1. INTRODUÇÃO

Segundo o art. 225 da Constituição Federal de 1988, o Meio Ambiente constitui direito fundamental de interesse difuso e bem de uso comum de toda a sociedade, cabendo ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações. Demais interesses, mesmo públicos, devem ser estabelecidos de maneira a não interferir neste direito.

Em função dessa determinação constitucional, cabe ao Poder Público "*exigir, na forma da lei, para a instalação de obra ou atividade potencialmente causadora de significativa degradação do meio ambiente, estudo prévio de impacto ambiental, a que se dará publicidade*" (art. 225, § 1º). Esta obrigação é também abordada na Lei n° 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente.

Com a criação do SISNAMA – Sistema Nacional de Meio Ambiente e do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente pela Lei 6.938/81, estabeleceram-se as competências e a estrutura do processo de avaliação de impactos ambientais. Os dispositivos legais que estabeleceram os procedimentos do processo de avaliação consistem basicamente nas resoluções 001/86 e 237/97 do CONAMA. A primeira, em seu Artigo 1º, descreve como impacto ambiental *qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante de atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetem:*

- *a saúde, a segurança e o bem estar da população;*
- *as atividades sociais e econômicas;*
- *a biota;*
- *as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;*
- *a qualidade dos recursos ambientais.*

A Resolução CONAMA 237/97 detalha o processo de licenciamento ambiental, conforme se segue:

Art. 2º. A localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades utilizadoras de recursos ambientais consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento do órgão ambiental competente, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis.

§ 1º. Estão sujeitos ao licenciamento ambiental os empreendimentos e as atividades relacionadas no Anexo 1, parte integrante desta Resolução.

§ 2º. Caberá ao órgão ambiental competente definir os critérios de exigibilidade, o detalhamento e a complementação do Anexo 1, levando em consideração as especificidades, os riscos ambientais, o porte e outras características do empreendimento ou atividade.

Quanto às licenças cabíveis a empreendimentos sujeitos à avaliação de impactos ambientais, a Resolução CONAMA 237/97 estabelece, no art. 8°, o que se segue:

Art. 8º. O Poder Público, no exercício de sua competência de controle, expedirá as seguintes licenças:

-Licença Prévia (LP): concedida na fase preliminar do planejamento do empreendimento ou atividade aprovando sua localização e concepção, atestando a viabilidade ambiental e estabelecendo os requisitos básicos e condicionantes a serem atendidos nas próximas fases de sua implementação;

-Licença de Instalação (LI): autoriza a instalação do empreendimento ou atividade de acordo com as especificações constantes dos planos, programas e projetos aprovados, incluindo as medidas de controle ambiental e demais condicionantes, da qual constituem motivo determinante;

-Licença de Operação (LO): autoriza a operação da atividade ou empreendimento, após a verificação do efetivo cumprimento do que consta das licenças anteriores, com as medidas de controle ambiental e condicionantes determinados para a operação.

Parágrafo único - As licenças ambientais poderão ser expedidas isolada ou sucessivamente, de acordo com a natureza, características e fase do empreendimento ou atividade."

O Artigo 10º fornece as etapas que o procedimento de licenciamento ambiental deverá obedecer. Diz esse artigo:

Art. 10 - O procedimento de licenciamento ambiental obedecerá às seguintes etapas:

I - Definição pelo órgão ambiental competente, com a participação do empreendedor, dos documentos, projetos e estudos ambientais, necessários ao início do processo de licenciamento correspondente à licença a ser requerida;

II - Requerimento da licença ambiental pelo empreendedor, acompanhado dos documentos, projetos e estudos ambientais pertinentes, dando-se a devida publicidade;

III - Análise pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados e a realização de vistorias técnicas, quando necessárias;

IV - Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, integrante do SISNAMA, uma única vez, em decorrência da análise dos documentos, projetos e estudos ambientais apresentados, quando couber, podendo haver a reiteração da mesma solicitação caso os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;

V - Audiência pública, quando couber, de acordo com a regulamentação pertinente;

VI - Solicitação de esclarecimentos e complementações pelo órgão ambiental competente, decorrentes de audiências públicas, quando couber, podendo haver reiteração da solicitação quando os esclarecimentos e complementações não tenham sido satisfatórios;

VII - Emissão de parecer técnico conclusivo e, quando couber, parecer jurídico;

VIII - Deferimento ou indeferimento do pedido de licença, dando-se a devida publicidade.

No Estado do Paraná, o licenciamento prévio de empreendimentos geradores de impactos sobre o meio ambiente devem seguir o escopo do Termo de Referência Padrão do IAP – Instituto Ambiental do Paraná. Em tal documento, lê-se que o desenvolvimento de um Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA) e seu respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) têm, por finalidade, "embasar, subsidiar e justificar a solicitação de licenciamento / autorização ambiental de empreendimentos / atividades efetiva ou potencialmente impactantes". Segundo o documento, tais estudos devem "conter informações técnicas e legais que demonstrem a viabilidade ambiental, sob os aspectos técnico-científicos, jurídicos, administrativos e locacionais de um empreendimento / atividade". E ainda, "Os meios e fatores ambientais que evem ser abordados e avaliados em um Estudo Ambiental são aqueles preliminarmente sugeridos / indicados na MATRIZ DE IMPACTOS AMBIENTAIS, instituída e aprovada conforme Portaria IAP N^{o} 158/2009".

Dada sua imensa quantidade de rios, o contexto global aponta o Brasil como uma das maiores reservas de hidroenergia do mundo. O potencial brasileiro estima-se em 213.000 MW, o equivante a 7 milhões de barris de petróleo/dia, sendo que, este é o recurso mais utilizado para a geração de eletricidade (cerca de 80%). A ampliação dos investimentos em aproveitamentos é justificada pelo seu eminente potencial hidroenergético ainda pouco explorado e pela crescente demanda do mercado consumidor.

O impacto ambiental causado pelas grandes centrais hidrelétricas, em comparativo com as pequenas centrais, é um aspecto positivo motivador para a construção. É importante ainda destacar a descentralização locacional das fontes produtoras de energia no contexto da vasta territorialidade nacional. Dentro deste contexto, as PCHs contribuem para a maior estabilidade energética em consonância com a demanda de regiões de grande consumo.

O rio Iapó nasce no flanco sul da Serra das Furnas, exatamente no divisor de águas entre as sub-bacias do rio das Cinzas e Iapó. Apresenta um comprimento total de 172 km e sua área de drenagem na foz é de 3069km², podendo ser considerado ainda um rio de pequeno porte.

O curso do rio Iapó desenvolve-se no sentido sudoeste até a cidade de Castro, guinando após para noroeste até atingir sua foz no rio Tibagi.

No primeiro trecho o rio é plano e corre sobre substrato geológico do embasamento cristalino. Percorrendo uma região de sedimentos, o Iapó nesta região forma incontáveis meandros.

No segundo trecho o rio Iapó se depara com dois obstáculos. Cerca de 15 km a jusante da cidade de Castro o rio entrecorta um dique de riolito e em seqüência passa a correr sobre o arenito furnas com margens muito encaixadas.

Ao contrário do trecho de montante, inicia-se nesta porção forte declive, e neste segmento foram detectados diversos potenciais hidrelétricos, excluindo-se aqueles localizados dentro do Cânion do Guartelá, por se tratar de área de parque estadual.

A PCH Pulo faz parte do plano de produção de energia limpa para empreendimentos que se enquadram à qualidade de energia e as políticas ambientais. A justificativa para a escolha do local apontado no relatório para desenvolver os estudos de implantação da PCH é a própria excelência do potencial, conforme concluído nos estudos de inventário desenvolvidos no ano de 2001. Neste contexto, levando em consideração as

características físicas da área de Influência Direta, com o vale do rio, na área do reservatório, impõem-se as condições operacionais típicas de uma PCH a fio d'água, sendo o volume acumulado muito reduzido.

O presente documento compreende o Estudo Prévio de Impacto Ambiental (EPIA) do aproveitamento hidrelétrico PCH Pulo. Tal estudo foi desenvolvido obedecendo-se ao disposto no Termo de Referência Padrão do IAP, tendo sido elaborado pela equipe multidisciplinar da IGPlan Inteligência Geográfica Ltda. Os estudos foram conduzidos de maneira multi e interdisciplinar por diversos especialistas para o diagnóstico das áreas temáticas e análise ambiental. Espera-se, portanto, que os trabalhos aqui desenvolvidos tenham plena coerência e aplicação dentro da visão de sustentabilidade e mínimo impacto pretendidos para o empreendimento em questão.

1.1. Informações Sobre o Empreendimento

1.1.1. Caracterizaçâo do Empreendedor

O aproveitamento hidrelétrico PCH Pulo, referente à empresa Hidrelétrica Pulo LTDA, como Produtor Independente de Energia Elétrica, conforme referências a seguir, cujo inventário do rio Iapó no qual o aproveitamento está inserido foi aprovado através do despacho SGH/ANEEL n.º 1.340 de 23 de junho de 2006:

RAZÃO SOCIAL: Hidrelétrica Pulo Ltda

CNPJ: 08.017.740/0001-42

ENDEREÇO: Rua Penteado de Almeida 426, Centro, Ponta Grossa – PR
CEP: 84010-240
Telefone: (42) 3222 6400 / 9911 4513

DIRETORIA EXECUTIVA:

Diretor Executivo:

Ozires Alberti

Eng. Civil

Responsável Técnico:

Alberto de Andrade Pinto
Eng. Civil CREA 25341-D PR
EMAIL: dhead@uol.com.br

1.1.2. Caracterização da Empresa de Consultoria Ambiental

Os estudos de diagnóstico, avaliação de impactos, proposição das medidas de controle e de programas de acompanhamento de impactos, o prognóstico ambiental e demais aspectos técnicos desse estudo cabem à empresa IGPlan Inteligência Geográfica Ltda. e a seus consultores associados e contratados, conforme se segue:

RAZÃO SOCIAL: IGPlan Inteligência Geográfica Ltda.
CNPJ: 04576573/0001-19
INSCRIÇÃO ESTADUAL: Isento
ENDEREÇO: Tv. Rui Leão, 33 - Curitiba – Paraná
CEP: 80030-090
Telefone: 41- 3024-4477
E-Mail: igplan@igplan.com.br
CTF: 40028

EQUIPE EXECUTIVA

Coordenação Geral e Responsabilidade Técnica
Francisco L. P. Lange J. *CTF 40029*
Engenheiro Agronômo, M.Sc *CREA-PR 13386/D*

Supervisão Geral
Gilson Frohner
Geógrafo *CREA-PR 28598/D*

Coordenador Administrativo

Sabrina Lopes de Matos Vinotti
Economista

Coordenação de Meio Ambiente
Marina Marins de Souza
Bióloga, Esp *CRBio 50398-07/D*

Meio Ambiente
Carla Aparecida Garzaro
Gestora Ambiental

Cordenação de Geoprocessamento
Karine Krunn
Geógrafa *CREA-PR 74544/D*

Geoprocessamento
Letícia Cristina Wuensch
Engenheira Cartógrafa

Cartografia
Franco Amato
Eng. Cartógrafo, Esp *CREA-PR 37905/D*

Meio Físico
Fabiano Oliveira *CTF 341222*
Geógrafo, Dr. *CREA-SC 052278-5*

Meio Biótico
- ✓ **Botânica**

Brasil Holsbach *CTF 217638*
Engenheiro Florestal *CREA-PR 052278-5*

✓ **Ictiofauna**	*CTF*
Euclides S.Grando Jr. *Biólogo, M.Sc.*	*CRBio 07490-03/D*
✓ **Herpetofauna**	
Julio Cesar de Moura Leite *Biólogo*, *Dr*.	*CTF* *CRBio 9506-07/D*
✓ **Mastofauna**	
Nicholas Kaminski *Biólogo, Esp.*	*CTF 501375* *CRBio 50310-07/D*
✓ **Avifauna**	
Nicholas Kaminski *Biólogo, Esp.*	*CTF 501375* *CRBio 50310-07/D*
Meio Socioeconomico	
✓ **Sociologia**	*CTF 97418*
Carla Moraes *Socióloga*	
✓ **Arqueologia**	
Jonas Elias Volcov *Arqueólogo*	*CTF 540384*
Eliane Maria Sganzerla *Arqueólogo*	*CTF 540394*
Eloi Bora *Arqueólogo*	*CTF 540384*

1.2. Objetivos e Justificativa para o Empreendimento

O setor elétrico brasileiro, que no passado constituiu importante valor de expansão econômica, poderá ser um condicionador da velocidade desse crescimento, uma vez que a oferta de energia acompanhou a demanda num ritmo inferior. No período de 1991 a 1994, o consumo total de energia elétrica no Brasil aumentou a uma taxa média de 3,5% a.a., enquanto o PIB a 2,8% a.a. Nos seis anos seguintes, enquanto a taxa média do consumo subiu para 4,5% a.a. o PIB chegou apenas a 2,6% a.a. No entanto, nesse ínterim, a oferta de energia elétrica cresceu mais lentamente que o consumo: da década de 80 para a de 90 o crescimento da capacidade instalada caiu de 4,8% a.a. para 3,3% a.a. Como referência, nos últimos seis anos (de 1996 a 2000) o aumento da oferta de energia elétrica foi de 3,8% a.a., índice inferior ao do consumo.

Esta característica do mercado brasileiro de energia elétrica apresentar taxas superiores as do PIB, aliada ao descompasso entre o crescimento da oferta e da demanda, constitui um potencial entrave a rápida retomada do crescimento econômico.

Atualmente, o Brasil detém todas as condições para iniciar um novo ciclo de expansão ao longo dos próximos 10 anos, na década de 80, apesar da estagnação da atividade, o consumo de energia elétrica no país continuou crescendo a taxas significativamente elevadas (5,9% a.a.), grande parte em função da maturação dos projetos industriais propostos no II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) e implantados ao final dos anos 70 e pela constante queda do nível tarifário. Nesse período, o PIB aumentou em média 1,6% a.a. Na década seguinte, o consumo passou para uma taxa média de 4,1% a.a., enquanto o PIB foi para 2,6% a.a.

Na década de 80, apesar da estagnação da atividade, o consumo de energia elétrica no país continuou crescendo a taxas significativamente elevadas (5,9% a.a.), grande parte em função da maturação dos projetos industriais propostos no II Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND) e implantados ao final dos anos 70 e pela constante queda do nível tarifário. Nesse período, o PIB aumentou em média 1,6% a.a. Na

década seguinte, o consumo passou para uma taxa média de 4,1% a.a., enquanto o PIB foi para 2,6% a.a.

A análise da evolução da capacidade nominal instalada com relação à geração de energia elétrica, no período de 1980 a 2000, indicava um risco crescente de déficit do sistema.

A expansão da capacidade instalada do sistema, observada entre os períodos 1981/1990 e 1991/2000, apresentou uma redução de sua taxa de 4,8% a.a. para 3,3% a.a., respectivamente, enquanto o consumo, apesar da queda observada, ainda se manteve elevado.

O sistema praticamente conviveu com uma situação de esgotamento da capacidade ociosa existente, uma vez que não se implementou nenhum tipo de racionamento do uso da energia. Esta situação limítrofe se sustentou, basicamente, em função dos projetos hidrelétricos implantados no passado possuírem um dimensionamento que previa o crescimento da demanda por diversos anos.

Apesar deste degrau de antecipação do investimento ser um procedimento inerente ao modelo baseado na hidroeletricidade, a oferta de nova capacidade é relativamente inelástica. A expansão observada nas duas últimas décadas, se deve basicamente ao modelo regulador anterior, de responsabilidade da ELETROBRÁS, que planejava o aumento da oferta com base no crescimento da demanda informada pelas distribuidoras, sem o estabelecimento de compromissos de compra futura e estimulada pela remuneração garantida baseada no custo de serviço, mesmo que apenas contábil, em função do controle tarifário do governo.

O parque gerador de energia elétrica brasileiro está predominantemente composto por usinas hidrelétricas (**71,2% da potência instalada total**). As usinas termoelétricas (**9% restantes**) são utilizadas nos sistemas interligados, na complementação da geração hidráulica nos períodos de seca e picos de demanda. A geração térmica também vem sendo utilizada no suprimento de sistemas isolados, principalmente nas regiões Norte e

Centro-Oeste do Brasil. A predominância da geração de energia de origem hidráulica deve perdurar ainda por um longo período, face ao amplo potencial hidrelétrico economicamente competitivo do país.

As PCH's surgem como uma alternativa de rápido desempenho face a demanda de custos reais competitivos e impactos ambientais significativamente reduzidos e localizados. O Estado do Paraná se apresenta como o 3º Estado com maior potencial de geração de energia hidrelétrica a partir de PCH's no Brasil, com localização em áreas de carência social e baixos IDH's.

A PCH Pulo não foge a esta tendência e pode representar significativo aporte de energia para o desenvolvimento da região onde está inserida.

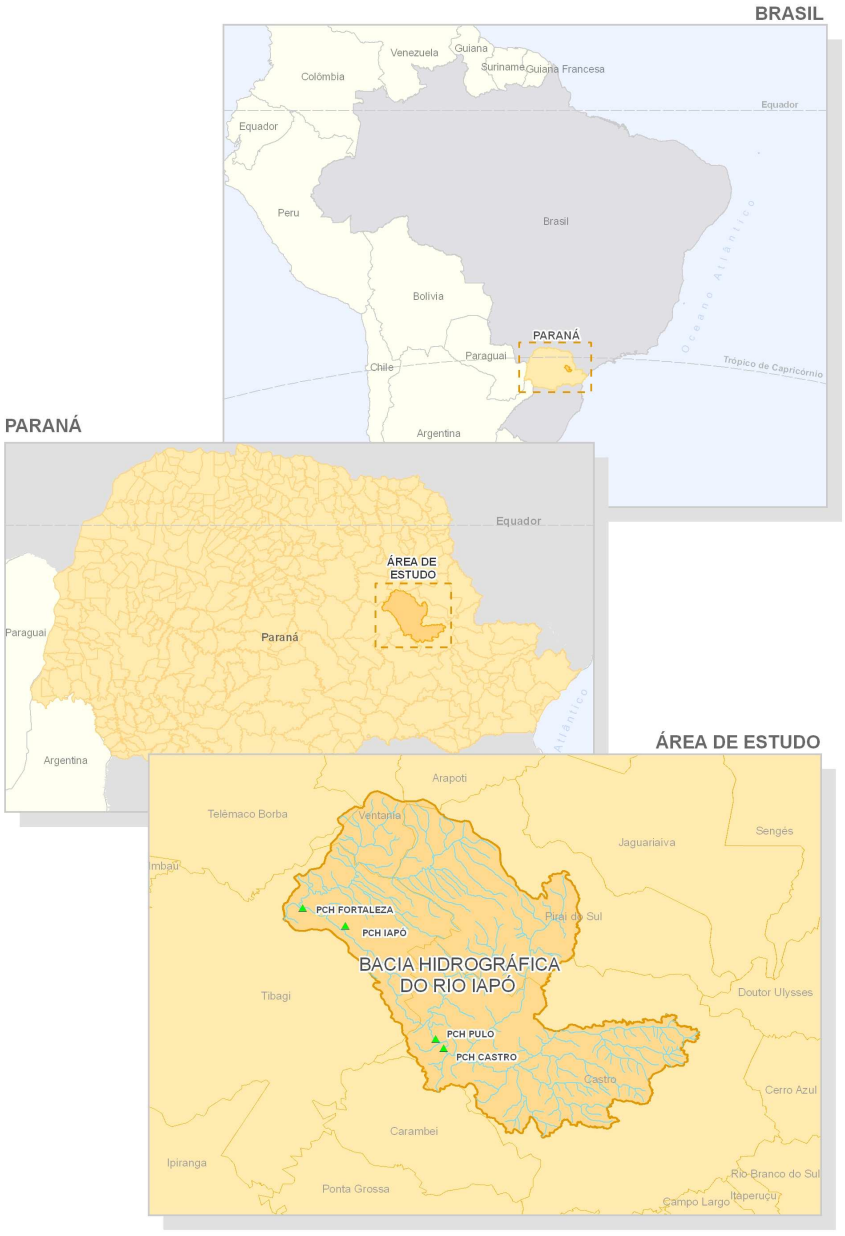
1.3. Aspectos Gerais e Localização do Empreendimento

A região compreendida pelo aproveitamento hidrelétrico tipo Pequena Central Hidrelétrica (PCH) denominada Pulo (7,30 MW), situa-se no município de Castro do Estado do Paraná, no rio Iapó. A PCH Pulo em seu km 54 contando a partir da foz no rio Tibagi, Estado do Paraná. (Figura 1.1).

Aspectos locacionais:

- Latitude: 24°43'04"S
- Longitude: 50°08'27"W
- Bacia: Paraná 06
- Sub-bacia: 64
- Município: Castro - PR

Figura 1.1: Mapa de Localização



1.4. Análise de Alternativas

1.4.1. Alternativas Tecnológicas

O atual Plano Decenal de Expansão para o ciclo 2008-2017 apresenta a expansão da oferta de energia elétrica com predominância da exploração de recursos hídricos e prevê ainda um aumento da participação termelétrica.

Mesmo com um aumento da geração termelétrica, o potencial hidrelétrico ainda será o grande responsável pela geração de energia. Isto decorre da alta competitividade econômica do potencial hidrelétrico. Além disso, os reservatórios das hidrelétricas, dentro da ótica de usos múltiplos da água, possibilitam que tais empreendimentos sejam considerados inserção regional.

As restrições levantadas aos empreendimentos hidrelétricos são, de um modo geral, de ordem sócio-ambiental. Atualmente, contudo, o setor elétrico tem reorientado suas ações no sentido de consolidar e sistematizar o conhecimento nessa área, de avaliar e caracterizar os custos e os benefícios sócio-ambientais, de intensificar e ampliar as ações mitigadoras e, por fim, de ampliar a participação da sociedade no processo de decisão de programas e projetos. Essas ações visam atenuar os aspectos negativos e ampliar os aspectos positivos dos empreendimentos, cabendo à sociedade como um todo a responsabilidade de estabelecer a medida de exploração desse potencial, a partir de uma perspectiva de desenvolvimento sustentado.

A opção pelas usinas hidrelétricas foi à trajetória tecnológica escolhida pelo País em razão da ampla disponibilidade de potenciais hidráulicos, a custos não excessivamente elevados e, sobretudo, em razão da falta de disponibilidade nacional de combustíveis fósseis.

Hoje, a participação hidrelétrica, fonte primária comum para a geração de energia elétrica no Brasil, alcança cerca de **90%**.

A fim de atender ao crescente consumo de energia elétrica no país, principalmente no que se refere às regiões Sul e Sudeste, o governo brasileiro vem desenvolvendo uma política abrangente de planos e programas de investimento para o Setor Elétrico Brasileiro, visando inclusive diversificar a matriz energética do País.

Dentre esses programas, destaca-se o Programa Prioritário de Termelétricas, que tem por objetivo aumentar a oferta de energia no País, a partir da implementação de diversas usinas termelétricas em vários Estados brasileiros. Esse programa pretende promover uma alteração da matriz energética brasileira aumentando a geração de energia de origem térmica nos próximos anos.

Essa nova concepção da matriz energética brasileira, principalmente com a utilização de gás natural, propicia condições de atendimento ao mercado a curto prazo e permite ganhos de confiabilidade e eficiência no sistema gerador de energia elétrica. Dessa forma, a participação do gás natural na matriz energética nacional deverá aumentar sensivelmente.

A alternativa hidrelétrica ainda é mais atrativa, tanto do ponto de vista técnico e econômico, como estratégico e ambiental. Quanto as Fontes Alternativas de Energia, a curto e médio prazo, o quadro que se apresenta é o de limitarem a ser uma alternativa suplementar e estratégica, que pode se tornar uma oportunidade de negócio que atraia os interesses da iniciativa privada.

É sabido que a experiência vivida pelos países desenvolvidos aponta para a necessidade de um meio de incentivo para tornar as Fontes Alternativas competitivas em relação às Fontes Convencionais. No Brasil em particular, este aspecto se reveste de maior gravidade pelo baixo custo da energia de origem hidráulica, hoje a maior parte amortizada, e pela incorporação de energia térmica com o uso de gás natural cujo preço, apesar de superior ao da energia de origem hidráulica, é bastante competitivo quando comparada às demais alternativas.

O Governo Federal lançou em 2004 o PROINFA – Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia que abrange a implantação de 1.000 MW de Eólica, 1.000 MW de Biomassa e 1.000 MW de Pequenas Centrais Hidrelétricas.

1.4.2. Alternativas Locacionais

1.4.2.1. Estudo de Alternativas

O presente item tem por objetivo estudar trecho do rio Iapó visando seu aproveitamento energético através da implantação de uma pequena central hidrelétrica – PCH Pulo.

O potencial em questão, no km 54, foi definido quando do estudo de inventário simplificado do rio Iapó, previamente realizado pela empresa Zapzalka Construtora e Engenharia Ltda.

O inventário do rio Iapó se constitui no processo ANEEL 48500.002196/04-23, aprovado através do despacho SGH/ANEEL nº 1.340 de 23 de junho de 2006. Posteriormente a aprovação do estudo de inventário foi requerida licença para elaboração do projeto básico em nome da empresa de propósito específico Pulo Energia Ltda., o qual recebeu aceite sob Despacho da ANEEL Nº 2.367, de 13 de outubro de 2006. Este potencial foi outorgado previamente à Pulo Energia LTDA. – através da Portaria SUDERHSA n°1025/2008 - DRH.

A filosofia deste projeto considera a exploração da energia local para comercialização no mercado de energia através de contratos de longo e médio prazo, configurando a situação de produtor independente de energia elétrica.

Os aproveitamentos definidos no estudo de Inventário do rio Iapó foram:

- PCH FORTALEZA km 7
- PCH IAPÓ km 17
- PCH GUARTELÁ km 20
- PCH PULO km 54
- PCH CASTRO km 60

Quadro 1.1. Resumo do Estudo de Inventário Hidrelétrico do rio Iapó, Paraná

QUADRO-RESUMO - INVENTÁRIO HIDRELÉTRICO							
Nº do Processo			48500.002196/04-23				
Nome(s) do(s) Interessado(s)			ZAPZALKA CONSTRUTORA E ENGENHARIA LTDA				
Nome do Rio e Trecho			RIO IAPÓ (NASCENTE A FOZ)				
Afluente do Rio (citar também a margem)			RIO TIBAGI PELA MARGEM DIREITA				
Nome da Bacia			RIO PARANÁ				
Nº da Sub-Bacia			64				
Nome(s) do(s) Estado(s)			PARANÁ				
IDENTIFICAÇÃO DOS APROVEITAMENTOS	NÚMERO DE ORDEM		1	2	3	4	5
	NOME DO APROVEITAMENTO		PCH FORTALEZA	PCH IAPÓ	PCH GUARTELÁ	PCH PULO	PCH CASTRO
	RIO		FORTALEZA/IAPÓ	IAPÓ	IAPÓ	IAPÓ	IAPÓ
	COORD. UTM	E	563.488	569.911	571.282	586.898	589.170
		N	7.292.124	7.289.073	7.287.972	7.266.015	7.263.800
	COORD. GEOGR.	LATITUDE	24º 28' 59" S	24º 30' 38" S	24º 31' 13" S	24º 43' 04" S	24º 44' 16" S
		LONGITUDE	50º 22' 24" W	50º 18' 36" W	50º 17' 47" W	50º 08' 27" W	50º 07' 06" W
	DISTÂNCIA DA FOZ (km)		7	17	20	54	60
	ÁREA DE DRENAGEM (km^2)		3046	2221	2210	1697	1668
	ÁREA DE DRENAGEM TOTAL (km^2)		3069				
CARACTERISTICAS FÍSICAS	NÍVEIS D´ÁGUA (m)	MONTANTE MÁXIMO NORMAL Namax	706,50	750,00	760,00	953,60	967,00
		MONTANTE MÍNIMO NORMAL Namin	706,00	749,50	759,50	953,10	967,00

		MÉDIO Named	706,25	749,75	759,75	953,35	967,00
		MAX. NORMAL A JUSANTE Naj	690,10	706,50	750,00	932,00	953,80
		DEPLEÇÃO	0,5	0,5	0,5	0,5	0
	VOLUMES DO RESERVATÓRIO (10^6 m^3)	TOTAL	10,40	1,85	0,83	0,78	0,04
		ÚTIL	1,08	0,17	0,11	0,23	0,00
	ÁREAS DO RESERVATÓRIO (km^2)	NO N.A. MÁXIMO NORMAL	2,21	0,35	0,22	0,21	0,08
		NO N.A. MÉDIO	2,21	0,35	0,22	0,21	0,08
	QUEDAS (m)	BRUTA MÁXIMA - Hb1	16,40	43,50	10,00	21,60	13,20
		BRUTA MÉDIA - Hb2	15,90	43,00	9,50	21,10	13,20
		LÍQUIDA MÁXIMA - H1	16,05	40,04	9,81	21,27	12,43
		LÍQUIDA MÉDIA - H2	15,55 *	39,57	9,32	20,77	12,43
	VAZÕES (m^3/s)	MÉDIA DE LONGO TERMO – MLT (DE MAI/1930 A DEZ/2002)	58,11	42,37	42,16	32,37	31,82
		MÉDIA DO PERÍODO CRÍTICO - Q_r	47,82	34,87	34,70	26,64	26,19
		Q MÍN MÉDIA MENSAL (m^3/s)	6,26	4,56	4,54	3,49	3,43
		Q MÁX TURBINADA (m^3/s)	71,23	52,18	52,05	39,84	39,23
		DE PROJETO DO DESVIO (TR= 2 ANOS)	628	150	140	131	89
		DE PROJETO DO VERTEDOURO (TR= 1000 ANOS)	3069	2238	2227	1710	1681
		VAZÃO REMANESCENTE (m^3/s)	2,37	1,73	1,72	1,32	1,30
CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS		ENERGIA MÉDIA (MW) médios	6,03	10,98	2,68	4,46	2,56
		ENERGIA FIRME (MW) médios	5,07	9,23	2,25	3,74	2,15

	(A) POTÊNCIA DE REFERÊNCIA (MW)	9,85	18,00	4,40	7,30	4,20
	(B) POTÊNCIA INSTALADA (MW)	9,85	18,00	4,40	7,30	4,20
TURBINAS	QUANTIDADE	4	3	2	2	2
	TIPO DE TURBINA	KAPLAN S DUPLA REG	FRANCIS DUPLA	KAPLAN S DUPLA REG	FRANCIS DUPLA	KAPLAN S DUPLA REG
	TIPO DE EIXO	HORIZONTAL	HORIZONTAL	VERTICAL	HORIZONTAL	HORIZONTAL
	(C) CUSTO TOTAL x 10^6 R$ (COM JDC)	21,15	35,01	10,08	13,52	13,13
CUSTOS	CUSTO-ÍNDICE DE REFERÊNCIA (C) / (A) x 10^3 R$ / kW	2.147	1.945	2.290	1.852	3.127
REFERÊNCIA: DATA: 03/2005	CUSTO-ÍNDICE DE INSTALAÇÃO (C) / (B) x 10^3 R$ / kW	2.147	1.945	2.290	1.852	3.127
US$ 1,00 = R$ 2,70 TAXA DE JUROS 12%aa PERÍODO 30anos	ÍNDICE CUSTO BENEFÍCIO - ICB R$ / MWh	53,12	47,89	58,56	46,92	78,13
OBSERVAÇÕES		* NOS CÁLCULOS ENERGÉTICOS FOI EMPREGADA A QUEDA LÍQUIDA MÁXIMA TENDO EM VISTA A DEPLEÇÃO SER UTILIZADA EM POUCAS HORAS AO DIA E APENAS NO CASO DE SUPRIMENTO DO REGIME DE PONTA. EM GERAL A OPERAÇÃO SERÁ A FIO D' ÁGUA.				

1.4.2.2. Estudo de Alternativas PCH Pulo

Critérios gerais

O arranjo do potencial PCH Pulo é o caso típico de um aproveitamento de média queda e um circuito hidráulico curto.

No local previsto para instalação do eixo de barramento da PCH Pulo o rio concentra-se em um canal estreito bem encaixado com ombreiras altas de inclinação acentuada.

Seguindo o raciocínio dos estudos de inventário, a opção pelo barramento mais alto justifica-se pelo aproveitamento total do desnível disponível à montante até a PCH Castro, e a escolha do eixo justaposto a seqüência de corredeiras principais faz com que a queda bruta total seja aproveitada com um circuito hidráulico reduzido.

O custo de implantação de um barramento alto em concreto foi o ponto básico do estudo de seleção de alternativas. Duas opções foram analisadas: a primeira seria a implantação de uma barragem em enrocamento com face em concreto a segunda opção, mais conservadora e corresponde à solução adotada no estudo de inventário, será a utilização de uma barragem maciça em concreto.

Baseado nestas duas opções construtivas de barramento e na influência que elas teriam sobre o arranjo geral, abriu-se duas alternativas, nas quais foram analisados os pontos positivos e negativos de cada uma delas do ponto de vista econômico, construtivo e ambiental.

ALT. 01 – Barragem em enrocamento com face em concreto, vertedores laterais nas obreiras e desvio por túnel;

ALT. 02 – Barragem em concreto com vertedor central desvio por adufas.

As variantes concentram-se então no tipo de barramento, onde o critério de decisão refere-se ao material básico de execução e, condicionado à escolha anterior, o posicionamento da soleira vertente.

1.4.2.3. Descrição geral das alternativas consideradas para a PCH Pulo

A adoção de uma barragem alta representa uma parcela significativa do custo total de implantação de uma usina do porte da PCH Pulo. Baseado nesta afirmação o lançamento das alternativas na fase de projeto básico confrontou a vantagem econômica em adotar-se uma barragem em enrocamento com face em concreto frente a solução convencional da barragem maciça em concreto.

Notavelmente a barragem em enrocamento tem um custo de implantação mais baixo, porém necessita que o vertedor seja deslocado para as ombreiras, exigindo um volume grande de escavações em solo / rocha para implantação dos canais de aproximação. Além disso, para realização do desvio do rio nesta alternativa foi proposto um túnel sob a ombreira direita, que apesar da pequena extensão, agrega um custo significativo.

As duas alternativas tem as barragens lançadas no mesmo eixo, portanto contam com a mesma área de drenagem. Também aproveitam o mesmo desnível bruto com perdas hidráulicas equivalentes e conseqüentemente mesma produção energética. Nestas condições o julgamento da alternativa selecionada deve se ater aos aspectos econômicos e construtivos, avaliando principalmente o risco da obra. A seguir detalham-se as duas alternativas estudadas.

ALT. 01 – Barragem em Enrocamento com Vertedor Lateral e Desvio do Rio por Túnel.

Gerais – Este arranjo alternativo foi sugerido na tentativa de baixar o custo total de implantação da PCH Pulo propondo a substituição da barragem em concreto maciço por uma barragem em enrocamento com face em concreto. O eixo de barramento, bem

como os níveis de montante e jusante seriam os mesmos propostos no estudo de inventário.

Arranjo – A Alternativa 01 inicia-se com um barramento com 15,50m de altura no seu ponto mais alto, com crista de 115m de extensão pela cota 957,50, posicionada sobre a soleira que coroa por montante o trecho das corredeiras aproveitadas. Nesta alternativa propõe-se uma barragem em enrocamento com face em concreto.

O emprego de barragens de enrocamento com face em concreto vem aumentando devido principalmente ao menor custo de implantação comparado a uma barragem de dimensões equivalentes em outro modelo construtivo. Esta economia é justificada pelo menor valor agregado do material básico de construção e pela possibilidade de utilização deste material proveniente de jazidas locais ou até mesmo das próprias escavações da obra. Além disso, atende a todos os requisitos técnicos de estabilidade, durabilidade e estanqueidade.

Pesquisas relacionadas e este tipo de barragem sugerem um zoneamento do maciço de enrocamento. O desvio do rio seria feito através de um túnel de seção arco retângulo de 7,50m de diâmetro e 90m de extensão, escavado sob a margem direita. Após as atividades de desvio o túnel seria fechado permanentemente através de pranchões stop log encaixados em uma estrutura de concreto construída no seu emboque, a qual teria o seu topo acima do nível de montante.

Com a adoção da barragem em enrocamento os vertedores, cuja extensão total mede 150m, foram deslocados para as ombreiras, exigindo a escavação de canais de aproximação capazes de conduzir a vazão milenar até a soleira vertente em velocidade adequada e sem grandes perdas de carga, evitando assim a elevação das cotas de proteção da barragem e câmara de carga.

O circuito hidráulico se inicia a partir deste canal de aproximação pela margem direita restando a execução de um pequeno canal adutor até a câmara de carga. A câmara de

carga seria construída em concreto armado dotada de painel de grades finas e equipamento limpa-grades.

Contaria ainda com duas comportas vagão com rodas de fechamento automático através de um gatilho hidráulico. A abertura das comportas é feita através de uma talha elétrica. A partir da câmara de carga partem duas linhas de condutos forçados que alimentam individualmente cada turbina.

A casa de força nesta concepção estaria posicionada junto a margem e abrigaria as unidades geradoras dispostas paralelamente e resguardadas dos efeitos da enchente. A sala de comando ficaria posicionada sobre os condutos em um pátio elevado.

O nível de jusante proposto no inventário seria buscado através de um longo canal de fuga que rebaixaria o poço em frente casa de força ao nível 932,00, detonando a soleira que atualmente controla o nível aproximadamente na elevação 933,50.

Dados Energéticos - A alternativa 01 demanda um engolimento de 40,10m³/s apresentando uma perda de carga de 2,7% do seu desnível bruto e, portanto uma queda líquida de 21,02m.

Sua energia assegurada para a potência instalada de 7,30MW é de 4,56 MWmed, ou seja, apresenta fator de capacidade 0,62.

Custo de implantação - O arranjo foi orçado em R$19.416.000,00 o que reflete em um custo índice de instalação de 2.660R$/kW e um custo médio de geração de 65,94R$/MWh para uma taxa de juros de 12%a.a. e um período de amortização de 30anos.

Impactos ambientais previstos e risco de obra – Este arranjo apresenta um circuito hidráulico bem reduzido com uma barragem relativamente alta, no entanto o impacto gerado neste caso não apresenta maiores problemas devido a calha do rio ser bem encaixada no trecho e as margens serem desabitadas.

Além disso, o afogamento de corredeiras previsto no inventário faz com que o lago não se estenda muito.

A tecnologia de execução de barragens em enrocamento com face de concreto está bem desenvolvida, porém deve-se ter um projeto bem feito e execução cuidadosa. As atividades de desvio nesta alternativa também são mais complexas, exigindo a construção de um túnel de desvio com aproximadamente 90m, ensecadeiras mais altas e detonações de emboque e desemboque com maior precisão devido ao pouco espaço entre as estruturas.

ALT. 02 – Barragem Maciça em Concreto

Gerais – Esta alternativa segue as linhas do arranjo proposto no inventário, tanto em solução construtiva quanto na conservação dos níveis propostos naquele estudo. Trata-se de uma concepção mais conservadora que tem no seu principal custo de obra civil o elevado volume de concreto exigido na construção da barragem.

Arranjo – A alternativa 02 mantém-se no mesmo eixo proposto na alternativa anterior, com exceção do trecho sobre a ombreira direita que foi deflexionada para que o canal adutor se inicie ao final do canal de aproximação do vertedor. Neste caso o vertedor está posicionado sobre a barragem tomando todo o trecho central do rio estendendo-se sobre as ombreiras totalizando uma crista vertente de 146m. O circuito hidráulico inicia-se ao final do canal de aproximação do vertedor seguindo com um canal adutor escavado em solo / rocha por 72m até a câmara de carga.

A partir deste ponto o circuito hidráulico torna-se idêntico ao da alternativa 01, com uma câmara de carga construída em concreto armado e dotada de painel de grades finas, equipamento limpa grades, duas comportas vagão com rodas de fechamento através de gatilho hidráulico automático monitorado da casa de força e abertura através de talha elétrica.

A partir da câmara de carga partem duas linhas de condutos forçados que alimentam individualmente cada turbina. A casa de força nesta concepção estaria posicionada junto a margem e abrigaria as unidades geradoras dispostas paralelamente e resguardadas dos efeitos da enchente. A sala de comando ficaria posicionada sobre os condutos em um pátio elevado.

O nível de jusante proposto no inventário seria buscado através de um longo canal de fuga que rebaixaria o poço em frente casa de força ao nível 932,00, detonando a soleira que atualmente controla o nível aproximadamente na elevação 933,50.

Dados Energéticos - A alternativa 02 igualmente demanda um engolimento de 40.10m³/s apresentando uma perda de carga de 2,7% do seu desnível bruto e portanto uma queda líquida de 21,02m. Sua energia assegurada para a potência instalada de 7,30MW é de 4,56 MW med, ou seja, apresenta fator de capacidade 0,62

Custo de implantação - O arranjo foi orçado em R$16.738.000,00 o que reflete em um custo índice de instalação de 2.293R$/kW e um custo médio de geração de 57,61R$/MWh para uma taxa de juros de 12%a.a. e um período de amortização de 30anos.

Impactos previstos e risco de obra – O impacto mais relevante imposto pela a construção da PCH Pulo refere-se ao lago formado pelo barramento de 12m de altura. Porém, conforme já descrito na alternativa 01, o impacto gerado neste caso não apresenta maiores problemas devido a calha do rio ser bem encaixada no trecho e as margens serem desabitadas. Além disso, o afogamento de corredeiras previsto no inventário faz com que o lago não se estenda muito.

A implantação deste arranjo é bastante segura e utiliza-se de técnicas bem conservadoras de barramento e desvio do rio. Pode-se dizer que apresenta um risco de implantação menor em relação à alternativa 01.

1.4.2.4. Seleção de alternativa

Baseado nos levantamentos anteriormente apresentados onde as alternativas foram devidamente dimensionadas e orçadas, além da detecção de possíveis riscos que poderiam comprometer a implantação deste ou daquele arranjo, procedeu-se à fase de seleção de alternativa básica para posterior detalhamento e relatório final.

É importante salientar que os arranjos considerados apresentam obras exeqüíveis e compatíveis com a ótica de PCH's, onde as alternativas buscaram o aproveitamento alternativo de um mesmo desnível bruto.

Ressalta-se também que este desnível é compatível com aquele proposto no estudo de inventário, mantendo inclusive as mesmas cotas de montante e jusante. Visto que os arranjos apresentados possuem a mesma área de drenagem contribuinte e com perdas de carga muito próximas, a produção energética é praticamente a mesma, portanto o diferencial a ser analisado refere-se ao custo de instalação da obra.

Adentrando nos aspectos econômicos, efetuaram-se orçamentos integrados dos dois arranjos propostos, permitindo uma comparação simultânea direta, inclusive com variação de alguns cenários mercadológicos e de custo, possibilitando uma tomada segura de decisão ao se avaliar a robustez destes arranjos.

É importante esclarecer que os orçamentos foram conduzidos de modo uniforme, seja através da aplicação dos mesmos custos unitários, seja através da real quantificação dos volumes e serviços especiais envolvidos em cada alternativa.

Isto posto, para o cenário orçamentário considerado conclui-se que a solução em barragem maciça em concreto consolidada na alternativa 02 apresenta menor custo de implantação.

Importante ressaltar que estas análises até o presente momento basearam-se em cenários estáticos e em um conjunto pré-concebido de custos, buscando refletir a atual realidade do mercado.

Porém não deve ser eliminada a possibilidade de variação de preço de alguns insumos específicos que atingem diretamente o comportamento econômico das alternativas em questão.

Através de uma análise de sensibilidade é possível determinar até quando uma alternativa é interessante perante a outra, frente a variações de determinados custos unitários específicos, ou verificar com que grau de certeza está tomando a decisão de seleção.

Para tanto foi modelado um cenário admissível de variação de custos unitários e rodados os orçamentos simultaneamente das duas alternativas, para apreciação do impacto no custo de geração. Admitiu-se uma variação percentual positiva e negativa de:

• 30% nos custos do concreto, em todas as suas especialidades;
• 30% nos custos de terraplenagem, escavações em solo, rocha e subterrâneas;
• 50% no custo do aço.

Estas análises foram conduzidas em software Excel e contemplam a variação de apenas um grupo de custos unitários por vez, mantendo os demais custos fixos. Os resultados são recolhidos e apresentados de forma gráfica enquanto que o modelo retorna a seu estado inicial que originalmente está calibrado com a seguinte relação de custos unitários:

A variação dos custos de terraplenagem está fortemente ligado à variação dos custo de combustível, seguido pelo custo de explosivos e acessórios. Aplicou-se a mesma faixa de variação de 30% no custo dos serviços de terraplenagem. Neste caso a alternativa 01 teve seu custo de geração sensivelmente alterado passando de R$ 65,94/MWh para

R$ 70,20 /MWh, um aumento de 6% no limite superior. O custo de geração da alternativa 02 sofre pouca alteração neste caso.

Vale ressaltar que dentro deste grupo de serviços que tiveram o seu custo variado nesta categoria está a escavação subterrânea para implantação do túnel de desvio, proposto na alternativa 01, o qual contribuiu para a variação mais acentuada na tarifa.

Analogamente às análises anteriores, pesquisou-se o impacto gerado nas alternativas com a variação do custo da chapa de aço. Já esperava-se que ambas as alternativas impactos semelhantes devido ao consumo de chapa nos condutos ser o mesmo, mesmo assim o estudo é válido para identificar a faixa de variação das tarifas.

Fica claro quais os pontos estratégicos visando o controle de custo de implantação do arranjo a ser selecionado. A escala de ambos os gráficos coincide, possibilitando visualmente tirar algumas conclusões preliminares.

Devido aos quantitativos bem diferenciados em cada arranjo, a resposta das alternativas ocorre de forma diferente em função das variações no cenário de custo. A alternativa 01 sofre mais as influências da variação do custo de terraplenagem enquanto a alternativa 02 é mais sensível às flutuações do concreto.

A outra conclusão é de que a alternativa 02 apresenta patamar tarifário inferior a da alternativa 01, qualquer que seja o cenário, apresentando-se pouco mais estável. O centro das interseções está na tarifa R$ 57,61/MWh na alternativa 02 enquanto que para a alternativa 01 este ponto representa uma tarifa de R$ 65,94 /MWh.

Analisando-se a questão ambiental os dois arranjos apresentam graus de impacto semelhantes, mas deve ser observado que o arranjo proposto na alternativa 02 em concreto apresenta uma interferência mais leve com as ombreiras resultando em um volume menor de material para bota fora.

O empreendimento deve trazer um impacto socioeconômico positivo em se considerando a contratação de mão de obra local com abertura de 100 postos de trabalho diretos, e melhoria da economia do município, ainda que temporariamente.

Após a análise do conjunto de possibilidades imaginado para o empreendimento PCH Pulo, o grupo empreendedor pesou os méritos e dificuldades de cada alternativa, contemplando diversos aspectos que influenciam na viabilidade do conjunto a saber:

• Facilidades construtivas e risco de obra;
• Riscos operacionais;
• Custo comparativo de implantação e geração;
• Produção energética;
• Questões relacionadas a terras e dificuldades de aquisição ou desapropriação;
• Condicionantes ambientais.

Esperava-se que a redução do custo conseguido com a substituição da barragem maciça em concreto por uma barragem em enrocamento com face em concreto, estudada na alternativa 01, resultasse na redução do custo total instalado do aproveitamento. Porém, a necessidade de deslocar o vertedor para as ombreiras aumentou muito o volume total de escavação em rocha, além disso, o processo de desvio do rio neste arranjo tem seu custo elevado pela necessidade da implantação de um túnel de desvio. Portanto a economia gerada pela adoção de uma solução alternativa de barramento foi insuficiente frente aos artifícios necessários à viabilização de sua construção.

Como desfecho coloca-se que a alternativa 02 com barragem maciça em concreto apresenta o menor custo instalado e condições mais seguras de implantação da obra, sendo fiel ao arranjo proposto no estudo de inventário. Sugere-se que este seja o arranjo a ser detalhado e otimizado conforme procedimentos de projeto básico.

A alternativa selecionada nesta primeira fase, portanto é a alt. 02 com a barragem maciça em concreto, com 21,60m de desnível bruto, com uma potência instalada de 7,30MW.

1.4.2.5. Detalhamento da Alternativa Selecionada (ANEXO 01 – Ficha Técnica do Empreendimento)

Desnível máximo aproveitável

É obrigação do projetista investigar dentro do escopo do projeto básico, fase onde há maior detalhamento das informações de campo, se existe possibilidade de aumento da queda bruta aproveitável frente a referência inicial colocada pelo estudo de inventário. A queda bruta pode ser aumentada ou pela adoção de um nível mais elevado na barragem e captação ou pela mudança do ponto de restituição mais a jusante.

O estudo de inventário definiu a queda bruta do aproveitamento PCH Pulo como 21,60m contida entre as elevações 953,60 – montante e 932,00 – jusante. Para montante há um impedimento legal imposto pelo estudo de inventário, onde o nível de montante da PCH Pulo justapõe-se ao nível do canal de fuga da PCH Castro.

Verificou-se que para jusante as condições naturais não permitem agregar mais queda, mesmo porque o arranjo já faz uso de um canal de fuga extenso buscando um nível de jusante com o rebaixo do poço em frente a casa de força.

Como conclusão, após ser verificado que a queda bruta disponível no local já está totalmente aproveitada, decidiu-se manter os níveis propostos no estudo de inventário ficando assim estabelecidos: 953,50 para o nível de montante e 932,00 para o nível de jusante. As discussões que serão apresentadas a seguir visam justificar as soluções adotadas em cada estrutura buscando aproveitar este desnível, de modo mais econômico e seguro.

1.4.2.6. Barramento

Eixos estudados

Quanto à solução de barramento para a PCH Pulo, buscou-se um ponto com boas condições de fundação cuja cota de assentamento, aliada à largura da calha do rio, resultasse em uma barragem com o mínimo volume de concreto.

O eixo escolhido durante o estudo de inventário foi mantido, pois foi o que melhor atendeu as condições naturais buscadas, no entanto ao adentrar na ombreira direita a barragem foi deflexionada, buscando com isso aumentar o comprimento de soleira vertente e já direcionar o fluxo ao início do circuito hidráulico, diminuindo a extensão do canal adutor.

A forte estiagem do mês de junho de 2006 facilitou o trabalho da equipe de topografia e permitiu que regiões normalmente encobertas pela água fossem cadastradas a seco com melhor nível de detalhes.

A posição adotada fica sobre a primeira corredeira a montante do trecho de desnível mais acentuado. Neste ponto o barramento estará fundado sobre laje de riolito sã com pouca incidência de fraturamento, na qual está previsto a fixação de tirantes, além da previsão de injeções de consolidação e vedação para maior segurança.

1.4.2.7. Tipo de barragem, vertedor e desvio do rio

Após séries de estudos desenvolvidos neste item, chegou-se a conclusão de que a adoção de uma barragem maciça em concreto, apesar de isoladamente apresentar um alto custo de implantação, torna-se mais viável quando o arranjo é analisado como um todo. Portanto optou-se por um barramento maciço em concreto com um trecho em soleira vertente.

A extensão total da crista da barragem, incluindo vertedor, ombreira e galeria de desvio é de 182,60m, tendo aproximadamente 12m de altura máxima no trecho central. O trecho vertedor do arranjo proposto foi devidamente dimensionado para a cheia de projeto TR1000 anos sem uma elevação excessiva do nível de água a montante com o remanso formado. Possui uma extensão de 146m e foi deflexionado sobre a ombreira direita de forma que o canal adutor inicie ao final do canal de aproximação ao vertedor.
As seções adotadas para a barragem a gravidade, inclusive no trecho em vertedor, consideram taludes tradicionalmente estáveis com paramento vertical de montante e de 0,75H:1,00V para talude de jusante. O espaçamento entre juntas construtivas seria de 20,0m, utilizando-se junta pré - moldada tipo fungenband-O22. A figura a seguir ilustra, através de seções típicas, as seções transversais propostas nesta concepção para os trechos em ombreira e vertedor respectivamente.

1.4.2.8. Seções típicas - Ombreira e vertedor.

Durante as campanhas de sondagens e avaliações geotécnicas não foram constatados fraturamentos no riolito sobre o qual a barragem será assentada, mesmo assim nos orçamentos foi prevista uma verba para eventuais impermeabilizações que se façam necessárias.

O bloco de desvio, composto por uma galeria com comporta stop log e mais duas adufas, foi posicionado entre trechos de vertedor, lateralmente ao canal mais fundo do rio no eixo da barragem. Este bloco está contido entre trechos de vertedor e deverá ser acessada pela margem esquerda através de uma passarela.

1.4.2.9. Níveis d’água, lago e reservatório

Devido à limitação imposta pela partição de quedas do estudo de inventário, o nível máximo normal de montante foi posicionado na cota 953,60m. Neste nível é formado um lago com espelho d’água de 26,08 ha, dos quais 9,11ha correspondem a calha natural do rio. O lago seria rodeado por uma faixa de proteção permanente mínima de 13,86 ha em se considerando uma faixa de 30m.

As margens do rio Iapó no trecho a ser alagado são desabitadas. Também não foram encontradas áreas de lazer ou sistemas de captação de água, portanto nenhuma benfeitoria foi atingida, com exceção de um trecho do acesso que deverá ser relocado.

As características do reservatório foram bem avaliadas quanto aos aspectos de depleção ótima, tempo de esvaziamento, tempo de enchimento, remanso, assoreamento entre outros.

O enchimento do lago deve ocorrer em um tempo estimado de 8,2 horas em se liberando a jusante do valor 1,32m³/s, para uma condição de afluência igual à vazão 30% de permanência, no caso 43,20m³/s.

Recomenda-se evitar um enchimento demasiadamente rápido de modo a prejudicar a migração das espécies terrestres para faixas mais altas a salvo do futuro lago. Nesse sentido o tempo de enchimento pode ser controlado, em caso de afluência alta, através da abertura da comporta.

Quanto ao tempo de residência da água no reservatório podemos afirmar que a renovação de seu volume total de 1,24x 106 m³ deve ocorrer em 8 horas em regime normal (vazão 30%permanência) o que configura um baixo tempo de residência, sendo o volume total renovado algumas vezes ao dia.

Quanto aos níveis a serem atingidos para montante visando a passagem da onda de cheia pelo vertedor, verificou-se que não há necessidade de adoção de comportas ou outros dispositivos para aumentar a capacidade de vertimento da usina.
Os cento e quarenta e seis metros de soleira livre são suficientes para o escoamento da cheia milenar de 1.710m³/s com uma lâmina d'água aceitável para uma pequena central hidrelétrica – 2,92m.

Os estudos de remanso efetuados não indicaram nenhuma interferência maior para montante. Assim as interferências com o ambiente na região do lago ocorreriam em

cheias excepcionais, poucas vezes ao ano e em área desocupada. A seguir é apresentada a curva chave para o vertedor.

1.4.2.10. Desvio do rio

Deverá ocorrer em duas fases, através de ensecadeiras de argila/enrocamento, ilustradas nos desenhos 10 e 11. A vazão mínima de desvio considerada é a de 2 anos de recorrência correspondendo a 146m³/s. Os dimensionamentos de desvio indicaram vazões bem mais elevadas para a primeira fase.

Na primeira fase será construída uma ensecadeira pela cota 945,80 enlaçando a região do bloco de desvio na margem esquerda e forçando o fluxo do rio para a margem direita. O lançamento desta ensecadeira permitiria a construção a seco da galeria de desvio, adufas e ombreira esquerda.

Paralelamente seguem as obras de escavação do canal de aproximação na ombreira direita cuja cota mínima de trabalho não é alcançada pelos níveis do rio durante as atividades de desvio.

Nesta fase com duração prevista de quatro meses, o comprimento da soleira natural de controle do rio ficaria reduzido a metade, fazendo com que a passagem da vazão de 2 anos de recorrência faça o nível de água alcançar a el. 944,37.

A segunda fase de desvio do rio inicia com a construção de uma ensecadeira transversal a partir da margem direita na el. 947,20 em direção ao bloco de desvio, liberando a calha do rio para a construção da barragem / vertedor. O cordão de ensecadeira de primeira fase seria removido à medida que se avançasse a ensecadeira de segunda fase, com lançamento em ponta de aterro em um nível inicial mais baixo permitindo a compactação e garantindo a vedação do material argiloso. A declividade acentuada do trecho a jusante da barragem impede o retorno da água dispensando o lançamento de ensecadeiras por jusante.

Terminada a implantação do barramento as duas adufas serão fechadas através de pranchões stop log de concreto e a região posterior concretada seguindo a seção do vertedor adjacente.

Nesta última fase de rápida execução o rio passaria a correr somente pela galeria de desvio.

A plataforma final das ensecadeiras será de 4,00m, suficiente para se trabalhar com um trator de esteira. A mesma será construída de argila compactada no núcleo e com enrocamento de pedra lançada do lado que será solicitado à ação hidrodinâmica da água. A inclinação do talude neste mesmo lado está prevista ser de 1,3H:1,0V.

Os materiais para construção da ensecadeira serão provenientes das próprias escavações para implantação das ombreiras e canal adutor e caso seja necessário, existem várias áreas de empréstimo de argila ao longo da estrada de acesso ao aproveitamento.

1.4.2.11. Circuito hidráulico

O circuito hidráulico deve ser projetado visando a menor perda de energia do fluxo desde o reservatório até seu ponto de restituição ao curso natural do rio, dentro de um traçado exeqüível e com custos compatíveis.

O arranjo da PCH Pulo aproveita um trecho concentrado de quedas naturais conduzindo a água através de um circuito hidráulico curto composto por canal, câmara de carga, condutos forçados e canal de fuga.

O projeto está coberto por base topográfica conferida, devidamente nivelada e amarrada ao referencial oficial. A especificação da topografia ora levantada visou atingir os requisitos de precisão para a próxima fase – projeto executivo.

Com o arranjo estabelecido e devidamente dimensionado, foram verificadas as perdas de carga nas diversas estruturas para o regime de funcionamento a plena carga com engolimento nominal de 39,84m³/s.

A perda total encontrada foi de 0,548m de queda, o que resulta uma queda disponível na turbina ou design head de 21,05m.

Também foram avaliadas as perdas hidráulicas para outras condições operativas, na tentativa de definir uma curva de perdas x potência instantânea. Estes dados sugerem uma curva de perdas com formato exponencial.

O canal adutor parte lateralmente à barragem ao final do canal de aproximação do vertedor na margem direita. A deflexão imposta ao eixo da barragem gerou um canal adutor bastante reduzido.

A tomada d'água é do tipo direta sem estrutura de controle, estando previsto somente um cordão de flutuantes com tela defletora para evitar a entrada de objetos de maiores dimensões ao circuito hidráulico.

O traçado do canal adutor resultou em 72m de extensão com eixo lançado para que a seção transversal molhada esteja plenamente encaixada em rocha. Devido à não existência de estrutura de controle na entrada do canal, o mesmo estará sujeito às variações dos níveis de montante, estando prevista uma mureta em concreto no seu trecho final para conter a elevação referente a cheias excepcionais.

O canal foi projetado em seção retangular com uma base de 6,00m e uma profundidade média de 6,0m. Como seu traçado prevê corte em rocha, deve ser executado um bom pré-fissuramento visando definir as paredes de corte, executado em uma única bancada. O material a ser cortado no canal, segundo sondagens efetuadas, é o solo coluvio/residual e saprolítico, passando rapidamente a rocha riolito extremamente dura, sem presença de água e espessura de solo variando de 0,0m a 2,0m.

Os taludes laterais visando a estabilidade do corte em solo foram tomados como 1,0H:1,0V e vertical para o trecho em rocha. A seção transversal típica é ilustrada abaixo.

1.4.2.12. Câmara de carga

Ao final do canal será posicionada uma câmara de carga que fará a transição para o conduto forçado. Esta estrutura será construída em concreto armado e estará assentada sobre rocha sã de boa qualidade, com o volume parcialmente encaixado em rocha.

A câmara de carga contará com dois painéis de grade fina e equipamento limpa-grades. Está prevista a utilização de duas comportas vagão com rodas para realizar o fechamento independente das linhas de conduto. Essas comportas terão seu acionamento ativado através de gatilhos hidráulicos automáticos. A consideração destas comportas de emergência evita a necessidade de duas válvulas borboleta de grande diâmetro na casa de força, que apresentam custos e perdas de carga indesejáveis. A abertura das comportas vagão é feita através de uma talha elétrica, através de uma viga pescadora. Em caso de sobrevelocidade o sistema supervisório comanda o acionamento do gatilho hidráulico e a comporta desce, cortando o fluxo para turbina.

A cota do piso superior da câmara de carga foi estabelecida na el. 957,40, configurando um freeboard de 0,87m em relação ao nível máximo previsto para a cheia milenar el.956,53 e 3,83m para o nível de água normal dinâmico. Esta faixa de segurança garante com folgas a possibilidade de extravasamento durante uma rejeição plena de carga.

A câmara de carga pode ser visualizada em detalhes no desenho 14. Logo a jusante da comporta foi deixado um poço de aeração, visando evitar o colapso dos tubos no caso de um abaixamento acidental da comporta ou mesmo para seu esvaziamento

completo. As comportas individuais permitem que se faça a manutenção independente nos tubos e turbinas.

1.4.2.13. Conduto forçado

O conduto forçado da PCH Pulo parte da câmara de carga em duas linhas com 2,70m de diâmetro e 30m de extensão, alimentando individualmente cada uma das turbinas. O material previsto foi o aço tipo CORTEN, soldado e com juntas construtivas nos blocos de ancoragem.

A velocidade do fluxo nos condutos para condição de cem por cento da vazão turbinada é de 3,50m/s.

A tensão máxima admissível utilizada no dimensionamento foi de 3450 kgf/cm², resultando em uma espessura de chapa de 9,53mm. Neste caso a tensão máxima atuante não foi o ponto crítico de dimensionamento sendo adotada espessura mínima recomendada para garantir a rigidez necessária em função do diâmetro em questão. A sobre pressão considerada no cálculo foi de 30%.

Devido à pequena extensão do conduto, o mesmo será ancorado somente no bloco de saída da câmara de carga e nos blocos adjacentes à casa de força. No trecho intermediário estão previstos blocos de apoio com sela deslizante a cada 8,0m para diminuir o esforço de flexão causado no tubo pelo seu peso próprio e água.

Ao todo o conduto sofre apenas uma redução no diâmetro, passando de 2,70m para 1,60m já na entrada do caracol. Na otimização prevista no projeto básico decidiu-se suprimir as válvulas borboleta e utilizar como equipamento de fechamento somente as comportas vagão com rodas dispostas na tomada d'água. Isso é possível devido a pequena extensão do conduto e a utilização de gatilhos hidrálicos para fechamento automático das comportas.

Com as comportas fechadas poderão ser feitas manutenções nas linhas dos condutos e nos conjuntos geradores de forma independente sem a parada total da usina.

1.4.2.14. Canal de fuga

O canal de fuga proposto para esta alternativa é relativamente longo e será escavada em sua maior parte dentro da própria calha do rio, buscando o nível d'água na el. 745,00m.

O canal de fuga proposto para esta alternativa é relativamente longo e será escavado em rocha dentro da própria calha do rio, rebaixando o poço em frente casa de força ao nível 932,00, detonando a soleira que atualmente controla o nível aproximadamente na elevação 933,50.

Está previsto com uma seção retangular mínima de 12,0m de largura por 4,0 metros de lâmina d'água com comprimento total de 192m.

O trecho que vai da casa de força até o final das corredeiras que serão rebaixadas pelo canal de fuga foi cadastrada pela topografia em regime de estiagem.

No arranjo representado na figura a seguir pode-se visualizar o trecho a ser percorrido pelo canal de fuga.

Para a implantação do canal de fuga será uma ensecadeira que parte da margem direita, a montante da maior queda, até encontrar a ilha central. Esta ensecadeira forçará o rio para o canal da esquerda, liberando o pátio para as escavações.

1.4.2.15. Casa de força

O local previsto para a implantação da casa de máquinas é justaposto à margem do rio Iapó com condições favoráveis de fundação. Trata-se de uma encosta bem drenada com inclinação moderada e pequena cobertura de solo. Campanhas de sondagens comprovaram a qualidade da rocha de fundação.

As condições de acesso são favoráveis e o posicionamento da subestação pode ser feito contíguo à casa em cota a salvo da enchente milenar.

1.4.2.16. Local de implantação da casa de força

Sua concepção estrutural consiste em um casco impermeável de concreto armado, projetado para abrigar os conjuntos geradores, atendendo aos critérios de altura de sucção dos equipamentos ao mesmo tempo em que protegida para a condição de cheia milenar. A superestrutura do barracão é metálica.

1.4.2.17. Número de unidades e tipo de turbina

Foram estudadas várias possibilidades de turbinas e arranjos para a potência final a ser instalada de 7,30MW, para a queda líquida calculada de 21,02m.

Nesta faixa de queda verificou-se a conveniência das máquinas Francis simples ou com rotor duplo. Havia ainda a possibilidade da utilização de turbinas Kaplan, porém esta opção não foi analisada, pois normalmente retorna custos mais elevados.

Verificou-se que a turbina Francis simples resultaria em geral conjuntos mais lentos, enquanto que para as turbinas Francis duplas pode-se chegar a uma rotação pouco maior, o que é interessante frente aos custos dos equipamentos geradores, prevendo-se maior economia.

Foram analisados diferentes cenários, variando de uma a quatro máquinas, nos arranjos rotor simples e rotor duplo.

Verifica-se que há uma região desaconselhável que limita as rotações maiores, onde os parâmetros de rotação específica estariam muito elevados, o que significa uma zona de instabilidade hidráulica e baixos rendimentos.

Desta forma o espaço possível refere-se a zona acima da linha pontilhada nos gráficos a seguir. O conjunto que melhor se adequou à necessidade da usina seriam duas máquinas Francis rotor duplo 327rpm e altura de sucção 3,05m. A rotação específica Ns seria de 368,36 rpm e o Nq de 105,48rpm. O diâmetro do rotor ficaria próximo de 1270 mm.

Os geradores 327rpm, com 24 polos devem possuir sistema de exaustão de ar visando a manutenção de uma temperatura adequada a operação dentro da sala de máquinas. Devem também possuir sistema de refrigeração/lubrificação forçada dos mancais e operarão na tensão primária de 6,9kV. Estão previstas unidades independentes de lubrificação e refrigeração dos mancais para cada unidade, mas atendendo simultaneamente os mancais da turbina e do gerador.

1.4.2.18. Cotas de proteção e alturas de sucção

A casa de força deve ser protegida contra enchente. O nível máximo calculado para a cota milenar seria na el. 936,75, segundo curva chave para o rio na lateral da casa. Este nível se traduz em uma elevação do nível d'água de 3,25m em relação ao NA Normal.

A cota de proteção adotada, até a qual a casa permanece estanque é na el. 937,75 e a sala de comando ficou posicionada nesta mesma cota. A subestação ficou 1,00m acima deste piso, facilitando a manobra de descarga dos transformadores. A cota do piso da casa encontra-se na el. 932,89 e a linha de centro do eixo da turbina e gerador serão posicionadas na el. 933,95.

O posicionamento da casa de força buscou aproveitar a altura de sucção disponível. O projeto executivo deve adequar-se a condição de sub-mergência esperada para o caso da cheia milenar, comparando os esforços de "up lift" com o peso próprio e providenciando as ancoragens adicionais necessárias. No orçamento deste projeto básico foi considerado um balanço destes esforços para pré-dimensionamento de ancoragens e sua orçamentação.

Internamente a casa possuirá sistema de drenagem contra águas de infiltração, vazamentos eventuais e vazamentos contínuos de refrigeração e alívio dos mancais. A variação de nível no canal de fuga não deve afetar significativamente a geração de energia. Para regimes de vazão normal a variação deve ficar abaixo ao metro devido a declividade natural do trecho. Tal observação também é válida para o vertedor. Em se mantendo a queda praticamente constante, o regime de vazões pode ser também mantido dentro de faixas estreitas a nível diário através da modulação da carga nas duas unidades e eventual variação horária no volume do reservatório. Assim pode-se aproveitar ao máximo as unidades geradoras. A manutenção nos equipamentos pode ser feita sem a consideração de comportas instaladas nas saídas dos tubos de sucção.

Para tanto flanges metálicos seriam posicionados nas extremidades superiores dos tubos de sucção, após a abertura da turbina para uma eventual manutenção. Apenas em caso de manutenção no tubo de sucção será necessária uma comporta stop log a ser construída em madeira. O projeto prevê apenas as guias deste stop log. Abaixada a comporta, o espaço da sucção pode ser acessado por montante e a água deste compartimento drenada para a caixa de drenagem da casa de máquinas através de bombas. Uma comporta atende alternadamentema saída de cada unidade.

A seguir é apresentado um corte típico do que seria o arranjo interno destas duas unidades.

1.4.2.19. Equipamentos de movimentação de cargas

Para montagem e manutenção dos equipamentos de geração instalados na casa de força, devido ao seu peso elevado, foi prevista a instalação de uma ponte rolante. A ponte terá um vão de cálculo de 10,10m.

A ponte rolante será do tipo em viga dupla I metálica, com pista de rolamento sobre trilho, este apoiado em vigas metálicas. Sobre as vigas móveis da ponte estará posicionada uma talha manual com capacidade nominal de 30 t, dimensionada para o

peso estimado do gerador 25t. O translado será feito por acionamento manual por correntes e roda dentada. O momento fletor máximo de dimensionamento da ponte será de 143,63 tf.m e o esforço cortante máximo de 30,63 tf. Já, as vigas trilho serão solicitadas à esforços da ordem de 46,39 tf.m para momento fletor e um cortante de 43,77 tf.

Externamente à casa de força, para eventuais manutenções nos tubos de sucção, são previstas comportas stop logs em madeira. Para manutenção na turbina não será necessária comporta, apenas um tampão haja visto a altura de sucção positiva.
Para arrancamento e abaixamento destas comportas de madeira no canal de fuga deverá ser providenciada uma talha manual com capacidade de 2,0t.

1.4.2.20. Subestação e interligação

A seguir são discutidos os principais tópicos relativos a questão da subestação e interligação.

1.4.2.21. Arranjo, aspectos civis e elétricos

A subestação elevadora da PCH Pulo deve se localizar próximo à casa de força, logo atrás da sala de comando em um pátio na el. 938,75m. As dimensões do pátio são 13,05m de frente para o acesso da casa de força por 5,20 m de fundo, no sentido da saída da linha.

Será empregado um transformador com tensão primária de 6,9 kV e secundária de 34,5kV. As canaletas de cablagem partem diretamente da sala de comando para a subestação através de eletrocalhas aéreas. O arranjo geral dos equipamentos de proteção e medição encontra-se acessível nos desenhos 20 e 21.

A subestação deve ser protegida por cerca de tela padrão e piso de brita. Da subestação parte a linha de transmissão para o ponto de interligação.

1.4.2.22. Ponto de interligação

A subestação da COPEL Castro 34,5kV foi o ponto indicado para interligação da PCH Pulo, conforme consulta dirigida a esta concessionária. O processo ainda se encontra em análise de tal modo que a confirmação destes valores de tensão e distância devem ser homologados no decorrer da análise deste projeto.

1.4.2.23. Tensão de transmissão e perdas associadas

Verificou-se que para a tensão de 34,5 kV as perdas resultaram aceitáveis, próximas a 165 MWh. Portanto a tensão de 138 kV foi descartada devido aos custos envolvidos.

1.4.2.24. Estudos de Viabilidade Econômica, Motorização e Potência Instalada

É importante citar que em um estudo de alternativas, a análise da motorização permeia todas as decisões relativas a cada estrutura, uma vez que o circuito hidráulico depende exclusivamente da faixa de potência a se instalar e da vazão turbinada. É importante justificar o nível de motorização adotado.

O estudo de viabilidade almeja descobrir o ponto de potência ótima intrínseco em cada arranjo de aproveitamento hidrelétrico. As variáveis envolvidas são complexas, envolvem questões de ordem hidrológica, econômica, e limitações físicas, ainda assim o algoritmo é relativamente simples.

Tal objetivo se alcança pela simulação de diversas potências instaladas para o mesmo local, sem variação nos níveis montante e jusante, apenas aumentando o engolimento.

Neste procedimento observa-se a variação positiva da energia média gerada, mas com um incremento cada passo menor, mostrando a exaustão do recurso hídrico frente às potências maiores consideradas.

Paralelamente busca-se compor os orçamentos para as diversas potências, considerando-se os custos variáveis e fixos. Estes se notam imediatamente serem sempre crescentes. O resultado desta avaliação ao se plotar benefício (limitado) contra custo (ilimitado) é o destaque do ponto ótimo, ponto este sempre atrelado ao valor que se remunere a energia gerada.

Pequenos acréscimos de potência / energia são bem vindos quando bem remunerados, justificando potências maiores. O raciocínio inverso também é válido.

Este estudo baseou-se em um custo total inclusive linha e interligação para a potência de 7,30MW, de R$ 16.738.000,00, neste valor embutido eventuais para obras civis e hidromecânicos e juros durante a construção.

Os juros considerados nesta análise energética e econômica foram de 12%a.a. e um período total de 30 anos, coincidente com o prazo de concessão. Os custos operacionais desta usina foram estimados em R$ 223.000,00/ano.

Neste estudo nota-se em todos os cenários que há um decréscimo na atratividade do empreendimento a partir da potência de 7,30MW. Esta foi a potência indicada no do estudo de motorização, resultando em uma usina atrativa economicamente, ao mesmo tempo com bom índice de aproveitamento do potencial do local, uma vez que o engolimento ou vazão máxima turbinada ficou acima da vazão média de longo termo. Resultou destas colocações uma usina com energia assegurada média de 4,56 MWmed ou 39.939MWh/ano. O fator de capacidade médio verificado é 0,62.

1.4.2.25. Conclusões e Recomendações

O presente item buscou mencionar todos os pontos relevantes ao arranjo adotado, em uma tentativa de repassar a experiência de campo que culminou na formulação da alternativa selecionada para a PCH Pulo com 7,30MW.

O projeto destaca itens importantes, relativos a iteração da solução proposta com o terreno. O circuito hidráulico é curto, apresenta algumas dificuldades construtivas contornáveis mas sobretudo é de simples operação e controle.

A geologia local foi investigada, no sentido de minimizar os desvios do orçamento quando da execução futura da obra. Pode-se afirmar que as soluções adotadas são robustas e foram recomendados os tratamentos adequados aos problemas verificados.

Foram elaboradas planilhas de pré-dimensionamento para as principais estruturas de onde derivaram os orçamentos das alternativas. Os critérios de cálculo empregados consideram taludes e seções tradicionalmente estáveis não fugindo a normas técnicas ou a boa prática da engenharia.

Os estudos hidrológicos buscaram o refinamento das correlações com postos vizinhos, possibilitando uma série de dados bastante segura e atualizada com um total de 75 anos.

Os estudos energéticos efetuados indicaram uma energia assegurada média de 4,56 MWmed, o que reflete em uma produção anual de 39.939MWh/ano. Este número foi obtido por cálculo sobre série mensal atualizada até 2004, considerando a questão do manejo da vazão sanitária, rendimentos das máquinas e fatores de indisponibilidade forçada e programada.

O cronograma proposto considera um tempo de execução total de 12 meses, balizado pela recente experiência de obras porte/arranjo semelhante. Ainda assim é um prazo enxuto se considerarmos a dimensão das estruturas de adução.

O Custo total (direto mais indireto, sem juros durante a construção) deve se situar no patamar de R$ 15.791.000,00 e o custo total instalado (com juros) deve chegar a R$ 16.738.000,00 o que reflete em custo unitário de 2.293 R$/kW, valor atrativo para o quadro atual.

Há que se frisar que, embutido neste custo estariam as contas de Geração e ainda a linha de transmissão / interligação / conexão com o sistema interligado.

Para efeito de valores absolutos em termos de investimento e custo da energia gerada, os custos unitários deverão ser tomados em reais - R$, haja vista a defasagem atual entre o real o dólar. A cotação do dólar na época do estudo (ago/2006) manteve a relação de 1 US$ = R$ 2,20, fechando estável em torno deste valor. Para os patamares de custo de produção de energia que foram constatados nesta análise inicial, R$57,61/MWh, pode-se afirmar que existe viabilidade econômica na alternativa selecionada, mesmo em se procedendo análises de sensibilidade de risco, explorando-se variações no custo total instalado devido a aumento de custos de insumos básicos.

Recomenda-se a seqüência de atividades prevista no cronograma de obras, especialmente aquelas que precedem o início das obras que seriam as etapas de licenciamento ambiental, contratação de equipamentos e inicio do projeto executivo, visando a implantação do empreendimento dentro do prazo final estipulado.

A seguir está apresentada a ficha resumo padrão ANEEL para a proposta do projeto básico PCH PULO – 7,30MW.

1.5. Caracterização Técnica do Projeto

1.5.1. Descrição Geral da PCH Pulo

1.5.1.1. Dados Gerais

Empresa.....Hidrelétrica Pulo Ltda
CNPJ 07.872.265/0001-29
Projeto .....PCH Pulo
Rio e quilômetro a partir da foz .....Iapó km 54
Localização .....Estrada Colônia dos Agostinhos – Capão Bonito
Município .....Castro - Margem esquerda

Município .....Castro - Margem direita
Sub-bacia 64
Bacia 06
Estado .....Paraná
Estudo de inventário ....Zapzalka Construtora e Engenharia Ltda – 48500.002196/04-23
Aprovado através do despacho ..... SGH/ANEEL nº 1.340 de 23 de junho de 2006
Área de drenagem. 1697km2
Vazão média de longo termo Qmlt.....32,6m3/s
Vazão sanitária a ser permanentemente liberada (100% da vazão Q10,7).....1,32m³/s
Vazão Turbinada.....40,10 m3/s
Permanência de vazões médias diárias (turbinada mais ambiental).....32%
Nível de água Máximo de montante NAMmáx (Tr1000).....El.956,53
Nível de água Normal de montante NAM..... El.953,60
Nível de água Mínimo de montante NAMmin El.953,60
Depleção máxima do reservatório..... 0,0m
Volume útil associado.....0,00 m³
Volume morto.....1,240 x 106 m³
Volume total.....1,240 x 106 m³
Área total alagada 26,08ha
Área da calha natural do rio 9,11ha
Área efetivamente alagada 16,97ha
Índice de comprometimento ambiental (ha efet / MW instalado).....2,32ha/MW
Nível de água médio de montante (p/ cálculos energéticos)..... El.953,60
Nível de água normal de jusante NAJ..... El. 932,00
Queda bruta média .....21,60 m
Perda de carga no circuito hidráulico ..... 0,586 m
Queda de projeto da turbina ou design head.....21,01 m
Potência instalada.....7,30 MW
Fator de capacidade p/ energia MLT..... 0,62
Energia média anual gerada.....39.939 MWméd

Energia firme (média gerada no período crítico jun49-nov56).....3,81 MWméd

1.5.1.2. Barragem e Vertedouro

Tipo de barragem / vertedor.....Maciça em concreto a gravidade
Paramentos da face da barragem em concreto.....Montante 0H:1V Jusante 0,75H:1V
Altura máxima 12,0m
Altura das ombreiras em relação crista do vertedor.....3,80 m
Tipo de vertedor.....Soleira livre sobre barragem
Cota da crista do vertedor .....El. 953,60
Coeficiente de descarga considerado.....2,1
Comprimento total da crista do vertedouro .....146,00 m
Lâmina máxima sobre o vertedor 2,93m
Vazão máxima de cálculo do vertedouro NA 956,53..... 1.710 m3/s
Capacidade última de vertimento NA 957,40 ..... 2.610,0 m³/s
Free Board …….....…….....……....0,87m
Vazão milenar instantânea TR1000 (Log Pearson III).....1.710 m³/s
Volume total de concreto (ciclópico e estrutural).....6.230 m3
Dispositivo para manutenção da vazão sanitária ..... orifício no corpo da barragem
Vazão sanitária ..... 1,320 m³/s

1.5.1.3. Desvio do Rio

A vazão mínima de desvio considerada no dimensionamento e especificação das estruturas de desvio é a de 2 anos de recorrência correspondendo a 146 m³/s devido ao porte do rio Iapó. Os dimensionamentos de desvio indicaram vazões bem mais elevadas.

As atividades de desvio deverão ocorrer em duas fases, através de ensecadeiras de argila/enrocamento. Na primeira fase será construída uma ensecadeira pela cota 945,80 enlaçando a região do bloco de desvio na margem esquerda e forçando o fluxo do rio para a margem direita. O lançamento desta ensecadeira permitiria a construção

a seco da galeria de desvio, adufas e ombreira esquerda. O muro de encontro da última ensecadeira será prolongado para conter a ensecadeira de segunda fase.

Paralelamente seguem as obras de escavação do canal de aproximação na ombreira direita cuja cota mínima de trabalho não é alcançada pelos níveis do rio durante as atividades de desvio. Para a implantação do canal de fuga e casa de força será lançada uma ensecadeira a montante da queda principal com a função de direcionar o rio para o canal da esquerda e liberar a calha do rio para a implantação do canal de fuga. Este trabalho independe das atividades de desvio para implantação da barragem.

Os materiais para execução destas ensecadeiras serão provenientes do cortes efetuados no canal de aproximação do vertedor, canal adutor e serviços de terraplenagem para implantação de acessos. Nesta fase com duração prevista de quatro meses, o comprimento da soleira natural de controle do rio ficaria reduzido a metade sobre o eixo da barragem, fazendo com que a passagem da vazão de 2 anos de recorrência faça o nível de água alcançar a el. 944,37.

A segunda fase de desvio do rio inicia com a construção de uma ensecadeira transversal a partir da margem direita na el. 947,20 em direção ao bloco de desvio, liberando a calha do rio para a construção da barragem / vertedor. O cordão de ensecadeira de primeira fase seria removido à medida que se avançasse a ensecadeira de segunda fase, com lançamento em ponta de aterro em um nível inicial mais baixo permitindo a compactação e garantindo a vedação do material argiloso. A declividade acentuada do trecho a jusante da barragem impede o retorno da água dispensando o lançamento de ensecadeiras por jusante.

Terminada a implantação do barramento as duas adufas serão fechadas através de pranchões stop log de concreto e a região posterior concretada seguindo a seção do vertedor adjacente. Nesta última fase de rápida execução o rio passaria a correr somente pela galeria de desvio. A plataforma superior final da ensecadeira será de 4,00m, suficiente para se trabalhar com um trator de esteira modelo D6 ou similar. A

mesma será construída de argila compactada com enrocamento de pedra lançada do lado que será solicitado à ação hidrodinâmica da água. A inclinação do talude neste mesmo lado está prevista ser de 1,0H:1,0V nos trechos críticos e 1,3H:1,0V nas demais seções.

Devido a pequena cobertura de solo ao longo do circuito hidráulico e estruturas, a argila retirada com as escavações obrigatórias não será suficiente para atender as atividades de desvio, porém ao longo do acesso para obra foram identificados vários pontos de empréstimo que podem ser utilizados.

Convém ressaltar que a ruptura eventual desta ensecadeira com altura média de 4,00m não causaria danos à jusante uma vez que o curso do rio possui caixa alta e é desabitado em função das freqüentes cheias que ocorrem naturalmente.

Os prejuízos a obra da PCH Pulo, no caso de uma eventual ruptura, se restringem à paralisação momentânea da obra e a reconstrução do último volume lançado de concreto antes do advento da cheia. Após a passagem de uma eventual onda de cheia a ensecadeira pode ser reconstruída apesar das dificuldades citadas.

1.5.1.4. Sistema de Adução

O arranjo geral proposto é composto por um canal adutor curto, câmara de carga, condutos forçados e um longo canal de fuga. Foi dimensionado para conduzir a água do ponto de captação até a restituição ao curso normal do rio Iapó com a mínima perda de carga que resultasse em um custo viável de implantação.

As estruturas componentes deste circuito hidráulico são detalhadas a seguir:

1.5.1.5. Canal Adutor

O eixo do canal adutor foi lançado para que toda a seção molhada ficasse contida em corte em rocha, a menos do trecho final próximo a chegada na câmara de carga, onde

uma mureta em concreto armado será construída para suportar a elevação do nível d'água pela passagem de cheias excessivas.

Sua tomada d'água será do tipo direta sem estrutura de controle. Está previsto somente um cordão de flutuantes com tela defletora para evitar que objetos maiores adentrem o canal.

Tipo .....Escavado em solo e rocha
Seção Típica.....Seção retangular com 6,00m de largura
Extensão Total.....72m
Lâmina d'agua 6,00m
Coeficiente de rugosidade adotado (n de Manning).....0,025
Área livre de escoamento 36,00m²
Raio hidráulico 2,00m
Velocidade de fluxo 1,11m/s
Cota do fundo na estaca 0.....947,59m
Declividade do fundo.....0,00030m/m
Cota do fundo na Chegada da câmara de carga 947,57m

1.5.1.6. Câmara de carga

A câmara de carga será construída em concreto armado, assentada totalmente em rocha de boa qualidade. Será equipada com duas comportas vagão com rodas de fechamento automático através de um gatilho hidráulico. Seu içamento é feito através de uma talha elétrica sustentada por uma monovia. Na entrada da câmara de carga existirão dois painéis de grade fina e equipamento limpa grades.

Dimensões.....7,00 x 18,26 x 13,67 (largura x comprimento x altura)
Nível de água dinâmico.....953,566 m
Nível de água máximo (rejeição total de carga).....956,500 m
Nível de água mínimo (partida de uma máquina a partir do nível mínimo).....953,210 m

Cota do piso de concreto externo .....957,400 m
Quantidade de grade fina.....02 unidade
Espaçamento entre barras.....30 mm
Dimensão das barras.....3/8” x 4”
Seção livre das grades (total).....9,05 m x 6,00 m (L x H)
Inclinação das grades.....75°
Equipamento Limpa Grades..... Automático, com acionamento hidráulico, tipo rastelo

1.5.1.7. Conduto forçado

Aço tipo .....COS AR COR 3470kgf/cm²
Quantidade..... 02 unidade
Diâmetro..... 2,70m
Comprimento total..... 2 x 30,0m
Espessura da chapa por lance de tubo.....#9,53 x 60,0m
Peso total de conduto.....37.392 kg
Juntas de dilatação.....2 un
Blocos de ancoragem.....02
Berços de apoio.....06

1.5.1.8. Canal de fuga

Tipo ..... Escavado em rocha sobre leito do rio com rebaixo de soleira de controle
Formato.....Retangular base 12,00m e profundidade média 4,00m
Comprimento .....192 m
Seção molhada.....Variável - Smin 48,0 m2
Declividade média.....0,00020m/m

1.5.1.9. Casa de Força

Tipo .....Casco estrutural impermeável em concreto armado e lastro em concreto ciclópico
Superestrutura..... Metálica
Área da casa de força..... 332,0m2
Área da sala de comando..... 115,50m2
Área de montagem Externa com cobertura, atendida pela ponte rolante..... 47,10m2
Dimensões comprimento, largura e altura (casco).....30,016 x 11,06 x 6,24m
Altura máxima superestrutura (cumeeira).....10,00m
Volume de concreto 3.008m³
Cota de proteção contra enchentes..... El. 937,75
Piso da sala de máquinas..... El. 932,89
Piso da sala de comando..... El. 937,75
Cota do eixo da turbina..... El. 933,95
Fundação.....Tipo direta sobre rocha, reforçada contra uplift por tirantes
Área de montagem .....Externa com cobertura, atendida pela ponte rolante

1.6. Equipamento de Movimentação de Cargas

1.6.1. Casa de força

Tipo.....Ponte rolante com troley mecânico
Capacidade do guincho..... 30,00 t – elétrico comandado por botoneiras
Dispositivo de translado..... Manual com correntes
Vão.....10,10 m
Pista de rolamento..... 34m
Máximo momento fletor de cálculo da viga trilho da ponte 43,40tf*m
Máximo esforço cortante de cálculo da viga trilho da ponte.....43,8 tf
Tipo de viga .....Bi-viga Metálica
Máximo momento fletor de cálculo da viga da ponte (2x44,2 tf.m).....143,63 tf*m

Máximo esforço cortante de cálculo da viga da ponte.(2x15,1 tf).....51,17 tf

1.6.2. Canal de Fuga

Tipo.....Monovia com talha elétrica
Capacidade do guincho.....2,00 t
Dispositivo de translado..... mecânico manual
Pista de rolamento..... 30m

1.6.3. Turbinas Francis Eixo Horizontal Rotor Duplo

Número de unidades .....02 unidades
Tipo.....Francis rotor duplo
Posição do eixo.....Horizontal
Diâmetro do rotor duplo.....1270 mm
Potência unitária .....3780 kW
Engolimento por máquina.....20,05m3/s
Queda líquida nominal das turbinas ou Design Head.....21,02 m
Rotação .....327 rpm
Regulador de velocidade.....Eletrônico acionamento hidráulico
Rotação (ns).....368,36 rpm
Rotação específica (nq).....105,48 rpm
Altura máxima de sucção 3,68m
Altura de sucção adotada conforme posicionamento dos equipamentos 3,68m

1.6.4. Geradores

Número de unidades .....02 unidades
Tipo de gerador.....Síncrono Trifásico
Potência unitária ..... 4560 kVA
Tensão nominal .....6,9 kV
Freqüência .....60 Hz

Fator de potência.....0,8
Ligação .....Estrela
Número de pólos.....22
Rotação.....327 rpm
Posição do eixo.....Horizontal
Ventilação ..... Forçada com saída do ar quente por cima através de duto metálico
Velocidade de disparo ..... 650 rpm

1.6.5. Subestação Elevadora e Linha de Transmissão

Dimensões (frente x fundos) .....13,04m x 5,65m
Número de transformadores elevadores.....01
Potência total.....1 x 9.500kVA
Tensão inferior.....6,9 kV
Tensão superior.....34,5 kV ± 2,5 %
Montagem.....Externa
Comprimento total de linha de transmissão.....18,0 km
Ponto de interligação.....Subestação da COPEL em Castro-PR
Cabo utilizado ..... CAA 266,8 AWG

1.6.6. Fonte de Energia Auxiliar

Corrente alternada.....Transformador de serviço 6,9kV/380V-220V
Tensão de alimentação.....220 V
Corrente contínua.....Banco de baterias
Carregador de bateria.....110 V, 10 A
Bateria chumbo – ácidas seladas.....60 unid.,12 V, 75 A hora x 10 h

1.6.7. Automação

Tipo.....Semi-assistida, com monitoramento do circuito hidráulico
Sistema supervisório.....Dois computadores em paralelo software a definir

Sistema de comunicação da usina.....Link em fibra ótica através do cabo da linha

Principais variáveis a monitorar.....Potência, tensão, freqüência, temperatura, NA's, pressão