# 2. INVENTÁRIO HIDROENERGÉTICO E AMBIENTAL DO RIO CHOPIM

## 2.1 INTRODUÇÃO

A utilização de recursos hídricos para a geração de energia tem se constituído incontestavelmente em um dos principais fatores de desenvolvimento do País.

Entretanto, para que se estipule um local num determinado rio para aproveitamento de seu potencial hidráulico para fins de produção de energia elétrica, vários fatores são analisados, em processos que demandam vários anos, às vezes somados em décadas, de estudos de diversas naturezas.

Evidentemente, a produção de energia elétrica destina-se à distribuição e venda para uma sociedade cada vez mais ávida por essa energia, principalmente se a mesma puder ser obtida de forma limpa e barata, tendo em vista suas necessidades intrínsecas da vida moderna, que envolvem consumo de eletricidade nas indústrias, na iluminação pública, que assume grandes proporções nas cidades e para fins domésticos nas residências e locais de trabalho.

Por isso, os estudos envolvem complexas análises relacionadas ao manejo de recursos hídricos com vistas à otimização da energia da água, a qual relaciona-se diretamente com a disponibilidade de quedas e vazões, o que quase nunca é possível de se conseguir nas imediações das áreas de consumo. Assim, estudam-se as bacias hidrográficas do ponto de vista hidrológico e hidráulico e segundo vários outros aspectos com vistas à produtividade energética que se possa obter de um determinado rio, em associação às possibilidades técnicas e ambientais para a implementação de estruturas que permita que os recursos energéticos disponíveis sejam extraídos de forma racional e econômica.

A apropriação dos recursos torna necessária a interrupção ou o seccionamento de um dado curso d'água por meio de uma barragem, para que se possa materializar no local a queda disponível ao longo de um certo trecho de rio, a ser aproveitada em conjunto com a vazão naquele local. Trata-se de um processo extremamente complexo, pois além das inúmeras possibilidades teóricas de aproveitamento, que levam a uma grande quantidade de combinações possíveis de locais de implantação de barragem, cuja sucessão define o que se chama de *"cascata energética"*, há que se levar em conta que podem se obter, num mesmo rio, várias combinações de obras.

Cada barragem conduz à formação de um reservatório, ou lago artificial, que se estende desde o local do seccionamento do rio até o local imediatamente superior e, disso, resulta a necessidade se analisarem as diferentes cascatas possíveis considerando-se tanto os aspectos técnicos, energéticos e econômicos, como também, e principalmente, os aspectos sócio-ambientais, já que a formação de reservatórios pode causar o desalojamento de moradores ribeirinhos ou mesmo em locais mais afastados das margens do rio, a depender do porte e da largura dos lagos, bem como a

perda de benfeitorias, patrimônios econômicos e ambientais importantes e perdas por afogamento de áreas que, muitas vezes têm importância significativa no contexto ecológico e ambiental de uma dada região.

Atualmente, as formas tradicionais de decidir a expansão da capacidade hidroelétrica defrontam-se com inúmeras restrições de caráter político. Os empreendimentos hidroelétricos são acusados de não contribuírem diretamente para o desenvolvimento das regiões onde são implantados. Nesse sentido, somente com estratégias mais abrangentes de planejamento e de ação será possível contornarem-se as resistências dos movimentos de oposição das populações envolvidas, que atuam no sentido de inviabilizar tais empreendimentos, movidas muitas vezes por interesses absolutamente legítimos na medida em que seus modos de vida podem estar — e quase sempre estarão — sujeitos a modificações nem sempre compensáveis de forma aceitável ou satisfatória.

Por essas razões, e em vista da necessidade de se implementar o desenvolvimento do Setor Elétrico para atendimento das crescentes demandas por energia de forma firme e segura, buscam-se e seguem-se estratégias mais abrangentes de ação, as quais conduzem a duas vertentes conceituais principais no planejamento e na ação executiva:

- A primeira, relacionada com a administração do uso dos recursos hídricos, diz respeito à sua utilização com fins múltiplos e concebidos de forma integrada e abrangente. Trata-se de contemplar, em estudos e projetos, os aspectos de sua apropriação e avaliação de uma ampla gama de benefícios resultantes do aproveitamento do conjunto, além do rateio destes benefícios entre as atividades envolvidas e dos mecanismos que possam garantir este rateio.
- A segunda, decorrente do vulto dos empreendimentos destinados à utilização dos recursos hídricos, indica que, em virtude das significativas modificações introduzidas nos contextos regionais por aqueles empreendimentos, há que inseri-los como fatores de desenvolvimento regional e local. Só tal abordagem possibilita o estabelecimento das condições mais propícias à obtenção de efeitos multiplicadores e de benefícios palpáveis para as populações locais. Esta conceituação justifica os aproveitamentos hidroelétricos em termos regionais, contribuindo para sua viabilização em termos políticos.

A abordagem e o tratamento bem sucedido dessas duas linhas de conceituação envolvem, evidentemente, a harmonização dos interesses nacionais, regionais e, principalmente, locais, visando uma distribuição mais equânime dos benefícios a serem obtidos.

De forma coerente com as linhas de ação acima comentadas, os estudos para o aproveitamento dos recursos hidroenergéticos da bacia hidrográfica do rio Chopim seguiram, em linhas gerais, o roteiro metodológico delineado na Figura 2-1, no qual se enfatiza a abordagem da questão sócio-ambiental em paralelo com os demais componentes normais de avaliação para uma divisão de quedas otimizada, em que se consideram os aspectos intrinsecamente técnicos com base em critérios topográficos, energéticos, geotécnicos e econômicos. Uma vez estipulado o esquema básico de divisão de quedas,

desenvolveram-se análises detalhadas destinadas a sua otimização, em que a componente sócio-ambiental assumiu importância fundamental na metodologia utilizada, como se detalha na continuação.

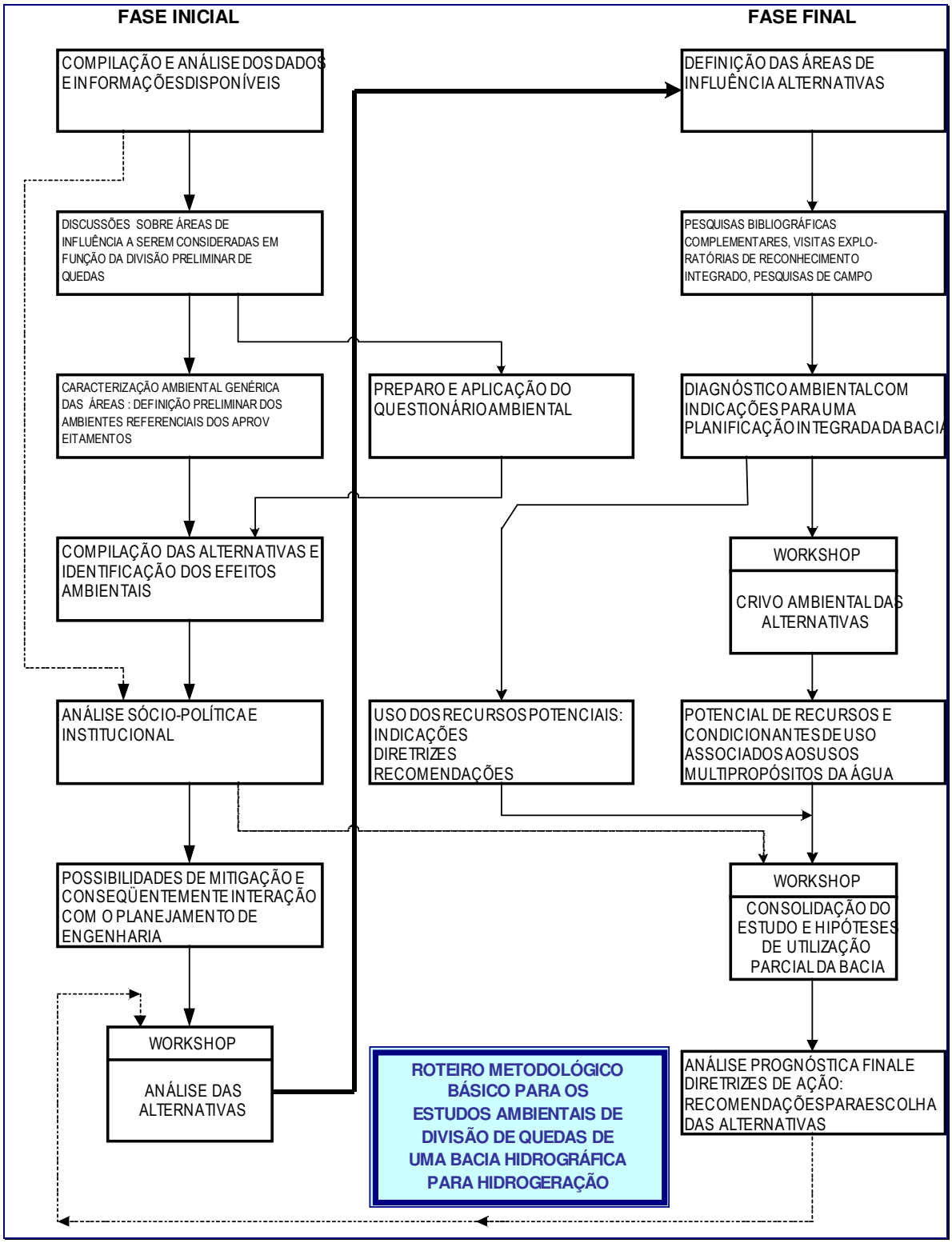



*Figura 2-1:Roteiro metodológico básico para os estudos ambientais de divisão de quedas de uma bacia hidrográfica com fins de hidrogeração.*

Portanto, a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental e desta sua atualização, foi precedida de um amplo conjunto de trabalhos anteriores visando o aproveitamento energético na bacia do rio Chopim, nos quais os componentes econômicos, sociais, energéticos e ambientais foram considerados, permitindo se observar o empreendimento de forma isolada, sem dissociar suas inter-relações com o planejamento realizado para toda a bacia.

## 2.2 ESTUDOS ANTERIORES

### 2.2.1 Antecedentes

De modo a permitir uma maior compreensão da inserção da UHE Salto Grande no planejamento estratégico para o rio Chopim, apresenta-se a seguir um resumo das principais informações contidas nos diferentes estudos já realizados nesta bacia, destacando-se o Estudo de Inventário Hidroelétrico do Rio Chopim, elaborado pela COPEL entre os anos de 1997 a 1999; bem como a Avaliação Ambiental Estratégica desta bacia e a Reavaliação do Inventário do Baixo rio Chopim, realizadas no ano de 2002 encaminhadas ao IAP no início do ano de 2003.

O potencial hidroelétrico do rio Chopim vem sendo estudado há mais de três décadas, destacando-se dois estudos (1966, DAEE e 1968, CANAMBRA) que analisaram seu aproveitamento, descritos sucintamente a seguir.

### 2.2.2 Estudos COPEL – DAEE (1966)

Os primeiros estudos para aproveitamento do potencial hidroelétrico da bacia do rio Iguaçu remontam a 1966. Foram realizados pelo Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE, juntamente com a COPEL e estão contidos no *Relatório do Rio Chopim*. O objetivo era apresentar um planejamento a longo prazo para o setor de energia elétrica do Paraná, já com vistas à minimização dos custos para o consumidor e à otimização do aproveitamento dos recursos. O rio Chopim foi o primeiro a ser estudado com este objetivo pela facilidade de informações existentes naquela época.

Utilizou-se como critério no estudo de divisão de queda a exclusão de aproveitamentos hidroelétricos com menos de 10 MW de potência instalada. Os estudos hidrológicos foram fornecidos pela Divisão de Águas do DAEE. Embora o objetivo fosse subsidiar o planejamento setorial, os estudos não abordaram a evolução do mercado de energia elétrica e os estudos referentes ao planejamento da transmissão. Posteriormente, foram iniciados os estudos de avaliação do potencial energético da região sul do Brasil pelo Comitê-Sul (CANAMBRA) que cumpriram o mesmo objetivo.

Nos estudos do DAEE, o rio Chopim seria aproveitado por meio de seis usinas hidroelétricas denominadas, de montante para jusante, Salto Alemã, Salto Grande, Salto Chopim, Águas do Verê, Erveira e Foz do Chopim II. Àquela época, já estava em operação a Usina Hidroelétrica Chopim I (2,2 MW) e em construção a Usina Hidroelétrica Foz do Chopim (44 MW). A potência instalada total do rio foi avaliada em 426,5 MW, com energia firme de 206,4 MW médios, aproveitando 317 m de queda total. A Tabela 2-1 apresenta a alternativa de divisão de queda estudada pela COPEL/DAEE em 1966.

*Tabela 2-1: Alternativa de Divisão de Queda Estudada pela COPEL/DAEE em 1966*

| USINAS HIDROELÉTRICAS | DISTÂNCIA DA FOZ (km) | QUEDA BRUTA (m) | POTÊNCIA INSTALADA (MW) | ENERGIA FIRME (MW méd.) | NA MONTANTE (m) | NA JUSANTE (m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Foz do Chopim I (JMF) | 5 | 35 | 44 | 31,2 | | |
| Foz do Chopim II | 5 | 67 | 56 | 40,0 | 350,00 | 283,00 |
| Erveira | 18 | 35 | 54 | 35,3 | 385,00 | 350,00 |
| Águas do Verê | 68 | 40 | 55,5 | 37,1 | 425,00 | 385,00 |
| Salto Chopim | 98 | 45 | 122 | 28,1 | 470,00 | 425,00 |
| Salto Grande | 139 | 25 | 20 | 12,4 | 495,00 | 470,00 |
| Salto Alemã | 175 | 70 | 75 | 22,3 | 600,00 | 530,00 |
| Total | | 317 | 426,5 | 206,4 | | |

Fonte: Estudo de Inventario Hidroelétrico do Rio Chopim – COPEL-GER, 1999

### 2.2.3 Estudos CANAMBRA (1968)

O rio Chopim foi inventariado pela CANAMBRA Engineering Consultants Ltd. para o Comitê Coordenador de Estudos Energéticos da Região Sul (ENERSUL). Este trabalho fez parte dos Estudos Energéticos da Região Sul do Brasil que constituem a segunda iniciativa desse gênero levada a termo, à época, com a finalidade de arrolar os recursos energéticos regionais e planejar a sua racional e eficiente utilização.

A metodologia utilizada para os estudos considerava a obtenção do perfil dos rios pela combinação de aerofotogrametria e controle altimétrico com barômetro. Com estudos hidrológicos feitos especificamente para a avaliação do potencial, foi adotado o período crítico de 1944-45 equivalente à região sul do Brasil. As potências instaladas foram calculadas para um fator de capacidade de 55%.

Como critério principal, os aproveitamentos com potência inferior a 10 MW eram descartados. Estabeleceu-se que as usinas hidroelétricas em condições semelhantes às da implantação de uma usina termoelétrica a óleo combustível localizada na costa, longe do mercado consumidor e que tivesse um custo índice acima de US$ 375/kW, também seriam eliminadas. Em outros casos, quando o mercado estivesse próximo da hidroelétrica, o índice limite para exclusão era de US$ 500/kW. Adicionalmente, considerou-se que todos os locais com significativo armazenamento através do seu reservatório, com ou sem motorização seriam incluídos na divisão de quedas.

No relatório *Power Study of South Brazil – Chopim River – 1968*, foi sugerida para o rio Chopim a implantação de um reservatório de regularização no km 335, Coronel Soares, e oito aproveitamentos, nomeados, de montante para jusante, como São Luiz, São João, Salto Alemã, Salto Grande, Salto Chopim, Águas do Verê, Erveira e Foz do Chopim II. Foi estimada uma potência instalada total de 346,9 MW e 162,8 MW médios de energia firme. A Tabela 2-2 apresenta os resultados obtidos pela CANAMBRA para o rio Chopim.

*Tabela 2-2: Alternativa de Divisão de Queda Estudada pela CANAMBRA em 1968.*

| USINAS HIDROELÉTRICAS | DISTÂNCIA DA FOZ (KM) | QUEDA BRUTA (M) | POTÊNCIA INSTALADA (MW) | | ENERGIA FIRME (MWMED) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Primeira Adição | Rio Desenvolvido | Primeira Adição | Rio Desenvolvido |
| Foz do Chopim I (JMF) | 5 | - | 26,4 | 44,0 | - | |
| Foz do Chopim II | 5 | 60 | - | 32,6 | | 42,2 |
| Erveira | 18 | 37 | 19,9 | 51,8 | 9,5 | 24,9 |
| Águas do Verê | 62 | 40 | 20,6 | 54,3 | 9,7 | 25,4 |
| Salto Chopim | 94 | 43 | 35,6 | 57,8 | 15,9 | 25,8 |
| Salto Grande | 134 | 38 | 13,6 | 31,9 | 6,5 | 15,2 |
| Salto Alemã | 171 | 64 | 33,0 | 47,7 | 14,3 | 20,7 |
| São João | 223 | 85 | 21,9 | 44,3 | 10,2 | 20,7 |
| São Luiz | 245 | 58 | 10,9 | 26,5 | 5,1 | 12,2 |
| Reservatório C. Soares | 335 | - | - | - | - | - |
| Queda Total | - | 425 | - | - | - | - |
| P. Inst. total - sem JMF | - | - | 155,5 | 346,9 | - | - |
| Potência Instalada total | - | - | 181,9 | 390,9 | - | - |
| Energia Firme | - | - | - | - | 85,7 | 187,1 |

Fonte: Estudo de Inventario Hidroelétrico do Rio Chopim – COPEL-GER, 1999

### 2.2.4 Estudos COPEL (1989/93)

Com o objetivo de suprir o banco de dados para o planejamento de geração da COPEL e da ELETROBRÁS, foi realizado um estudo de inventário utilizando-se os dados disponíveis na época. Este estudo procurou estabelecer uma alternativa de divisão de queda mais atualizada do que as estudadas anteriormente, conforme os critérios então vigentes.

O estudo, embora feito com os dados disponíveis, abrangeu um grande número de alternativas de divisão de queda que serviram de base para os atuais estudos.

Para alguns locais foram utilizadas restituições aerofotogramétricas nas escalas 1:10.000 (1964 e 1967)e 1:50.000 (1967), elaboradas pelo DAEE e Comitê Sul e nos demais foram utilizadas as cartas 1:50.000 do SGE/IBGE.

Para cada local foram feitas as curvas cota-área e cota-volume dos reservatórios. As áreas de drenagem dos locais foram obtidas de diagrama feito para especificamente para o estudo a partir de planimetragem do mapa do estado do Paraná, escala 1:600.000.

As vazões médias mensais foram transferidas para cada local a partir de estudo e análise de consistência dos dados dos postos hidrométricos dos convênios da COPEL com DNAEE e SUREHMA. As vazões de cheia foram estimadas admitindo-se a vazão especifica de 500 ℓ/s/km² para o dimensionamento das estruturas de desvio e de 1.000 ℓ/s//km² para os vertedouros.

Foram feitos estudos energéticos com determinação da depleção e energia firme para cada local e alternativa. Os reservatórios foram deplecionados procurando maximizar o ganho energético. Isto resultou, para a maioria dos reservatórios, em depleção até o máximo de um terço da queda bruta máxima, respeitadas as restrições físicas.

Os critérios para o dimensionamento e orçamento dos aproveitamentos foram os mesmos utilizados nos estudos de inventário dos rios Tibagi e Ivaí. Os orçamentos foram preparados com preços unitários de julho de 1980, com taxa do dólar de US$ 1.00 = Cr$93,774.

Para o cálculo do custo da energia, adotou-se uma taxa de juros de 10% ao ano, uma vida útil de 50 anos e custo de operação e manutenção obtido do Boletim de Planejamento da ELETROBRÁS, de dezembro de 1985.

O custo da energia de complementação foi fixado em US$ 60/MWh, aproximadamente o custo marginal da expansão na época em que as usinas do rio Chopim entrariam em operação, no final do horizonte de planejamento. Decidiu-se, também, não eliminar os aproveitamentos com custo da energia maior que este limite.

As alternativas formuladas nestes estudos fizeram uso das características peculiares do rio Chopim, com uma série de meandros e saltos, resultando na divisão dos estudos por trechos. Esta formatação facilitou a análise e gerou 23 alternativas de divisão de queda e uma série de outras alternativas que foram obtidas pela combinação dos distintos trechos de rio estudados. A Tabela 2-3 apresenta as usinas integrantes da alternativas estudadas, enquanto que o resultado das alternativas estudadas é apresentado na Tabela 2-4. A alternativa II foi selecionada para suprir os bancos de dados da COPEL e ELETROBRÁS.

*Tabela 2-3: Alternativas de divisão de queda estudadas pela COPEL em 1989.*

| KM | NOME | ALTERNATIVAS | NA MONT. | NA JUS. | Q.B. | ENERGIA FIRME (MW méd) | POTÊNCIA INSTALADA (MW) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 349 | - | K1 | 1.000 | 965 | 35 | 6,0 | 12 |
| 344 | - | A, B, C, D, D1, E, F, G, H, M, A1, H1, L1 | 1.000 | 960 | 40 | 7,3 | 16 |
| 336 | Cel. Soares | CD | 1.000 | 935 | 65 | 13,3 | 28 |
| 335 | Cel. Soares | I, IA, II, III, IV, J, K, L | 1.000 | 915 | 85 | 17,8 | 38 |
| 330 | Cel. Soares | K1 | 965 | 915 | 50 | 10,6 | 20 |
| 330 | Cel. Soares | A1, H1, L1 | 960 | 915 | 45 | 9,8 | 18 |
| 316 | Rancho Grande | A, B, C, D, E, F, G, M, D1 | 960 | 883 | 77 | 17,6 | 38 |
| 317 | Rancho Grande | CD | 935 | 883 | 52 | 12,5 | 24 |
| 313 | Rancho Grande | A1 | 915 | 883 | 32 | 7,5 | 14 |
| 312 | Rancho Grande | JJ | 915 | 875 | 40 | 10,0 | 18 |
| 313 | Rancho Grande | H | 960 | 868 | 92 | 21,5 | 46 |
| 307 | Rancho Grande | H1 | 915 | 868 | 47 | 11,3 | 22 |
| 305 | - | K, L, K1, L1 | 915 | 857 | 58 | 15,3 | 32 |

| KM | NOME | ALTERNATIVAS | NA MONT. | NA JUS. | Q.B. | ENERGIA FIRME (MW méd) | POTÊNCIA INSTALADA (MW) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 300 | - | I, IA, II, III, IV | 915 | 850 | 65 | 19,3 | 38 |
| 300 | - | CD, A1 | 883 | 850 | 33 | 9,3 | 18 |
| 282 | Trindade | L1 | 857 | 799 | 58 | 19,0 | 38 |
| 281 | Trindade | A, B, C, D, E, F, G, D1 | 883 | 783 | 100 | 34,8 | 72 |
| 281 | Trindade | J | 875 | 783 | 92 | 31,4 | 64 |
| 281 | Trindade | H, H1 | 868 | 783 | 85 | 27,1 | 56 |
| 281 | Trindade | K, K1 | 857 | 783 | 74 | 24,3 | 48 |
| 281 | Trindade | CD, I, IA, II, III, IV, A1 | 850 | 783 | 67 | 21,8 | 42 |
| 281 | Trindade | M | 883 | 777 | 106 | 37,0 | 76 |
| 278 | Trindade | L | 857 | 773 | 84 | 28,9 | 58 |
| 273 | Trindade | L1 | 799 | 773 | 26 | 9,2 | 16 |
| 263 | - | CD | 783 | 750 | 33 | 12,6 | 24 |
| 263 | - | G | 783 | 741 | 42 | 17,3 | 32 |
| 251 | São Luiz | G | 741 | 705 | 36 | 15,8 | 28 |
| 252 | São Luiz | I, IA, II, III, IV | 783 | 700 | 83 | 34,0 | 66 |
| 252 | São Luiz | A, B, C, D, E, F, H, J, K, A1, D1, H1, K1 | 783 | 692 | 91 | 34,8 | 72 |
| 252 | São Luiz | M | 777 | 692 | 85 | 36,9 | 70 |
| 252 | São Luiz | L, L1 | 773 | 692 | 81 | 32,7 | 62 |
| 251 | São Luiz | CD | 750 | 692 | 58 | 24,1 | 44 |
| 230 | São João | G | 705 | 607 | 98 | 47,7 | 90 |
| 230 | São João | I, IA, II, III, IV | 700 | 607 | 93 | 45,5 | 84 |
| 230 | São João | CD, A, B, C, D, E, F, H, J, K, L, M, A1, D1, H1, K1, L1 | 692 | 607 | 85 | 39,6 | 74 |
| 207 | Cachoeirinha | CD, IV, A, B, C, G, H, J, K, L, M, A1, H1, K1, L1 | 607 | 570 | 37 | 18,3 | 34 |
| 207 | Cachoeirinha | D, D1 | 607 | 550 | 57 | 30,6 | 56 |
| 208 | Cachoeirinha | I, IA, II, E | 607 | 542 | 65 | 33,8 | 62 |
| 176 | Salto Alemã | III, F | 607 | 506 | 101 | 67,0 | 136 |
| 176 | Salto Alemã | CD, IV, A, B, C, G, H, J, K, L, M, A1, H1, K1, L1 | 570 | 506 | 64 | 39,9 | 78 |
| 176 | Salto Alemã | D1 | 550 | 506 | 44 | 30,2 | 56 |
| 140 | Salto Grande | D | 550 | 468 | 82 | 63,6 | 128 |
| 140 | Salto Grande | I, IA, II, E | 542 | 468 | 74 | 55,5 | 110 |
| 140 | Salto Grande | CD, IV, A, B, C, F, G, H, J, K, L, M, A1, D1, H1, K1, L1 | 506 | 468 | 38 | 28,6 | 52 |
| 111 | - | III | 506 | 450 | 56 | 56,8 | 110 |
| 111 | - | A, D, E, F, G, HJ, K, L, M, A1, D1, H1, K1, L1 | 468 | 449 | 19 | 17,8 | 32 |

| KM | NOME | ALTERNATIVAS | NA MONT. | NA JUS. | Q.B. | ENERGIA FIRME (MW méd) | POTÊNCIA INSTALADA (MW) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 98 | Salto Chopim | CD, II, IV, B | 468 | 425 | 43 | 54,3 | 104 |
| 91 | - | A, D, E, F, G, H, J, K, L, M, A1, D1, H1, K1, L1 | 449 | 412 | 37 | 48,4 | 88 |
| 68 | Águas do Verê | I, IA, C | 468 | 385 | 83 | 113,8 | 224 |
| 68 | Águas do Verê | III | 450 | 385 | 65 | 86,3 | 172 |
| 67 | Águas do Verê | CD, II, IV, B | 425 | 385 | 40 | 54,9 | 98 |
| 66 | Águas do Verê | A, D, E, F, G, H, J, K, L, M, A1, D1, H1, K1, L1 | 412 | 385 | 27 | 37,5 | 68 |
| 17 | Erveira | CD, IA | 385 | 348 | 37 | 54,0 | 96 |
| 13 | Erveira | I, II, III, IV, A, B, M, A1, H1, K1, L1 | 385 | 325 | 60 | 87,9 | 156 |
| 5 | Foz do Chopim | CD, IA | 348 | 325 | 23 | 33,8 | 60 |

Fonte: Estudo de Inventario Hidroelétrico do Rio Chopim – COPEL-GER, 1999

*Tabela 2-4: Resultados das alternativas de divisão de queda estudadas pela COPEL em 1989.*

| ALTERNATIVA | N.º DE USINAS | RESERVATÓRIO | | QUEDA BRUTA (m) | ENERGIA FIRME (MW med) | COMPLEMENTAÇÃO DE ENERGIA (MW med) | ÍNDICE CUSTO BENEFÍCIO PRELIMINAR (US$/MWh) | ÍNDICE CUSTO BENEFÍCIO DA ENERGIA DE COMPLEMENTAÇÃO (US$/MWh) | ÍNDICE CUSTO BENEFÍCIO FINAL (US$/MWh) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (km²) | (hm³) | | | | | | |
| CD | 14 | 164,0 | 1.564 | 610 | 419,2 | 26,6 | 33,33 | 3,58 | 36,91 |
| I | 9 | 257,5 | 3.622 | 667 | 437,0 | 8,8 | 31,59 | 1,18 | 32,78 |
| IA | 10 | 238,3 | 3.622 | 631 | 437,3 | 8,5 | 32,89 | 1,14 | 34,04 |
| II | 10 | 211,0 | 2.384 | 670 | 432,4 | 13,4 | 30,11 | 1,80 | 31,91 |
| III | 9 | 288,4 | 2.427 | 670 | 435,2 | 10,6 | 32,43 | 1,43 | 33,86 |
| IV | 11 | 200,0 | 2.021 | 670 | 431,0 | 14,8 | 31,32 | 1,99 | 33,32 |
| A | 12 | 186,4 | 2.242 | 656 | 432,7 | 13,1 | 34,82 | 1,79 | 36,58 |
| A1 | 14 | 157,3 | 1.514 | 657 | 409,6 | 36,2 | 33,52 | 4,87 | 38,39 |
| B | 11 | 203,0 | 2.281 | 662 | 438,9 | 6,9 | 33,40 | 0,93 | 34,33 |
| C | 10 | 249,5 | 3.519 | 666 | 443,0 | 2,8 | 34,46 | 0,38 | 34,84 |
| D | 10 | 207,9 | 2.873 | 661 | 438,1 | 7,7 | 33,92 | 1,04 | 34,96 |
| D1 | 11 | 175,6 | 1.930 | 650 | 427,2 | 18,6 | 33,60 | 2,50 | 36,10 |
| E | 10 | 197,4 | 2.605 | 657 | 434,0 | 11,8 | 33,55 | 1,59 | 35,14 |
| F | 10 | 208,4 | 3.108 | 669 | 445,8 | 0,0 | 34,68 | 0,00 | 34,68 |
| G | 12 | 180,0 | 2.059 | 651 | 428,9 | 16,9 | 34,78 | 2,27 | 37,05 |
| H | 11 | 180,3 | 2.087 | 656 | 428,0 | 17,8 | 34,63 | 2,40 | 37,02 |
| H1 | 12 | 161,4 | 1.674 | 657 | 414,0 | 31,8 | 33,41 | 4,28 | 37,69 |
| J | 11 | 178,2 | 2.030 | 658 | 427,0 | 18,8 | 33,36 | 2,53 | 38,89 |
| K | 11 | 174,2 | 1.867 | 657 | 423,8 | 22,0 | 32,69 | 2,96 | 35,65 |
| K1 | 12 | 160,2 | 1.609 | 657 | 413,7 | 32,1 | 32,15 | 4,32 | 36,47 |
| L | 11 | 174,5 | 1.805 | 670 | 423,9 | 21,9 | ,33,29 | 2,95 | 36,24 |
| L1 | 13 | 161,4 | 1.437 | 663 | 412,4 | 33,4 | 32,78 | 4,50 | 37,28 |
| M | 11 | 183,8 | 2.810 | 655 | 426,3 | 19,5 | 34,62 | 2,62 | 37,25 |
| | | | | | | | | | |
| máx. | 17 | 288,4 | 3.622 | 670 | 445,8 | 36,2 | 34,82 | 4,87 | 38,39 |
| mín. | 9 | 157,3 | 1.437 | 631 | 409,6 | 0,0 | 30,11 | 0,0 | 31,91 |

Fonte: Estudo de Inventario Hidroelétrico do Rio Chopim – COPEL-GER, 1999

### 2.2.5 Estudo de Inventário do Rio Chopim – COPEL, 1999

#### *2.2.5.1 Generalidades*

O inventário realizado pela COPEL para o aproveitamento do rio Chopim para fins energéticos foi condicionado ao atendimento da Lei nº 9.074/95 que dispõe sobre o aproveitamento ótimo do potencial das bacias hidrográficas, que corresponde à obtenção da melhor divisão de queda, melhor arranjo físico das obras, aproveitamento energético máximo, mínimo custo e mínima interferência sobre o meio ambiente.

Desta forma, as diversas alternativas estudadas procuraram utilizar de forma integral o potencial do trecho estudado através da concepção de divisões de queda e de suas usinas hidroelétricas, para um aproveitamento com o máximo benefício técnico-econômico e mínimo impacto sobre o meio ambiente.

Embora as alternativas de divisão de queda devam procurar aproveitar a totalidade da queda disponível, foram determinados, com base nos estudos realizados e no diagnóstico ambiental, os trechos dos rios da bacia onde não deverá haver aproveitamento hidroelétrico. Normalmente, esses trechos podem incluir uma ou mais das seguintes interferências importantes:

- Cidades, vilas ou outras concentrações de população;
- Áreas industriais;
- Jazidas e/ou lavras minerais de alto valor e/ou importância estratégica;
- Reservas indígenas ou de outros grupos étnicos;
- Unidades de conservação;
- Áreas com monumentos de importância histórica e/ou cultural.

Apesar de não existirem comunidades ribeirinhas que possam ser atingidas, foram estudadas várias alternativas de forma a diminuir a área alagada na área de influência destes locais, principalmente no trecho de montante da bacia onde a topografia é mais plana e sujeita a grandes áreas alagadas se os níveis dos reservatórios fossem aumentados.

Como em alguns eixos de usinas estudados o projeto incluía o aproveitamento de um meandro do rio, foi considerada a manutenção da vazão mínima a jusante do barramento, correspondente a 50% de Q10,7 (vazão de estiagem de 7 dias de duração com 10 anos de recorrência).

Este critério é o estabelecido para o estado do Paraná, pela SUDERHSA – Superintendência de desenvolvimento de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, por meio da Portaria n0 06/96.

- Os estudos ambientais tiveram como objetivo principal incorporar os aspectos ambientais no decorrer de toda a etapa de estudos preliminares, de modo a:
- Subsidiar a formulação das alternativas de divisão de queda e a concepção dos aproveitamentos, pelo conhecimento das principais questões ambientais;
- Fornecer as informações necessárias para a estimativa dos custos ambientais (quantitativos e preços unitários correspondentes), pelo conhecimento prévio dos prováveis impactos ambientais associados a cada aproveitamento e a cada uma das alternativas em análise;
- Possibilitar a obtenção de um índice de impacto ambiental para cada uma das alternativas, para apoiar a sua comparação dentro de um

enfoque multiobjetivo e a seleção daquelas que irão ser objeto de análise nos estudos finais.

A metodologia de avaliação de impactos utilizada na etapa dos estudos preliminares obedeceu os critérios do Manual de Inventário. Foram desenvolvidas três fases: diagnóstico ambiental, avaliação de impactos por aproveitamentos e composição do índice de impacto ambiental das alternativas.

Durante o diagnóstico ambiental da bacia foram geradas as informações básicas relativas à área de estudo, direcionadas por componentes-síntese e seus elementos de caracterização.

Os resultados das análises foram consolidados em mapas por componente-síntese e serviram de base para a formulação das alternativas de divisão de queda e para a análise dos aproveitamentos.

Inicialmente todos os aproveitamentos em consideração para a bacia foram estudados isoladamente, ou seja, cada aproveitamento foi avaliado sem levar em conta a implantação dos demais.

A identificação, previsão e avaliação dos impactos e respectiva atribuição de índices de impacto foram realizadas para cada aproveitamento e por componente-síntese. Apresentaram também os indicadores de impacto e os elementos de avaliação considerados na avaliação de impactos sobre cada componente-síntese. As informações geradas relativas aos impactos subsidiaram a estimativa dos custos ambientais.

Na seqüência foram combinados os índices relativos aos aproveitamentos por componente para se obter o índice de impacto por alternativa sobre cada componente–síntese.

Em seguida, pela combinação destes, foi obtido o índice de impacto da alternativa sobre o sistema ambiental, que consolida a avaliação ambiental da alternativa, representando o seu desempenho quanto ao atendimento do objetivo “minimizar o impacto ambiental”.

Por fim, procurou-se maximizar o aproveitamento dos recursos hidroenergéticos disponíveis, considerando-se as restrições fisiográficas e ambientais identificadas e os condicionantes básicos estabelecidos, conforme a seguir:

- Aproveitamento integral, tanto quanto possível, dos recursos energéticos do rio Chopim;
- Consideração de alternativas com pequeno número de aproveitamentos de alta queda visando minimizar o número de obras no rio, desde que a altura da barragem não acarrete maiores inconveniências ambientais ou técnico-econômicas;
- Preservação, quando possível, das usinas existentes ou sua penalização nas análises econômicas;
- Manutenção de vazão mínima remanescente para evitar ensecamento de trechos do rio;
- Vertedouros de concreto compactado com rolo, com soleira livre, posicionados no leito do rio, quando pertinente;
- Desvio do rio através de adufas sob a barragem de concreto compactado com rolo;
- Dimensionamento do vertedouro para escoar a vazão decamilenar;
- Borda livre de 2 m nas estruturas;
- Sobrepressão dos condutos forçados equivalente a 35% da altura estática.

### *2.2.5.2 Metodologia e critérios de avaliação de alternativas*

#### 2.2.5.2.1 Fixação de um hierarquia

Após a análise de uma série de alternativas de divisão de quedas nas quais se incluíram diversos condicionantes básicos tais como: várias cotas de barramentos para um mesmo eixo, presença de outras usinas hidroelétricas no rio Chopim, ocorrência de indústrias poluentes em setores específicos da bacia, representatividade da população ribeirinha, infra-estrutura a ser afetada e a presença e unidades de conservação e/ou áreas indígenas entre outras, a COPEL procedeu a análise de 4 alternativas denominadas COPEL1, COPEL 1B, COPEL 2A E COPEL 2B.

Nesta análise foi considerado o benéfico energético resultante do desenvolvimento do potencial hidroelétrico da bacia conforme cada alternativa, comparando-se com os custos ambientais causados pela sua realização.

As implicações econômico-energéticas foram avaliadas pelo índice custo-benefício energético, enquanto os impactos ambientais foram avaliados através do índice ambiental. A partir destes índices foi definida a hierarquização das alternativas.

Os índices de custo-benefício energético foram calculados em US$/MWh, sempre como a razão entre o custo de obtenção de um acréscimo de energia firme do sistema de referência e o valor desse acréscimo. Esse índice foi calculado isoladamente e para o conjunto dos aproveitamentos de cada alternativa.

Para a avaliação do índice ambiental foram definidos indicadores de impactos, que representassem a síntese dos principais processos impactantes que potencialmente ocorrem quando da implantação dos aproveitamentos hidroelétricos, sobre cada componente síntese.

Para cada indicador de impacto foram definidos os critérios de avaliação que determinaram o enfoque a ser adotado na análise. A cada critério foi associado um conjunto de elementos de avaliação que organizaram as informações relativas aos processos impactantes.

Os índices de impacto foram atribuídos em escala contínua variando de zero a um. O zero indicava a ausência de impacto, enquanto o valor um representava o comprometimento pleno dos processos inerentes ao componente-síntese analisado.

Nesta análise foram definidos 6 componentes-síntese: ecossistemas aquáticos, ecossistemas terrestres, modos de vida, organização territorial, base econômica e população indígena.

#### 2.2.5.2.2 Índices ambientais

Para a comparação e escolha de alternativas foram criados dois tipos de índices ambientais: índice ambiental das alternativas sobre cada componente-síntese e índice ambiental da alternativa sobre o sistema ambiental.

a) Índice Ambiental das Alternativas sobre cada Componente-Síntese

O índice ambiental de cada alternativa de divisão de queda (IAC) expressa o grau de impacto do conjunto dos aproveitamentos. A obtenção deste índice visou hierarquizar as alternativas em função do atendimento ao objetivo de minimização dos impactos ambientais, de modo a subsidiar a sua comparação e a seleção da melhor alternativa.

A construção do índice ambiental de uma alternativa desenvolveu-se em duas etapas:

- composição do índice de impacto da alternativa sobre cada componente-síntese;

- composição do índice de impacto da alternativa sobre o sistema ambiental;
- composição do índice de impacto da alternativa sobre componente-síntese.

O índice de impacto ambiental de cada alternativa de divisão de queda sobre cada componente-síntese deve representar o impacto do conjunto de aproveitamentos que compõem a alternativa, sobre esse componente-síntese na área de estudo. Para tanto, nesta etapa foram considerados os processos impactantes do conjunto de aproveitamentos que afetam uma mesma sub-área, incluindo os efeitos sinérgicos entre esses aproveitamentos.

O índice de impacto da alternativa na área de estudo foi obtido pela soma ponderada dos índices de impacto relativos às sub-áreas[1].

$$IAC = \Sigma\ I_{SAi} \times P_{SAi}$$

onde:

- $I_{Sai}$: índice de impacto sobre componente relativo ao conjunto de aproveitamentos que afetam a sub-área i;
- $P_{Sai}$: fator de ponderação relativo a cada sub-área i, para determinado componente-síntese.

Visando manter os valores do índice de impacto ambiental entre zero e um, os pesos $P_{SAi}$ foram atribuídos também em uma escala contínua de zero a um, devendo a soma dos pesos relativos às sub-áreas ser igual à unidade, para cada componente.

Os fatores de ponderação foram utilizados para possibilitar a relativização dos índices das sub-áreas no contexto da área de estudo. Estes pesos foram estabelecidos por componente-síntese de acordo com a relevância dos processos ambientais que ocorrem em cada sub-área.

b) Índice Ambiental da Alternativa sobre o Sistema Ambiental

O índice de impacto da alternativa sobre o sistema ambiental (IA) expressa o seu impacto total sobre a área de estudo.

Este índice é obtido pela soma ponderada dos índices de impacto da alternativa sobre componente-síntese (IAC).

$$IA = \Sigma\ IAC_i \times P_{ci}$$

onde:

- Pci: fator de ponderação relativo a cada componente-síntese.

Os fatores de ponderação forma utilizados para possibilitar a relativização dos índices de impacto da alternativa sobre componente-síntese no quadro ambiental da área de estudo. Estes pesos representam a importância relativa entre os processos impactantes de cada componente-síntese sobre o sistema ambiental, que pode ser medida pela repercussão de tais processos sobre os demais componentes.

#### 2.2.5.2.3 Comparação e escolha de alternativas

A Tabela 2-5 apresenta o índice geral que expressa o impacto das alternativas finais sobre o sistema ambiental. Pode-se verificar que os maiores índices parciais atribuídos aos componentes-síntese referem-se aos *Ecossistemas Terrestres* e, aos componentes *Modos de Vida* e *Organização Territorial*. Os demais componentes-síntese apresentam valores ligeiramente mais baixos.

Também verificou-se que entre os pesos atribuídos aos componentes-síntese, o de maior peso foi dado aos *Ecossistemas Terrestres* e o segundo maior para os *Ecossistemas Aquáticos* e a *População Indígena*.

[1] I Da nascente à foz do rio Gigante (área de predomínio de Campos limpos e Floresta com Araucária).
II Da foz do rio Gigante à foz do rio Santana (área de tensão ecológica entre Floresta com Araucária e Floresta Estacional Semidecidual).
III Da foz do rio Santana à foz do rio Chopim (área de Floresta Estacional Semidecidual).

Na comparação entre o índice final de impacto de cada alternativa sobre o sistema ambiental, a alternativa COPEL2A é a que apresenta o maior valor (0,45) alertando que, conforme a metodologia prevista no Manual de Inventário, a faixa de valores entre 0,30 e 0,77 varia desde o *viável*, até o *viável com restrições.* Considerou-se, pelos resultados apresentados, que todas as alternativas são viáveis, procurando-se entre elas as de menor índice, que representam menor impacto sobre o sistema ambiental.

Ao se considerar somente os índices ambientais para a hierarquização das alternativas pode-se indicar a alternativa COPEL1A como a de menor impacto, embora as outras três apresentem valores com a mesma ordem de grandeza.

*Tabela 2-5: Índice de Impacto das Alternativas Finais sobre o Sistema Ambiental*

| COMPONENTE-SÍNTESE | $P_{ci}$ | COPEL 1A | | COPEL 2A | | COPEL 1B | | COPEL 2B | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | IAC | IAC x $P_{ci}$ | IAC | IAC x $P_{ci}$ | IAC | IAC x $P_{ci}$ | IAC | IAC x $P_{ci}$ |
| Ecossistemas Aquáticos | 0,1724 | 0,36 | 0,12 | 0,36 | 0,12 | 0,44 | 0,15 | 0,44 | 0,15 |
| Ecossistemas Terrestres | 0,3352 | 0,49 | 0,08 | 0,53 | 0,09 | 0,49 | 0,08 | 0,53 | 0,09 |
| Modos de Vida | 0,1724 | 0,45 | 0,08 | 0,53 | 0,09 | 0,45 | 0,08 | 0,53 | 0,09 |
| Organização Territorial | 0,0568 | 0,45 | 0,03 | 0,53 | 0,03 | 0,45 | 0,03 | 0,53 | 0,03 |
| Base Econômica | 0,0908 | 0,43 | 0,04 | 0,43 | 0,04 | 0,43 | 0,04 | 0,43 | 0,04 |
| População Indígena | 0,1724 | 0,30 | 0,05 | 0,30 | 0,05 | 0,30 | 0,05 | 0,30 | 0,05 |
| Índice da Alternativa sobre o Sistema Ambiental | 1,0000 | 0,40 | | 0,42 | | 0,42 | | 0,45 | |

$P_{ci}$ – Peso do Componente-Síntese
IAC – Índice Ambiental do Componente-Síntese
Fonte: Estudo de Inventario Hidroelétrico do Rio Chopim – COPEL-GER, 1999

A Tabela 2-6 mostra os índices ambientais e os índices custo/benefício por alternativa que são a base para formação do gráfico de avaliação para a seleção da alternativa.

*Tabela 2-6: Avaliação Multiobjetivo para a Seleção da Alternativa*

| ALTERNATIVA | ICB DA ALTERNATIVA | ENERGIA FIRME (MW MED) | $EF_{MAX}$-$EF_I$ (MW MED) | CUSTO TOTAL (US$10³) | ICB DA ALTERNATIVA COMPLEMENTADO | ÍNDICE AMBIENTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| COPEL1A | 30,06 | 269,0 | 22,5 | 627.055 | 33,30 | 0,40 |
| COPEL2A | 30,57 | 262,9 | 28,6 | 627.287 | 34,70 | 0,42 |
| COPEL1B | 30,88 | 290,7 | 0,8 | 693.765 | 30,99 | 0,42 |
| COPEL2B | 31,73 | 291,5 | 0,0 | 717.784 | 31,73 | 0,45 |
| | | Efmax= | 291,0 | CUR = | 42,00 | |

Fonte: Estudo de Inventario Hidroelétrico do Rio Chopim – COPEL-GER, 1999

A Figura 2-2 mostra, em forma de gráfico, os índices ambientais plotados nas ordenadas e os índices custo/benefício nas abscissas. Na representação gráfica os menores valores, tanto dos índices ambientais quanto dos índices custo/benefício, são os que apresentam maior importância em termos de seleção de alternativa.

O ponto que apresentou simultaneamente os menores valores dos dois índices foi considerado o melhor. No estudo de inventário da bacia a alternativa COPEL1B foi a que melhor atendeu, de forma simultânea, aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais, considerada, então como a como a **ALTERNATIVA SELECIONADA.**

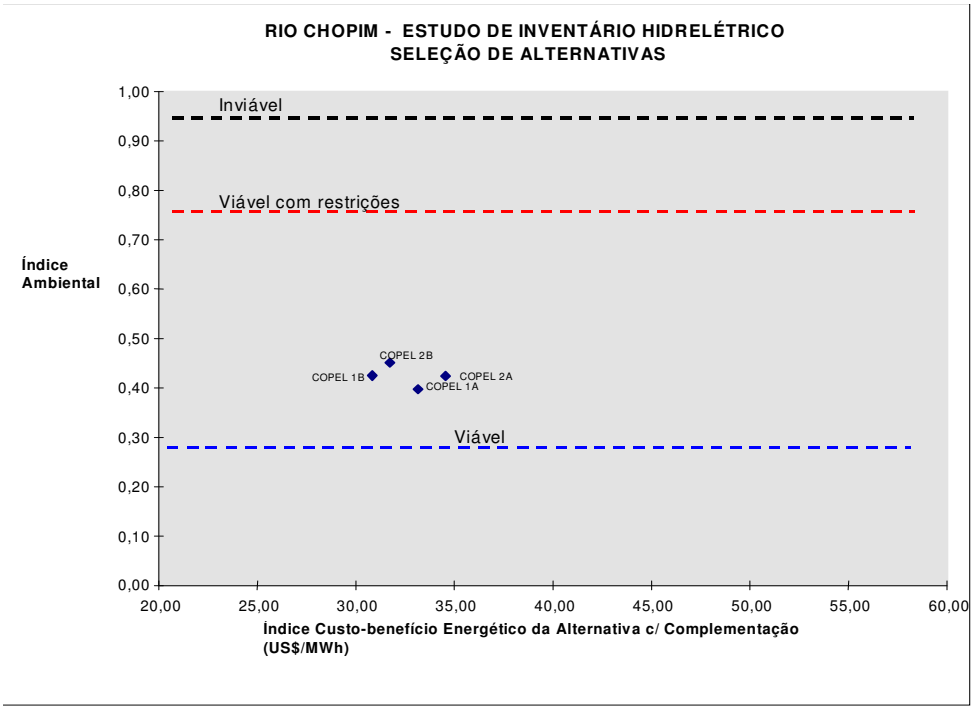



*Figura 2-2 Representação gráfica da seleção da alternativa*

### 2.2.5.3 *Alternativa Selecionada*

A Alternativa COPEL1B selecionada como a de maiores atributos, apresenta uma potência instalada total de 525,00 MW que, somando-se a potência de 29,072 MW, da Usina Hidroelétrica Foz do Chopim, totaliza 552,6 MW. Ao total são 13 usinas que formam a cascata total do rio Chopim, possibilitando um investimento da ordem de 720 milhões de dólares. O índice custo/benefício da alternativa é de US$ 31,90/MWh.

A Tabela 2-7 apresenta a alternativa selecionada com as usinas nomeadas conforme sua denominação atual, onde se observa a presença da UHE Salto Grande em destaque.

*Tabela 2-7: Alternativa Selecionada (COPEL 1B)*

| USINAS | | NA (RESERVATÓRIO) | NA (JUSANTE) | QUEDA BRUTA (M) | ÁREA DO RESERVATÓRIO ($KM^2$) | ENERGIA FIRME (MW MÉD) | POTÊNCIA INSTALADA (MW) | ICB (US$/MWH) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| km 338 | ALTO CHOPIM | 965 | 910 | 55 | 4,91 | 9,72 | 18,50 | 43,20 |
| km 317 | RANCHO GRANDE | 910 | 860 | 50 | 4,86 | 9,70 | 18,50 | 45,03 |
| km 284 | TRINDADE | 854 | 788 | 66 | 11,00 | 18,45 | 36,50 | 36,23 |
| km 265 | FOZ DO CURUCACA | 788 | 737 | 51 | 6,43 | 15,92 | 28,50 | 28,03 |
| km 253 | SÃO LUIZ | 737 | 693 | 44 | 1,04 | 14,48 | 26,00 | 29,68 |
| km 232 | SÃO JOÃO | 692 | 603 | 89 | 5,99 | 33,60 | 60,00 | 27,12 |
| km 209 | CACHOEIRINHA | 603 | 539 | 64 | 5,49 | 24,88 | 44,50 | 21,84 |
| km 177 | SALTO ALEMÃ | 539 | 507 | 32 | 6,65 | 15,97 | 28,50 | 36,22 |
| km 138 | SALTO GRANDE | 507 | 463 | 44 | 15,05 | 28,48 | 51,00 | 24,97 |
| km 97 | SALTO CHOPIM | 463 | 429 | 34 | 24,75 | 37,81 | 67,50 | 30,18 |
| km 69 | VOLTA GRANDE | 429 | 385 | 44 | 9,71 | 46,91 | 84,00 | 28,83 |
| km 23 | PARANHOS | 385 | 354 | 31 | 14,62 | 34,82 | 62,50 | 31,46 |
| | TOTAL | | | 604 | 110,49 | 290,74 | 525,00 | 31,90 |

Fonte: Estudo de Inventario Hidroelétrico do Rio Chopim – COPEL-GER, 1999

### 2.2.6 Avaliação Ambiental Estratégica do Rio Chopim

O estudo de Avaliação Ambiental Estratégica da bacia do rio Chopim foi elaborado no ano de 2002, pelo consórcio formado entre as empresas SOMA – Soluções em Meio Ambiente e JURIS AMBIENTIS Consultores, por solicitação do Instituto Ambiental do Paraná, que à época estava recebendo um conjunto significativo de Estudos Ambientais de empreendimentos hidrelétricos na bacia do rio Chopim e necessitava de um instrumento que possibilitasse uma conhecimento mais amplo da bacia e da interação entre estes empreendimentos.

#### *2.2.6.1 Objetivos da Avaliação Ambiental Estratégica*

A Avaliação Ambiental Estratégica da Bacia do Rio Chopim tem como objetivo identificar as áreas de maior fragilidade ambiental desta bacia, tendo em vista principalmente a área de influência dos doze aproveitamentos para geração de energia previstos nos Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Chopim, realizado pela COPEL em 1999.

A identificação das áreas de fragilidade ambiental partiu de um diagnóstico ambiental desenvolvido especificamente para esta finalidade. A partir desse diagnóstico, foram identificadas as áreas mais ou menos frágeis ambientalmente ao longo dos principais cursos d'água da bacia hidrográfica, tendo como foco principal o rio Chopim e os trechos de seus afluentes que seriam afetados pelos empreendimentos hidrelétricos projetados, de modo a classificá-los de acordo com as respectivas fragilidades ambientais.

A partir da identificação das fragilidades ambientais para fins de implantação de empreendimentos hidrelétricos projetados e das restrições existentes, foram identificados trechos do rio com maior ou menor capacidade de acolher os empreendimentos previstos no inventário hidrelétrico. Desta forma foi possível estabelecer uma configuração final de aproveitamentos viáveis ambientalmente, onde o impacto global fosse efetivamente o menor, compatibilizando a inserção de aproveitamentos hidrelétricos com a manutenção e melhoria da qualidade sócio-ambiental.

Como resultado final, foram mapeados na bacia hidrográfica os diversos trechos de fragilidade ambiental de cada componente-síntese. Para realizar o mapeamento destas fragilidades ambientais, foram considerados 4 componentes-sínteses: qualidade e usos da água, ictiofauna, ecossistemas terrestres e modos de vida.

Embora a unidade de análise tenha sido a bacia hidrográfica, o foco principal deste estudo recaiu sobre o rio Chopim e os trechos finais de seus afluentes que seriam efetivamente alterados pela inserção dos empreendimentos hidrelétricos.

No final, através da sobreposição dos mapas de fragilidade ambiental para cada componente-síntese foi apresentado um mapa de criticidade para cada região, visando identificar cada região de acordo com sua capacidade maior ou menor de absorver um aproveitamento hidrelétrico de acordo com suas características ambientais próprias. Novamente o foco principal recaiu sobre o rio Chopim e os trechos finais de seus afluentes, onde a pesquisa de campo foi mais aprofundada, tendo em vista o objetivo da presente AAE.

Na sua consolidação, além do mapeamento das fragilidades e conseqüente criticidade ambiental, foram apresentadas diretrizes para a manutenção da qualidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Chopim.

#### *2.2.6.2 Metodologia da Avaliação Ambiental Estratégica*

O estudo de Avaliação Ambiental Estratégica da Bacia do Rio Chopim, foi desenvolvido com base nas etapas apresentadas a seguir.

**2.2.6.2.1 Elaboração do diagnóstico ambiental**

O diagnóstico desenvolvido teve como foco principal a análise de 4 componentes-sínteses através dos elementos de caracterização que realmente pudessem servir como subsídio para a posterior análise de fragilidade ambiental de cada trecho do rio.

Para os levantamentos realizados na bacia, buscou-se identificar as informações ambientais previamente existentes, incluindo as obtidas durante os Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Chopim, procurando-se atualizar aquelas informações mais antigas, assim como aproveitar dados existentes de órgãos públicos e de outros estudos realizados anteriormente no rio Chopim, principal foco de análise desta AAE.

Outro aspecto fundamental para a elaboração do diagnóstico foi a aquisição de uma imagem de satélite atualizada de modo a identificar, com maior facilidade, os diferentes uso de solo desta bacia.

Além dos dados obtidos e das viagens de campo, a consolidação do diagnóstico ambiental envolveu reuniões técnicas entre os diversos profissionais envolvidos, tendo como base o Manual do Inventário Hidrelétrico de 1997 da Eletrobrás/DNAEE, e ainda o Diagnóstico Ambiental da Bacia do Rio Taquari-Antas, de 2001, da FEPAM/RS.

O diagnóstico foi dividido nos seguintes componentes-sínteses:

Uso e Qualidade da Água

- Uso da água para diversas finalidades (identificação através das outorgas da SUDERHSA);
- IQA - atual da água em diferentes trechos do rio;
- Potencial de aporte de cargas poluidoras devido à atividades econômicas na bacia;
- Potencial de eutrofização no caso de formação de lagos em determinados trechos;
- Identificação de barragens já existentes e quedas d'água de grandes dimensões para identificar a perda de capacidade de autodepuração do rio.

Ictiofauna

- Presença de espécies migratórias;
- Fragmentação do rio com a presença de barragens e grandes quedas;
- Classificação por diferentes *hábitats*, envolvendo as características fisiográficas do rio e a presença de matas ciliares;
- Classificação dos hábitats segundo o tamanho dos rios.

Ecossistemas Terrestres

- Espacialização de Unidades de Conservação e/ou áreas legalmente protegidas;
- Estado de conservação dos remanescentes florestais;
- Presença potencial e/ou confirmada de espécies ameaçadas de extinção ou vulneráveis;
- Conectividade entre fragmentos florestais.

Modos de Vida

- Áreas Indígenas - com a identificação das áreas indígenas existentes na bacia e suas características étnico-culturais e legais;
- Patrimônio Histórico e Arqueológico - com o mapeamento de sítios já cadastrados na região;

- Ocupação Humana - mapeamento das áreas de concentração humana perto dos principais cursos d'água da bacia, assim como a estrutura fundiária com a avaliação da tipologia das propriedades rurais, considerando inclusive se há assentamentos na região de influência;
- Malha viária - mapeamento da malha viária nas áreas próximas aos cursos d'água, inclusive com a identificação de pontes;
- Estrutura econômica;
- Usos Múltiplos da água;
- Áreas de interesse paisagístico e turístico na região.

A análise de todos estes componentes-sínteses foi fundamentada nos mapas temáticos da bacia do rio Chopim.

#### 2.2.6.2.2 Definição da fragilidade ambiental para cada trecho do rio

O conhecimento prévio das condicionantes ambientais que compõem a bacia hidrográfica do rio Chopim foi um aspecto fundamental para a escolha dos fatores que auxiliaram a elaboração dos mapas de fragilidade para cada componente síntese.

Com base nos dados obtidos no diagnóstico, procurou-se identificar as respectivas áreas de fragilidade ambiental destacando-se as áreas de influência de cada empreendimento, assim como os demais trechos próximos ao rio Chopim e seus principais afluentes.

Fragilidade Ambiental para cada Componente-Síntese

Neste capítulo foram identificadas as áreas menos e mais frágeis através da atribuição de notas de 1 (baixíssima fragilidade) a 5 (extrema fragilidade) para cada componente-síntese.

Na seqüência, foi realizada a espacialização dos diferentes níveis de fragilidade de cada um dos componentes-sínteses analisados isoladamente para a elaboração dos mapas com as diferentes "manchas" de fragilidade (com as respectivas notas atribuídas) para cada componente-síntese.

Para esta análise não foi elaborado nenhum zoneamento pré-determinado ao longo dos cursos de água, sendo que os técnicos especialistas estabeleceram o início e fim dos diferentes trechos homogêneos em relação aos graus de fragilidade observados.

Criticidade Ambiental para cada trecho do rio

Esta análise foi realizada através da superposição dos mapas de cada componente-síntese, identificando-se áreas ou trechos que são homogêneos em termos de criticidade.

Nesta superposição foram estabelecidos os diferentes níveis de criticidade ambiental de cada trecho, visando identificar a viabilidade ambiental maior ou menor de absorver os empreendimentos previstos no inventário hidrelétrico.

Como existe uma sobreposição de quatro temas com notas variando entre 1 a 5, a amplitude de resultados varia de 4 a 20. Nesta faixa foram definidos setores dos rios com:

- Impactos normais (não relevantes): 4 a 9 pontos;
- Impactos consideráveis: 10 a 15 pontos;
- Impactos muito relevantes: maior que 15 pontos.

Quando algum componente-síntese atribuiu nota 5 (extrema fragilidade) para algum trecho, o mesmo foi considerado com um peso maior na superposição, visando identificar se tratava-se ou não de uma restrição

ambiental, enfatizando o aspecto no final da Avaliação Ambiental Estratégica.

#### 2.2.6.2.3 Cartografia e geoprocessamento

Para a espacialização e representação dos diversos fatores de análise na execução da Avaliação Ambiental Estratégica, a utilização da cartografia digital associada a um Sistema de Informações Geográficas – SIG foi uma ferramenta fundamental e essencial para o mapeamento e cruzamento dos diversos níveis de informações utilizados.

Numa fase inicial, foi realizado um levantamento de dados cartográficos existentes, com o objetivo de compatibilizar em um único sistema todas as informações necessárias para a análise individual da fragilidade de cada componente-síntese e, posteriormente, uma análise final resultante da sobreposição de todos os componentes-sínteses considerados.

As principais informações cartográficas utilizadas neste estudo e suas respectivas fontes de aquisição são apresentadas a seguir:

- Bases cartográficas obtidas pela digitalização das cartas topográficas na escala 1: 250.000 da Diretoria de Serviço Geográfico – DSG, folhas: MIR-511/Guaraniaçu/1980, MIR-512/Guarapuava/1982, MIR-516/Pato Branco/1980 e MIR-517/União da Vitória/1995. Fonte: Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Chopim/COPEL/out.1999;
- Imagens digitais multiespectrais, fusão das bandas R5, G4 e B3 + PAN, obtidas pelo sensor do satélite LANDSAT – TM7, resolução espacial de 15 metros, órbitas: 222 ponto 078 de 12.08.2001 e 223 ponto 078 de 03.08.2001. Fonte: adquirida na empresa ENGESAT – Imagens de Satélites S/C Ltda;
- Restituição aerofotogramétrica planialtimétrica digital, na escala 1: 20.000, com curvas de nível eqüidistantes de 10 metros, executada pela empresa SENAGRO – Sensoriamento Remoto S/C Ltda. A restituição foi elaborada a partir de fotografias aéreas existentes, na escala 1: 60.000 (DSG/1ª DL - RS), de maio/1995 e julho/1997, Fonte: Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Chopim/COPEL/out.1999;
- Mapas contendo as localizações das Unidades de Conservação compreendida na área de estudo. Fonte: setor de Biodiversidade do Instituto Ambiental do Paraná – IAP;
- Dados georreferenciados de outorgas d'água (abastecimento público, agricultura, comércio/Serviço, indústria pecuária e piscicultura). Fonte: cadastro de outorga d'água da Superintendência de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental – SUDERHSA;
- Dados georreferenciadas das estações de amostragem de água na bacia do rio Chopim (LAC - 1998 e IAP/DNAEE – 1997 a 1995) e LACTEC - 2001. Fontes: Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Chopim/COPEL/out.1999 e Estudos de Impacto Ambiental – EIA das Usinas Hidrelétricas Cachoeirinha e São João;
- Planta geral dos projetos de assentamentos existentes nos municípios da bacia hidrográfica do rio Chopim. Fonte: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – INCRA/Superintendência Regional do Paraná – SR (09);
- Dados georreferenciados com a localização dos sítios arqueológicos cadastrados na área da bacia hidrográfica. Fontes: Estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Chopim/COPEL/out.1999 e Estudos de Impacto Ambiental – EIA das Usinas Hidrelétricas Cachoeirinha, São João, Salto Grande e Salto Chopim.

Os diferentes tipos de uso do solo e cobertura vegetal, em nível de bacia hidrográfica, foram classificados e mapeados com os recursos do software ERDAS - IMAGEM versão 8.3, próprios para o processamento e tratamento de imagens orbitais. Os mapas contendo o uso e ocupação do solo da área de influência do rio Chopim, foram produzidos com base na restituição aerofotogramétrica, especificada anteriormente.

A integração de todas as informações cartográficas de diferentes escalas de representação, dos mapas das áreas críticas por componentes-sínteses e os seus cruzamentos que geraram o mapa final de criticidade ambiental do rio Chopim (composição dos quatro componentes-sínteses), foi realizada com o auxílio do SIG ArcGIS-ESRI, versão 8.1.

#### 2.2.6.2.4 Classificação dos empreendimentos

Com base nas definições de trechos do rio com diferentes níveis de impactos, cada empreendimento previsto foi classificado ambientalmente, procurando identificar aqueles viáveis desde que se façam os estudos ambientais necessários ao licenciamento, até aqueles praticamente inviáveis ambientalmente.

#### 2.2.6.2.5 Diretrizes para a conservação da qualidade ambiental

No estágio final da Avaliação Ambiental Estratégica foram apresentadas as diretrizes para o licenciamento de empreendimentos na bacia visando manter a sua qualidade ambiental. Enfatizaram-se nestas diretrizes desde a preservação de trechos dos rios sem a presença de hidrelétricas, assim como medidas estruturais de políticas públicas para garantir a conservação e até melhoria dos recursos naturais nesta bacia hidrográfica.

### *2.2.6.3 Resultados da Avaliação Ambiental Estratégica*

#### 2.2.6.3.1 Classificação de Criticidade

Foram obtidos índices de criticidade ambiental para cada trecho homogêneo de rio pela média ponderada dos índices de fragilidade ambiental de cada ecossistema apresentado, que apresentavam o mínimo de 1 (baixíssima fragilidade) até 5 pontos (extrema fragilidade). Os níveis de fragilidade ambiental para cada empreendimento indicado no inventário de 1999 da COPEL foram alocados em tabelas específicas do tipo indicado na Tabela , em que se procurou calcular o nível de criticidade resultante pela média ponderada que atribuísse maior peso aos níveis mais altos de fragilidade.

*Tabela 2.8: Modelo de tabela para identificar nível de fragilidade ambiental.*

| Componente–síntese | Nível de Fragilidade | | | | | Índice de Fragilidade |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| Uso e qualidade da água | A1 | A2 | A3 | A4 | A5 | An |
| Ictiofauna | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | Bn |
| Ecossistemas Terrestres | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | Cn |
| Modos de vida | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | Dn |
| **ÍNDICE TOTAL** | | | | | | **In** |

Fonte AAE do Rio Chopim, SOMA/Juris Ambientis, 2002

Para calcular o índice de fragilidade de cada componente- síntese, adotou-se a fórmula abaixo, em que Z é um indicador.

**Zn = (Z1 × 1 × 1+Z2 × 2 × 2+Z3 × 3 × 3+Z4 × 4× 4+Z5 × 5 × 5) ÷ 15**

O índice total é a somatória: $IT = \sum Zn$. Este valor pode variar de 27 a 667.

Empregando a metodologia acima descrita, a Avaliação Ambiental Estratégica da bacia do rio Chopim, definiu índices de criticidade para cada trecho da bacia e classificou cada um dos locais de implantação dos empreendimentos hidrelétricos em uma escala definida por:

• de 27 a 200 pontos: baixa criticidade ambiental

• de 200 a 300 pontos: média criticidade ambiental

• de 300 a 667 pontos: alta criticidade ambiental

O quadro a seguir apresenta os resultados deste estudo.

*Quadro 2.1: Índices de Criticidade dos Aproveitamentos do Rio Chopim*

| Empreendimento | Criticidade | Observação |
|---|---|---|
| UHE Paranhos | 225,67 | Aproveitamento sem aspectos ambientais relevantes |
| UHE Volta Grande | 261,00 | 10% da sua área de influência é de extrema fragilidade para modos de vida |
| UHE Salto Chopim | 312,33 | 10% de sua área de influência é de extrema fragilidade para ecossistemas terrestres e 45% para uso e qualidade das águas. |
| UHE Salto Grande | 259,00 | 10% de sua área de influência é de extrema fragilidade para ecossistemas terrestres |
| PCH Salto Alemã | 188,67 | O maior impacto refere-se à pequena central hidrelétrica já existente. Sem aspectos sócio-ambientais relevantes |
| UHE Cachoeirinha | 235,00 | Aproveitamento sem aspectos ambientais relevantes. Influência parcial sobre assentamentos do INCRA |
| UHE São João | 249,00 | Aproveitamento sem aspectos ambientais relevantes. Influência parcial sobre assentamentos do INCRA |
| PCH São Luiz | 173,33 | Aproveitamento sem aspectos ambientais relevantes devido a sua pequena dimensão. |
| PCH Foz do Curucaca | 238,33 | Aproveitamento sem aspectos ambientais relevantes. Influência parcial sobre assentamentos do INCRA |
| UHE Trindade | 286,67 | Na cota prevista do inventário, afeta área do reassentamento Segredo IV, da Copel e forma uma ilha em condições ambientais adversas. Afeta uma pequena central hidrelétrica. |
| PCH Rancho Grande | 277,33 | O maior aspecto refere-se à propriedade da Sadia de criação de matrizes de peru. |
| PCH Alto Chopim | 219,00 | O principal impacto refere-se à vegetação existentes nas encostas da região. |

Fonte AAE do Rio Chopim, SOMA/Juris Ambientis, 2002.

Percebe-se que, de acordo com a metodologia utilizada, dois aproveitamentos - PCH São Luiz e PCH Salto Alemã - foram classificados como sendo de baixa criticidade, sem impactos sociais e ambientais relevantes, considerando não só a situação local, mas também as dimensões dos reservatórios. Estes dois aproveitamentos apresentaram índices de criticidade ambiental abaixo de 200 pontos.

A grande maioria dos empreendimentos, ou seja, nove, foi classificada como sendo de média criticidade, com pontuação variando entre 219 a 286. Apenas um aproveitamento ficou com índice de criticidade acima de 300 pontos, faixa considerada de alta criticidade: UHE Salto Chopim, com 312,33 pontos.

#### 2.2.6.3.2 Diretrizes e Recomendações da Avaliação Ambiental Estratégica

A seguir são apresentadas algumas diretrizes para conservação ambiental, específicas para cada componente-síntese, expostas no relatório final da AAE do rio Chopim:

Para Conservação da Qualidade da Água

- Evitar empreendimentos que formem reservatórios que apresentem características morfológicas que possam contribuir para uma possível eutrofização, uma vez que os elementos necessários para sua ocorrência se encontram na bacia hidrográfica.
- Evitar empreendimentos que venham a comprometer a capacidade de autodepuração do rio Chopim principalmente na sua região de jusante, onde a qualidade da água já se encontra com um certo

comprometimento devido à ocupação do solo, presença de grandes núcleos urbanos em seus afluentes e às atividades econômicas ali encontradas.

- Desenvolver um programa intenso de monitoramento da qualidade das águas no rio Chopim com o objetivo de acompanhar as modificações na qualidade das águas, conhecer as causas de quaisquer anomalias verificadas e orientar medidas de controle e melhoria de utilização do solo e das águas.
- Desenvolver um programa de acompanhamento e divulgação dos resultados de monitoramento da qualidade das águas no rio Chopim, com o objetivo de se identificar a maneira pela qual a utilização do "recurso natural água" de uma determinada região da bacia hidrográfica está influenciando na qualidade de água do rio Chopim como um todo, e se existe alguma preocupação quanto à preservação ou conservação através de uma utilização racional e adequada.
- Desenvolver um programa de educação e conscientização ambiental principalmente para os agricultores e empreendedores de atividades econômicas nas áreas próximas ao rio Chopim, de maneira que façam um uso racional do solo para evitar uma piora na qualidade das águas superficiais, principalmente no que diz respeito a conhecimento das características dos solos e uso adequado de defensivos agrícolas e conhecimento de produtos naturais que os substituem.
- Desenvolver um programa de educação e conscientização ambiental nos municípios localizados dentro da bacia do rio Chopim, principalmente para os estudantes de maneira que se conscientizem da necessidade de uma atenção especial aos cursos de água formadores do rio no que diz respeito à poluição hídrica, formação e conservação de matas de galeria, uso racional do solo e de defensivos agrícolas.

Para Conservação da Ictiofauna

- Promover o levantamento ictiofaunístico amplo, em todo o trecho médio e baixo do rio Iguaçu, visando um conhecimento mais detalhado da distribuição e abundância das espécies, seu "status" de conservação e os riscos potenciais de extinção impostos por novos e variados empreendimentos na bacia.
- Desenvolver um programa de amostragem de peixes mais intenso e geograficamente mais abrangente ao longo da bacia do rio Chopim;
- Identificar áreas críticas quanto à viabilidade das populações de peixes na bacia;
- Promover o monitoramento das alterações nas assembléias de peixes impostas pelos represamentos previstos.

Para Conservação dos Ecossistemas Terrestres

- Destinar os recursos advindos de medidas compensatórias para a compra de áreas importantes para a diversidade biológica regional, preferencialmente visando aumentar áreas de conservação ambiental já existentes ou direcionar os recursos de vários empreendimentos distintos para a aquisição de áreas adjacentes, de forma a garantir a conservação de remanescentes de maior porte e conectividade.
- Incentivar a recomposição florística original, em especial com espécies atrativas para a fauna silvestre dispersora de sementes.
- Restabelecer corredores ambientais através de áreas contínuas de vegetação entre fragmentos florestais possibilitando o fluxo genético da

fauna e flora e facilitando a dispersão e sobrevivência de inúmeras espécies.

- Estimular a participação da sociedade regional na tarefa de conservar os últimos remanescentes florestais e recuperar parte da Floresta com Araucária.
- Criar alternativas de desenvolvimento sustentado para a população local, visando reduzir a pressão sobre os fragmentos florestais remanescentes.
- Considerar, além das matas ciliares, a existência de remanescentes de maior porte na conservação da biodiversidade.
- Desenvolver atividades de monitoramento da fauna visando o conhecimento mais detalhado de aspectos referentes à ecologia, conservação e manejo das espécies ocorrentes na região.
- Estabelecer ações coordenadas técnico-jurídicas visando a reposição florestal das áreas de preservação permanente e de reserva legal.
- Estabelecer restrições para o uso intensivo agrícola e de pecuária, nas áreas de alta susceptibilidade à erosão, áreas estas que apresentam classes de capacidade de uso também restritiva para a ocupação.
- Ampliar a fiscalização com a participação dos municípios e da iniciativa privada.

Para Conservação dos Modos de Vida

- Assegurar a manutenção da estrutura viária pré-existente. Caso algum empreendimento afete parcialmente alguma via de acesso, o licenciamento deverá condicionar a implementação deste empreendimento a relocação das vias ou pontes afetadas, de modo a assegurar as condições de tráfego atualmente existente.
- Evitar impacto de qualquer natureza sobre a Terra Indígena Palmas, seja através de alagamento de suas terras, seja pela localização de canteiro de obra nas suas proximidades. Este aspecto não significará um problema devido a localização desta terra indígena.
- Evitar empreendimentos que afetem áreas urbanizadas ou que haja qualquer óbice urbano, considerando o Plano Diretor dos municípios envolvidos, ou ainda as leis municipais de uso e ocupação do solo. Isto poderá representar um empecilho até mesmo a realização de Estudos de Impacto Ambiental – EIA, já que para o órgão ambiental requer, para solicitar a realização de estudos desta natureza, a declaração de inexistência de óbices urbanos por parte dos municípios envolvidos. Atenção especial deverá ser dada em regiões onde atualmente é retirada água para abastecimento público.
- Desenvolver um programa de educação ambiental através de diversos segmentos da sociedade civil dispostos a ajudar no processo de desenvolvimento equilibrado da região, que abranja aspectos como: conhecimento das características dos solos (erosão, assoreamento, recuperação, adubação, aumento e manutenção dos níveis de fertilidade, manejo adequado, etc); noções da interdependência ambiental entre flora (matas, campos nativos, várzeas) e a fauna a ela associada; ciclo da água e combate e prevenção à poluição dos recursos hídricos; uso adequado de defensivos agrícolas e conhecimento de produtos naturais que os substituem; inimigos naturais de pragas de lavouras; equilíbrio ambiental; destinação correta de lixo, reciclagem de materiais, reaproveitamento de lixo orgânico; legislação ambiental em vigência no país.

- Considerar a estrutura fundiária predominante em cada região das proximidades do rio Chopim. Nos casos em que houver predomínio de pequenas propriedades com grande número de famílias residentes nas áreas de influência, o empreendimento em questão deverá adotar medidas e programas de reassentamento capazes de manter ou até mesmo melhorar o padrão de vida dessas famílias, considerando inclusive as relações de parentesco e vizinhança já existentes e mantendo-os, se possível, na mesma região.

### 2.2.7 Reavaliação do Inventário do Baixo Rio Chopim

A Reavaliação do Inventário do Baixo rio Chopim, trecho compreendido entre as elevações 348,5 e 463,0, foi realizado pela COPEL-AMEC, por solicitação da Foz do Chopim Energética, em 2002, de modo a enquadrar os empreendimentos propostos naquele trecho da bacia aos principais condicionantes da Avaliação Ambiental Estratégica da bacia.

Estes estudos visaram a seleção da melhor divisão de quedas em termos técnicos, econômico-energéticos e ambientais, obtida com base na configuração do sistema elétrico onde as usinas serão inseridas. Foram consideradas as usinas existentes, em construção ou planejadas, levando-se em conta cenários de utilização múltipla da água e incorporando a metodologia para análise dos aspectos ambientais através de múltiplos objetivos.

Os estudos foram realizados de acordo com os critérios, procedimentos e instruções contidas no Manual de Inventário Hidrelétrico de Bacias Hidrográficas (ELETROBRÁS – maio 1.997), versão esta que contém nova metodologia de análise ambiental e de comparação de alternativas utilizando-se índices econômicos e índices ambientais, além da automatização de dimensionamentos, quantificação e custos através de planilhas eletrônicas.

A reavaliação do estudo de inventário Hidrelétrico do Rio Chopim foi apoiada no Estudo de Inventário Hidrelétrico do Rio Chopim, elaborado de COPEL em 1999, na Avaliação Ambiental Estratégica da Bacia do Rio Chopim, considerando ainda a incorporação de novos levantamentos topográficos, estudos hidrológicos, ambientais e geológicos que permitiram a avaliação e a proposição de alternativas de divisão de queda dos estudos.

A melhor alternativa sob os pontos de vista econômico-energético e ambiental foi obtida a partir de análise através de múltiplos objetivos, conforme o Manual de Inventário Hidrelétrico de bacias Hidrográficas. Os detalhes metodológicos foram similares aos apresentados para o Inventário da COPEL (1999).

#### *2.2.7.1 A Nova Divisão de Quedas no Baixo Chopim*

A divisão de queda selecionada foi composta de quatro usinas, desde o km 102 (Usina Hidroelétrica Foz do Santana), a montante do trecho baixo do rio, na divisa dos municípios de Verê, São João e Itapejara do Oeste e o km 23 (Usina Hidroelétrica Paranhos) próximo a foz do Rio Chopim. Junto à cascata selecionada integra-se a Usina Hidroelétrica Foz do Chopim, que vem a ser o aproveitamento do potencial remanescente da antiga usina Júlio de Mesquita Filho.

Entre os objetivos dos estudos, destacou-se a identificação de novas alternativas que determinem melhor aproveitamento, preservação e manutenção do Meio Ambiente. Neste sentido procurou-se considerar o uso múltiplo da água e futura utilização de forma integrada na bacia do Baixo Chopim. Adicionalmente, a divulgação do presente estudo possibilita melhor

planejamento setorial e integrado de cada município e do conjunto deles, orientando por uma melhor utilização dos recursos naturais para uma melhor qualidade de vida de suas comunidades.

A reavaliação da divisão de quedas também levou em conta o estudo de avaliação ambiental estratégica do Rio Chopim, de modo a incorporar de forma mais efetiva os parâmetros ambientais necessários à minimização das interferências ambientais, mas de modo ainda compatível com os objetivos de aproveitamento da energia hidráulica disponível.

Esta reavaliação do Inventário identificou os seguintes empreendimentos na alternativa selecionada:

- UHE PARANHOS, km 23, entre os municípios de Cruzeiro do Iguaçu, Dois Vizinhos e São Jorge do Oeste, com 62,50 MW de potência instalada.
- UHE VOLTA GRANDE BAIXO, km 69, entre os municípios de Dois Vizinhos, Verê, São Jorge do Oeste e São João, com 54,70 MW de potência instalada;
- PCH BELA VISTA, km 91, entre os municípios de Verê e São João, com 28,20 MW de potência instalada;
- PCH FOZ DO SANTANA, km 102, entre os municípios de São João, Itapejara do Oeste e Verê, com 29,20 MW de potência instalada;

Em conjunto, as usinas aproveitarão uma queda de 91 m, com mostrado, nas Figuras 2.1 (detalhes), na Figura 2.2 (perfil).

Em conjunto, as usinas aproveitarão uma queda de 91 m.

A potência instalada total para as quatro usinas selecionadas, com fator de capacidade médio de 56 % totalizará 174,6 MW, obtidos ao custo índice de 1.813 R$/kW na data-base outubro de 2002. Na configuração proposta para o aproveitamento do rio, as 4 usinas adicionarão ao sistema 855 GWh/ano, calculados na média do período crítico do sistema interligado Jun/49 a Nov/56, ao custo unitário de R$ 43,3/MWh, para uma vida útil de 50 anos e taxa de remuneração de 10% ao ano.

Ao total, serão instalados cerca de 174,60 MW, que exigirão um investimento da ordem de R$ 335.100.000,00.

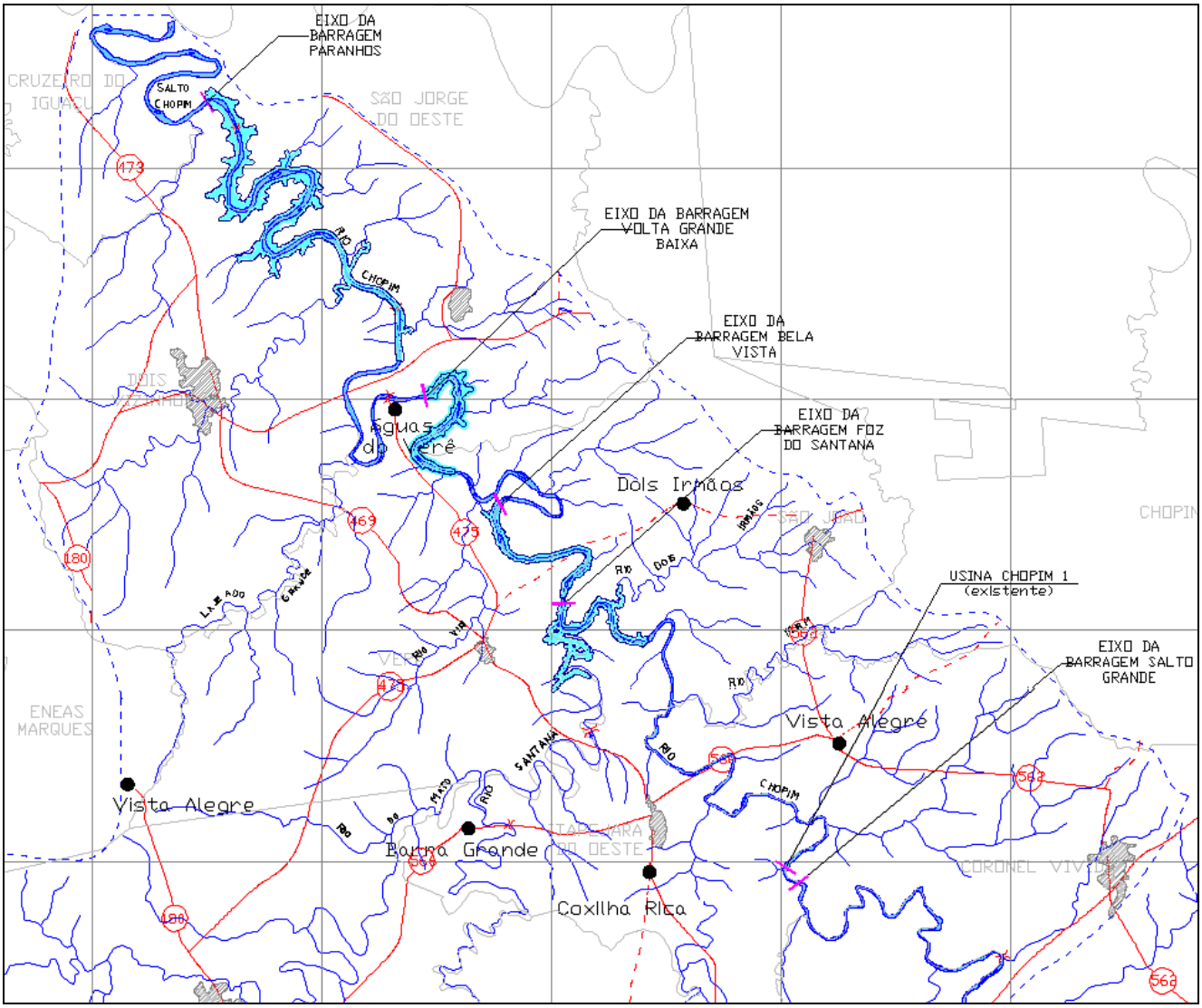



*Figura 2.1: Detalhe dos aproveitamentos projetados para o Baixo Chopim.*

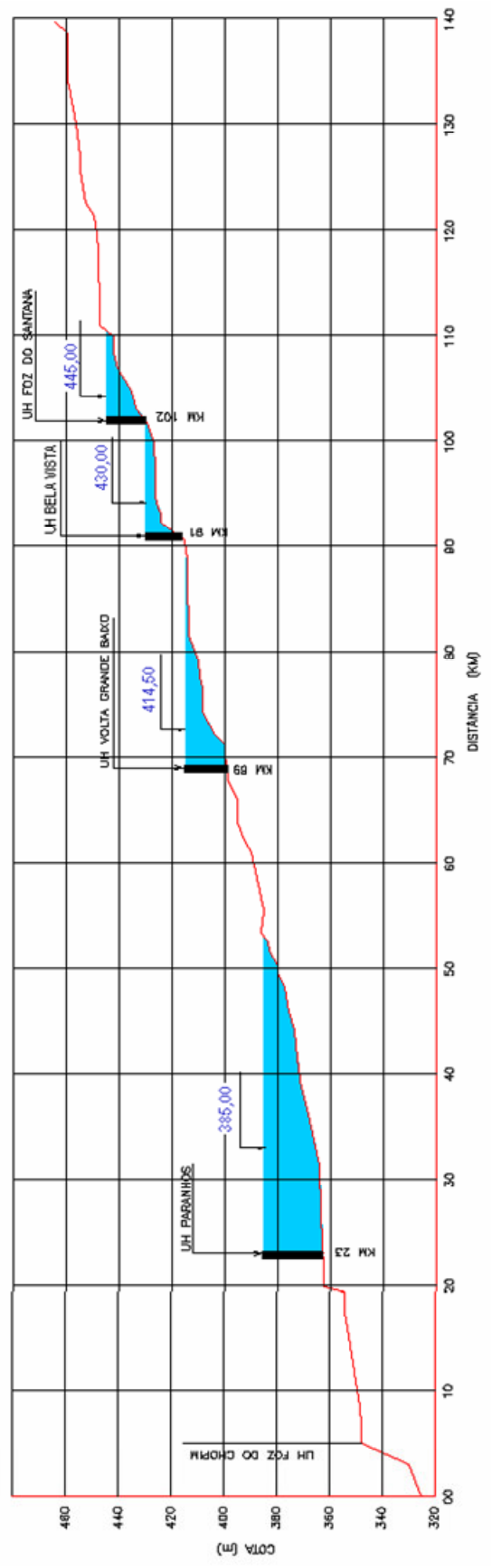



*Figura 2.2: Perfil dos aproveitamentos no Baixo Chopim.*

### *2.2.7.2 Alternativas estudadas*

Como o rio Chopim no trecho re-estudado não apresenta grandes quedas naturais localizadas, as atenções ficaram restritas a identificar meandros nos quais as extremidades apresentassem diferenças razoáveis de nível de água, de modo que os barramentos fossem baixos e os circuitos de geração os mais curtos possíveis.

Em alguns locais foram identificadas pequenas cachoeiras que permitem diminuir a altura dos barramentos com casas de força no pé das barragens.

Foram identificados quatro meandros que apresentam diferenças de nível aproveitáveis, além dos já utilizados para as usinas de Paranhos e de Volta Grande:

- Km 17 ao km 9, com 6 metros;
- Km 39 ao km 31, com 7 metros;
- Km 76 ao km 63, com 14 metros;
- Km 91 ao km 82, com 7 metros.

Do mesmo modo, foram identificadas pequenas cachoeiras ou corredeiras nos seguintes locais:

- Km 19,5, queda localizada de 7 metros;
- Km 51, corredeira com desnível de 4 metros em 1 km;
- Km 91, queda localizada de 5 metros;
- Km 102, queda localizada de 4 metros;
- Km 110, corredeira com desnível de 5 metros em 1 km.

Como a área de drenagem do rio Chopim tem um incremento considerável quando recebe o rio Santana, optou-se por manter o trecho a montante da foz deste até a restituição de Salto Grande, cerca de 30 km nas condições naturais, pois representa uma menor perda de energia devido a menor vazão média.

Como o reservatório de Salto Chopim, com barramento no km 98, com área de cerca de 25 km2, atinge a maior parte das áreas de alta criticidade apontadas na AAE, foi objeto neste reestudo um deslocamento de seu barramento para montante, km 102, local que apresenta uma queda natural de cerca de 4 metros, estando à montante de um trecho de alta criticidade ambiental. Além disso, o nível normal do reservatório foi rebaixado para a elevação 445,00 para não atingir os trechos de alta criticidade a montante e o baixo rio Santana.

O reservatório de Volta Grande, com barramento no km 69, com área de cerca de 10 km2, atinge o trecho de alta criticidade entre o km 82 e o km 91, além da possibilidade de interferir com a fonte da Estância Hidromineral de Verê, com a barragem atual com altura inferior a 30,00 metros.

Da associação das possibilidades nos meandros e pequenas cachoeiras, identificados, com os condicionantes descritos em 5.1.1 e os critérios básicos estabelecidos acima, foram formuladas três alternativas de divisão de queda adicionais à selecionada no Estudo de Inventário existente, ou seja:

ALTERNATIVA 1

Em relação à divisão de queda existente, foi mantida inalterada a UH Paranhos, km 23; baixada a barragem da UH Volta Grande em 14,50 metros, elevação 414,50, para diminuir a pressão da água nas falhas geológicas que cruzam o reservatório e não atingem as áreas de alta criticidade entre os km 82 e o km 91; introduzida a UH Bela Vista, km 91,com queda bruta de 15,50 metros, aproveitando a diferença de nível de

cerca de 7,00 metros do meandro entre o km 91 e o km 82 e eliminar a UH Salto Chopim, km 97, substituindo-a pela UH Foz do Santana, km 102, mais baixa, não atingindo as áreas de alta criticidade ambiental que a substituída atingia, bem como, manter um trecho do rio, entre os km 110 e km 138, nas condições naturais.

*Tabela 2.9 Resumo da divisão de queda da Alternativa 1:*

| USINAS | N.A. Máximo Normal (m) | N.A. Jusante (m) | Queda Bruta (m) | Área do Reservatório ($km^2$) | Potência Instalada (MW) | Energia Firme (MW medio) | Energia Média (MW medio) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Foz do Santana | 445,00 | 430,00 | 15,00 | 3,53 | 29,20 | 16,37 | 17,18 |
| Bela Vista | 430,00 | 414,50 | 15,50 | 2,36 | 28,20 | 15,82 | 16,60 |
| Volta Grande | 414,50 | 385,00 | 29,50 | 3,31 | 54,70 | 30,59 | 32,11 |
| Baixo Paranhos | 385,00 | 354,00 | 31,00 | 14,72 | 62,50 | 34,77 | 36,76 |
| TOTAL | | | | | 174,60 | 97,55 | 102,65 |

Fonte: :Reavaliação do Inventário Hidroelétrico do Baixo rio Chopim, COPEL AMEC, 2002.

ALTERNATIVA 2

Esta alternativa resultou da exclusão da usina Paranhos, km 23, tentando recuperar 5,50 metros de queda perdido a jusante desta, originando duas usinas, no km 17 e no km 39, as duas aproveitando meandro do rio com diferenças de nível de água da ordem de 6,00 e 7,00 metros, respectivamente. Os demais aproveitamentos são os mesmos da alternativa 1. O aproveitamento do km 17 teria o reservatório limitado à elevação 363,50, de modo a não atingir uma área de mata natural na margem direita entre os km 19 e km 23, e também, manter um trecho de rio de cerca de 10 km entre a cabeceira de seu reservatório e a restituição do aproveitamento do km 39, nas condições naturais.

*Tabela 2.10 Resumo da divisão de queda da Alternativa 2:*

| USINAS | N.A. Máximo Normal (m) | N.A. Jusante (m) | Queda Bruta (m) | Área do Reservatório ($km^2$) | Potência Instalada (MW) | Energia Firme (MW medio) | Energia Média (MW medio) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Foz do Santana | 445,00 | 430,00 | 15,00 | 3,53 | 29,20 | 16,37 | 17,18 |
| Bela Vista | 430,00 | 414,50 | 15,50 | 2,36 | 28,20 | 15,82 | 16,60 |
| Volta Grande | 414,50 | 385,00 | 29,50 | 3,31 | 54,70 | 30,59 | 32,11 |
| Baixo Lajeado Alto | 385,00 | 364,00 | 21,00 | 4,80 | 40,30 | 22,56 | 23,74 |
| Erveira | 363,50 | 348,50 | 15,00 | 0,95 | 29,30 | 16,40 | 17,28 |
| TOTAL | | | | | 181,70 | 101,79 | 106,94 |

Fonte: Reavaliação do Inventário Hidroelétrico do Baixo rio Chopim, COPEL AEC, 2002.

ALTERNATIVA 3

Esta alternativa resultou de uma tentativa de substituir a usina do km 69 por uma usina no km 76, de modo a retirar o reservatório da área das falhas geológicas que o cruzavam e aproveitar um meandro do rio com uma diferença de nível de água de 14,00 metros, entre os km 76 e km 62. Como a restituição no km 62 está na elevação 394,00, sobram 9,00 metros entre esta restituição e o reservatório do aproveitamento do km 39, que se elevado desta altura causaria um alagamento muito extenso nos afluentes, principalmente no rio Dois Vizinhos. Assim sendo, optou-se por baixar o nível de água normal do km 39 para a elevação 380,00 e adicionar uma

nova usina no km 51 com nível de água normal na elevação 394,00 e nível de água de jusante na elevação 380,00. As demais usinas são as mesmas da alternativa 2.

*Tabela 2.11 Resumo da divisão de queda da Alternativa 3*

| USINAS | N.A. Máximo Normal (m) | N.A. Jusante (m) | Queda Bruta (m) | Área do Reservatório ($km^2$) | Potência Instalada (MW) | Energia Firme (MW medio) | Energia Média (MW medio) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Foz do Santana | 445,00 | 430,00 | 15,00 | 3,53 | 29,20 | 16,37 | 17,18 |
| Bela Vista | 430,00 | 414,50 | 15,50 | 2,36 | 28,20 | 15,82 | 16,60 |
| Águas do Verê | 414,50 | 394,00 | 20,50 | 1,23 | 37,00 | 20,70 | 21,72 |
| Barra Bonita | 394,00 | 380,00 | 14,00 | 2,59 | 27,80 | 15,60 | 16,39 |
| Lajeado Baixo | 380,00 | 364,00 | 16,00 | 3,40 | 30,00 | 16,81 | 17,68 |
| Erveira | 363,50 | 348,50 | 15,00 | 0,95 | 29,30 | 16,40 | 17,28 |
| TOTAL | | | | | 181,50 | 101,70 | 106,85 |

Fonte: :Reavaliação do Inventário Hidroelétrico do Baixo rio Chopim, COPEL AEC, 2002.

### *2.2.7.3 Comparação e escolha de alternativas*

Segundo a metodologia proposta no Manual de Inventário da ELETROBÁS, a escolha da melhor alternativa de divisão de queda de uma bacia hidrográfica deve considerar uma composição entre os custos econômicos e os índices ambientais.

Enquanto o custo econômico tem relação direta entre os investimentos para a construção dos empreendimentos e a energia gerada, o índice ambiental de uma alternativa é obtido através da análise dos componentes-síntese efetuada através da ponderação por componente para as regiões que formam a bacia. O índice ambiental expressa o grau de impacto e procura, da mesma forma que o índice custo/benefício, hierarquizar as alternativas.

A Tabela 2.12 apresenta o índice geral que expressa o impacto das alternativas sobre o sistema ambiental. Pode-se verificar que não houve uma predominância significativa de valores de IAC, cada um variando conforme a importância do componente-síntese na região do empreendimento, podendo-se afirmar, entretanto, que todos ficaram em patamares bastante aceitáveis.

Também verificou-se que entre os pesos atribuídos aos componentes-síntese, o de maior peso foi dado aos Ecossistemas Aquáticos e o segundo maior para os Modos de Vida, em função dos aspectos primordiais analisados no diagnóstico – Qualidade das águas e Ictiofauna, para este componente-síntese, e Aspectos fundiários e relação como o rio para Modos de Vida.

Na comparação entre o índice final de impacto de cada alternativa sobre o sistema ambiental, a alternativa 2 é a que apresenta o maior valor (0,348) lembrando que a faixa de valores entre 0,30 e 0,77 varia desde o viável, até o viável com restrições. Considera-se, pelos resultados apresentados, que todas as alternativas são viáveis, apresentando valores muito próximos, não sendo o meio ambiente um fator decisório na escolha das alternativas estudadas.

No caso de se considerar somente os índices ambientais para a hierarquização das alternativas pode-se indicar a alternativa 3 como a de menor impacto, embora as outras duas apresentem valores com a mesma ordem de grandeza.

*Tabela 2.12 Índice Impacto das Alternativas sobre o Sistema Ambiental*

| | | Alternativa 1 | | Alternativa 2 | | Alternativa 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| COMPONENTE-SÍNTESE | $P_{ci}$ | IAC | IAC x $P_{ci}$ | IAC | IAC x $P_{ci}$ | IAC | IAC x $P_{ci}$ |
| Ecossistemas Aquáticos | 0,320 | 0,325 | 0,104 | 0,320 | 0,102 | 0,300 | 0,096 |
| Ecossistemas Terrestres | 0,187 | 0,375 | 0,070 | 0,360 | 0,067 | 0,283 | 0,053 |
| Modos de Vida | 0,335 | 0,375 | 0,126 | 0,380 | 0,127 | 0,350 | 0,117 |
| Base Econômica | 0,158 | 0,275 | 0,043 | 0,320 | 0,051 | 0,317 | 0,050 |
| **Índice da Alternativa sobre o Sistema Ambiental** | 1,0000 | **0.343** | | **0,348** | | **0,316** | |

$P_{ci}$ – Peso do Componente-Síntese

IAC – Índice Ambiental do Componente-Síntese

Fonte: :Reavaliação do Inventário Hidroelétrico do Baixo rio Chopim, COPEL AEC, 2002.

O Quadro 2.2 mostra os índices ambientais e os índices custo/benefício por alternativa que são a base para formação do gráfico de avaliação para a seleção da alternativa.

*Quadro 2.2 Avaliação Multiobjetivo para a Seleção da Alternativa*

| Alternativa | ICB da Alternativa | Energia Firme (MWmed) | $EF_{max}$-$EF_i$ (MWmed) | ICB da Alternativa Complementado | Índice Ambiental |
|---|---|---|---|---|---|
| Alt. 1 | 42,30 | 97,62 | 4,20 | 43,58 | 0,343 |
| Alt. 2 | 45,71 | 101,82 | 0,00 | 45,71 | 0,348 |
| Alt. 3 | 50,42 | 101,70 | 0,12 | 50,42 | 0,316 |
| | | Efmax= | 101,82 | CUR = 50,00 | |

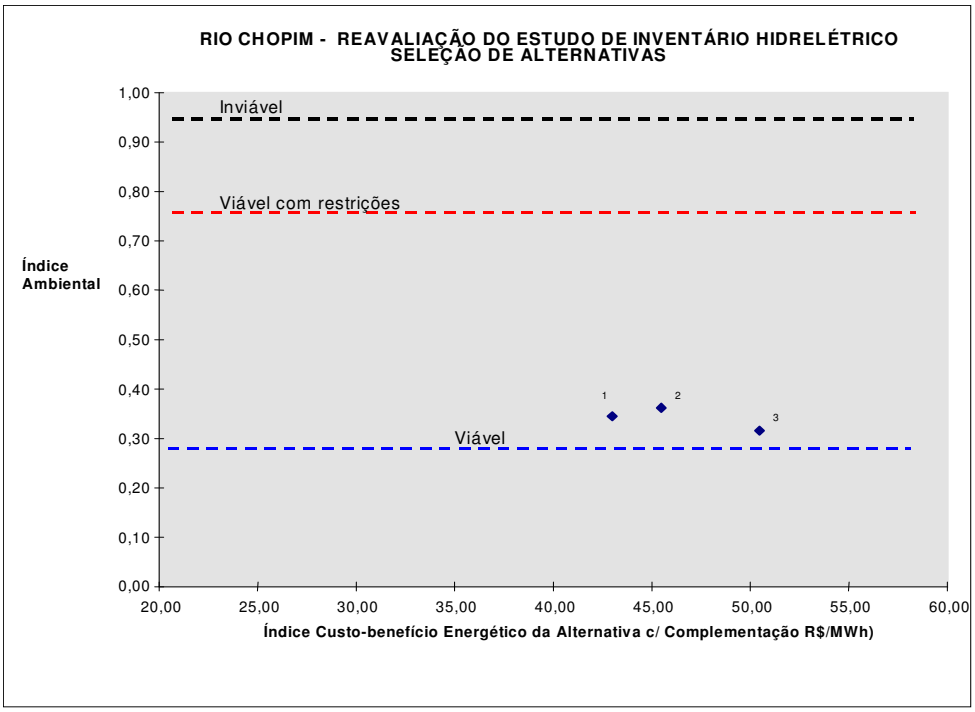
Fonte: Reavaliação do Inventário Hidroelétrico do Baixo rio Chopim, COPEL AEC, 2002.

A figura 2.3 abaixo mostra, em forma de gráfico, os índices ambientais plotados nas ordenadas e os índices custo/benefício nas abscissas. Na representação gráfica os menores valores, tanto dos índices ambientais quanto dos índices custo/benefício, são os que apresentam maior importância em termos de seleção de alternativa. O ponto que apresentar simultaneamente os menores valores dos dois índices é considerado o melhor.

No presente estudo a alternativa 1 é a que melhor atende, de forma simultânea, aos aspectos técnicos, econômicos e ambientais, considerando-a como a ALTERNATIVA SELECIONADA.

Esta alternativa apresenta uma potência instalada total de 174,00 MW. Ao total são 4 usinas que formam a cascata total do Baixo Rio Chopim, exigindo um investimento da ordem de R$ 335.117.000,00. O índice custo/benefício da alternativa é de R$ 43,30/MWh.

*Figura 2.3 Representação Gráfica da Seleção da Alternativa*




Fonte: Reavaliação do Inventário Hidroelétrico do Baixo rio Chopim, COPEL AEC, 2002.

Os reservatórios das usinas integrantes da Bacia do baixo Rio Chopim acarretarão impactos ambientais que foram todavia minimizados durante a formulação das alternativas estudadas e, de acordo com a ampla análise ambiental efetuada, são de magnitude pequena. De acordo com os levantamentos realizados, a redução dos impactos ambientais foi significativa em função dos seguintes fatores:

- Redução da área total dos reservatórios. Neste novo estudo a área alagada caiu de 49,08 km$^2$ para 23,18 km$^2$, considerando-se os aproveitamentos estudados para o baixo rio Chopim;
- Manutenção de cerca de 40.km de rio livre entre os reservatórios projetados;