

## POTENCIAL HIDROENERGÉTICO DO ALTO RIO PELOTAS

**Luiz Sílvio Scartazzini**

Dep. de Ciências Naturais e Exatas da Universidade Luterana do Brasil – ULBRA, Campus de Cachoeira do Sul  
Rua Matinho Lutero s/n Bairro Gonçalves – CEP 96501-000 Cachoeira do Sul, RS  
Fone (51) 723-4000 FAX (51) 722-3681

**Flávio Pohlmann Livi**

Departamento de Química e Física da Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC  
Caixa Postal 188, CEP 96815-010 Santa Cruz do Sul, RS  
Fone (51) 713-1011

### RESUMO

Foi realizada uma análise do potencial hidroenergético existente em dois pontos distintos do alto Rio Pelotas, considerando a possibilidade de armazenar a água em reservatórios e, através de tunelamento, transferir a mesma para a encosta leste da Serra Geral, aproveitando a grande energia potencial formada nos Aparatos da Serra. Utilizou-se comparativamente o método da transferência de vazões e o método da regionalização para gerar vazões a partir de dados fluviométricos existentes. A cota da barragem e o volume necessário a ser acumulado foram definidos com o emprego da equação de Hutchinson e a metodologia de regularização de vazões, cujas áreas foram planimetradas a partir de cartas aeroftogramétricas na escala 1:50.000. Nos cenários estudados foram encontrados valores de potência de projeto disponíveis de 114 e 285 Mw.

### INTRODUÇÃO

A energia elétrica tem papel cada vez mais fundamental na sociedade humana. Sua enorme importância econômica e estratégica deriva do fato de ela ser insubstituível em uma série de processos, enquanto que, ao mesmo tempo, pode-se substituir com ela praticamente todos os outros energéticos.

A geração hidroelétrica é a fonte de energia elétrica cuja importância cresce cada dia mais. Isto porque este tipo de energia provém de um recurso renovável e tem, em relação à geração térmica, um baixíssimo impacto ambiental, principalmente no que se refere à poluição atmosférica. Tende também a ser a mais econômica na medida em que se internalizem os custos ambientais nas outras fontes.

Esta é a origem da grande corrida que se observa no momento pelo domínio das gerações hidroelétricas.

Graças ao seu potencial hídrico é que o Brasil situa-se entre os países energéticamente mais viáveis do mundo. No entanto, o extremo sul do Brasil, importa cerca da metade da energia elétrica que

consome. Esta dependência tem impedido um programa de desenvolvimento industrial de maior envergadura, levando ao cancelamento de projetos de instalação ou ampliação de grandes empresas.

Com este aspecto em mente, decidiu-se verificar uma sugestão formulada pelo Cel. Mário Miranda (s.d.); a possibilidade de fazer no Sul do País o que já foi feito em Cubatão, SP, desviando fluxos de água próximos da crista da Serra Litorânea de forma a que corram para o leste, propiciando o aproveitamento hidroelétrico do declive abrupto que caracteriza a encosta leste da Serra do Mar. Foi escolhida a região do alto Rio Pelotas onde um exame expedito nos levou a selecionar dois sítios convenientes e que se caracterizam por estar a montante e a jusante, respectivamente, de um posto de medidas de vazões, permitindo estimativas confiáveis de fuxo.

Obviamente, esta questão já deve ter sido notada anteriormente mas, como nas últimas décadas houve uma reavaliação da importância da hidroeletricidade e mudanças tecnológicas em termos de viabilidades e custos na perfuração de rochas, julgamos oportuno fazer este estudo. Soma-se a isto o fato de não termos conseguido identificar, junto a órgãos pertinentes, nenhum registro de estudos anteriores.

A seguir é discutida a metodologia empregada e na seção “Resultados” são discutidos os cenários e relatados os resultados obtidos para estes dois sítios. Na seção “Conclusões” são summarizados e comparados os resultados, apresentando-se algumas considerações finais.

### METODOLOGIA

O rio Pelotas tem seus primeiros formadores na Escarpa do Planalto Meridional, nos municípios de Bom Jesus – RS e São Joaquim – SC. Este rio passa a denominar-se rio Uruguai quando recebe a afluência do rio Canoas, próximo ao município de Celso Ramos, ex-distrito de Anita Garibaldi.

No município de Bom Jesus, próximo à ponte da rodovia Bom Jesus – São Joaquim, o DNAEE instalou no rio Pelotas, em 06/1964, a Es-

tação Fluviométrica de Invernada Velha, Código 70200000. Esta é a Estação localizada mais a montante do rio Pelotas e seus dados estão computados em uma série histórica de 25 anos.

A técnica empregada na realização deste estudo foi a utilização da série histórica de dados da Estação Fluviométrica de código 70200000 do DNAEE para definir as vazões existentes nas seções de interesse para o estudo, usando a metodologia proposta por ELETROBRÁS no Manual de Pequenas Centrais Hidroelétricas para transferir vazões de um posto conhecido para uma seção desejada, e a metodologia proposta por CEEE - IPH na Regionalização de vazões do Rio Grande do Sul, utilizando as equações da curva de permanência para comparar os resultados.

A Estação se localiza nas coordenadas geográficas 28° 23' de latitude sul e 50° 29' de longitude oeste, abrangendo uma área de drenagem de 2.849 km<sup>2</sup>.

Na Tabela 1 são apresentadas as vazões observadas nesta estação, para o período de 1966 a 1975, com a média anual de seus valores máximos, médios e mínimos e as permanências de 25%, 50%, 75% e 95%.

No trabalho sobre Regionalização de Vazões do Rio Grande do Sul, Tucci (CEEE - IPH, 1991) utilizou os dados desta Estação para o período de 1965 a 1988, preenchendo as falhas existentes através da correlação com os postos vizinhos. Para este período de dados, a vazão máxima observada foi de 3.300 m<sup>3</sup>/s, a vazão média foi de 75,23 m<sup>3</sup>/s e a mínima registrada foi de 2,68 m<sup>3</sup>/s, nesta estação fluviométrica.

Para definir a vazão existente no ponto de interesse a partir dos dados de uma seção conhecida, ELETROBRÁS sugere o método da transferência de vazões.

Este método é proposto em ELETROBRÁS (1982) e considera a vazão em uma seção de interesse como sendo proporcional à sua área de drenagem, transferindo a vazão observada em uma estação fluviométrica para a seção de interesse através da equação:

$$Q_{sa} = Q_{pf} \left( A_{sa}/A_{pf} \right) \quad (1)$$

onde  $Q_{sa}$  é a vazão na seção de aproveitamento,  $Q_{pf}$  é a vazão no posto fluviométrico,  $A_{sa}$  é a área da bacia na seção do aproveitamento e  $A_{pf}$  a área da bacia do posto fluviométrico.

Esta equação é aplicável para situações onde a área maior seja inferior ao triplo da área menor.

Outra metodologia empregada para definir vazões em um ponto de interesse que não tenha dados é o método da regionalização das vazões.

O método da regionalização das vazões se vale da seleção de regiões que apresentam comportamento homogêneo em seu sistema hídrico. Para regiões com comportamentos hidrológicos homogêneos, Tucci e sua equipe (CEEE - IPH, 1991) estabeleceu equações com as quais pode-se estimar as vazões em uma seção fluvial de interesse através das características físicas da sua bacia de drenagem.

Para a parte superior da bacia do rio Uruguai, local em que se situa a seção em que se desenvolve o presente estudo, as equações estabelecidas foram:

$$Q_{50} = 0,01517 \cdot A^{0,982} \quad (2)$$

$$Q_{95} = 0,00263 \cdot A^{1,018} \quad (3)$$

onde os índices 50 e 95 indicam o percentual de permanência em que estes valores de vazão, ou valores superiores a eles, podem ser encontrados na seção de interesse.

No trabalho do mesmo autor é mostrada a maneira para se obter os demais valores de vazões com a permanência desejada na seção de interesse. A equação que possibilita traçar a curva de permanência e dada por:

$$Q = EXP(p.a + b) \quad (4.a)$$

onde:

$$a = -[\ln(Q_{50}/Q_{95})]/0,45 \quad e; \quad (4.b)$$

$$b = \ln Q_{50} - 0,5.a \quad (4.c)$$

sendo  $p$  = probabilidade (em percentual) desejada.

Definidas as vazões, o reservatório de regularização e o volume a ser acumulado para fornecer uma vazão desejada foram calculados com o uso das cartas do exército na escala de 1:50.000, planimetrando as áreas das cotas, aplicando a equação de Hutchinson para definir a cota do vertedor. As equações propostas para os reservatórios de regularização, apresentados em Tucci (1993), no Manual de Hidrologia, Ciência e Aplicação, foram empregadas para definir o volume à ser acumulado para que a vazão possa ser regularizada.

O volume necessário a ser armazenado para obter uma vazão firme e constante, na situação em que se desconsidera a evaporação, é dado por:

$$V = 0,314 \cdot r \cdot Q_{lp} \cdot (10^6 \text{ m}^3) \quad (5.a)$$

onde  $Q_{lp}$  = vazão média de longo período,  $r$  = valor tabelado para cada região homogênea que depende do percentual obtido, para a vazão desejada.

**Tabela 1.** Vazões observadas no rio Pelotas, estação 70200000.

Ano	méd	Vazões (m <sup>3</sup> /s)	mín	25%	Permanência (m <sup>3</sup> /s)		
					50%	75%	95%
1966	772	84,3	3,36	98,5	53,6	29,6	6,86
1967	1.122	62,9	5,68	68,5	30,6	14,5	6,75
1968	690	39,2	3,86	32,7	12,9	7,66	5,37
1969	544	52,1	5,92	65,5	32,7	19,3	9,94
1970	544	52,1	5,37	61,4	28,5	14,5	7,20
1971	961	82,8	3,58	100,0	45,0	20,2	4,55
1972	1.102	88,4	3,72	102,0	58,8	33,7	14,5
1973	1.063	77,1	8,12	85,0	41,4	24,8	11,3
1974	660	55,0	5,65	58,8	30,6	18,5	9,03
1975	608	56,9	6,20	68,5	27,6	15,3	9,03
Médias				74,09	36,17	19,80	8,45

Fonte: DNAEE, 1979.

Para a região de interesse do cenário 1,  $Q_{lp}$  é dado por:

$$Q_{lp} = 0,017 A^{0,99} P^{0,87} \quad (5.b)$$

onde P = precipitação anual; para esta região apresenta a média de 1.72 m.

A vazão adimensional "m" serve para determinar o valor de  $r$ , através de tabelas, e é dada pela equação:

$$m = Q/Q_{lp} \quad (5.c)$$

A área superficial ocupada pelo volume de água que se deseja armazenar depende da geomorfologia do leito do rio. Para a região onde se desenvolve esta análise, as margens são bem encaixadas e a altura da barragem pode ser determinada como resultado da planimetria das cotas necessárias para comportar o volume desejado. A equação de Hutchinson (1957) é utilizada para determinar o volume de água que pode ser armazenado entre duas isóbatas. A expressão desta equação é mostrada na sequência:

$$A_{mn} = 1/3[A_m + A_n + (A_m \cdot A_n)^{1/2}]. (m - n) \quad (6)$$

Nesta expressão,  $A_n$  e  $A_m$  indicam as respectivas áreas das isóbatas de ordem m e n.

A potência de projeto pode ser calculada, conforme ELETROBRAS (1982), pela equação:

$$P_p = 7,5 \text{ h. Q (KW)} \quad (7)$$

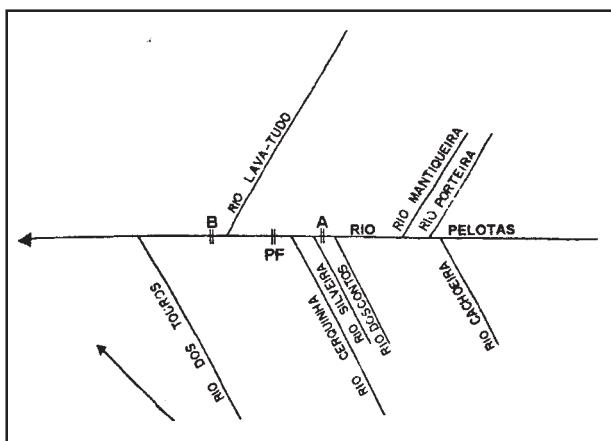
A constante 7,5 considera perdas de carga e rendimento do sistema de geração,  $h$  é a altura bruta de queda e  $Q$  é a vazão existente na seção.

O diâmetro do túnel necessário para transportar o volume de água para o lado oposto da Serra, relaciona a vazão necessária com a velocidade compatível e é dada por:

$$D \equiv 1.13(Q/v)^{1/2} \quad (8)$$

Para a análise preliminar de benefício e custo, considerou-se os valores de U\$ 1.000,00 para cada KW instalado e a energia gerada sendo comercializada a U\$ 0,10 cada KW. Para o custo adicional do tunel, foi empregado o fator de U\$ 250,00 para cada m<sup>3</sup> aberto, valor fornecido pela TELAR Engenharia de SP.

Na Figura 1 estão representados em esquema os principais rios do alto rio Pelotas e a localização dos pontos dos cenários A e B estudados, estando o posto fluviométrico entre eles.



**Figura 1.** Localização esquemática das seções A e B analisadas e do posto fluviométrico.

## RESULTADOS

### Cenário A

A posição no rio Pelotas em que se analisou a proposta do cenário A está situada 36 km lineares a montante da Estação 70200000, em um local onde as margens do rio são bem encaixadas, oportunizando barramentos com pequenas áreas de alagamento. Neste ponto a cota do rio é de 890 m acima do nível do mar e, por tunelamento com declividade de 0,1%, numa extensão de 24 km, a água poderá ser transferida de bacia até a encosta oposta da Serra Geral, aproveitando uma queda bruta de 865 m para a geração de hidroeletricidade.

**Vazões calculadas** - Como não existem dados de vazão no local do aproveitamento, a sua disponibilidade foi avaliada através do método de transferência de vazões, mostrado na Equação (1) e pelo método da regionalização de vazões, mostrado através das Equações (2) a (4.n).

Planimetradas as respectivas áreas encontrou-se  $A_{sa} = 1.521 \text{ km}^2$  e  $A_{pf} = 2.849 \text{ km}^2$ , de modo a se poder utilizar a Equação (1) com a expressão:

$$Q_{sa} = 0,534 Q_{pf} \quad (9)$$

Na Figura 2 mostram-se as áreas correspondentes às bacias de drenagem na seção de interesse e na localização do posto fluviométrico.

Na Tabela 2 estão os resultados dos valores das vazões calculadas através da Equação (9) aplicada às médias das vazões de permanência da estação 70200000.

**Tabela 2. Vazões de permanência calculadas para a seção de interesse.**

Permanência (%)	Vazão calculada m <sup>3</sup> /s
25	39,55
50	19,31
75	10,57
95	4,51

Aplicando as Equações (2) e (3) para a área da seção fluvial no local do cenário A, obtemos:

$$Q_{50} = 20,22 \text{ m}^3/\text{s} \text{ e } Q_{95} = 4,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

Para a seção de aproveitamento em que se analisa o cenário A, a curva de permanência pode ser encontrada pela equação:

$$Q = \text{EXP} (-3,309.p + 4,662) \quad (10)$$

Na Tabela 3 estão os valores das vazões calculadas através da Equação (10), para os percentuais de permanência desejados.

**Tabela 3. Vazões de permanência calculadas pelo método da regionalização.**

Permanência (%)	Vazão calculada m <sup>3</sup> /s
25	46,28
50	20,22
75	8,85
95	4,56

A comparação entre os resultados obtidos na Tabela 2 pelo método da transferência de vazões e os resultados obtidos na Tabela 3 pelo método da regionalização de vazões apresentam grandes similaridades para os mesmos percentuais de permanência desejados, o que garante a confiabilidade em seus valores.

**Regularização de vazões** – O armazenamento de água no reservatório, feito no período úmido, permite a utilização de uma vazão superior à mínima, no período seco.

A vazão máxima possível de se regularizar é a vazão com permanência de 50%, que está próxima da vazão média de longo período.

Porém, a regularização da vazão média onera muito as obras civis de barramento, onde o acréscimo no custo nem sempre é compensado com um acréscimo proporcional nos benefícios. Além disso, como se trata, neste estudo, da transferência da água de uma bacia hidrográfica para outra, a sangria total da água do leito natural causará impactos ambientais imprevisíveis.

Devido a estas considerações, optou-se por se trabalhar com uma regularização que otimize vazões com 70% de permanência, estabelecendo-se um reservatório que permita o estravasamento mínimo igual ao dobro da vazão mínima constatada na série histórica da estação fluviométrica, em período de estiagem.

Na seção de interesse a vazão mínima calculada através da série histórica, fornece 1,43 m<sup>3</sup>/s. A vazão de 70% de permanência, obtida através da Equação (10), é de 10 m<sup>3</sup>/s.



**Figura 2. Nascentes do rio Pelotas onde se desenvolveu o cenário A.**

A aplicação das Equações (5.b), (5.a) e (5.c) aos valores da seção de interesse para  $Q = 10 \text{ m}^3/\text{s}$ , fornecem:

$$Q_{lp} = 38,52 \text{ m}^3/\text{s} \quad m = 0,26 \pm 26\%$$

sendo  $r$  tabelado para  $26\% = 13,318$  e  $V = 161,8 \times 10^6 \text{ m}^3$ .

Na Tabela 4 são mostrados os resultados na planimetria das curvas existentes na carta aerofotogramétrica do Exército, escala 1:50.000, com a determinação do volume que pode ser armazenado entre as isóbatas, calculado pela Equação (6).

**Tabela 4. Áreas e volumes acumulados para diferentes cotas.**

Cota (m)	Altura da barragem	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
890		50.000	
900	10 m	960.000	4,09
920	30 m	2.540.000	33,74
940	50 m	6.110.000	83,93
960	70 m	11.640.000	174,55
Total			296,31

Analizando os resultados da Tabela 4, pode-se obter o acúmulo do volume calculado de  $161,8 \times 10^6 \text{ m}^3$  com uma altura de barragem cuja cota de vertedor seja inferior a 60 m.

Se se aumentar o nível da água está se aumentando também a altura de queda bruta, que irá, por sua vez, aumentar o potencial disponível.

**Potência de projeto e energia obtível** - Considerando o túnel como sendo um duto sob pressão, teremos a transferência da água da cota 890 m acrescida da altura da barragem, até a cota 35 m, com uma altura bruta de 915 m. Para a seção do cenário A, a potência disponível em função da permanência desejada, dada pela Equação (7), poderia fornecer uma potência mínima de 66.375 KW.

Porém, a altura bruta de 915 m exige tubulações muito resistentes e uma turbina sujeita a grandes pressões. As condições de mercado oferecem máquinas de menor capacidade de potência a preços mais acessíveis, de maneira que a pesquisa de mercado é fundamental, nestas condições. Experiências na área de geração sugerem a implantação de várias turbinas de menor capacidade, para ficar dentro da faixa de mercado existente. Outra técnica de otimização na geração de hidroeletricidade é a implantação

de pares de turbinas, oportunizando a que uma esteja funcionando em 100% do tempo e a outra trabalhando em conjunto 70% do tempo, nas épocas de maior disponibilidade de água. Este sistema possibilita a melhoria na manutenção das máquinas, sendo desnecessário retirá-las de funcionamento para restauração e limpeza. Nestas condições, com uma turbina operando em 100% do tempo e outra em 70% do tempo, este cenário fornece, como potência mínima de projeto, o valor 114.000 KW, ou seja, 114 MW de potência instalada, capaz de produzir 82,6 GWh ao mês de energia, equivalente à Usina Hidroelétrica de Dona Francisca.

**Diâmetro do túnel** - Para que se possa transferir a água da calha do rio Pelotas até o lado oposto da Serra Geral, existe a possibilidade de escavar um túnel, com uma extensão linear de aproximadamente 24.000 m. O diâmetro deste túnel deverá ser capaz de transferir uma vazão de 20 m<sup>3</sup>/s, a uma velocidade que deve ficar entre 3 a 5 m/s. Neste cenário, a água do rio Pelotas seria transferida para a bacia do rio Itaueva.

Pela Equação (8), o diâmetro necessário para o túnel deverá ficar entre 2,2 a 2,9 m, o que acarretará na remoção de, aproximadamente, 117.800 m<sup>3</sup> de sedimentos.

**Estimativa de custo/benefício** - Os parâmetros utilizados para estes cálculos são fornecidos pela OLADE (Organização Latino Americana para o Desenvolvimento de Energia) que estima valores para a construção de Centrais Hidroelétricas na América Latina e valores estimados pela TELAR Engenharia.

Teremos, para uma potência instalada de 114.000 KW, um custo estimado de US\$ 114.000.000,00. Adicionando o custo do túnel, teremos um acréscimo de US\$ 29.450.000. No cenário A, o custo adicional do túnel corresponde a um acréscimo de 26% sobre o valor da obra.

O retorno bruto, com a venda da energia entregue na rede, será, para uma geração de 82.000.000 KWh/mês, de US\$ 8.200.000,00 mensais. Com este retorno bruto, o investimento se pagará em menos de 18 meses.

Tendo o sistema de túnel e as obras civis uma vida útil de 100 anos, e considerando uma vida útil de 30 anos para os equipamentos mecânicos, o investimento poderá apresentar uma rentabilidade após dois anos de atividade, tendo uma liquidez por, pelo menos, 28 anos.

Convém ressaltar que, nesta análise preliminar, foram desconsiderados os gastos com ma-

nutenção e mão-de-obra para o período de funcionamento do sistema.

## Cenário B

A posição onde foi analisado o cenário B se localiza 2,5 km a jusante da foz do rio Lavatudo, próximo à Fazenda do Pinheiro Mocho. Este ponto se situa a jusante da Estação Fluviométrica 70200000.

**Vazão disponível** - Utilizando a Equação (1), da transferência de vazões, onde as áreas consideradas foram: a área da estação fluviométrica, com 2.849 km<sup>2</sup> e a área da bacia de contribuição para a seção de interesse, com 5.079 km<sup>2</sup>.

Os valores das vazões calculadas para o ponto onde se situa o cenário B estão sendo mostrados na Tabela 5, em seqüência:

**Tabela 5. Vazões de permanência calculadas para a seção de interesse.**

Permanência (%)	Vazão calculada m <sup>3</sup> /s
25	132,08
50	64,48
75	35,30
95	15,06

A Figura 3 apresenta a área de contribuição, no alto rio Pelotas, para a seção de interesse onde se estudou o cenário B.

Utilizando o método da regionalização das vazões, através das Equações (2) e (3), obtêm-se:

$$Q_{50} = 66,08 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{e} \quad Q_{95} = 15,57 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Aplicando a estes valores as Equações (4.n), obtemos:

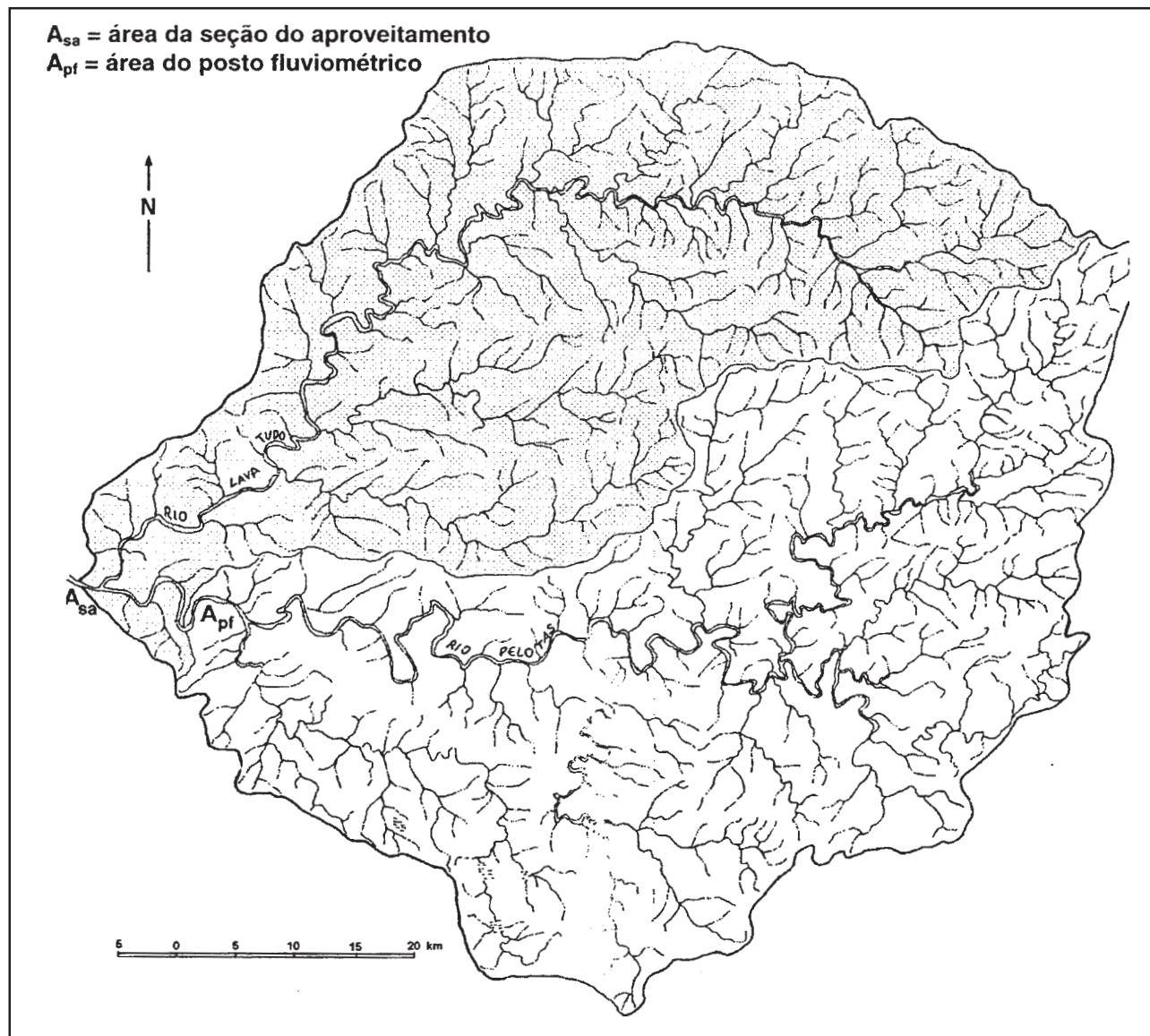
$$a = -3,212 \quad \text{e} \quad b = 5,7968$$

ficando a equação da curva de permanência definida por:

$$Q = \text{EXP}(-3,212.p + 5,7968)$$

As vazões calculadas pelo método da regionalização são apresentadas na Tabela 6, a seguir.

Novamente a semelhança entre as vazões calculadas pelos dois métodos, como mostram os



**Figura 3. Bacia de contribuição para a seção do cenário B no rio Pelotas.**

**Tabela 6. Vazões de permanência calculadas pelo método da regionalização.**

Permanência (%)	Vazão calculada m <sup>3</sup> /s
25	147,49
50	66,08
75	29,60
95	15,57

valores das Tabelas 5 e 6, determinam a confiabilidade dos resultados obtidos.

**Potencial disponível** – Considerando uma vazão regularizada com 70% de permanência,

obtemos 35 m<sup>3</sup>/s. A cota onde se localiza o cenário B é de 720 m.

Para regularizar esta vazão, necessitaremos armazenar um  $V = 1.327,49 \times 10^6 \text{ m}^3$ , obtidos com a aplicação das Equações (5.b) e (5.a), onde os resultados parciais foram:

$$Q_{lp} = 116,69 \text{ m}^3/\text{s}, m = 30\% \quad e \quad r = 36,23$$

Na tabela 7 estão os cálculos das áreas e dos volumes acumulados em função da elevação da cota de barramento, analisado para o local do cenário B.

Pelos resultados apresentados na Tabela 7, o volume de  $1327,49 \times 10^6 \text{ m}^3$  necessário acumular para que se possa regularizar uma vazão de 35 m<sup>3</sup>/s com

**Tabela 7. Áreas e volumes acumulados para diferentes cotas.**

Cota (m)	Altura da barragem	Área (m <sup>2</sup> )	Volume (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )
720	0 m	0	0
740	20 m	1.780.000	11,86
760	40 m	5.070.000	65,69
780	60 m	15.970.000	200,25
800	80 m	36.860.000	513,25
820	100 m	62.420.000	981,64
Total			1.773,38

100% de permanência, exigiria uma cota de vertedor em torno de 90 m de altura.

Nesta situação, a largura da barragem seria de 500 m e a bacia de acumulação se estenderia, a montante, por 42 km, devido ao leito encaixado do rio.

Repetindo a sistemática demonstrada para o cenário A, idealizamos o cenário B com um barramento de 90 m de altura para utilizar uma vazão de 35 m<sup>3</sup>/s durante 100% do tempo e uma vazão adicional de 20 m<sup>3</sup>/s em 70% do tempo. Nestas condições, a capacidade de potencial instalado será:

$$P_p = 7,5 \times 775 \times 35 + 7,5 \times 775 \times 20 \times 0,7 = 284.812 \text{ KW}$$

Este resultado corresponde a uma energia mensal de 205 GWh/mês.

**Estimativa de custo/benefício** - O túnel avaliado para este cenário deverá ter uma extensão de 90 km, transferindo a água do rio Pelotas para a bacia do rio Mampituba. O diâmetro deverá variar entre entre 3,7 e 4,8 m, produzindo um volume médio de 1.276.762 m<sup>3</sup> de detritos. O custo de perfuração será cerca de US\$ 312.000.000,00 o qual, adicionado ao custo da obra de US\$ 284.800.000,00 totalizará cerca de US\$ 596.800.000,00 de investimentos iniciais.

Neste cenário, o investimento com o túnel representa um acréscimo de 109% sobre o valor da obra.

O retorno bruto mensal será de US\$ 20.500.000,00, o que cobre o investimento inicial em menos de 30 meses.

## CONCLUSÕES

Os cenários A e B apresentados não são resultados de otimizações, apenas apresentam os resultados de uma escolha expedita. Eles demonstram, no entanto, a relevância da questão e a

viabilidade da idéia. As conclusões apresentadas se norteiam nos resultados obtidos e em informações fornecidas de forma particular.

O cenário B representa um investimento inicial bem maior, causado principalmente pela grande extensão de tunelamento. Entretanto, a largura da barragem neste ponto, é menor que a largura da barragem no ponto analisado para o cenário A, o que reflete diretamente nos custos da obra civil. Além de menor largura de barragem, o ponto B acumula mais água numa área proporcionalmente menor, o que otimiza a escolha.

Qualquer obra passa pela capacidade de investimento inicial da Empresa. Logo, o cenário B requer um investimento inicial 4 vezes maior, fornecendo uma produtividade que é 2,5 vezes maior que o idealizado no cenário A. O insumo produzido (energia elétrica) tem mercado garantido e pode ser entregue na rede de alta tensão próxima.

O sistema de túnel para condução de água em hidroelétricas seria uma inovação no campo de geração, trazendo, este sistema, algumas expectativas que poderão representar opções de planejamento para futuras obras.

Outrossim, a adição de 55 m<sup>3</sup>/s com água de exelentes qualidades físicas e químicas na bacia do rio Mampituba poderá favorecer um projeto de navegação fluvial ligando Torres - Lagoa dos Patos - Porto Alegre, o qual encontra-se inviabilizado por deficiência de água doce com boa oxigenação, de acordo com Cel. Mário Miranda (s.d.).

No somatório geral, o cenário B, por gerar maior energia e, consequentemente, oferecer maior rentabilidade a longo prazo, é um empreendimento mais atrativo. Porém, sua realização depende muito do fôlego financeiro do empreendedor.

Na Tabela 8 estão sistematizados de forma comparativa os resultados obtidos para os cenários A e B.

## RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho foi realizado em gabinete com o uso de cartas aerofotogramétricas e o emprego de equações sugeridas por ELETROBRAS (1982) e Tucci (CEEE - IPH, 1991 e Tucci, 1993). Logo, este trabalho tem aplicabilidade como fonte expeculativa inicial, recomendando-se, para eventuais interesses no seguimento do projeto, os seguintes estudos complementares:

1. levantamento de campo para verificação dos dados cartográficos;
2. medidas de vazão no local do aproveitamento;

**Tabela 8. Resultados comparativos entre os cenários A e B.**

Parâmetros	Cenário 1	Cenário 2
Altura da barragem	60 m	90
Potência de projeto	114 MW	285 MW
Geração mensal	82,6 GWh	205 GWh
Custo da obra	US\$ 114.000.000	US\$ 284.800.000
Custo do túnel	US\$ 29.450.000	US\$ 312.000.000
Largura da barragem	700 m	500 m
Extensão do remanso	28 Km	42 km
Área alagada	1.164 ha	5.800 ha
Volume acumulado	$161,8 \times 10^6 \text{ m}^3$	$1.327,5 \times 10^6 \text{ m}^3$
Área alagada/potência	10 ha/MW	20 ha/MW
Período de amortização	18 meses	30 meses
Benefício bruto em 30 anos	US\$ 2.952.000.000	US\$ 7.380.000.000

- 3. avaliação do impacto ambiental causado pela retirada de água da bacia do rio Pelotas;
- 4. avaliação do impacto ambiental causado pelo acréscimo de água na bacia do Itaupéva ou Mampituba;
- 5. realização dos EIAs-RIMAs
- 6. sondagem de mercado para dimensionamentos dos equipamentos e avaliação de custos.

## REFERÊNCIAS

- CEEE – IPH (1991). *Regionalização de vazões do Rio grande do Sul*. Ed. da UFRGS, Porto Alegre, p150.
- ELETROBRÁS – DNAEE (1982). *Manual de Pequenas Centrais Hidroelétricas*. Ministério de Minas e Energia – Brasília.
- TUCCI, C. E. M. et al. (1993). *Hidrologia, ciência e aplicação*. Ed. da Univ. Fed. R. G. S. Porto Alegre, p943.
- Cel. MÁRIO MIRANDA, (s.d.) comunicação privada.

## ***Hydropower Potential of the Upper Pelotas River***

### **ABSTRACT**

A preliminary evaluation of the hydropower potential was performed in the upper basin of the Pelotas river. This evaluation considered the possibility of diverting the waters to the Atlantic slope of the Serra Geral Mountains through a tunnel system, using the great drop available. In view of the scarcity of river gaging data, we used both the transfer and regionalisation methods to evaluate water flow at two different points, respectively upstream and downstream from a gaging station. The agreement between the two methods guarantees the reliability of the results. Evaluations of flow regulation and dam height were performed for predetermined regulation levels. The hydropower potentials estimated for the two sites are 114 and 285 Mw.