



Universidade Federal de Campina Grande

Centro de Engenharia Elétrica e Informática

Curso de Graduação em Engenharia Elétrica

GUILHERME PENHA DA SILVA JÚNIOR

**ESTUDO COMPARATIVO DOS PROJETOS DE BELO MONTE
COM UMA ABORDAGEM TECNOLÓGICA E
SOCIOAMBIENTAL.**

Campina Grande, Paraíba
Maio de 2013

GUILHERME PENHA DA SILVA JÚNIOR

ESTUDO COMPARATIVO DOS PROJETOS DE BELO MONTE
COM UMA ABORDAGEM TECNOLÓGICA E
SOCIOAMBIENTAL.

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Orientador:

Prof. Leimar de Oliveira.

Campina Grande, Paraíba

GUILHERME PENHA DA SILVA JÚNIOR

ESTUDO COMPARATIVO DOS PROJETOS DE BELO MONTE
COM UMA ABORDAGEM TECNOLÓGICA E
SOCIOAMBIENTAL.

*Trabalho de Conclusão de Curso submetido à
Unidade Acadêmica de Engenharia Elétrica da
Universidade Federal de Campina Grande
como parte dos requisitos necessários para a
obtenção do grau de Bacharel em Ciências no
Domínio da Engenharia Elétrica.*

Aprovado em / /

Professor Avaliador
Avaliador

Prof. Leimar de Oliveira
Orientador

AGRADECIMENTOS

Agradeço em especial e em primeiro lugar a Deus, por ter me proporcionado uma força de vontade, determinação e muita fé nos momentos de dificuldades, onde tudo parecia impossível de superar.

Aos meus pais, Guilherme e Vanderlúcia, que não mediram esforços para que eu chegasse até essa etapa da minha vida. Por me depositarem muito amor, compreensão, apoio e por acreditar em mim sempre, bem como, pelas orações que sempre fizeram e que foram de fundamental importância passar por todas as adversidades.

Aos meus irmãos Carlos Eduardo e Verônica pelo apoio, carinho atenção e por relevar todos os momentos de estresse e pela confiança na minha capacidade.

A minha namorada Maria por ter me aturado nos momentos de estresse, por ter me dado todo o apoio que necessitava nos momentos difíceis, todo carinho, respeito, e por tonar minha vida cada dia mais feliz.

Aos amigos que foram surgindo ao longo dessa trajetória e que foram cúmplices uns dos outros nos momentos de estresse, correria, discussão de casos e grupos de estudos e que no final sempre encontrava um tempinho para relaxar.

Ao professor orientador Leimar de Oliveira que me proporcionou atenção e dedicação para concretizar essa etapa final na carreira acadêmica.

RESUMO

É notória a necessidade de expansão do sistema elétrico brasileiro devido ao crescente aumento na sua economia, com isso, aumenta se também o consumo de energia elétrica do país. A solução para este tipo de problema dar-se-á pela construção de usinas para que se possa gerar energia, em conjunto com as linhas de transmissão e subestações, que são elementos dentro do sistema de potência que caracterizam por distribuir a produção de energia elétrica. Mantendo o cuidado em causar o mínimo de impactos ao meio ambiente. O presente trabalho tem por finalidade elaborar estudos sobre usina hidrelétrica e os seus impactos ao meio ambiente, dando ênfase ao projeto da usina hidrelétrica de Belo Monte e suas vantagens ao sistema elétrico brasileiro.

Palavras-chave: Belo Monte, Hidrelétrica, Impactos.

LISTA DE FIGURA

- Figura 1: Primeira usina hidrelétrica brasileira.
- Figura 2: Usina Angiquinho a primeira usina hidrelétrica do nordeste.
- Figura 3: Operadores trabalhando na usina de Angiquinho.
- Figura 4: Potencial hidrelétrico tecnicamente aproveitável no mundo.
- Figura 5: Usina de Três Gargantas localizada na China.
- Figura 6: Usina Hidrelétrica de Sobradinho.
- Figura 7: Usina Hidrelétrica de Xingó.
- Figura 8: Usina de Santo Antônio.
- Figura 9: Usina Reversível de Yanbaru Japão.
- Figura 10: Turbina Pelton.
- Figura 11: Turbina Kaplan.
- Figura 12: Turbina Bulbo.
- Figura 13: Turbina Francis.
- Figura 14: Localização da Bacia do Rio Xingu.
- Figura 15: Alternativa de Divisão de Queda 1.
- Figura 16: Alternativa de Divisão de Queda 2.
- Figura 17: Alternativa de Divisão de Queda 3.
- Figura 18: Mapa da Região da Volta Grande do Xingu.
- Figura 19: Mapa das Localização das Casas de Força.
- Figura 20: Usina Hidrelétrica Pimental.
- Figura 21: Sítio Pimental – Casa de Força e Área de Montagem em Corte.
- Figura 22: Diagrama Unifilar SE Pimental.
- Figura 23: Usina Hidrelétrica de Belo Monte.
- Figura 24: Gráfico da Vazão Média do Rio Xingu.
- Figura 25: Casa de Força Principal – Corte Transversal.
- Figura 26: Parte Interna Casa de Força Principal.
- Figura 27: Diagrama Unifilar SE Belo Monte.
- Figura 28: Interligamento com SIN.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Potencial hidrelétrico brasileiro por bacia hidrográfica – Dezembro de 2012(MW). Fonte: SIPOT.

Tabela 2: Principais Características Físicas e Energéticas da alternativa A.

Tabela 3: Principais Características Físicas e Energéticas da alternativa B.

Tabela 4: Custo Para Implementação de Cada Alternativa.

Tabela 5: Índice Ambiental das Alternativas Propostas de Divisão de Queda do Rio Xingu.

SUMÁRIO

Agradecimentos.....	v
Resumo.....	vii
Lista de Figura.....	viii
Lista de Tabelas.....	ix
Sumário.....	x
1 Introdução.....	11
1.1 Motivação.....	11
1.2 Objetivos.....	12
2 Histórico.....	13
3 Potencial Hidrelétrico Brasileiro.....	15
4 Tipos de Usinas Hidrelétricas.....	16
4.1 Usina com reservatórios.....	17
4.2 Usina a Fio D'água.....	18
4.3 Usinas Reversíveis.....	20
5 Tipos de Turbinas.....	21
5.1 Turbinas Pelton.....	21
5.2 Turbina Kaplan.....	22
5.3 Turbina Bulbo.....	23
5.4 Turbina Francis.....	24
6 Estudos dos Inventários Hidrelétrico da Bacia do Rio Xingu.....	25
6.1 Alternativas A e B.....	27
6.2 Alternativa 1,2 e 3.....	28
7 UHE Belo Monte.....	31
7.1 Usina Pimental.....	34
7.2 Usina Belo Monte.....	36
7.2.1 Turbina.....	37
7.2.2 Geradores.....	38
7.2.3 SE Belo Monte.....	39
8 Conclusão.....	43
Bibliografia.....	44

1 INTRODUÇÃO

1.1 MOTIVAÇÃO

Uma usina hidrelétrica é um complexo arquitetônico, um conjunto de obras e de equipamentos, que tem por finalidade produzir energia elétrica através do aproveitamento do potencial hidráulico existente em um rio.

Mas para se construir grandes centrais hidrelétricas é necessário à existência de grandes bacias hidrográficas, e que nelas predomine rios de planalto com grandes quedas e altas vazões. Felizmente o Brasil apresenta um alto potencial hidrelétrico, ficando atrás no mundo apenas para China e a Rússia.

Devido a suas grandes dimensões e potencial hidrelétrico, o Brasil tem a maior parte de sua energia elétrica gerada por esse tipo de aproveitamento, que representa cerca de 70% da potência instalada no país.

Diante da necessidade de se ofertar energia elétrica capaz de atender o mercado crescente, dentro de uma perspectiva de crescimento do país, a viabilidade de grandes empreendimentos hidrelétricos se mostra de fundamental importância no atendimento à demanda por energia.

A Usina Hidrelétrica de Belo Monte (UHE Belo Monte) se enquadra nesse contexto e vem constando há décadas nos programas oficiais de expansão da oferta do sistema elétrico brasileiro. No entanto, por diversas vezes, a capacidade de geração de energia elétrica do UHE Belo Monte vem sendo definida nos estudos de viabilidade apresentados à ANEEL, que foi contestada por diversos órgãos e pessoas, tornando-se importante enfatizar os conceitos e premissas que levaram aos números encontrados, de acordo com as metodologias vigentes no país, além de fazer um comparativo com os resultados apresentados em outros estudos.

A Usina Hidrelétrica Belo Monte, a ser implementada no Rio Xingu no estado do Pará, terá uma capacidade instalada de 11.233 MW, previsto para entrada em operação da sua primeira unidade geradora em 2015, com sua motorização total prevista para janeiro de 2015. Com essa potência, Belo Monte será a terceira maior usina do mundo, atrás apenas da UHE Três Gargantas na China com capacidade instalada de

18.5 GW e UHE de Itaipu com 14 GW. A construção desta usina adicionará 4.571 MW médios de energia ao sistema elétrico brasileiro, energia suficiente para abastecer 40% do consumo residencial de todo o Brasil.

O projeto de Belo Monte adotará um sistema de canal inovador, que reduz o tamanho da área necessária para a geração de energia. Tornando-se uma usina a fio d'água bem diferente do projeto inicial, com o objetivo de causar menos impactos ao meio ambiente e o não alagamento das áreas indígenas.

No capítulo 2, faz-se um breve histórico sobre as usinas hidroelétricas a nível mundial, Brasil e nordeste. Já no capítulo 3 será abordado o potencial hidroelétrico brasileiro fazendo comparações com o potencial de diversos países mundiais e mostrando o quanto vem sendo explorado.

No capítulo 4, será visto os tipos de usina hidrelétrica citando as vantagens e desvantagens de cada tipo. Onde os tipos são: Usina com reservatório, Usina a fio d'água e as usinas reversíveis, e no capítulo 5 relata os tipos de turbinas e as condições que melhor se enquadra a sua utilização. Os tipos de turbinas relatadas serão Pelton, Francis, Kaplan e Bulbo.

No capítulo 6 irá relatar os estudos realizados para a implementação da usina hidrelétrica de Belo Monte, fazendo uma comparação dos estudos com base nos critérios da década de 70 com os critérios atuais. Por fim no capítulo 7 será abordado a parte técnica da usina de Belo Monte mostrando suas vantagens e benefícios que a mesma trará para o sistema elétrico brasileiro.

1.2 OBJETIVOS

O principal objetivo deste trabalho é fazer um estudo comparativo entre os antigos e o atual projeto hidrelétricos, da atual usina em construção de Belo Monte. Ressaltando os projetos civil e elétrico.

2 HISTÓRICO

Uma usina hidrelétrica pode ser definida como um conjunto de obras e equipamentos cuja finalidade é a geração de energia elétrica. Energia esta obtida através do aproveitamento de um potencial hidráulico de um rio. Esse tipo de tecnologia na antiguidade compostas por rodas d'águas de madeira que eram utilizadas para converter a energia cinética em energia mecânica, particularmente para o bombeamento de água e moagem de grãos. Apenas no final do século XIX foi construída a primeira usina hidrelétrica para a produção de eletricidade, a mesma foi construída junto às quedas d'águas das Cataratas do Niágara nos EUA.



Figura 1: Primeira usina hidrelétrica brasileira.

No Brasil, em 1883 ocorreu à primeira utilização de energia hidrelétrica, quando foi instalada, em Diamantina, Minas Gerais, uma pequena usina com a finalidade de movimentar duas bombas de desmonte hidráulico, onde uma linha de transmissão de 2 km levava a energia produzida para as máquinas.

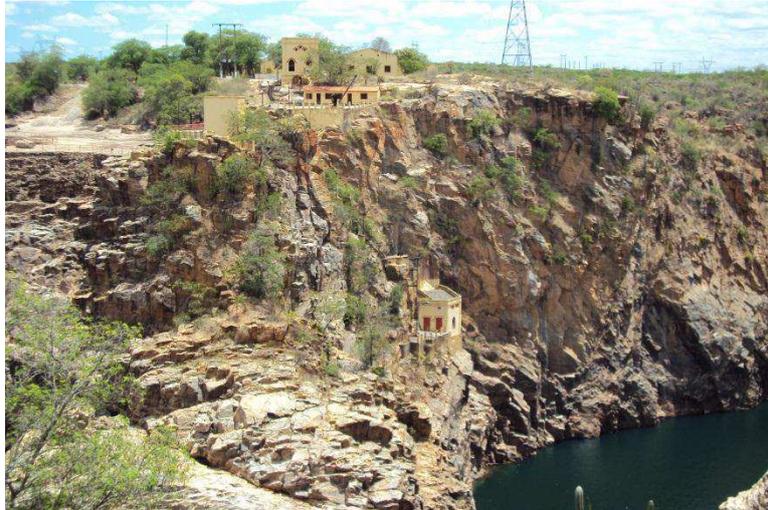


Figura 2: Usina Angiquinho a primeira usina hidrelétrica do nordeste.

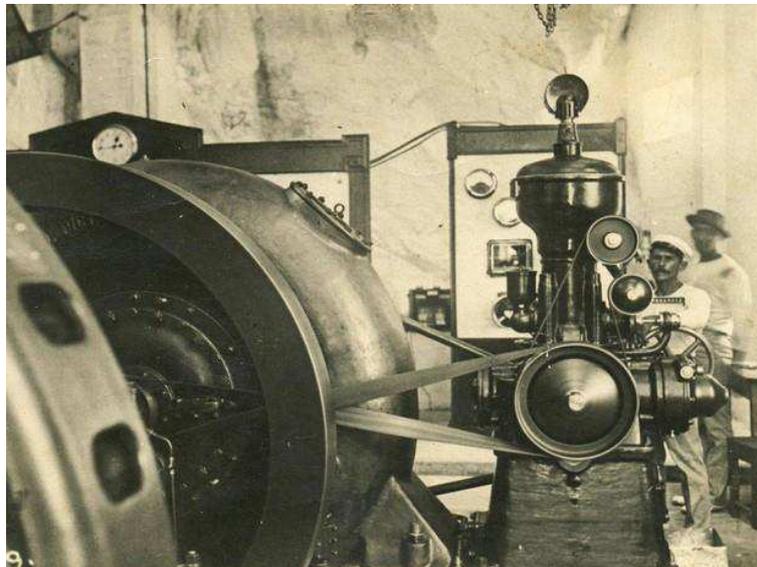


Figura 3: Operadores trabalhando na Usina de Angiquinho.

Já no nordeste a primeira usina hidrelétrica chamada de Angiquinho está localizada na margem alagoana da cachoeira de Paulo Afonso, no Rio São Francisco. Inaugurada em 26 de janeiro de 1913, tinha como objetivo fornecer energia elétrica a uma grande indústria têxtil chamada Agro Fabril Mercantil localizada na cidade de Delmiro Gouveia no estado de Alagoas.

3 POTENCIAL HIDRELÉTRICO BRASILEIRO

Potencial hidrelétrico é a capacidade de produção de energia elétrica de um rio ou de uma bacia hidrográfica. Capacidade que estar possível de ser técnica e economicamente aproveitado nas condições atuais de tecnologia. Onde o potencial hidrelétrico é medido em termos de energia firme, que é a geração máxima contínua que se pode obter em período hidrológico crítico. Felizmente o Brasil possui um alto potencial hidrelétrico tecnicamente aproveitado, por ter grandes bacias hidrográficas em que nelas predomina rios de planalto com altas vazões. Considerando esses aspectos, o Brasil tem o terceiro maior potencial no mundo, perdendo para a China e a Rússia. Se somarmos os três primeiros, os mesmo detêm mais de um terço do potencial tecnicamente aproveitável do mundo.

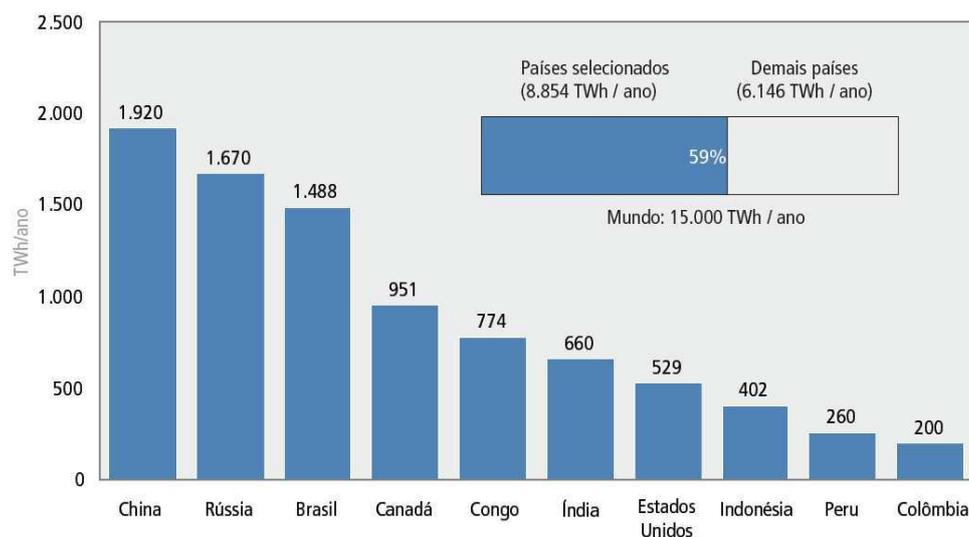


Figura 4: Potencial hidrelétrico tecnicamente aproveitável no mundo.

Apesar do Brasil ter um alto potencial foi explorado apenas 30%, esse baixo valor de exploração está ligado á falta de investimento e impasses dos órgãos ambientais. Deve-se reconhecer que o impacto socioambiental da hidroeletricidade pode ser grande, especialmente para aproveitamento de maior porte. Não é por acaso, que as restrições ambientais tem sido crescentes. Contudo, se for considerada relevante à questão de emissões atmosféricas, as vantagens da geração hidrelétrica podem ser relevantes.

Estágio / Bacia	Atlântico Leste	Atlântico Norte / Nordeste	Atlântico Sudeste	Rio Amazonas	Rio Paraná	Rio São Francisco	Rio Tocantins	Rio Uruguai	Totais por Estágio
Remanescente	767,4	525	983,06	17.584,46	3.662,33	694	1.779,60	11,7	26.007,55
Individualizado	655,1	181,7	1.090,00	16.329,33	2.659,36	866,98	128	404	22.314,47
Total Estimado	1.422,50	706,7	2.073,06	33.913,79	6.321,69	1.560,98	1.907,60	415,7	48.322,02
Inventário	5.630,62	1.056,15	1.655,63	36.571,21	9.061,24	3.885,11	7.432,70	3.928,43	69.221,09
Viabilidade	919,9	408	2.218,00	774,00	2.110,23	6.140,00	3.738,00	427	16.735,13
Projeto Básico	628,36	49,69	315,68	1.429,43	2.014,64	277,88	40,19	404,92	5.160,79
Construção	370,2	252	88,99	17.659,15	194,25	0	30	239,71	18.834,30
Operação	5.029,33	335,25	3.637,48	4.651,16	43.141,92	10.717,70	13.163,27	6.026,51	86.702,62
Total Geral	14.000,91	2.807,79	9.988,84	94.998,74	62.843,97	22.581,67	26.311,76	11.442,27	244.975,95

Tabela 1: Potencial Hidrelétrico Brasileiro Por Bacia Hidrográfica – Dezembro de 2012 - Fonte: SIPOT.

De acordo com os dados da tabela 1, a capacidade instalada de todas as usinas brasileiras no ano de 2012 foi de 86,7 GW. Onde o Brasil tem uma capacidade instalada de até 245 GW, com o crescente consumo de energia que o país vem tendo, para que o Brasil não venha a ter problemas futuros relacionados à falta de energia devemos investir em construção de usinas hidrelétricas, energia esta relativamente de baixo custo e gerada a partir de fonte renovável.

4 TIPOS DE USINAS HIDRELÉTRICAS

No Brasil há registro de 1048 centrais hidrelétricas em operação, das quais sendo 205 UHE¹, 438 PCH² e 405 CGH³. Onde a maioria dessas usinas se encontra na região sul e sudeste por terem condições para que possa ser construídas e por essas regiões conterem os grandes centros consumidores de energia. Mas, isso vem devido o esgotamento do potencial hidrelétrico da bacia do Paraná, com isso é crescente a construção de UHE na bacia do Amazonas á exemplo disso é a usina de Jirau, Santo Antônio e Belo Monte.

Diferentes tipos de usinas hidrelétricas existem no Brasil e no mundo, onde no projeto é que se define que tipo será construída, o tipo de usina está intimamente ligada as condições da bacia hidrográfica, cartografia e os impactos socioambiental.

¹UHE – Usina Hidrelétrica – Usina com potência instalada superior a 30 MW.

²PCH – Pequena Central Hidrelétrica – Usina com potência instalada superior a 1 MW e igual ou inferior a 30 MW e com reservatório com área igual ou inferior a 3 km². (Aneel)

³CGH – Centrais Geradoras Hidrelétricas – Usinas com potência instalada de até 1 MW.

4.1 USINA COM RESERVATÓRIOS

As usinas hidrelétricas de acumulação são as mais eficientes na produção de energia, por possuírem reservatórios com capacidade de regularização da vazão do rio. E atenua bastante o efeito da variabilidade das afluições naturais, devido à capacidade de armazenamento em períodos úmidos e depreciação em períodos secos.



Figura 5: Usina de Três Gargantas localizada na China.

Uma das vantagens desse tipo usina além de ter um controle maior na geração devido o acúmulo de água, é o controle de cheia e de estiagem de um rio, um exemplo disso é a usina de Três Gargantas com capacidade instalada de 18,5 GW no rio Yangtzé na China. Antes da construção da usina no período de cheia do rio, o mesmo alagava grandes áreas cultiváveis e causando diversas mortes de pessoas e animais.



Figura 6: Usina Hidrelétrica de Sobradinho.

Esse tipo de usina também causa grande desvantagem, por alagar grandes áreas e desapropriar inúmeras pessoas. Podemos citar a Usina hidrelétrica de Sobradinho no Rio São Francisco com uma potência instalada de 1.050 MW, com o objetivo de ter um controle maior da vazão do rio por um tempo estimado em quatro anos, onde quatro cidades foram submersa pelo lago, tendo que realocar milhares de pessoas. Com isso o lago de Sobradinho se tornou o maior lago artificial da América latina com área de 4.214 km².

4.2 USINA A FIO D'ÁGUA

Esse tipo de usina hidrelétrica dispõe de um reservatório de água em menores dimensões, tornando sua geração dependente da vazão do rio. As vantagens deste tipo são as poucas degradações ao meio ambiente e menor custo na construção. Como a carga elétrica é sazonal, esse tipo usina não tem como suprir com a demanda. Uma boa utilização dessa tecnologia se deu a CHESF com a construção da Usina de Xingó com capacidade instalada de 3 GW na divisa dos estados de Alagoas e Sergipe, como o vazão do rio é controlada pelas as usinas a montante da mesma. A Usina de Xingó tem uma geração constante e causa pouco impactos ao meio ambiente.



Figura 7: Usina Hidrelétrica de Xingó.

Esse tipo de tecnologia também foi empregado nas Usinas de Jirau e Santo Antônio, por estarem sendo construída na região Amazonas, onde a bacia Amazonas tem características de rios com grandes vazões e de planície.



Figura 8: Usina de Santo Antônio.

Uma maneira de diminuir o alagamento e causar menos impactos na fauna e flora da região. A Usina de Santo Antônio com potência instalada de 3.1 GW localizada no Rio Madeira em Porto Velho RO.

4.3 USINAS REVERSÍVEIS

Em países industrializados, assim como em países em desenvolvimento com crescentes demandas de energia, acontecem grandes flutuações na rede elétrica durante todos os dias. Com isso deve-se ter um bom sincronismo entre a produção e o consumo da eletricidade. As usinas hidrelétricas reversíveis são ideais para equilibrar essas frequentes oscilações entre a falta e o excesso de eletricidade.

Esse tipo de usina pode reagir a variações no sistema em um espaço de tempo mais curto, produzindo energia elétrica necessária ou mesmo consumindo qualquer excedente. No Brasil não existe esse tipo de usina, sendo mais comum em países mais desenvolvidos.

As maiores potências instaladas em usinas hidrelétrica reversíveis encontram-se nos EUA, China, Japão e Europa Ocidental. Em todo o mundo, cada vez mais países estão recorrendo ao potencial desse tipo de usina, uma vez que elas abrem caminho para o aumento de utilização de energias renováveis.



Figura 9: Usina Reversível de Yanbaru Japão.

O princípio de funcionamento desse tipo de usina é simples e ao mesmo tempo engenhoso. Quando se há um excedente de energia no sistema, a usina passa para o modo de bombeamento, onde um motor elétrico aciona as turbinas-bomba, que bombeiam a água de um reservatório inferior para um reservatório superior. E, quando se precisa de energia elétrica para suprir cargas, à usina funciona como outra qualquer.

5 TIPOS DE TURBINAS

As turbinas hidráulicas são máquinas motrizes que transformam a energia hidráulica em energia mecânica. A energia cinética de um fluxo de água colide com as pás da turbina com isso é gerado um torque no eixo da máquina, fazendo o giro do eixo. Onde no mesmo eixo está acoplado o rotor do gerador, o rotor ao girar no interior do estator produzirá uma variação do fluxo magnético e com isso obtemos a energia elétrica. E com isso temos o princípio de funcionamento de uma usina hidrelétrica.

As principais turbinas são: Pelton, Kaplan, Bulbo e Francis. O tipo de turbina depende de uma faixa determinada pela altura de queda e vazão. As vazões volumétricas podem ser igualmente grandes em qualquer uma delas, mas a potência será proporcional ao produto da altura de queda da água (H) e da vazão volumétrica (Q), podendo ser montadas com o eixo no sentido vertical e horizontal.

A potência (P) em de uma turbina pode ser representada pela seguinte expressão:

$$P = \rho \times Q \times H \times g \times \eta$$

Onde:

- P é a potência em kW;
- ρ é a densidade da água em kg/m³;
- Q é a vazão da água em m³/s;
- H é a altura da queda d'água em m;
- g é a aceleração da gravidade em m/s²;
- η é o rendimento do sistema.

5.1 TURBINAS PELTON

Tem esse nome devido à homenagem prestada ao seu inventor Lester Allen Pelton, engenheiro americano nascido em Ohio. Nesse tipo de turbina não há distribuidor e sim um conjunto de bocais, pelos bocais é gerado um jato de água com alta energia cinética, que é dirigido para uma série de conchas montadas em torno do rotor e com isso é produzido um torque.

Dependendo da potência que se queira gerar pode variar o número de bocais, onde os mesmo devem estar igualmente espaçados angularmente para garantir um balanceamento dinâmico do rotor.

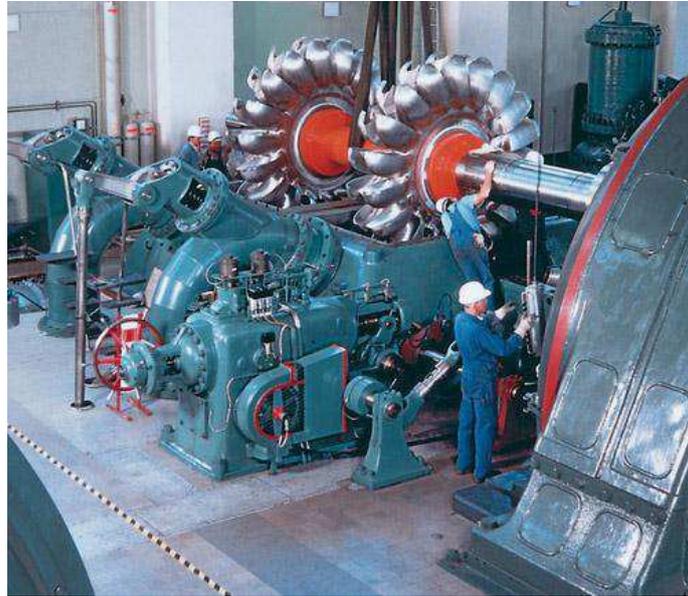


Figura 10: Turbina Pelton.

São adequadas para operar em instalações com grandes quedas e pequenas vazões, sendo muito utilizados em países montanhosos. Tendo com vantagens: por possuir rendimentos bastantes elevados, manutenção e regulagem mais fáceis e infraestrutura leve. Tendo como desvantagem problemas pela alta velocidade com que a água colide sobre rotor, dando início a um processo erosivo devido aos abrasivos da areia misturada à água.

5.2 TURBINA KAPLAN

Esse tipo de turbina tem suas pás em forma de hélice, que possui um mecanismo que permite variar o ângulo de inclinação das pás. Devido à abertura ou fechamento das palhetas do distribuidor tipo Fink, ocorre à variação da inclinação das pás do rotor. O acionamento das pás é acoplado ao das palhetas do distribuidor, de modo que para uma determinada abertura do distribuidor, corresponde um determinado valor de inclinação das pás do rotor.



Figura 11: Turbina Kaplan.

Em geral são utilizadas em instalação que se tem grandes vazões e pequenas quedas e possuem um baixo rendimento.

5.3 TURBINA BULBO

Devido à procura de uma maior preservação ao meio ambiente, a engenharia moderna tem buscado novas alternativas para a produção de eletricidade. Uma delas é a utilização de turbina do tipo Bulbo, que podem ser instaladas em pequenas quedas, em usinas á fio d'agua, não sendo necessária a formação de grandes reservatórios, reduzindo assim os impactos ambientais.

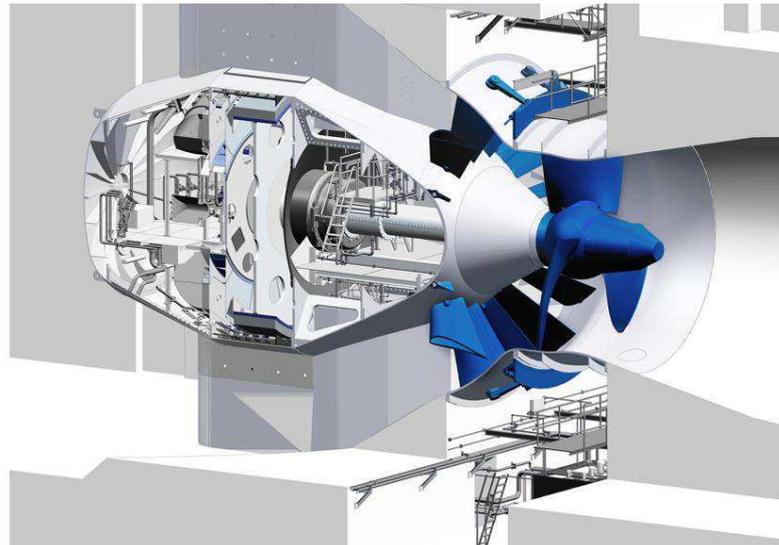


Figura 12: Turbina Bulbo.

Possui uma forma compacta de uma turbina Kaplan, possui o conjunto turbina/gerador de eixo horizontal instalado no interior de uma cápsula. Suas pás giram devido à energia cinética das correntezas dos rios. No Brasil vem sendo bastante utilizada esse tipo de tecnologia, principalmente na bacia do Amazonas por possuir rios de planícies e com altas vazões. A exemplo disso as UHE de Jirau e São Antônio, no rio Madeira no estado de Rondônia.

5.4 TURBINA FRANCIS

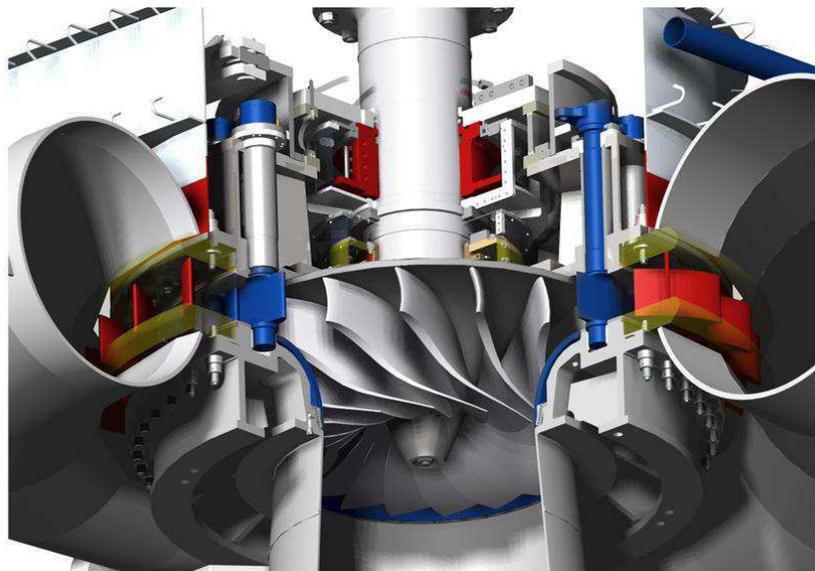


Figura 13: Turbina Francis.

Tem sido largamente aplicada, pelo fato das suas características por se adequar a valores de rotações específicas. Atualmente se constroem para grandes aproveitamentos, podendo chegar a valores na ordem 700 MW, possuem altos rendimentos.

Esse tipo de turbina se emprega o distribuidor tipo Fink, onde o mesmo é constituído essencialmente de diversas pás dispostas em torno do rotor que com isso faz se o controle da vazão. E em geral são implementadas em instalações em quedas úteis superiores aos 20 metros até 400m e valores médios de vazão.

6 ESTUDOS DOS INVENTÁRIOS HIDRELÉTRICO DA BACIA DO RIO XINGU

Os estudos para o aproveitamento do potencial hidrelétrico da bacia hidrográfica do rio Xingu iniciaram no final da década de setenta, foram contratados pelas Centrais Elétricas do Norte do Brasil S.A. - ELETRONORTE. No início foram identificados 47 possíveis locais de barramento, após investigação mais detalhada, descobriu-se a existência de 14 locais mais atraentes do ponto de vista do seu potencial de geração de energia. Esses locais possibilitaram à composição e análise de diversas alternativas de divisão de queda, sendo selecionadas as oito alternativas que melhor atendiam aos critérios e diretrizes existentes naquela ocasião.

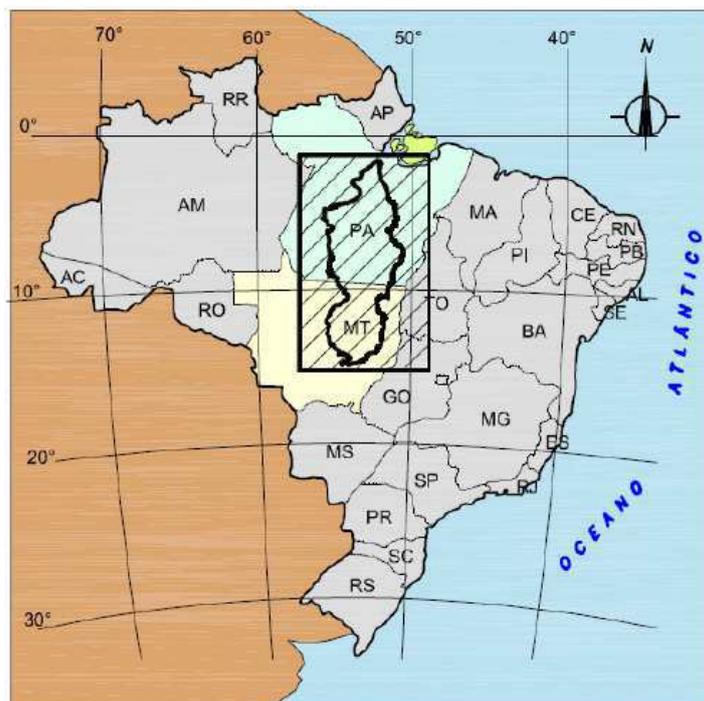


Figura 14: Localização da Bacia do Rio Xingu.

Vale lembrar que no início os estudos não estavam muito preocupados com os critérios socioambientais, com as oito alternativas selecionadas foram investigadas nos estudos preliminares com o foco direcionado basicamente para as motorizações e os custos envolvidos, sustentado por considerações técnicas, socioeconômicas e físico-territoriais específicas a cada alternativa, voltando sempre como determinante a Volta Grande do Xingu, um sítio com acentuada capacidade hidro energética devido ao grande desnível ali concentrado associado aos grandes volumes de água em trânsito naquele trecho.

Como estudos buscavam obter grandes blocos de energia, considerando a exportação de energia para outras regiões do país. Aproveitamentos com potências instaladas inferiores a 200 MW, não eram considerados, por apresentar dificuldades para sua viabilização econômica. Já, sob o ponto de vista socioambiental, as maiores preocupações foi o cuidado de não se construir usinas em áreas com alto potencial em minérios, minimizar as interferências com terras indígenas, com a cidade de Altamira e rodovias federais.

Como resultado dessas avaliações, foram eleitas duas alternativas de divisão de queda. A Alternativa A, composta pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Iriri, Ipixuna, Kokraimoro e Jarina e a Alternativa B, composta pelos aproveitamentos de Kararaô, Babaquara, Carajari, Iriri, Carajás, Kayapo, e Gorotire.

Ambas as alternativas de divisão de queda eram constituídas de aproveitamentos que se caracterizavam por reservatórios de grandes dimensões, implicando em alagamentos de amplas extensões de terrenos cobertos de florestas ombrófilas e ocupados principalmente por populações indígenas.

6.1 ALTERNATIVAS A E B

A tabela 2 e 3 mostram detalhes das características física e energética das alternativas de divisão de queda A e B.

UHE	A.D. (km ²)	CONCEPÇÃO				BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS			VOLUMES 10 ³ (m ³)				CUSTO TOTAL C/JDC US\$ 10 ⁶	Área reserv (km ²)	
		N.A.máx normal (m)	N.A. mínimo (m)	N.A. normal jus. (m)	Cota da Crista (m)	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWh/med)	ICB (US\$/MWh)	Escavação		Aterro comp.	Enrocam.			Concreto
									comum	Rocha					
Iriti	116.000	206	194,7	172	210	910	380	43	1.591	2.925	8.576	308,6	1.327	1.283,7	4.060
Jarina	178.000	281	273	257	285	559	240	69	563,5	1.257	3.520	947,5	1.126	1.320,1	1.900
Kokraimoro	198.000	257	243,3	208	261	1.940	820	29	2.037	2.903	7.966	234,2	2.593	2.040,1	1.770
Ipixuna	276.000	208	200,2	165	212	2.312	1.050	28	1.060	3.483	7.835	235,8	3.172	2.347,5	3.270
Babaquara	446.000	165	162,4	95	169	6.274	3.050	21	26.464	6.869	177.578	4.075	9.552	4.932,6	6.140
Kararaô	477.000	95	94	6	99	8.380	3.960	14	108.420	41.032	29.815	22.362	6.774	4.372,5	1.160

Tabela 2: Principais Características Físicas e Energéticas da alternativa A.

UHE	A.D. (km ²)	CONCEPÇÃO				BENEFÍCIOS ENERGÉTICOS			VOLUMES 10 ³ (m ³)				CUSTO TOTAL C/JDC US\$ 10 ⁶	Área reserv (km ²)	
		N.A.máx normal (m)	N.A. mínimo (m)	N.A. normal jus. (m)	Cota da Crista (m)	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (MWh/med)	ICB (US\$/MWh)	Escavação		Aterro comp.	Enrocam.			Concreto
									comum	rocha					
Iriti	116.000	206	194,7	172	210	910	380	43	1.591	2.925	8.576	308,6	1.327	1.283,7	4.060
Carajari	132.000	172	168,3	153	176	669	285	59	2.480	1.760	81.749	753,4	1.257	1.325,1	1.380
Gorotire	187.000	281	268,5	239	285	1.542	640	46	2.332	1.617	18.116	1.049	2.207	2.343,2	3.180
Kayapo	210.000	239	229,2	184	243	2.514	1.160	32	17.965	5.018	54.246	1.712	3.607	2.903,5	2.370
Carajás	289.000	184	180,5	153	188	1.702	805	33	1.645	4.312	13.777	473,6	2.347	2.093,7	2.060
Babaquara	446.000	153	149,9	95	157	5.271	2.560	20	29.377	8.021	104.034	2.574	8.401	4.089,3	3.940
Kararaô	477.000	95	94	6	99	8.009	3970	13	102.607	38.686	29.891	22.522	6.607	4.238,8	1.160

Tabela 3: Principais Características Físicas e Energéticas da alternativa B.

A alternativa A, os valores obtidos no inventariado foi de 20.375 MW de potência instalada e 9.500 MW médios de energia firme, apresentando um custo total para a implantação dos aproveitamentos de US\$ 16,3 bilhões, a preços de janeiro de 1979.

Já a alternativa B, a potência instalada foi de 20.617 MW e 9.800 MW médios de energia firme, apresentando um custo total para a implantação dos aproveitamentos de US\$ 18,3 bilhões, a preços de janeiro de 1979.

Em termos de área total inundada, a alternativa A obteve um maior valor de 18.300 km², enquanto que para a alternativa B esse total é de 17.840 km².

Apesar da alternativa B ter uma área total inundada cerca de 2,5% menor do que a área da alternativa A, considerando a região e a magnitude dos números envolvidos, as duas alternativas apresenta grandes impactos socioambientais.

Os estudos inventário realizado na década de 1970 indicavam o grande potencial energético do rio Xingu, baseado em reservatórios com grandes volumes e extensas áreas inundadas. Logo, percebeu-se que seria inviável a construção desse tipo de projeto por motivos ambientais, teriam que ser realizados novos estudos buscando soluções de engenharia visando minimizar esses impactos.

Com isso, foram realizados novos estudos do inventário hidrelétrico da bacia hidrográfica do Rio Xingu, buscando soluções que efetivamente possam ser viáveis tanto sob o ponto de vista energético quanto ambiental. Foram realocados alguns posicionamentos de eixos das alternativas A e B tais como produzidas nos estudos anteriores.

6.2 ALTERNATIVA 1,2 E 3

As novas alternativas de divisão de queda estudadas procurou avaliar a disponibilidade hidroenergética da bacia, levando em consideração as restrições existentes e as características físicas estabelecidas pelos estudos de inventário hidrelétrico realizados ao final da década de 70, considerando também os subsídios gerados pelo reconhecimento de campo em dezembro de 2005.

Depois de estudar os vários locais citados, de acordo com as alternativas estudadas anteriormente, definiu-se três novas alternativas fazendo vigência às novas leis ambientais.

A alternativa 1, considerando a inundação das terras indígenas e unidades de conservação pelos reservatórios. A alternativa 2, com níveis mais baixos de forma a caracterizar uma forma de minimizar as inundações em terras indígenas e unidades de conservação e a alternativa 3, composta por aproveitamentos visando evitar a inundação das terras indígenas ou unidades de conservação.

As alternativas 1 e 2 foram composta pelos aproveitamentos de São Félix, Pombal, Altamira e Belo Monte. Já a alternativa 3 é composta somente pelo aproveitamento de Belo Monte.

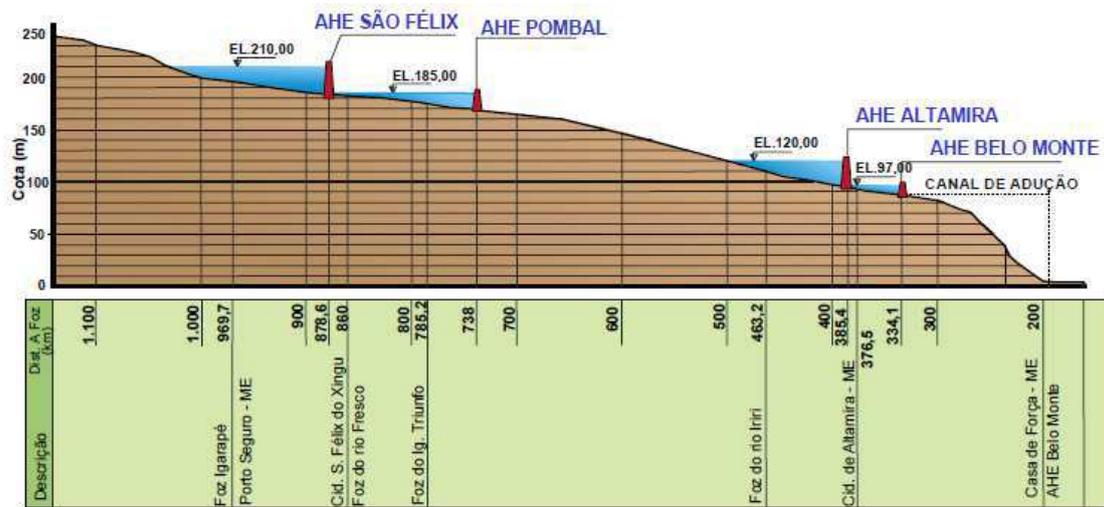


Figura 15: Alternativa de Divisão de Queda 1.

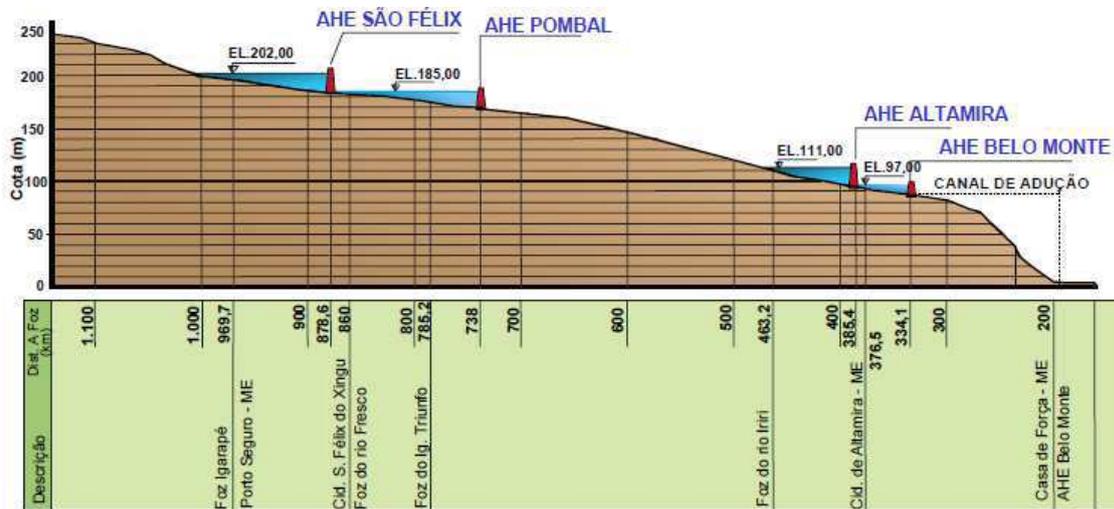


Figura 16: Alternativa de Divisão de Queda 2.

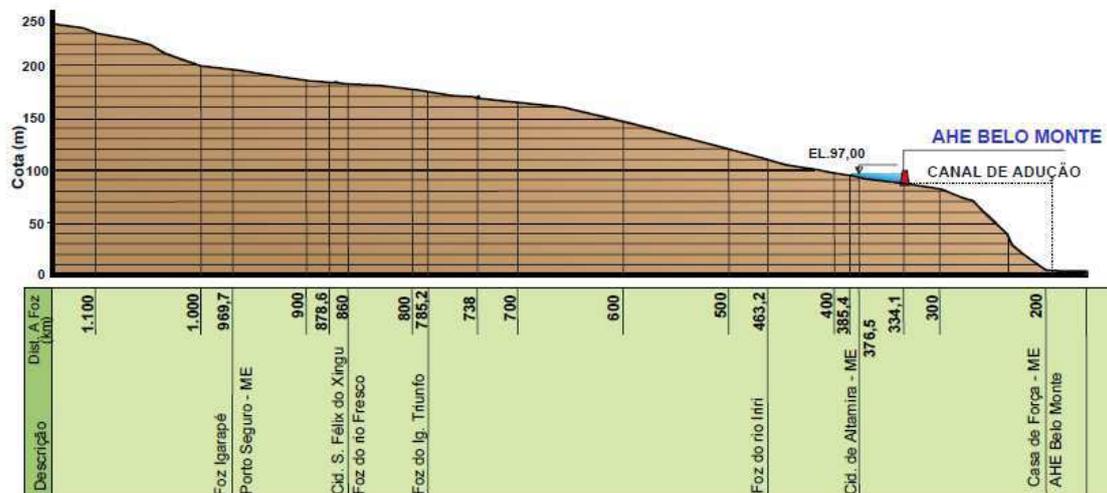


Figura 17: Alternativa de Divisão de Queda 3.

A avaliação econômica e energética das alternativas foram realizadas conforme metodologia proposta pelo manual de inventário de bacias hidrográficas. Para isso, foram estudados os dimensionamentos energéticos, avaliação dos benefícios energéticos e potências instaladas, como também a implantação e estimativa de quantidade e custo dos aproveitamentos identificados.

UHE	NA (m)	Área do Reservatório(km ²)	Potência Instalada (MW)	Energia Firme (Mwméd)	Numero de Turbina	Tipo de Turbina	Custo Total (10 ³ US\$)	ICB (US\$/MWh)
Alternativa 1								
São Félix	210	1.338,20	906	498,2	6	Kaplan	1.522.178	42,5
Pombal	185	806,2	805	443,2	14	Bulbo	1.575.695	49,4
Altamira	120	860,1	1.848	973,5	12	Kaplan	2.478.183	35,5
Belo Monte	97	440	11.181	4.796,00	20/.7	Francis/Bulbo	6.573.145	19,5
Alternativa 2								
São Félix	202	889,8	600	329,6	8	Kaplan	1.239.658	52,2
Pombal	185	806,2	805	443,2	14	Bulbo	1.575.695	49,4
Altamira	111	472,7	1.150	588,4	20	Bulbo	1.882.045	35,5
Belo Monte	97	440	11.181	4.796,00	20/.7	Francis/Bulbo	6.573.145	19,5
Alternativa 3								
Belo Monte	97	440	11.181	4.796,00	20/.7	Francis/Bulbo	6.573.145	19,5

Tabela 4: Custo Para Implementação de Cada Alternativa.

*Referência DEZ/2005 – US\$ 1,00 = R\$ 2,285.

Fazendo referência a avaliação ambiental foi obtido da mesma forma que os estudos energéticos-econômicos, a avaliação ambiental adotou a metodologia proposta no Manual de Inventário da Eletrobrás/DNAEE de 1997.

A bacia do Rio Xingu foi dividida em subáreas e foram atribuídos graus de impacto para cada aproveitamento por subárea para cada componente-síntese¹. Para isso foram definidos: os índices de impacto da alternativa sobre cada componente-síntese (IAC); os pesos para as subáreas por componente-síntese; os fatores de ponderação para cada componente-síntese; os índices ambientais (IA) das alternativas.

¹Componente-síntese: Representam o sistema ambiental e são estruturados de forma a possibilitar a análise integrada entre os vários elementos ambientais, traduzindo a articulação e os processos socioambientais. De acordo com o Manual de Inventário o sistema ambiental é composto por seis componentes-síntese: Ecossistemas Aquáticos, Ecossistemas Terrestre, Organização Territorial, Modos de Vida, Base Econômica e Povos Indígenas/População Tradicionais.

	ALTERNATIVA 1			ALTERNATIVA 2			ALTERNATIVA 3		
	IAC	FP	IA Pond.	IAC	FP	IA Pond.	IAC	FP	IA Pond.
Eossistemas Aquáticos	0,221	0,220	0,049	0,221	0,220	0,049	0,113	0,220	0,025
Eossistemas Terrestres	0,232	0,220	0,051	0,203	0,220	0,045	0,024	0,220	0,005
Modos de Vida	0,503	0,140	0,070	0,503	0,140	0,070	0,294	0,140	0,041
Organização Territorial	0,206	0,080	0,016	0,206	0,080	0,016	0,130	0,080	0,010
População Indígena	0,835	0,270	0,225	0,803	0,270	0,217	0,697	0,270	0,188
Base Econômica	0,219	0,070	0,015	0,194	0,070	0,014	0,087	0,070	0,006
Índice Ambiental	0,427			0,411			0,276		

Tabela 5: Índice Ambiental das Alternativas Propostas de Divisão de Queda do Rio Xingu.

Logo visando obter parâmetros que complementassem as principais possibilidades de aproveitamento da bacia à luz dos critérios consagrados no Setor Elétrico e dos contextos político e sócio ambiental vigentes, buscou-se o estabelecimento de solução sem interferência direta com terras indígenas e unidades de conservação, apesar de já se estar trabalhando em situação limite, seja no que se refere as quedas disponíveis para a geração, seja no que se refere as condições físicas adequadas para a implantação de eixos de barramento. Base nos dados das tabelas utilizados e nas premissas e metodologia adotada, podemos concluir que a melhor alternativa para a exploração hiroenergética na Bacia do Rio Xingu é a alternativa 3, correspondendo à implantação do AHE Belo Monte.

7 UHE BELO MONTE

O Brasil para se desenvolver de forma sustentável privilegia a utilização de energia renovável. Neste contexto, a Usina Hidrelétrica de Belo Monte terá capacidade instalada de 11.233 MW, localizada no estado do Pará no Norte do Brasil, é uma das melhores opções para alcançar a expansão do seu parque de geração, não apenas pela energia que pode produzir, como também pelas condições favoráveis que tem para a integração com o Sistema Interligado Nacional (SIN). A implantação da mesma

adicionará 4.571 MW médios de energia ao sistema elétrico brasileiro, energia suficiente para abastecer 40% do consumo residencial de todo o país.

A importância e porte da construção da usina de Belo Monte pode ser melhor entendida quando conhecemos a sua posição com as maiores usinas hidrelétricas do mundo. A usina de Belo Monte, em termos de capacidade instalada, será a 3ª Maior usina do mundo, ficando atrás apenas da usina chinesa Três Gargantas e da Binacional Itaipu.

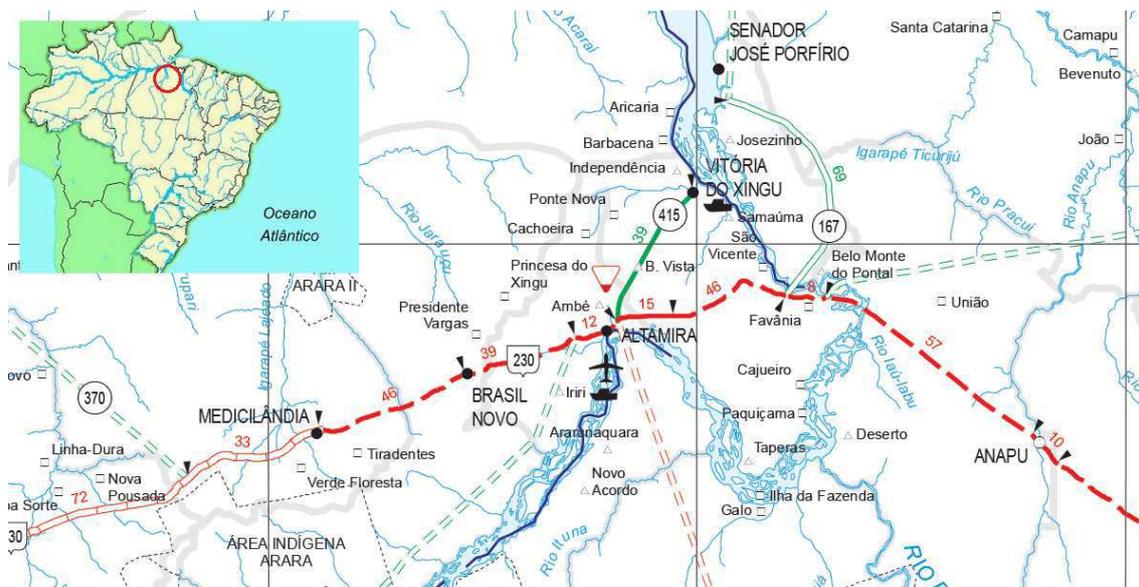


Figura 18: Mapa da Região da Volta Grande do Xingu.

Quando se fala Usina Hidrelétrica de Belo Monte, na verdade a denominação correta seria Complexo Hidrelétrico de Belo Monte, advém do fato do empreendimento contemplar duas casas de força que serão implementadas para o aproveitamento do potencial disponível. A casa de força principal, com 11.000 MW de potência instalada, está situada no Sítio Belo Monte. Já a casa de força complementar, construída para aproveitar as vazões restituídas para jusante do barramento principal, com 233 MW de potência instalada e situa-se no Sítio Pimental.

O projeto adotará um sistema de canal inovador, que reduz o tamanho da área necessária para a geração de energia. Por meio de canais de derivação, parte da água do rio será desviada para o reservatório da casa de força principal em Belo Monte. Com isso o reservatório contará com uma área alagada de 440 km², dos quais 200 km² correspondem às cheias anuais normais do rio Xingu. Isso resulta em 0,04 km² alagados por MW instalados, uma das melhores relações do país para empreendimentos implantados acima de 1.000 MW de potência instalada.

O vertedouro principal ficará no sítio Pimental, no leito do rio Xingu. Para garantir as condições de segurança, um vertedouro complementar será construído no sítio Bela Vista. Esse arranjo é complementado por um conjunto de diques para fechamento lateral de pontos baixos no reservatório dos canais.

Outra importante característica do projeto é a realização a seco da quase totalidade das obras. Os sítios Belo Monte e Bela Vista e as áreas dos diques laterais, dos canais de derivação e do canal de junção, somente serão alagadas quando ocorrer o fechamento da barragem principal, em Pimental. Isso acontecerá depois de concluídas todas essas obras, para dar início à geração na casa de força principal.

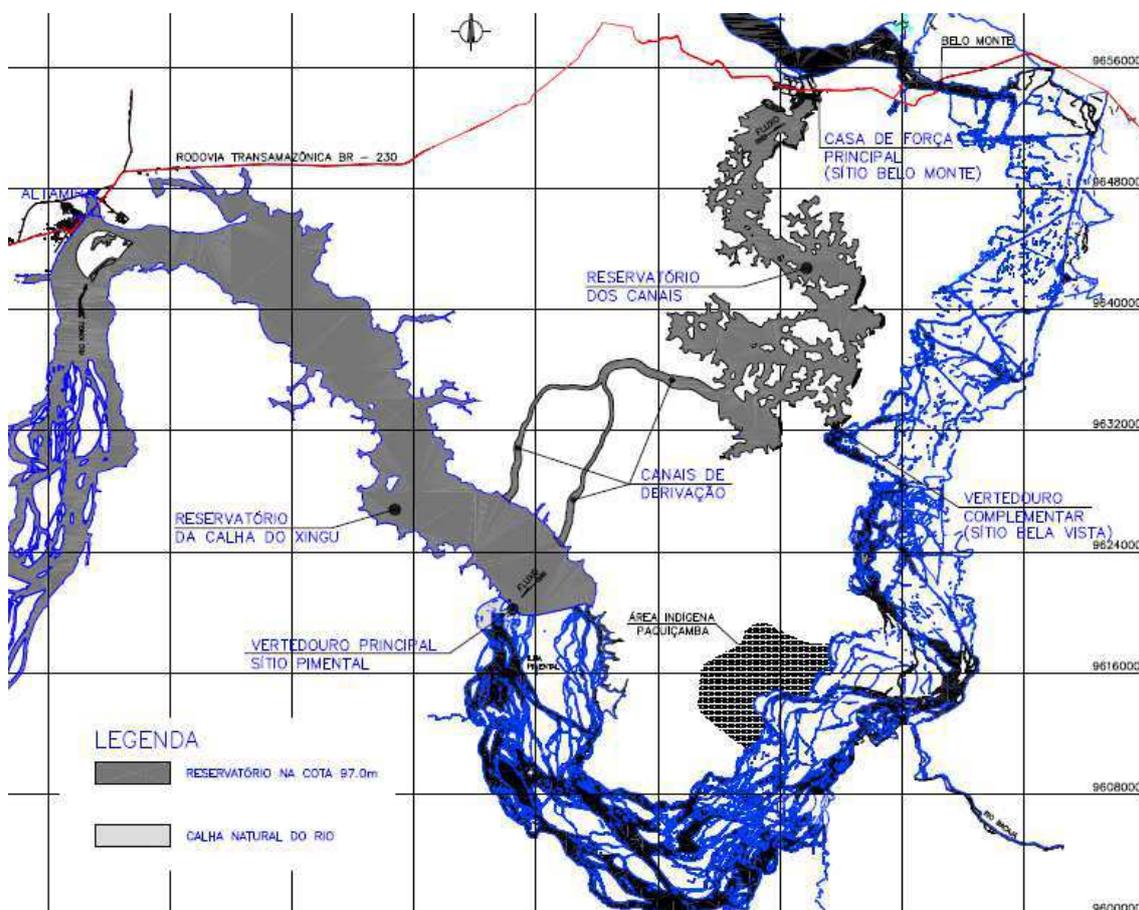


Figura 19: Mapa das Localizações das Casas de Força.

A construção do Complexo Hidrelétrico Belo Monte terá quatro conjuntos de obras em três sítios distintos: no sítio Belo Monte a construção da casa de força principal; no sítio de Pimental a construção da casa de força complementar e os vertedores principais; no sítio Belo Vista a construção dos vertedores complementares; e cortando a Volta Grande do Xingu a construção dos canais de adução ligando o

reservatório da Calha do Xingu com o reservatório a montante da casa de força principal.

7.1 USINA PIMENTAL

Estará localizada a 40 km à jusante da cidade de Altamira. Tendo com principal objetivo a utilização de uma política de valores mínimos para regularização das vazões ao longo do ano no trecho de vazão da Volta Grande do Xingu, assegurando um volume mínimo que garanta as condições de pesca, navegação e outros usos às comunidades indígenas.



Figura 20: Usina Hidrelétrica Pimental.

Casa de força complementar terá um comprimento de 170 m e contará com seis unidades geradoras tipo Bulbo com potência 43,17 MVA, com queda líquida de 11,4 m e vazão turbinada por unidade de 378 m³/s.

Contará os vertedores principais com comprimento de 600 m, constituído por 20 comportas de seguimento e com descarga máxima de 62.000 m³/s (Recorrência de cheia de 10.000 anos).

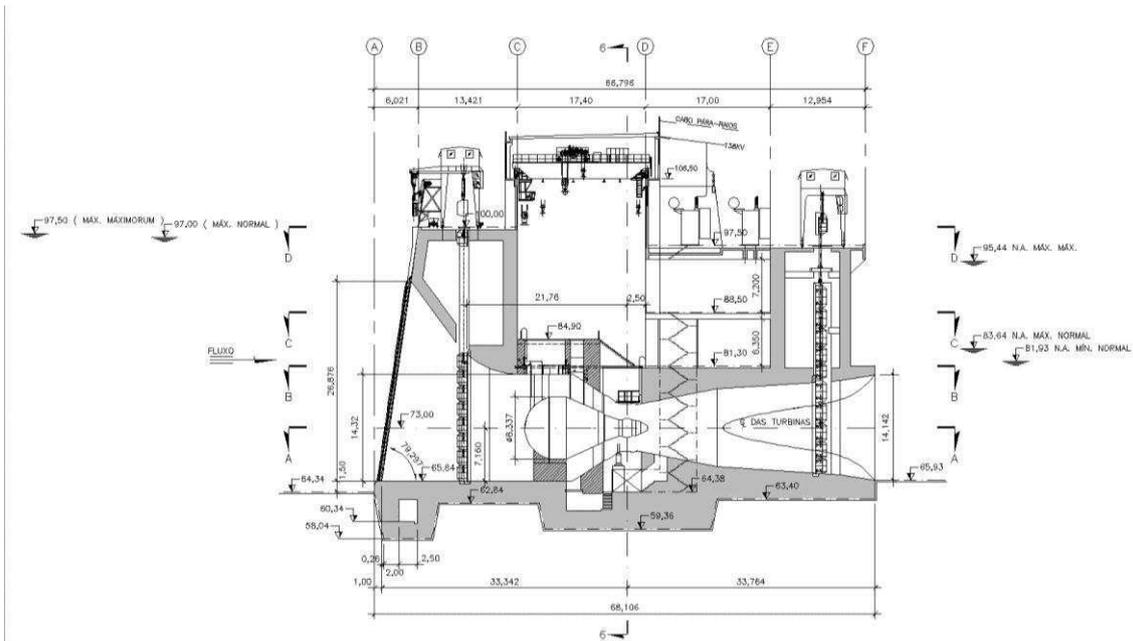


Figura 21: Sítio Pimental – Casa de Força e Área de Montagem em Corte.

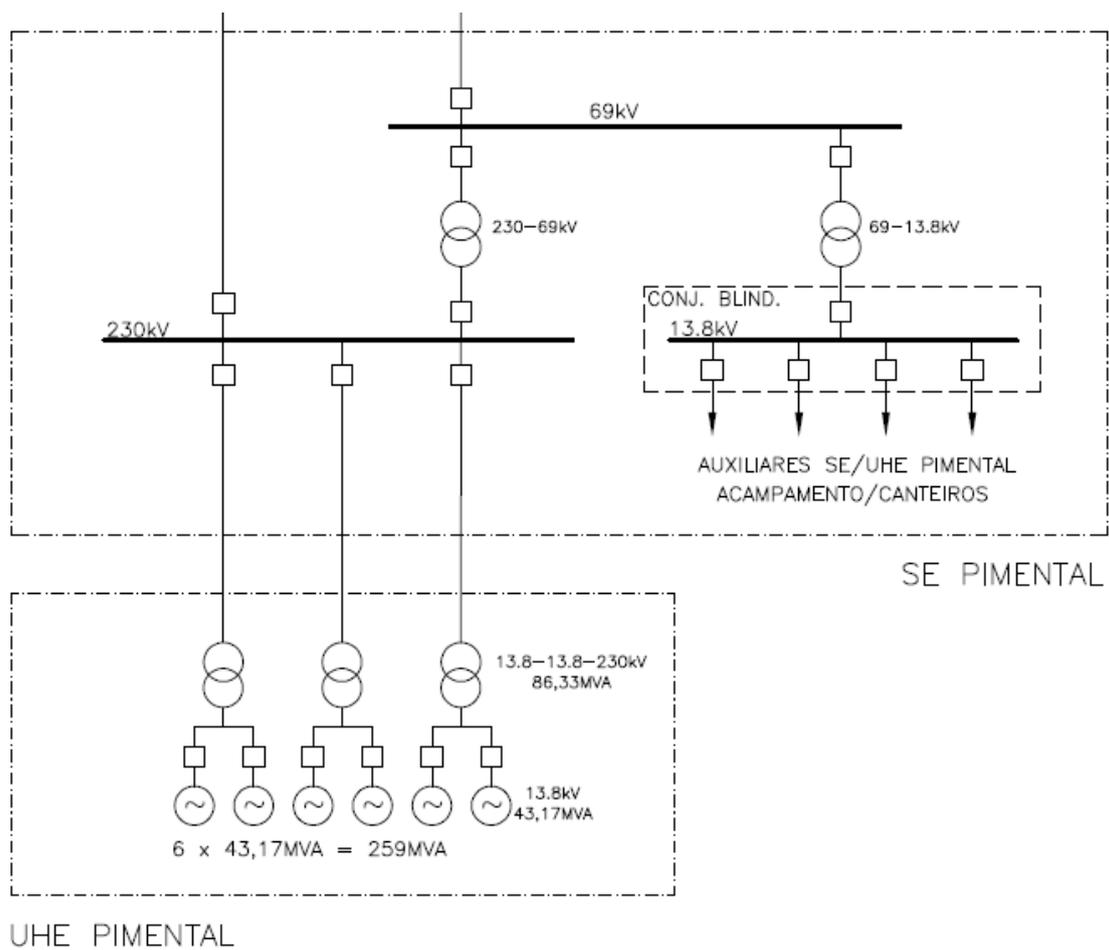


Figura 22: Diagrama Unifilar SE Pimental.

A figura 22 apresenta o diagrama unifilar da subestação que será construída, uma subestação convencional de 230/69/13.8 kV tipo barra dupla, com quatro transformadores elevadores de 90 MVA (sendo um de reserva), onde essa geração será transmitida através de duas linhas, uma com nível de tensão de 230 kV de 60 km circuito simples com 2 condutores por fase ligando a SE Altamira, e a outra de 69 kV para SE Canal de Derivação. E, em caso de emergência 2 geradores a Diesel com 1 MVA de potência atuarão.

7.2 USINA BELO MONTE

A usina estará localizada próxima à cidade de Belo Monte e terá uma capacidade instalada de 11.000 MW, a casa de força principal terá um comprimento de 850 m e contará com 18 unidades geradoras com turbinas tipo Francis com potência 679 MVA, com queda líquida de 87 m e vazão turbinada por unidade de 775 m³/s.



Figura 23: Usina Hidrelétrica de Belo Monte.

Embora a localização da usina seja na região norte do país, o destino da maior parte da energia produzida na usina será destinada ao sudeste e Nordeste, mais especificamente para quatro estados: São Paulo, Minas Gerais, Ceará e Bahia. Quase 60% da energia vendida serão para esses quatro estados.

Contudo, por ser uma usina a fio d'água, não possui um grande reservatório, o que faz com que seja uma usina mais dependente dos ciclos pluviométricos. Por isso, a

capacidade assegurada de geração é na verdade é bem menor que os 11.000 MW, algo aproximadamente de 4.419 MW médios. Como as 8 bacias hidrográficas pertencentes ao Brasil possuem ciclos pluviométricos diferentes, uma vantagem disso é que como a usina será interligada com o SIN, que em seu período de cheias suprirá a geração de outras usinas hidrelétricas situadas em diferentes bacias.

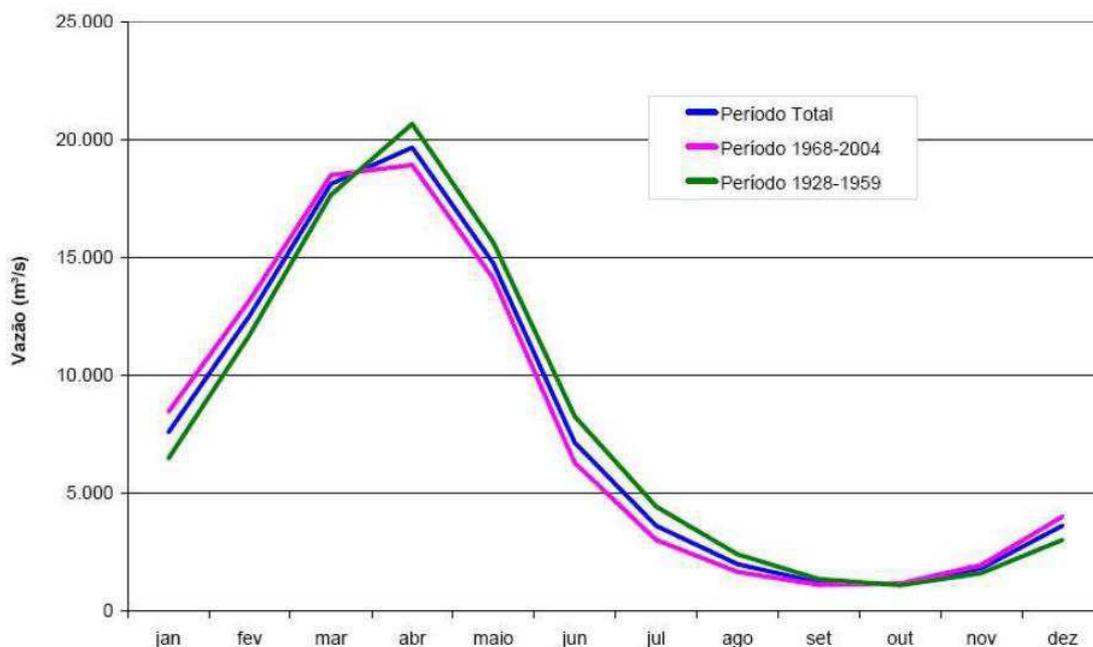


Figura 24: Gráfico da Vazão Média do Rio Xingu.

O custo estimado para a implantação do Complexo Belo Monte é de 25,8 bilhões de reais e após trinta anos espera-se um retorno de 62 bilhões. Um dado interessante que fortalece a construção do Complexo Belo Monte é que se os 4.571 MW assegurados fossem produzidos por PCHs o custo da obra quase duplicaria.

7.2.1 TURBINA

Possuirá 18 turbinas tipo Francis de eixo vertical com capacidade para 619,16 MW de potência nominal, com velocidade de rotação de 85,71 rpm sendo a queda líquida nominal de 87 m.

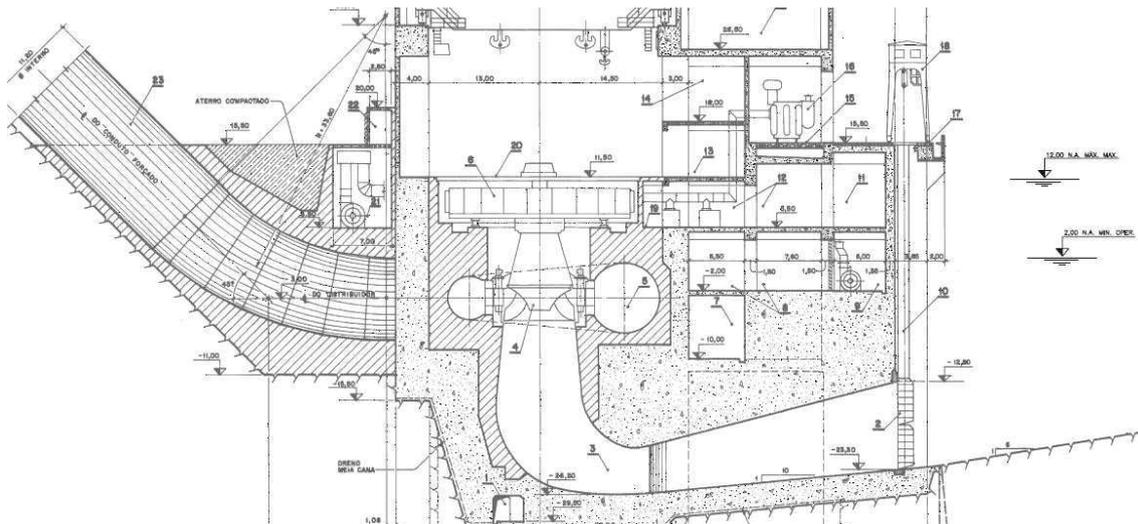


Figura 25: Casa de Força Principal – Corte Transversal.

7.2.2 GERADORES

Serão instalados 18 geradores na casa de força principal. As suas principais características e equipamentos associados estão listados a seguir:

- Geradores tipo síncrono com polos salientes e eixo vertical;
- 679 MVA de potência nominal;
- Frequência nominal de 60 Hz.
- Velocidade síncrona de 85,7 rpm;
- 84 polos;
- 0,9 fator de potência nominal;
- 3 fases com sequência A,B,C;
- Tensão nominal de 20 kV;
- Classe F para isolamento do estator e rotor.

Os geradores G1, G5 e G9 serão capazes de operar como compensador síncrono. O sistema de proteção de cada unidade geradora da UHE constará de 2 conjuntos independentes, constituindo uma proteção primária e secundária, onde cada conjunto conterà com relés com as seguintes funções: diferencial do gerador, falta à terra no estator, perda de excitação, sobretensão, subtensão, sobrecorrente de sequência negativa, proteção de distância, perda de sincronismo, sobre-excitação, potência inversa, energização indevida, desbalanço de tensão, sobrecorrente com restrição de tensão, sub e sobrefrequência, taxa de variação de frequência (df/dt), sobrecarga no estator e falha de disjuntor.

Além disso, serão fornecidas as proteções intrínsecas do gerador e da turbina, como: vibração, entreferro do gerador, sobretemperatura dos mancais, sobretemperatura do óleo, baixo nível de óleo, sobrevelocidade, falha do regulador de velocidade.

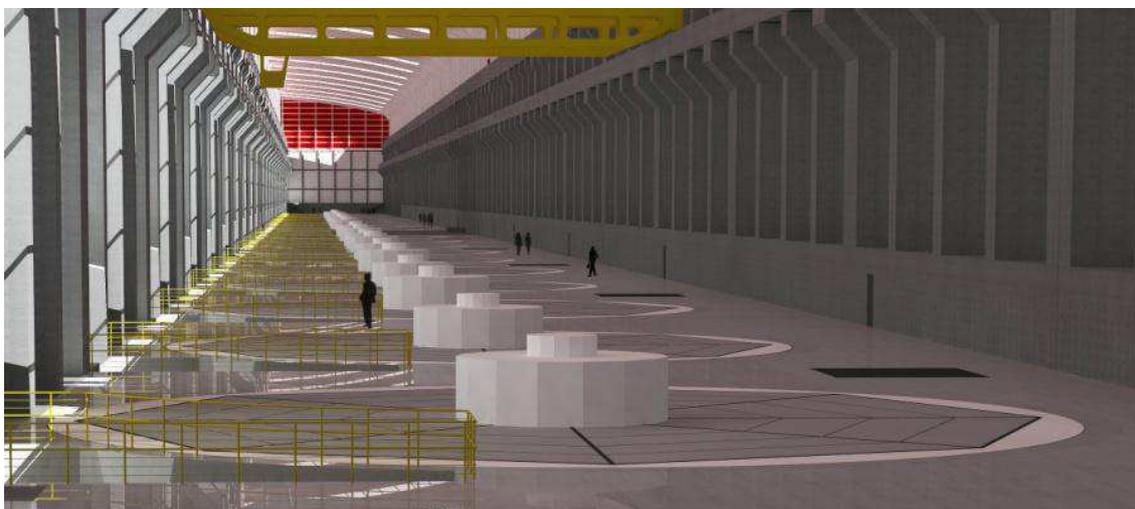


Figura 26: Parte Interna Casa de Força Principal.

7.2.3 SE BELO MONTE

Devido às condições restritas de espaços físicos na casa de força, a solução encontrada foi construir a subestação utilizando a tecnologia de isolamento a SF₆. Onde se trata de uma subestação elevadora com esquema de manobra de barra simples, que tem seu lado de baixa com o nível de tensão de 20 kV e o seu lado de alta com nível de tensão de 525 kV. A transmissão de energia será através de 5 linhas de transmissão de 525 kV que será interligada com a SE Xingu, com distância de 17 km. E uma linha de 69 kV que interliga com SE Altamira.

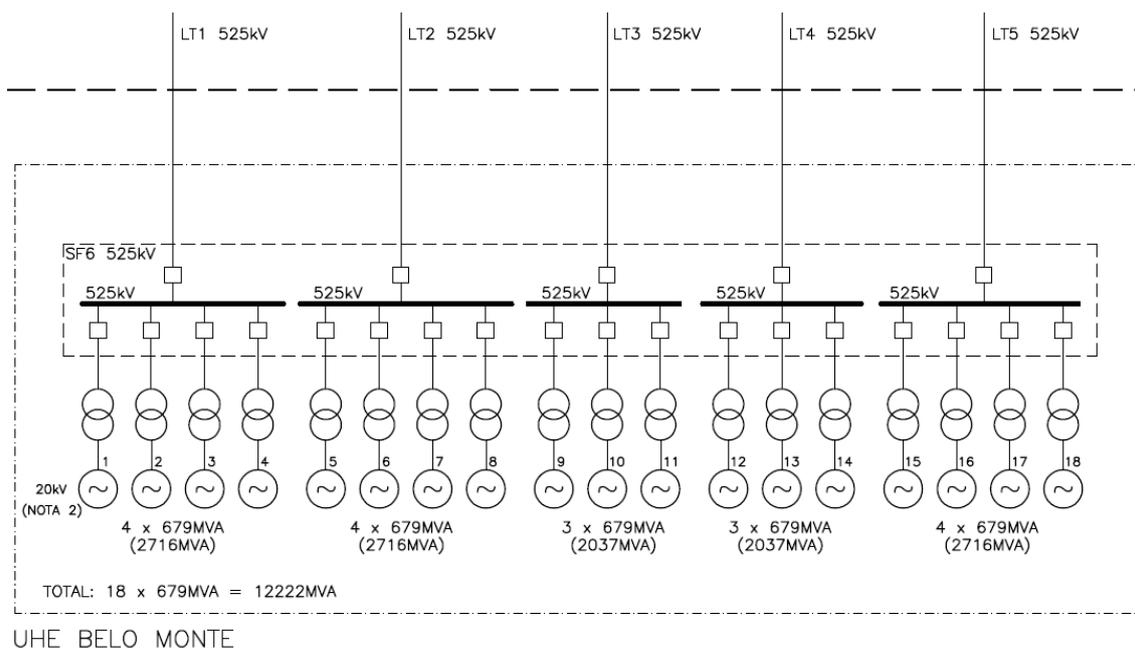


Figura 27: Diagrama Unifilar SE Belo Monte.

Na subestação será instalado um transformador elevador a cada gerador. Contendo como principais características: potência nominal de 679 MVA, isolamento a óleo mineral, tensão no primário de 20 kV e secundário de 525 kV, frequência nominal de 60 Hz e ligação dos enrolamentos de baixa em delta e os de alta em estrela.

Também contará com disjuntores a SF6, transformadores de corrente (TCs) com 3 núcleos, sendo 2 para serviços de proteção e 1 para serviço de medição operacional e transformadores de potencial capacitivo monofásico com tensão nominal de $525/\sqrt{3}$ kV.

As principais características da SE blindada a SF6, é que terá capacidade de tensão de operação máxima da ordem de 550 kV, já para impulsos atmosféricos e de manobra na ordem de 1675 kVp e 1300 kV. A pressão interna do dielétrico será de 3,5 bar. E seus condutores terão uma capacidade de condução de corrente nominal de 4 kA.

Todo controle da SE e UHE será feito em quatro níveis: onde o nível 3 corresponde ao Operador Nacional do Sistema (ONS), que, através de canais de telecomunicações, receberá os dados da usina e poderá efetuar comandos pertinentes às suas atribuições. O nível 2 será possível o controle e supervisão geral da usina e subestação, que será constituída pelas as estações de operação e engenharia. O nível 1 será constituído pelos CLPs, dotados de dispositivos de interface homem-máquina. A operação nesse nível ocorrerá em caso de indisponibilidade do nível 2 ou situações de teste. E por fim o nível 0 onde se faz o controle junto aos equipamentos.

A UHE Belo Monte será construída de modo que poderá incorporar também funções relativas à UHE Pimental, dessa forma a usina poderá ser supervisionada e comandada a partir da sala de controle de Belo Monte. Para isso, haverá interligação entre as redes de controle de ambas as usinas através do sistema de telecomunicação. Com isso, poderão ser controlados não apenas as unidades geradoras, como também as comportas do vertedouro.

A usina possuirá dois grupos geradores dimensionados para alimentar as cargas essenciais da casa de força, subestação e tomada d'água durante alguma intercorrência. Os geradores serão movidos a Diesel com potência nominal de 3750 kVA e tensão nominal de 6,9 kV, e os tanques de combustível terá capacidade de 24 h de operação.

Uma das grandes vantagens da construção da usina será o interligamento do SIN, através da SE Xingu sairá 8 linhas de transmissão que distribuirá a geração da UHE Belo Monte. Duas linhas de 500 kV interligarão com a SE Jurupari, que através dela fará a ligação com a região Norte, região está anteriormente isolada e não era interligada com o SIN. Com isso, haverá a interligação dos estados do Amapá, Roraima onde não será mais necessário importar 200 MW da UHE Guri na Venezuela e o estado do Amazonas onde situa-se a UHE Balbina que no futuro distante se interligará com SE Santo Antônio e outros países Latinos.

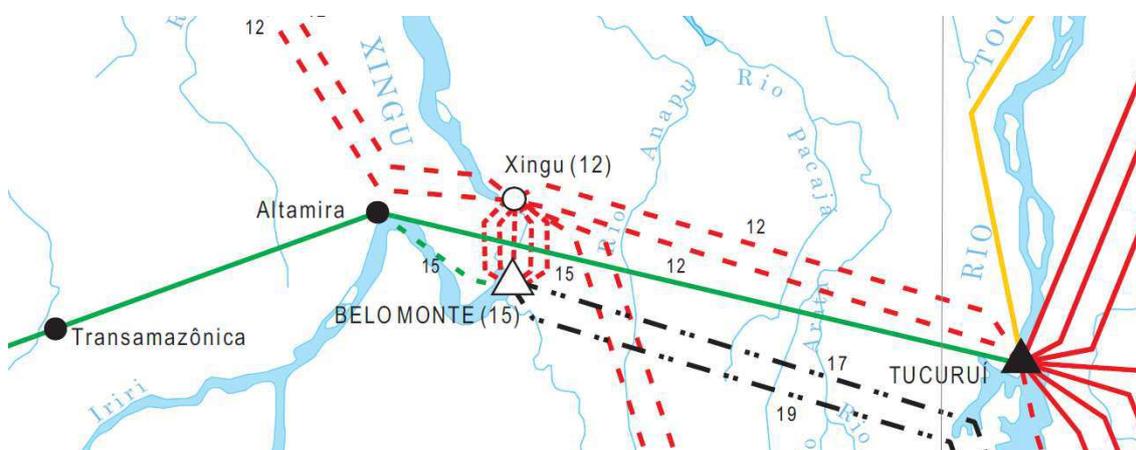


Figura 28: Interligamento com SIN.

Outras duas linhas farão a ligação com UHE Tucuruí que suprirá as cargas do Nordeste, como também haverá a ligação com SE Miracema que suprirá as cargas do Centro-Oeste.

E, por fim duas linhas de corrente contínua de 800 kV bipolar com capacidade de transmissão de 4 GW. Uma abastecerá a região metropolitana do Rio de Janeiro que será interligada na SE Nova Iguaçu com extensão de 2.575 km. Já a outra linha vai

abastecer Minas Gerais será interligada na SE Estreito com extensão de 2.050 km. Foi visto que a maneira mais econômica de transmitir grandes blocos de energia a longa distância era utilizando esse tipo de tecnologia, caso contrário, será necessário a construção de várias subestações (CA) ao longo do percurso tornando inviável financeiramente.

8 CONCLUSÃO

O presente trabalho relatou uma visão geral do panorama energético brasileiro, enfatizando à expansão da capacidade de geração a partir de grandes usinas hidrelétricas, mostrando a necessidade da construção da UHE Belo Monte.

Um breve histórico sobre as usinas hidrelétricas à nível mundo, Brasil e Nordeste foi relatado, enfatizando os diversos tipos de usinas e suas vantagens e desvantagens, bem como os tipos de turbinas mais utilizado e onde melhor se enquadra a sua utilização.

Ficou evidenciado que os estudos realizados na década de 70, onde se teve uma análise das alternativas A e B, levando em consideração os critérios vigentes na década 70 que indicavam o grande potencial hidroenergético do rio Xingu, com base em reservatórios com grandes volumes e extensas áreas inundadas. Para tanto, percebeu-se que seria necessário uma melhor análise, visando à diminuição dos impactos socioambientais.

Foram realizados novos estudos levando em consideração os critérios vigentes atuais, e com isso encontrou-se 3 possíveis alternativas. Por meio de discursões e análise percebeu-se que a alternativa 3 era a que causava menos impactos ao meio ambiente e maior aproveitamento hidrelétrico.

Constata-se que a construção da UHE Belo Monte, trará uma grande contribuição para o sistema elétrico brasileiro, e por meio da mesma o interligamento da região Norte com o Sistema Interligado Nacional.

BIBLIOGRAFIA

ANA. *Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil. Ministério do meio Ambiente. Agência Nacional de Águas. Brasília. 2012.*

ANEEL. *Site oficial da Agência Nacional de Energia Elétrica.* <http://www.aneel.gov.br> Acessado em Fevereiro de 2013.

CHESF. *Site oficial da Companhia Hidrelétrica do São Francisco.* <http://www.chesf.gov.br> Acessado em Fevereiro de 2013.

ELETROBRAS. *Sistema de Informação do Potencial Hidrelétrico Brasileiro – SIPOT.* Relatório Técnico 2012.

ELETROBRAS. *Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Xingu.* Relatório Técnico. Outubro 2007.

EPE. *Balanço Energético Nacional – BEM 2012.* Relatório Final.

Macintyre, Archibald Joseph. *Máquinas motrizes hidráulicas* – Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

Reis, Lineu Belico dos. *Geração de Energia Elétrica: tecnologia, inserção ambiental, planejamento, operação e análise de viabilidade.* 3 edição – Barueri SP: Manole, 2003.

ONS. *Site oficial Operador Nacional do Sistema.* <http://www.ons.org.br> Acessado em Fevereiro de 2013.

VOITH. *Site oficial VOITH.* <http://www.voith.com> Acessado em Fevereiro de 2013.