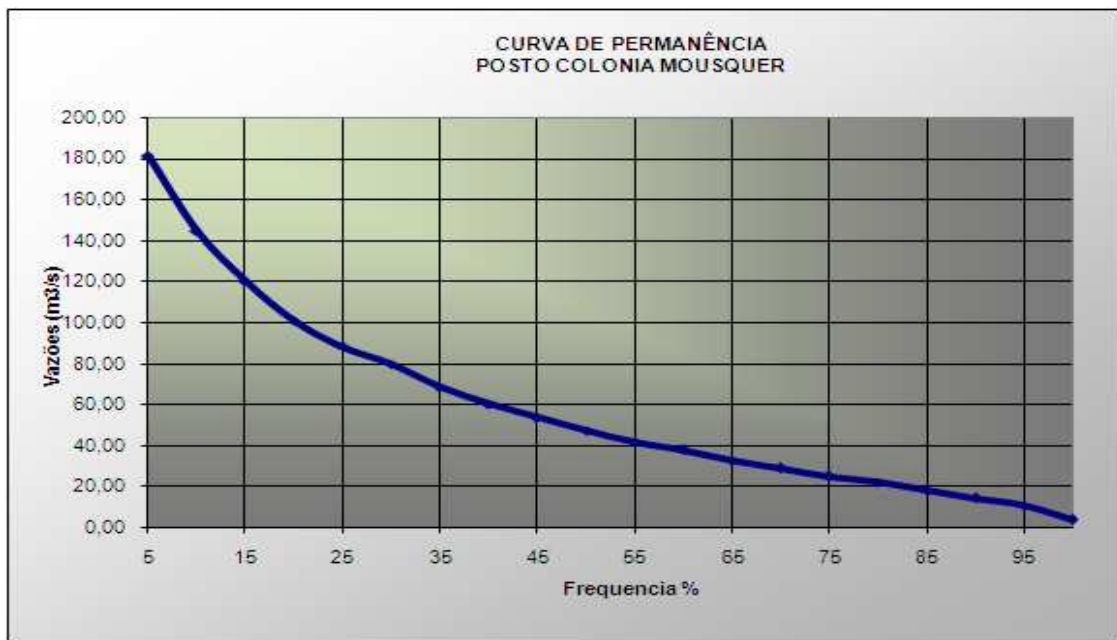


Gráfico 3- Curva de Permanência do Posto Colônia Mousquer (Fonte: O autor 2011).

POSTO Col. MOUSQUER			
Freq %	VAZÃO		
5	181,45	50	47,25
10	144,90	55	41,70
15	120,35	60	38,06
20	101,00	65	32,99
25	88,55	70	29,13
30	80,08	75	24,98
35	68,72	80	22,42
40	60,56	85	18,20
45	53,95	90	14,42
		95	11,06
		100	3,83

Tabela 19 – Tabela Frequencia X Vazão no Posto Colônia Mousquer (Fonte: O autor 2011).

## 5.12. CURVA DE PERMANÊNCIA PCH IGREJINHA

Área de drenagem = 890,36 km<sup>2</sup>

Q95 % = 4,62 m<sup>3</sup>/s

Q mlt = 28,06 m<sup>3</sup>/s

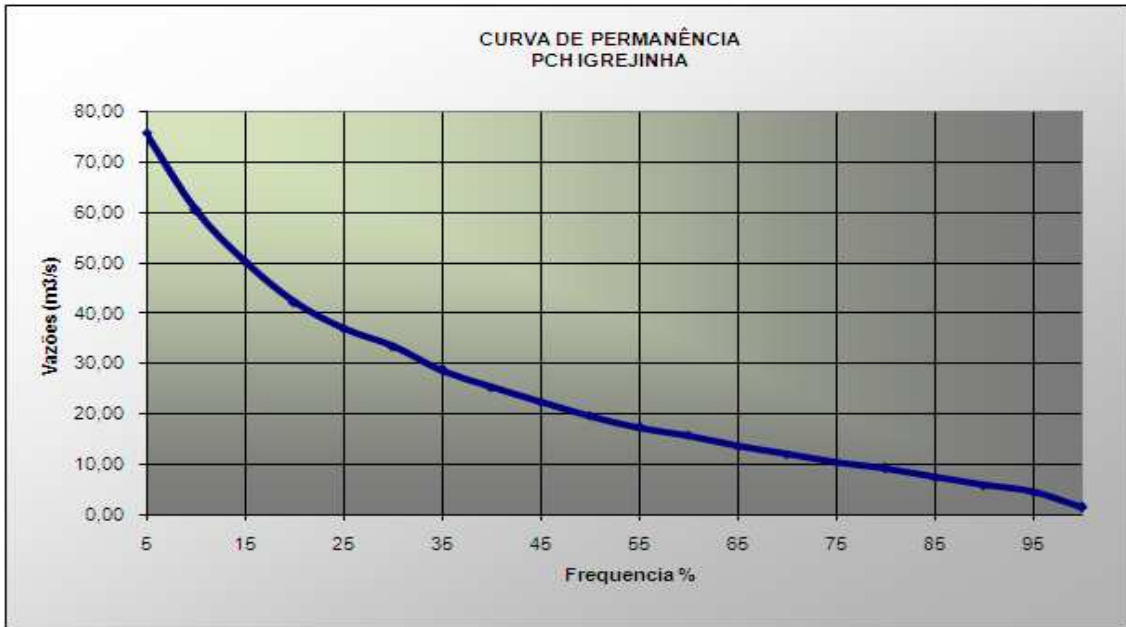


Gráfico 4- Curva de Permanência da PCH Igrejinha (Fonte: O autor 2011).

PCH Igrejinha			
Freq %	VAZÃO		
5	75,81	50	19,74
10	60,54	55	17,42
15	50,28	60	15,90
20	42,20	65	13,78
25	37,00	70	12,17
30	33,46	75	10,43
35	28,71	80	9,37
40	25,30	85	7,60
45	22,54	90	6,02
		95	4,62
		100	1,60

Tabela 20 – Tabela Frequência X Vazão na PCH Igrejinha (Fonte: O autor 2011).

## 5.13. VAZÃO REMANESCENTE

Seguindo critério ultimamente aceito pela FEPAM (órgão ambiental do Rio Grande do Sul), está sendo adotado como vazão mínima remanescente o valor de 2,81 m<sup>3</sup>/s, que corresponde a Vazão de Tennant = 10% da QMLT, ou seja, 10% \* 28,06 m<sup>3</sup>/s = 2,81 m<sup>3</sup>/s, a

jusante do barramento da PCH Igrejinha, visando à proteção dos ecossistemas aquáticos e terrestres a jusante da barragem.

O trecho ensecado do rio Ijuizinho devido à implantação da PCH Igrejinha compreende o segmento do rio que vai do ponto do barramento até a casa de máquinas num total aproximado de 6,50 km. Seguindo no trecho ensecado a jusante da barragem aproximadamente 3,50 km (rio abaixo) há a contribuição de uma sanga sem identificação com uma vazão média de longo termo de  $0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ .

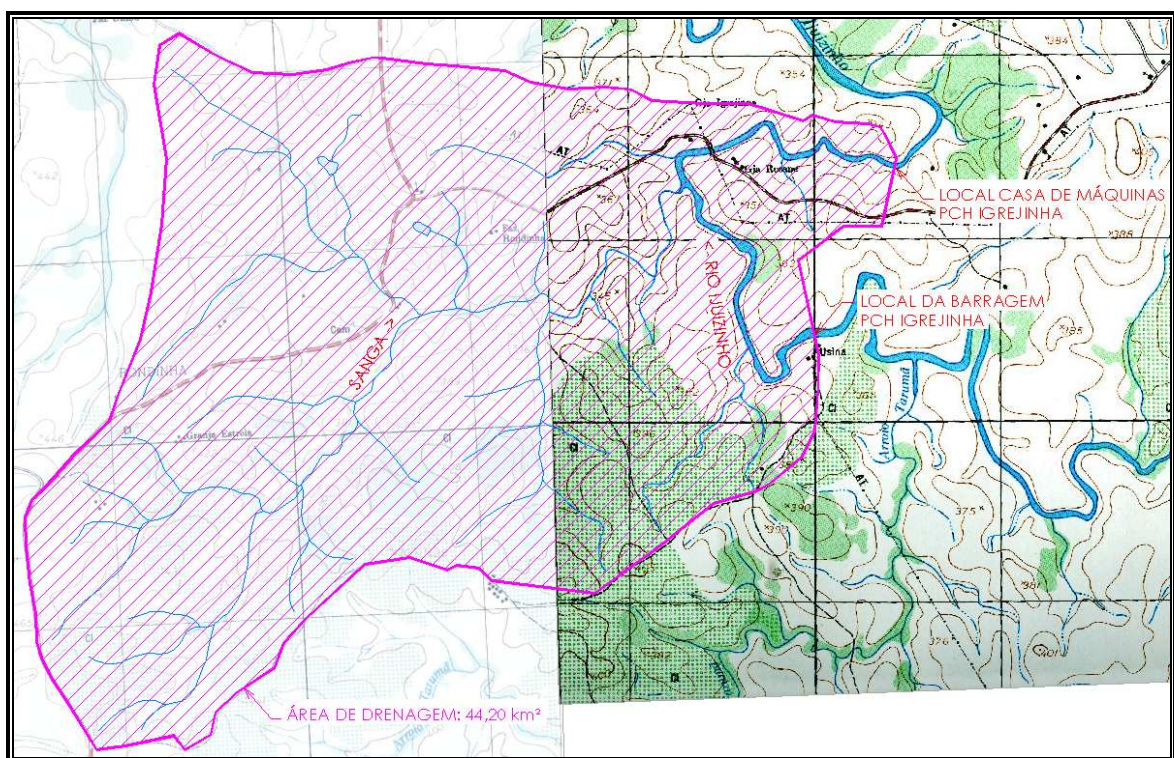


Figura 14: Contribuição de água no trecho entre a barragem e casa de máquinas da PCH Igrejinha (Fonte: O autor 2011).

Sendo assim, a vazão remanescente do rio Ijuizinho no trecho ensecado terá a seguinte distribuição:

- da barragem até a foz da sanga – aproximadamente 3,50 km - será de  $2,81 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- da foz da sanga até a casa de máquinas – aproximadamente 3,00 km - será de  $3,391 \text{ m}^3/\text{s}$  ( $2,81 \text{ m}^3/\text{s} + 0,50 \text{ m}^3/\text{s}$ ).



#### 5.14. CURVA COTA X ÁREA X VOLUME DA PCH IGREJINHA

A curva cota-área-volume do aproveitamento foi levantada a partir de curvas de níveis de metro em metro obtidas por levantamento topográfico. Estas curvas, portanto, exprimem com precisão os dados geométricos do reservatório, úteis nos cálculos energéticos. As figuras na seqüência mostram o cálculo e o gráfico relativos à determinação da curva cota – área – volume para o reservatório considerado.

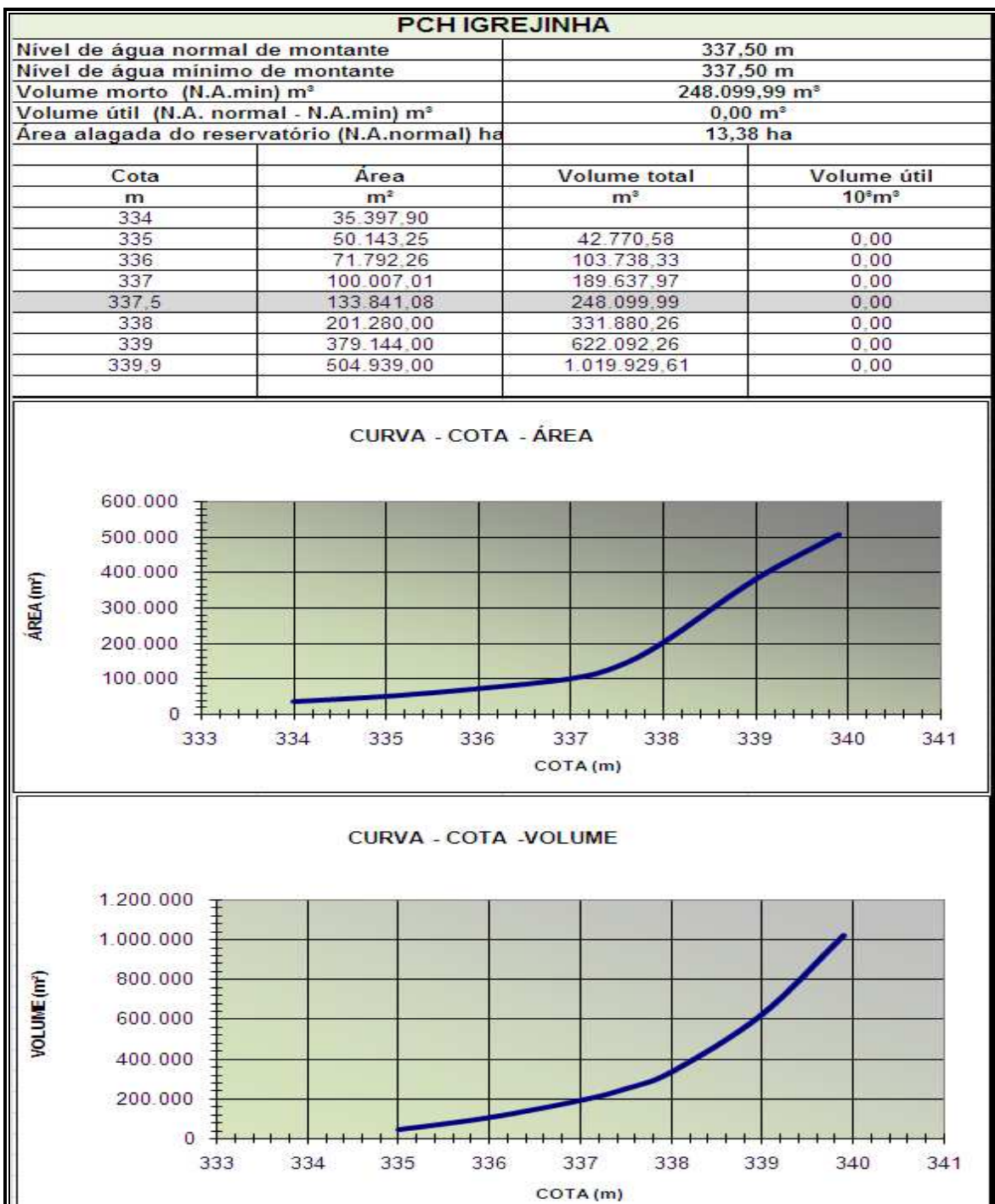


Gráfico 5 - Curva Cota – Área – Volume do reservatório da PCH Igrejinha (Fonte: O autor 2011).

## 6. ESTUDOS ENERGÉTICOS

### 6.1. INTRODUÇÃO

Os estudos energéticos procuram quantificar os benefícios de um aproveitamento, embasados nos estudos hidrológicos descritos acima que fornecem a série cronológica de vazões no local do sítio, objetivando a estatística de geração que irá projetar a operação futura da usina.

Observa-se que as sazonalidades das vazões de um rio não permitem uma avaliação precisa, haja vista que as vazões não se repetem com certa regularidade para o mesmo mês ao longo dos anos.

### 6.2. VAZÃO REGULARIZADA

Não existe nenhuma barragem de regularização tanto a montante quanto a jusante no rio Ijuizinho. A usina irá operar praticamente a fio d'água.

### 6.3. VAZÃO DO PROJETO

Como foi mencionado, considerando a implantação de uma usina a fio d'água, achou-se por bem limitar o engolimento total das turbinas sendo fixada a vazão de 32,66 m<sup>3</sup>/s, praticamente 16% acima da vazão média de longo que é de 28,06 m<sup>3</sup>/s para o local. Com esta vazão turbinada chegou-se a uma potência instalada de 4,85 MW. Sendo considerado como vazão ambiental o valor de 2,81 m<sup>3</sup>/s.

Nesta avaliação foi considerada a média do aproveitamento com base nos estudos hidrológicos.

### 6.4. DETERMINAÇÃO DOS NÍVEIS D'ÁGUA NORMAIS DE OPERAÇÃO

O nível de água de montante  $NAM_{NORMAL}$  da PCH Igrejinha ficou estabelecido na elevação 337,50 m, praticamente o mesmo nível do barramento da antiga usina Tarumã

desativada. Para o nível normal de jusante  $NAJ_{NORMAL}$  no canal de fuga foi considerado o nível do rio na vazão média de longo termo que é 319,05 m, conforme ficha técnica do rio Ijuizinho. O aproveitamento terá uma queda bruta total de 18,45 m, sendo parte creditada a um barramento e parte da queda natural no trecho. Deste modo forma-se um reservatório com área alagada “espelho d’água” de apenas 0,1338 km<sup>2</sup>.

#### 6.5. DEFINIÇÃO DA POTÊNCIA INSTALADA

Para as alternativas com potência instalada na faixa entre 4,65 MW a 5,05 MW, e variação de incremento de 0,10 MW, considerando que valores de potência instalada abaixo de 4,65 MW representam submotorização, assim como valores acima 5,05 MW, sobremotorização para as condições hidrológicas específicas da região.

<b>PCH IGREJINHA</b>					
<b>Dados Energéticos p/ as Alternativas de Motorização Comparadas</b>					
<b>POT</b>	<b>Engolimento</b>	<b>Energia Média</b>	<b>Fator Capacidade</b>	<b>TIPO TURBINA</b>	<b>N. UNID</b>
4,65MW	31,31m <sup>3</sup> /s	2,59MWh	0,56	Kaplan S	2
4,75MW	31,99m <sup>3</sup> /s	2,62MWh	0,55	Kaplan S	2
<b>4,85MW</b>	<b>32,66m<sup>3</sup>/s</b>	<b>2,65MWh</b>	<b>0,55</b>	<b>Kaplan S</b>	<b>2</b>
4,95MW	33,33m <sup>3</sup> /s	2,67MWh	0,54	Kaplan S	2
5,05MW	34,01m <sup>3</sup> /s	2,70MWh	0,53	Kaplan S	2

Tabela 21 – Comparação dos dados energéticos da PCH Igrejinha (Fonte: O autor 2011).

#### 6.6. ENERGIA MÉDIA GERADA PARA O HISTÓRICO DE VAZÕES

##### Energia Média (EM)

Para efeito de motorização foi considerada uma potência instalada com um engolimento próximo da média de longo termo do rio, o que corresponde a um fator de capacidade (FC) médio da ordem de 0,55 ( $E_{média}/P_{instalada}$ ).

A manutenção da vazão mínima de jusante estabelecida no projeto ficou sendo como 10% da  $Q_{mlt}$ , que resultou em uma vazão de 2,81 m<sup>3</sup>/s.

Os parâmetros gerais considerados nos estudos energéticos foram;

- Estimativa energética pela série de vazões médias mensais;
- Fatores de rendimento de 0,9155 para turbina e 0,9585 para gerador, totalizando um rendimento do conjunto de 0,8775 (adotada);
- Perda de carga na adução adotada de 6,50% (adotada);
- Fator de indisponibilidade forçada e programada de 0,97 (02 unidades);
- $Q$  turbinada total = 32,66 m<sup>3</sup>/s
- $H_{líquida}$  = 17,25 m

## 6.7. ENERGÉTICO PARA A PCH IGREJINHA

### PCH IGREJINHA

#### Adução em túnel pela margem direita

##### Dados gerais

Nível de água normal de montante	337,50
Nível de água mínimo de montante	337,50
Nível de água médio	337,50
Nível de água normal de jusante	319,05
Queda bruta Hb (m)	18,45
Perda hidráulica no circuito adutor (%Hb)	6,50%
Queda líquida Hl (m)	17,25
Fator de indisponibilidade forçada e programada	0,97
Rendimento médio do conjunto turb/mult/ger/trans	0,8775
Potência instalada (MW)	<b>4,85</b>
Engolimento total (m <sup>3</sup> /s)	32,66

Volume útil do reservatório ref. NAM (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	0,000
Vazão mínima média mensal observada (m <sup>3</sup> /s)	1,60
<b>Vazão sanitária (10% da MLT) (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>2,81</b>
Vazão média de longo período (m <sup>3</sup> /s)	28,06
<b>Estimativas de regularização</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>
regularização diária	0,00
regularização mensal	0,00
regularização no período crítico	0,000
Área drenagem local de estudo - km <sup>2</sup>	890,36
Relação de áreas	

Quadro resumo de motorização				
P. Instalada	Engol.	E. Média	FC	
MW	m <sup>3</sup> /s	MWmed	mit	
3,60	24,24	2,26	0,63	
3,85	25,93	2,34	0,61	
4,10	27,61	2,43	0,59	
4,35	29,29	2,50	0,58	
4,60	30,98	2,58	0,56	
<b>4,85</b>	<b>32,66</b>	<b>2,65</b>	<b>0,55</b>	
5,10	34,34	2,71	0,53	
5,35	36,03	2,77	0,52	
5,60	37,71	2,82	0,50	
5,85	39,39	2,87	0,49	
6,10	41,08	2,92	0,48	

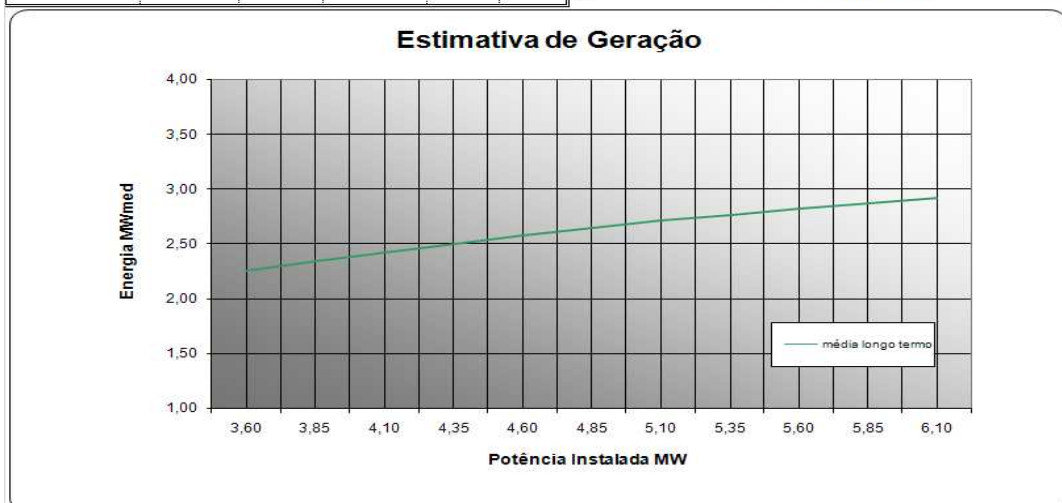
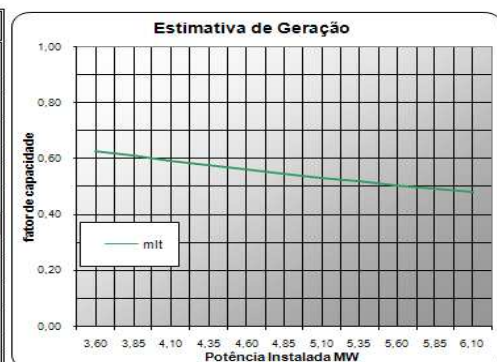


Gráfico 6 – Comparativos de geração de energia na PCH Igrejinha (Fonte: O autor 2011).

## 6.8. CÁLCULO DA POTÊNCIA INSTALADA

Para a motorização proposta foi considerada uma potência instalada com um engolimento, depois de descontada a vazão sanitária, próxima da média de longo termo do rio, correspondendo a um fator de capacidade médio da ordem de 0,55 ( $E_{m\acute{e}dia}/P_{instalada}$ ).

No cálculo da potência foi utilizada a seguinte fórmula:

$$P_{(kW)} = Q \cdot H_{líq} \cdot g \cdot \eta_{tot}$$

Onde:

$\eta_{tot}$  = rendimento do conjunto turbina/gerador, sugerindo-se o valor final de 0,8775 considerando-se os rendimentos da turbina (0,9155) e (0,9585) do gerador;

Q = vazão turbinada ( $m^3/s$ );

Hliq = queda líquida (m).

### – Cálculo da Potência Mecânica Disponível

Dados:

$$Q_{TURBINADA\ TOTAL} = 32,66\ m^3/s$$

$$H_{liq.} = 17,25\ m$$

$$h = 91,55\ \% \text{ (eficiência da turbina)}$$

$$P = 32,66\ m^3/s \times 17,25\ m \times 0,9155 \times 9,81$$

$$P = 5.059,79\ kW$$

### – Cálculo da Potência Elétrica

Dados

$$h_{GERADOR} = 95,85\ \% \text{ (eficiência do gerador)}$$

$$P_{ELETRICA} = 5.059,79 \times 0,9585$$

$$P_{ELETRICA} = 4.850,00\ kW$$

## 6.9. RESULTADOS FINAIS

## Aproveitamento PCH Igrejinha

<b>USINA</b>	<b>Nam</b>	<b>Naj</b>	<b>Queda bruta (m)</b>	<b>Área da Bacia (km<sup>2</sup>)</b>	<b>Vazão MLT m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Vazão turbinada m<sup>3</sup>/s</b>	<b>Rend. Conjunto %</b>	<b>Potência Instalada MW</b>
<b>PCH Igrejinha</b>	337,50 m	319,05 m	18,45 m	890,36 km <sup>2</sup>	28,06 m <sup>3</sup> /s	32,66 m <sup>3</sup> /s	87,75 %	4,85 MW

Tabela 22 – Quadro resumo da PCH Igrejinha (Fonte: O autor 2011).

## **7. ESTUDOS DE ALTERNATIVAS**

### **7.1. GENERALIDADES**

O estudo de alternativas intensifica o objetivo de extração de energia de um local específico, apoiado em dados consistentes de hidrologia, topografia e geologia, correndo em paralelo com os licenciamentos ambientais e legais. O estudo de alternativas orienta a questão de negociação das terras e prova, através do dimensionamento e orçamentação de alternativas tecnicamente viáveis, a economicidade de um arranjo em relação aos demais. Culmina esta fase no detalhamento maior da alternativa selecionada, alinhando os dados necessários para a fase posterior e permitindo uma completa análise de viabilidade do ponto de vista ambiental – econômico e financeiro.

### **7.2. ALTERNATIVAS DE ARRANJO**

Inicialmente procurou-se lançar uma topografia exploratória fiel ao arranjo proposto no estudo de inventário. Entretanto ao se iniciarem as primeiras investigações topográficas foram identificados alguns aspectos negativos nesta alternativa, conforme segue:

Já é de conhecimento que a área alagada desta alternativa de arranjo aprovada em inventário é de 1,41 km<sup>2</sup>. Conforme pode ser visualizado na imagem abaixo, há necessidade de muitas indenizações tanto na região do lago quando na região de A.P.P., principalmente na margem esquerda do rio Ijuizinho. Vale aqui ressaltar que nesta região existe um assentamento de três acampamentos do Movimento Sem Terra do Rio Grande do Sul. Isto posto, sabemos que o processo de indenização e desocupação das famílias localizadas na região do reservatório e A.P.P., traria muito desgaste e prejuízos para os envolvidos.

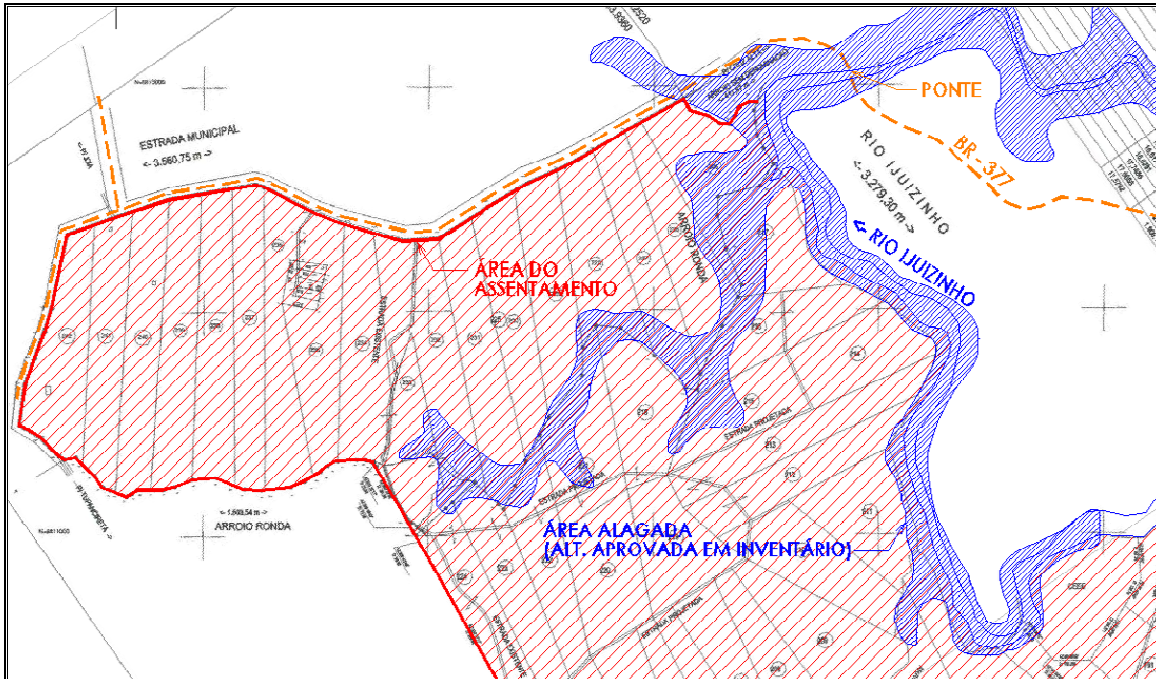


Figura 15: Detalhe da área alagada da alternativa aprovada no inventário hidrelétrico sobre o assentamento (Fonte: O autor 2011).

Ainda com relação ao assunto área alagada, vale a seguinte consideração: esta alternativa aprovada em inventário tem como NAN de montante a EL 330,90 m. Conforme pode ser visualizado na figura 16 abaixo, além de possuir uma grande área alagada, esta elevação é praticamente o nível do pé da cascata onde se localiza a antiga usina Tarumã (desativada).

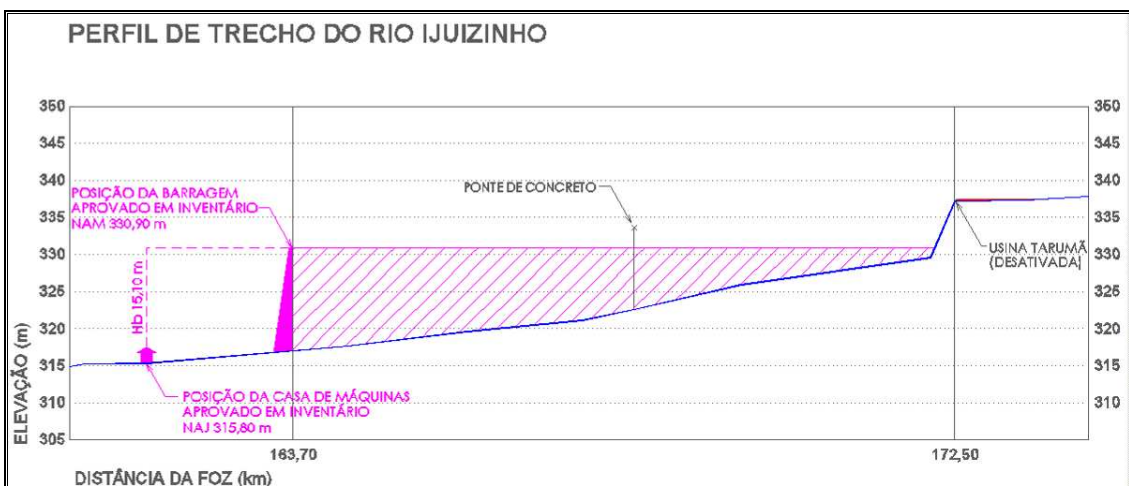


Figura 16: Perfil de trecho do rio Ijuizinho indicando a área alagada da alternativa aprovada em inventário. (Fonte: O autor 2011).

Outro aspecto negativo é que a aproximadamente 4,60 km acima do eixo do barramento, verifica-se o cruzamento da Rodovia BR-377 por sobre o Ijuizinho. Conforme pode ser visualizado na seção topobatimétrica levantada neste local, a cota do eixo de rodagem da



ponete é 332,316 m. Esta alternativa foi aprovada com um barramento equipado com comportas cujos NANormal e Máximo é de 330,90 m. No entanto, mesmo que o rio Ijuizinho esteja em condições normais de vazão, o reservatório ficará a menos de 50 cm da parte inferior da longarina da ponte, sendo que (segundo Aiello 2011), para rios não navegáveis deve-se deixar a altura livre mínima de 1 metro. Nestes casos, qualquer objeto ou material, como galhos, poderá obstruir a passagem da água provocando interrupção do trânsito.

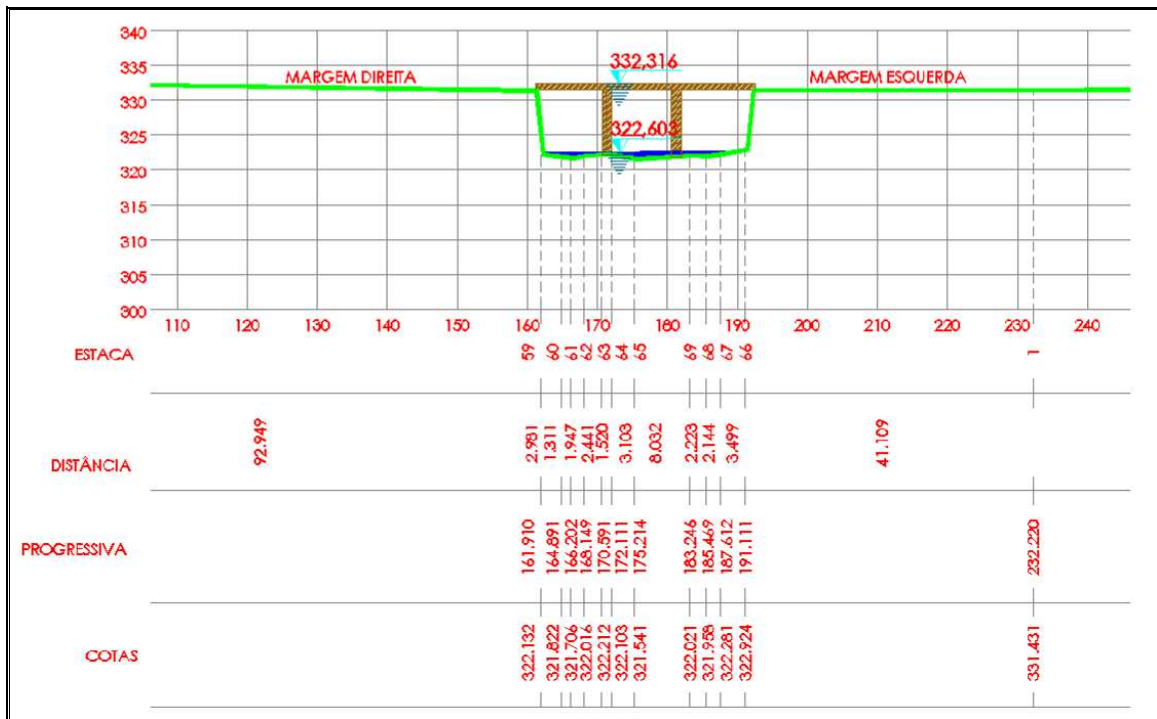


Figura 17: Seção topobatimétrica no eixo da ponte sobre o rio Ijuizinho (Fonte: O autor 2011).

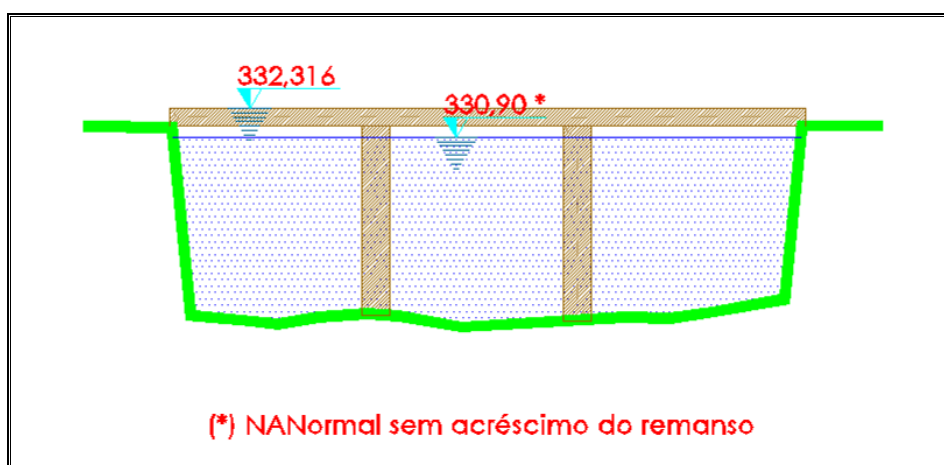


Figura 18: Detalhe da ponte considerando o lago no NANormal aprovado em inventário (Fonte: O autor 2011).



Figura 19: Ponte sobre o rio Ijuizinho (Fonte: O autor 2011).

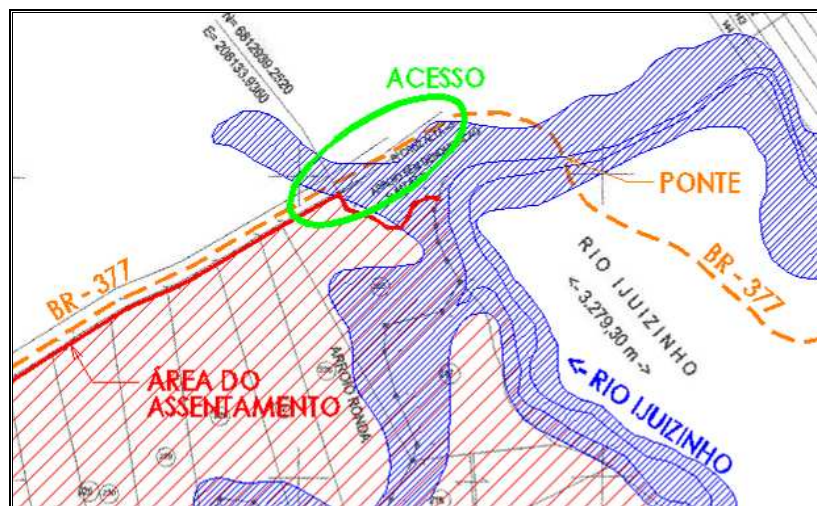


Figura 20: Detalhe do acesso da rodovia que está numa cota mais baixa exigindo elevação de nível ou relocação (Fonte: O autor 2011).

Desta forma, devido aos aspectos citados acima, optamos por reavaliar o arranjo básico, sugerindo a consideração de novos traçados e soluções para o circuito hidráulico. Foram então deflagradas campanhas investigativas (topografia e geologia) em 02 (dois) pontos diferentes locando assim as estruturas de forma a apresentar o melhor circuito hidráulico. Salienta-se

que as modificações sugeridas visam uma melhor utilização do potencial hidráulico, sem interferir com a partição de quedas existente e aprovada.

Para caracterizar o exposto, ilustramos abaixo as alternativas de arranjo estudadas:

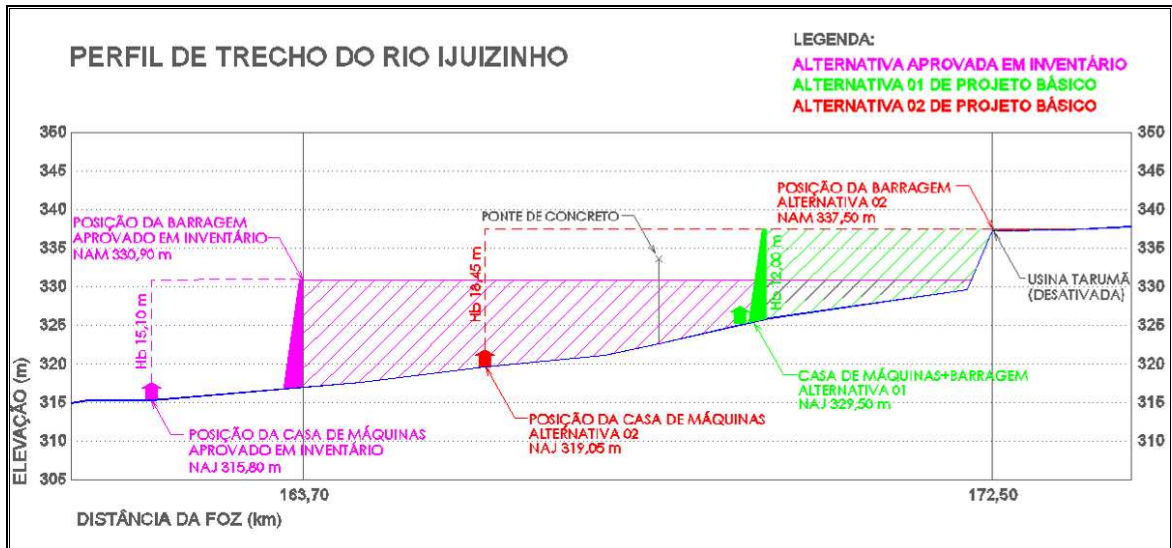


Figura 21: Perfil de trecho do rio demonstrando as alternativas de arranjo estudadas nesta etapa dos estudos (Fonte: O autor 2011).

A atual fase de projeto ocupa-se de demonstrar dentre todas as possibilidades viáveis, qual o melhor traçado para se conduzir à água entre os pontos de captação e de restituição.

Segue resumo comparativo das principais estruturas do estudo de alternativas:

### 7.2.1. ALTERNATIVA 01

A alternativa 01 apresentou uma barragem localizada a 169,70 km de distância da foz.

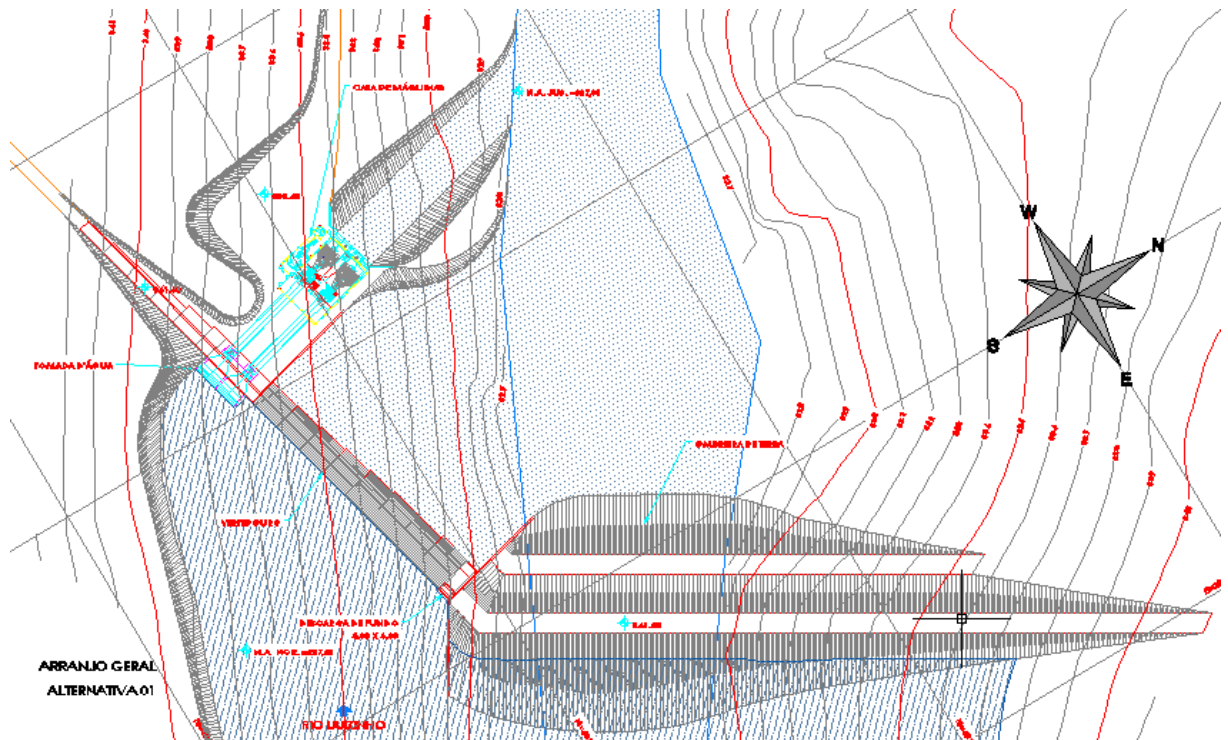


Figura 22: Arranjo geral da Alternativa 01 (Fonte: O autor 2011).

É importante mencionar sobre os estudos de topografia e geologia desenvolvidos para o local desta alternativa 01 de arranjo. Segue abaixo ilustração do levantamento topográfico feito no local do aproveitamento e localização dos furos de sondagens desenvolvidos.

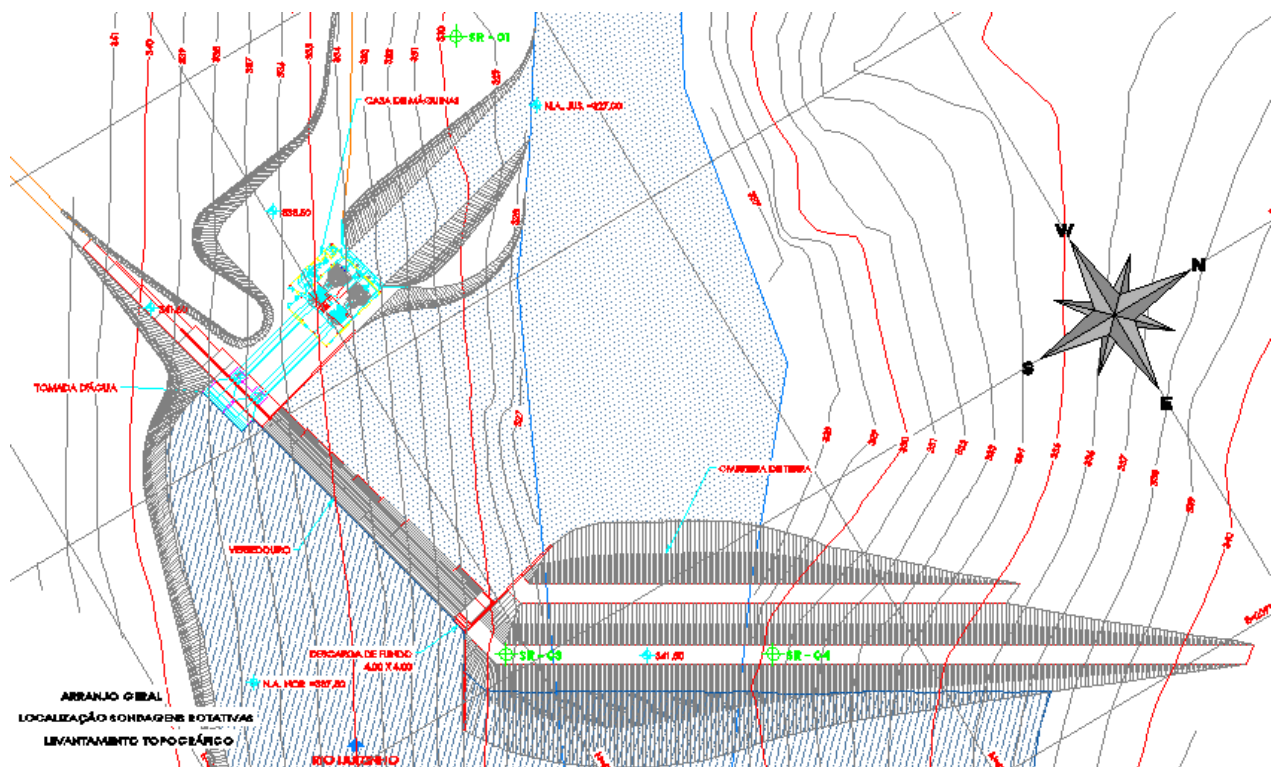


Figura 23: Levantamentos de campo desenvolvidos no local da Alternativa 01 (Fonte: O autor 2011).

### 7.2.2. ALTERNATIVA 02

A alternativa 02 apresenta um arranjo totalmente distinto da alternativa 01. Este novo arranjo foi motivado principalmente pelo fato de não se encontrar boa geologia x profundidade economicamente viável no primeiro eixo estudado. Além deste, verificou-se a possibilidade de aproveitar melhor a queda bruta deste trecho do rio. Outro fator relevante foi à possibilidade de reduzir em 90% o tamanho do lago, pois nesta alternativa, o eixo da barragem foi deslocado até o local de uma antiga usina de nome Tarumã que se encontra desativado e a 172,5 km da foz, onde praticamente se manteve o valor da crista do vertedouro já existente. Vale mencionar que isso contribui consideravelmente na questão ambiental, ou seja, a vegetação das margens da área alagada pode ser mantida.

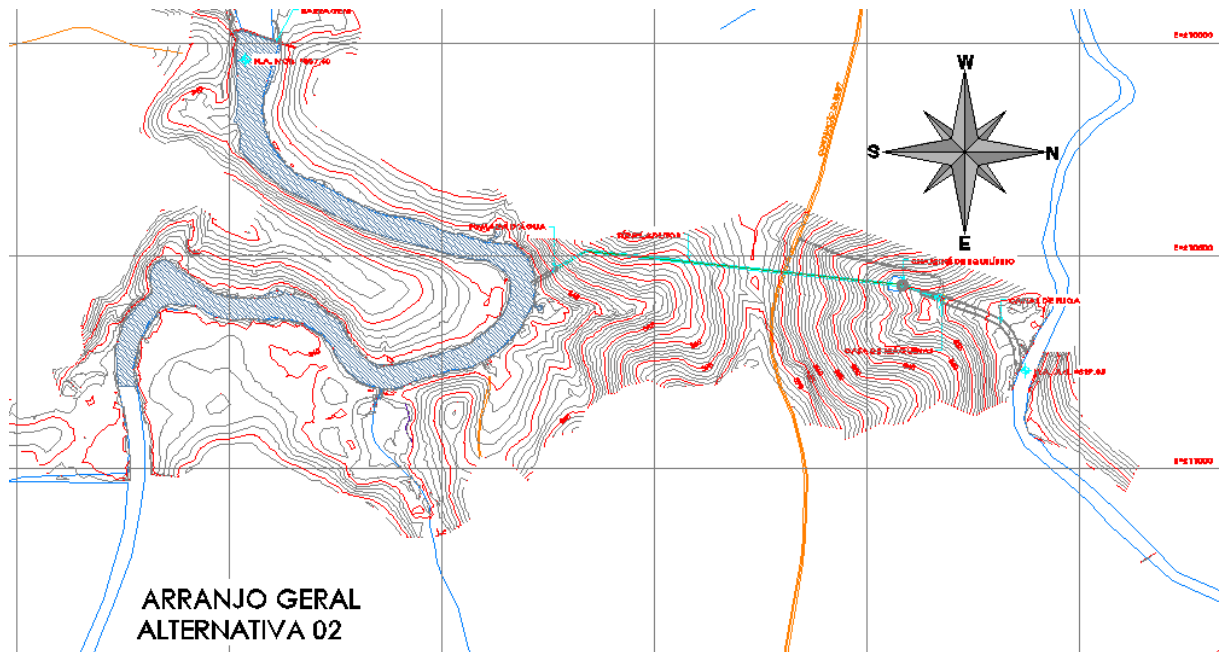


Figura 24: Arranjo geral da Alternativa 02 (Fonte: O autor 2011).

### 7.3. COMPARAÇÃO E SELEÇÃO DA ALTERNATIVA

Vale iniciar com a principal comparação entre a Alternativa 01 e a 02: Os níveis de montante de ambas é 337,50 m. No entanto, a Alternativa 02 está exatamente sobre o eixo da antiga usina Tarumã, ou seja, em termos de área alagada a diferença é expressiva, da ordem de 90% a menos (ver figura 5.6 acima).

Em resumo, a alternativa foi consolidada pelas principais razões, relacionadas a seguir:

- Circuito hidráulico ótimo com melhor utilização do potencial hidráulico;
- Melhores condições geológicas / geotécnicas e espaço físico para implantação;
- Impacto ambiental reduzido em função da pequena área alagada que já é existente e por não ter necessidade de corte de vegetação;
- Custo índice (R\$/kW) atrativo;

Assim sendo, a alternativa selecionada neste trabalho foi a Alternativa 02.

## 8. CONCLUSÃO

Os estudos foram elaborados a partir dos dados já existentes, juntamente com os novos levantamentos efetuados na fase de elaboração deste relatório. O trabalho procurou estabelecer os requisitos gerais para apresentação de Estudos de Projetos Básicos de Pequenas Centrais Hidroelétricas.

Desde o princípio foi tomado o cuidado de buscar uma alternativa de divisão de quedas que compatibilizasse os diversos usos da água. Foram traçadas alternativas que preservam as condições locais sem a necessidade de realocar edificações ou obras de infraestrutura tipo, estradas, pontes, linhas de transmissão, captação de água para consumo humano, etc...

Tendo em vista o aproveitamento dos recursos hídricos da bacia do rio Ijuizinho para geração de energia elétrica, a região apresenta potencial para a instalação de pequenas centrais pelo fato de apresentar excelentes índices fluviométrico e pluviométrico.

O estudo de alternativas visou aproveitar a melhor queda bruta deste trecho do rio, reduzindo em 90% o tamanho do lago, com um circuito hidráulico ótimo resultando na melhor utilização do potencial hidráulico. Este estudo intensificou o objetivo de extração de energia de um local específico, apoiado em dados consistentes de hidrologia, topografia e geologia.

Na realização deste trabalho foi possível concluir que o estudo de concepção hidrológica é bastante complexo e demorado. Foram mostrados aqui dados básicos para início dos estudos hidrológicos, enfatizando que para fins de projeto básico e aceite da ANEEL, a análise também deve ser econômica.

O autor deste trabalho procurou analisar criteriosamente as análises pluviométricas, fluviométricas, caracterização fisiográfica da bacia, curva de permanência das vazões, determinação de vazão média, vazão remanescente e uma análise superficial sobre estudos energéticos, seguindo padrões estipulados pela ELETROBRÁS.

## **9. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Embora o objetivo do trabalho tenha sido cumprido, com a conclusão desenvolvida e as alternativas apresentadas, ainda existe muito a ser estudado, discutido e proposto por profissionais. Perante o amplo hall de estudos da hidrologia, diversas áreas seriam muito bem exploradas, porém para trabalhos futuros as recomendações por mim sugeridas a fim de completar o estudo aqui iniciado, seriam:

- Estudo sobre o método de Gumbel, para cálculos de vazão de dimensionamento de vertedouros. (TR 1000 anos) e cálculo de vazão de cheia instantânea.
- Comparativo econômico entre usinas quanto ao custo do KW instalado.



## 10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, José Leandro Casa Nova. **Análise de Viabilidade Técnica e Econômica de Implantação de uma Micro-usina Hidrelétrica**. 2007. 67 f. Dissertação para Obtenção do Título de Mestre em Engenharia Mecânica (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2007.

ANEEL – AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=210&idPerfil=4>. Acesso em 07 de maio de 2011.

CNDPCH – CENTRO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO DE PCH. Disponível em: <<http://www.cndpch.com.br>>. Acesso em: 15 maio 2011.

CRUZ, Paulo Teixeira da. **100 Barragens Brasileiras: Casos Históricos Materiais de Construção Projeto**. 2. ed. São Paulo: FAPESP, 2004. 648 p.

DICIONÁRIO AURÉLIO DE LÍNGUA PORTUGUESA. Editora Nova Fronteira, 4ª edição, 2001

DUARTE, Pâmella Santos. **Metodologia para Seleção de Aproveitamentos Hidrelétricos com Aplicação da Lógica Fuzzy**. 2009. 109 f. Dissertação para Obtenção do Título de Mestre em Ciências em Engenharia de Energia (Pós-graduação em Engenharia da Energia) – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2009.

ELETROBRAS - CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS S.A. Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.eletrobras.gov.br> . Acesso entre março e maio de 2011.

ELETROBRÁS. **Manual de PCHs**, Diretrizes Básicas para o Estudo e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. ANEEL, 2011.

FARRET, Felix Alberto, **Aproveitamento de Pequenas Fontes de Energia Elétrica**. 2 ed. rev. e amp. Santa Maria: UFSM, 2010.

HÜFFNER, Anelise; ENGEL, Bruna Cristina. **Grandes e Pequenas Centrais Hidrelétricas na Bacia do Rio Uruguai. Guia para organizações e movimentos sociais.** Porto Alegre: Amigos da terra Brasil, 2011.

JUNGES, Franciele Cristina. **Análise de Viabilidade de Implantação de Pequena Central Hidrelétrica na Barragem Rodolfo da Costa e Silva.** 2007. 64 f. Dissertação para Obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

LASCH, Marcio Antonio. **O Processo de Licenciamento Ambiental para Pequenas Centrais Hidrelétricas no Estado do Rio Grande do Sul.** 2008. 106 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2008.

MARTINEZ, Carlos Barreira. **“Pré – Dimensionamento de Pequenas Centrais Hidrelétricas - PCHs”.** Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Federal de Engenharia de Itajubá, Itajubá, Minas Gerais, 1988.

MENESCAL, Rogério de Abreu. **A Segurança de Barragens e a Gestão de Recursos Hídricos no Brasil.** 2. ed. Brasília: Estação Gráfica, 2005. 314 p.

MOLIN, Anderson Dal. **Anteprojeto de Pequena Central Hidrelétrica para o Rio Toropi.** 2007. 79 f. Dissertação para Obtenção do Título de Mestre em Engenharia (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

OLIVEIRA, Kellyn Pâmela de Carvalho; SILVA, Paula Alves da; SIGNORINI, Roberta. **Estudos Gerais para Projeto de Pequenas Centrais Hidrelétricas com Enfoque nas Avaliações Hidrológicas.** 2010. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Anhembi Morumbi, São Paulo, 2010.

PINELI, Geraldo. **Análise de Viabilidade Econômica e Financeira de uma Pequena Central Hidrelétrica.** 2005. 112 f. Dissertação para Obtenção do Título de Mestre em Agronomia (Pós-graduação em Ciências Agrônomicas) – Universidade Paulista “Julho de Mesquita Filho”, Botucatu, 2005.

PORTAL PCH. **Etapas de Implantação de uma PCH:** Fluxograma de Implantação de PCHs. Disponível em: <[http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=323:menu](http://www.portalpch.com.br/index.php?option=com_content&view=article&id=323:menu)>. Acesso em: 15 maio. 2011.

SILVA, Celso da. **Caracterização da Bacia do Rio Fiúza para Aplicação na Prevenção de Enchentes.** 2006. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2006.

SIMONE, Gílio Aluísio. **Centrais e Aproveitamentos Hidrelétricos.** 1. ed. Tatuapé: Érica, 2000. 246 p.

SOUZA, Jaderson Vargas de. **Aplicação de um Modelo de Opções reais para Avaliar Projetos de Geração Hidrelétrica no Brasil.** 2006. 71 f. Dissertação para Obtenção do Título de Mestre em Ciências Contábeis (Pós-graduação em Ciências Contábeis) – Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças - FUCAPE, Vitória, 2006.

SOUZA, Z. **Centrais hidrelétricas: dimensionamento de componentes.** São Paulo: Edgard Blücher, 1992, 197p. SCHREIBER, GERHARD PAUL. Usinas hidrelétricas, Edgard Blücher, São Paulo, 1977.

SOUZA, Zulcy de; SANTOS, Afonso Henriques Moreira; BORTONI, Edson da Costa. **Centrais Hidrelétricas: Implantação e Comissionamento.** 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2009. 483 p.

TIAGO FILHO, Geraldo Lúcio; ALENCAR, Harley Souza. Panorama elétrico da PCH. Centro Nacional de Referência em Pequenas Centrais Hidrelétricas. Disponível em: <[www.cerpch.unifei.edu.br](http://www.cerpch.unifei.edu.br)>. Acesso em: 15 maio 2011.

TUCCI, C. E. M., **Modelos Hidrológicos,** Ed. Universidade/UFRGS/ Associação Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre 1998. 668 p.

ANTONIO NETO, Aiello Giuseppe, Apostila 1Pontes, Ed. Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo 2011. 87 p.