

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

FERNANDO AUGUSTO MAHL

UM ESTUDO DA USINA DE BELO MONTE

Porto Alegre

2015

FERNANDO AUGUSTO MAHL

UM ESTUDO DA USINA DE BELO MONTE

Projeto de Diplomação apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para Graduação em Engenharia Elétrica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Roberto Petry Homrich

Porto Alegre

2015

FERNANDO AUGUSTO MAHL

UM ESTUDO DA USINA DE BELO MONTE

Este projeto foi julgado adequado para fazer jus aos créditos da Disciplina “Projeto de Diplomação”, do Departamento de Engenharia Elétrica e aprovado em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora.

Orientador: _____

Prof. Dr. Roberto Petry Homrich, UFRGS

Doutor pela Universidade Estadual de Campinas – Campinas, Brasil

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Roberto Petry Homrich, UFRGS

Doutor pela Universidade Estadual de Campinas – Campinas, Brasil

Prof. Dr^a Gladis Bordin

Doutora pela Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, Brasil

Prof. Dr. Fausto Bastos Lábano

Doutor pela Universidade Politécnica de Madri – Madri, Espanha

Porto Alegre

Junho de 2015.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais e meu irmão, pelos momentos em que estive ausente durante o decorrer da graduação.

RESUMO

É fato que o Brasil busca o desenvolvimento e necessita de energia elétrica abundante e barata. As fontes hidrelétricas mais próximas dos grandes centros consumidores estão em esgotamento, o que torna necessária a busca por novas fronteiras energéticas, nesse caso, a região Norte do país. Nesta situação se enquadra a Usina de Belo Monte, um marco na exploração energética desta região.

A construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte é envolta de polêmicas, desde os primeiros estudos na década de 70. A legislação ambiental e a consciência ecológica modificaram-se muito desde então, impondo uma série de mudanças com relação ao projeto inicial. Essas mudanças tornaram o projeto viável do ponto de vista ambiental, mas com impactos negativos na geração de energia, como por exemplo, a redução da energia firme.

No estudo do aproveitamento hidrelétrico, publicado em 1980, constavam duas alternativas para o aproveitamento energético do rio, uma composta por seis usinas hidrelétricas e outra por sete. Qualquer que fosse a alternativa escolhida, haveria uma área alagada extremamente grande, e devido à pressão de ambientalistas, só a usina de Belo Monte obteve permissão para continuidade dos estudos.

O objetivo deste trabalho é mostrar a importância de Belo Monte para o sistema elétrico brasileiro, elaborando um estudo de caso da usina.

O projeto atual de Belo Monte é diferente dos projetos clássicos de usinas hidrelétricas e é dividido em três sítios, distantes entre si. A transmissão da energia gerada será feita através da infraestrutura já existente e de uma linha em 800 kV em corrente contínua, tecnologia pioneira no Brasil.

O baixo custo de produção de Belo Monte, e em geral das hidrelétricas, aliada a segurança no fornecimento tornam o projeto atrativo frente a outras fontes alternativas, apesar dos impactos ambientais e sociais, provando a sua importância.

Palavras-Chave: Belo Monte, impactos socioambientais, energia elétrica, transmissão.

ABSTRACT

It is true that Brasil seeks development and needs abundant and cheap electricity. The nearest hydroelectric plants of the great consumer centers are in exhaustion, which makes it necessary to search for new energy frontiers, in this case, in the north region. In this situation fits the Belo Monte Dam, a milestone in energy exploration in this region.

The construction of the Belo Monte Hydroelectric Plant is shrouded in controversy since the first studies in the 70s. Environmental legislation and environmental awareness have changed a lot since then, imposing a series of changes to the initial project. These changes have made the project feasible from an environmental point of view, but with negative impacts on power generation, such as the reduction of firm energy.

In the study of hydroelectric, published in 1980, contained two alternatives for the energy use of the river, one composed of six hydroelectric plants and other seven. Whatever the chosen alternative, there would be an extremely large flooded area, and due to pressure from environmentalists, only the Belo Monte was allowed to continue their studies.

The objective of this study is to show the importance of Belo Monte to the Brazilian electrical system, establishing a power plant case study.

The current project of Belo Monte is different from classic designs of hydroelectric plants and is divided into three sites, far between. The transmission of the power generated will be done through existing infrastructure and a line at 800 kV direct current, pioneering technology in Brasil. The low production cost of Belo Monte, and in general of hydroenergy, combined with security of supply make the attractive front design to other alternative sources, despite the environmental and social impacts, proving its importance.

Keywords: Belo Monte, environmental impacts, electric power, transmission.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Motivação.....	11
1.2 Caracterização do Problema.....	11
1.3 Objetivo.....	16
1.4 Estruturação do Trabalho.....	16
1.5 Metodologia.....	17
2 GEOGRAFIA E HISTÓRICO DE PROJETOS DO RIO XINGU.....	18
2.1 O Rio Xingu.....	18
2.2 Histórico de Projetos do rio Xingu.....	20
2.3 Histórico do Inventário Hidrelétrico.....	22
3 DETALHAMENTO DO PROJETO ATUAL.....	27
4 SÍTIOS.....	29
4.1 Sítio Pimental.....	29
4.2 Sítio Canais e Reservatório Intermediário.....	31
4.3 Sítio Belo Monte.....	35
5 LEILÃO DE ESCOLHA DO CONSÓRCIO.....	38
6 TRANSMISSÃO E CONEXÃO AO SIN.....	39
6.1 Projeto do Sistema de Transmissão.....	39
6.2 Leilão do Sistema de Transmissão.....	41
6.3 Contratos de Comercialização.....	43
7 IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS.....	45
7.1 Condicionantes.....	47
8 IMPACTO DAS MEDIDAS SOCIOAMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	48
9 VIABILIDADE TÉCNICA E ALTERNATIVAS AO PROJETO	49
9.1 Custos de Geração.....	50
9.2 Confiabilidade no Fornecimento.....	51
9.3 Impactos Ambientais e Sociais.....	54
9.4 Comparação Entre Alternativas.....	55
CONCLUSÕES.....	56
REFERÊNCIAS.....	57

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Projeção de Carga do SIN.....	12
Figura 2 - Potencial Hidrelétrico por Bacia.....	13
Figura 3 – Matriz de Energia Elétrica de Junho de 2009.....	15
Figura 4 – Matriz de Energia Elétrica de Junho de 2014.....	15
Figura 5 – Perfil do Rio Xingu.....	18
Figura 6 – Hidrograma de Vazões do Rio Xingu.....	19
Figura 7 – Encontro de Povos da Floresta.....	21
Figura 8 – Perfil Longitudinal do Rio Xingu com seis barragens.....	23
Figura 9 – Localização do Empreendimento.....	28
Figura 10 – Distância entre sítios de Belo Monte.....	28
Figura 11 – Sítios de Belo Monte.....	29
Figura 12- Arranjo do Sítio Pimental.....	30
Figura 13 - Casa de Força Sítio Pimental.	30
Figura 14 – Concepção Artística Sítio Pimental.....	31
Figura 15 – Seção do Canal de Derivação.....	32
Figura 16 – Arranjo do Canal de Derivação.....	33
Figura 17 – Secção do Canal concluída.....	33
Figura 18 – Reservatório Intermediário.....	34
Figura 19 – Velocidades do Fluxo.....	34
Figura 20 – Esquemático da casa de força principal.....	35
Figura 21 – Tomada d’Água do Sítio Belo Monte.....	36
Figura 22 – Vista à Jusante do Canal de Derivação.....	37
Figura 23 – Linha de Transmissão em Corrente Contínua.....	40
Figura 24 – Contratos de comercialização firmados.....	44
Figura 25 – Fator de Capacidade de Hidrelétricas Brasileiras.....	53

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Alternativa A do Inventário Hidrelétrico.....	24
Tabela 2 – Alternativa B do Inventário Hidrelétrico.....	24
Tabela 3 – Alternativa Babaquara-Kararaô.....	26
Tabela 4 – Babaquara Isolado.....	26
Tabela 5 – Análise entre Belo Monte e outras fontes energéticas.....	50

LISTA DE ABREVIações

ACR	Ambiente de Contratação Regulada
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BM&FBOVESPA	Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CBDB	Comitê Brasileiro de Barragens
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CHESF	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco
CNPE	Conselho Nacional de Política Energética
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
ELETRONORTE	Centrais Elétricas do Norte do Brasil
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
IBAMA Renováveis	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBRACON	Instituto Brasileiro do Concreto
LP	Licença Prévia
MME	Ministério de Minas e Energia
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
RAP	Receita Anual Permitida
SIN	Sistema Interligado Nacional
UHE	Usina Hidrelétrica
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas

INTRODUÇÃO

1.1 Motivação

No final do ano de 2011, surgiu na mídia a veiculação de um vídeo, criado por um grupo de artistas e ativistas ambientais, contrários à construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte. Tal grupo, denominado de Movimento Gota D'Água, utilizou neste vídeo argumentos que, a princípio me pareceram equivocados, e, instigado por tais afirmações, resolvi me aprofundar no assunto.

Dez dias após a publicação do Movimento Gota D'Água, verifiquei que alunos do curso de Engenharia Civil da Unicamp criaram um vídeo de resposta, rebatendo ponto a ponto os questionamentos, de forma técnica e sem apelar à aspectos sentimentais. Tal ação dos estudantes me incentivou ainda mais a conhecer as características do empreendimento.

Logo ao iniciar uma pesquisa, verifiquei que os argumentos utilizados pelo referido grupo eram absurdos, e que havia um nível elevado de desinformação sobre o tema. Muitas pessoas questionavam o projeto sem nem mesmo ter o mínimo conhecimento técnico da forma de operação de uma hidrelétrica, e assim, propagavam informações incorretas, prejudicando um assunto de interesse nacional.

O projeto de diplomação é uma oportunidade a mim ofertada de esclarecer alguns pontos sobre os quais ainda pairavam questionamentos, verificando se o empreendimento é a melhor opção para a ampliação do parque gerador de energia elétrica.

1.2 Caracterização do Problema

Um dos requisitos básicos de um país que necessita se desenvolver é a oferta de energia elétrica. Sem esse insumo básico, qualquer país está condenado à estagnação, pois seu consumo é tradicionalmente sempre crescente. Portanto, é de interesse nacional que esta fonte de energia esteja sempre em expansão. Conforme dados do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2022, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2013),

conforme figura 1, o crescimento médio da demanda será de 4,2 % ao ano até 2022.

Figura 1: Projeção de Carga do SIN.

Ano	Subsistema				SIN
	Norte	Nordeste	Sudeste/CO	Sul	
	MWmédio				
2013	4.935	9.402	38.740	10.612	63.688
2017	6.407	11.180	45.394	12.268	75.248
2022	7.613	13.870	54.796	14.724	91.003
Período	Variação (% a.a.)				
2013-2017	9,2	4,5	4,2	3,7	4,5
2018-2022	3,5	4,4	3,8	3,7	3,9
2013-2022	6,3	4,4	4,0	3,7	4,2

Fonte: EPE

Fonte: EPE (2013).

Para maximizar a segurança no fornecimento e a redução de custos, a fonte de geração deve ter preferencialmente as seguintes características:

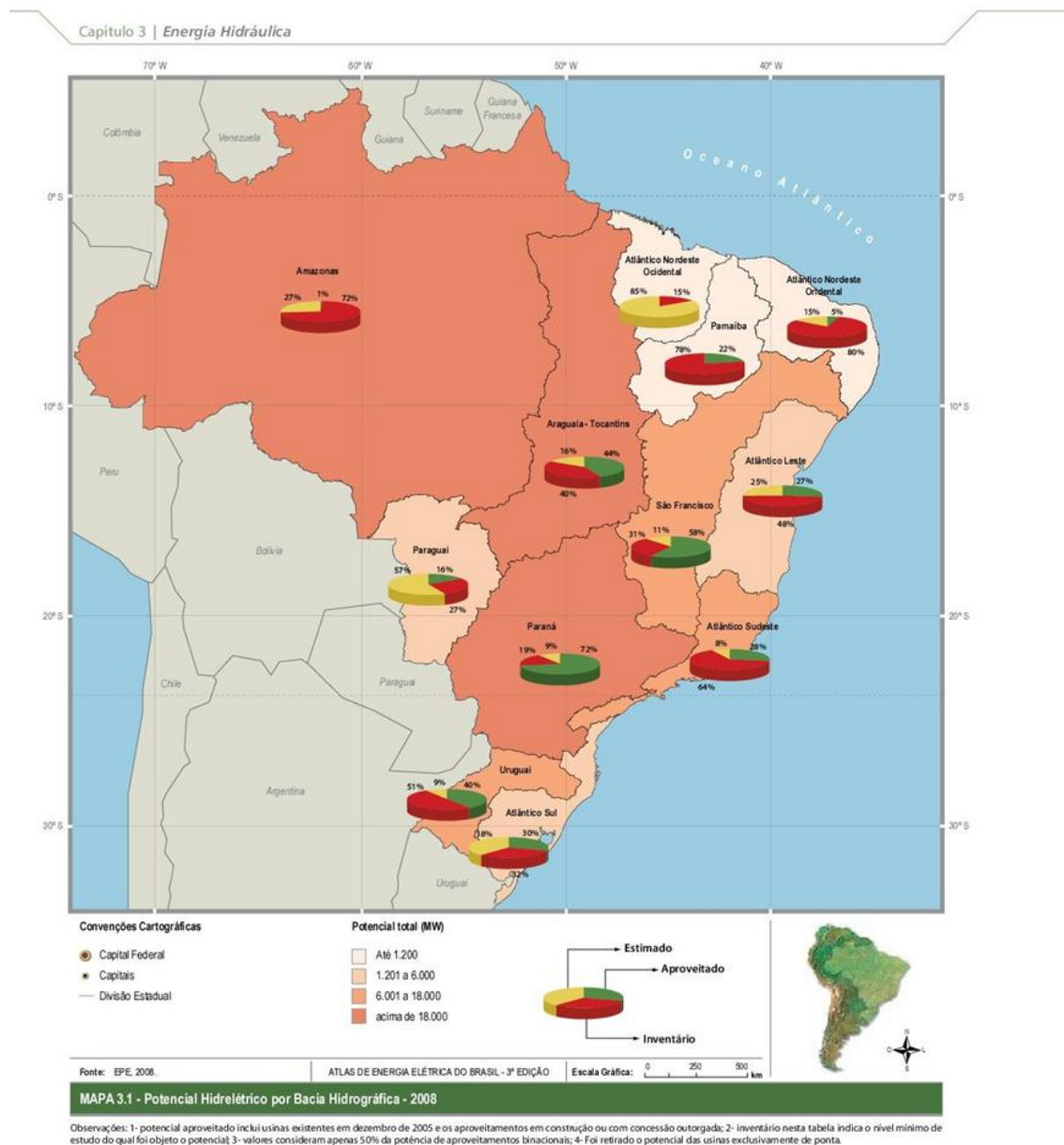
- Deve ser abundante, pouco explorada e garantir fornecimento médio num patamar razoável;
- O custo de geração deve ser baixo e o fornecimento de combustível deve ser confiável;
- A usina geradora deve ser localizada perto dos grandes centros consumidores.

Até algumas décadas atrás, o tipo de geração que cumpria à risca as características citadas era a hidrelétrica. As fontes tinham geração a baixo custo e se localizavam principalmente nas regiões Sudeste e Sul, perto dos grandes centros consumidores. Porém, já não há fontes abundantes perto dos grandes centros consumidores, o que obriga as entidades governamentais a buscar estes recursos em regiões mais remotas do país, sobretudo na região Norte.

Conforme o mapa 3.1, do 3º Atlas de Energia Elétrica do Brasil, produzido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL, 2008), a bacia do rio Amazonas é a que tem o menor percentual de aproveitamento de sua energia. Segundo o mesmo documento, quase a integralidade dos potenciais das regiões Sul, Sudeste e Nordeste estão explorados. Ainda segundo este Atlas, o Brasil possui um potencial hidrelétrico total de 260 GW, um dos cinco

maiores do mundo, e mais de 70% deste potencial se encontra nas bacias do Rio Amazonas e do Tocantins/Araguaia. Especificamente na bacia do Rio Amazonas, o potencial hidrelétrico é de 106 GW. Estes dados são suficientes para justificar o interesse nos rios do Norte.

Figura 2: Potencial Hidrelétrico por Bacia.



Fonte: ANEEL (2008).

O inventário hidrelétrico da região Norte começou a ser estudado a partir da década de 1950. Em 1957 começaram os estudos para o aproveitamento hidrelétrico do rio Tocantins, no Pará. O objetivo era desenvolver a região Amazônica, atraindo empresas de produção de

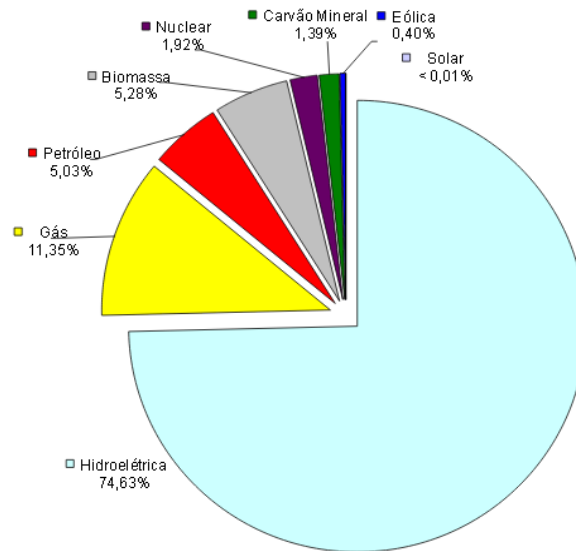
alumínio e de extração de Bauxita, com os custos baixos da eletricidade contratada. Em 1974, já no período do regime militar, foi iniciada a construção da Usina de Tucuruí, com capacidade projetada de 8.340 MW e área alagada de 2.850 km², sendo até hoje a maior usina genuinamente brasileira em capacidade instalada. Anos depois, em 1985, iniciou-se a construção da Usina Hidrelétrica de Balbina, no estado do Amazonas. Com capacidade de 250 MW e área alagada de 2.360 km², superior a da usina de Itaipu, é considerada um desastre ambiental por produzir mais gases estufa, vindos da decomposição de matéria orgânica do reservatório, do que uma usina termelétrica de mesma capacidade. O objetivo da usina era abastecer Manaus e cidades vizinhas, já que até ano passado esta região era isolada do SIN e dependia de fontes de geração térmica. Outra usina que pode ser citada, e que foi iniciada na década de 80 é a hidrelétrica de Samuel, com 216 MW, responsável pelo abastecimento da capital Porto Velho, em Rondônia.

Conforme Fleury (2013), até então, não se questionavam impactos ambientais e sociais decorrentes da construção e dos reservatórios, situação está que mudou com a Resolução 001, de 1986 do Conama. Essa resolução instituiu a obrigatoriedade do Estudo de Impacto Ambiental para obras hidráulicas de exploração de recursos hídricos acima de 10 MW.

Devido às novas exigências ambientais e, sobretudo ao racionamento de energia em 2001, a matriz energética foi diversificada, incorporando principalmente fontes de geração térmica, de modo que não houvesse uma dependência tão grande do regime de chuvas. Desde então, a participação da hidroeletricidade na matriz energética vem caindo gradativamente. Conforme dados do Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico, divulgados pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2009), em junho de 2009 ela representava 74,63 %, conforme figura 3, enquanto que em junho de 2014 (MME, 2014a), cinco anos depois, ela caiu para 69,2 %, como ilustrado na figura 4.

Figura 3: Matriz de Energia Elétrica de Junho de 2009.

Fonte: ANEEL 30/06/2009



Fonte: MME (2009).

Figura 4: Matriz de Energia Elétrica de Junho de 2014.

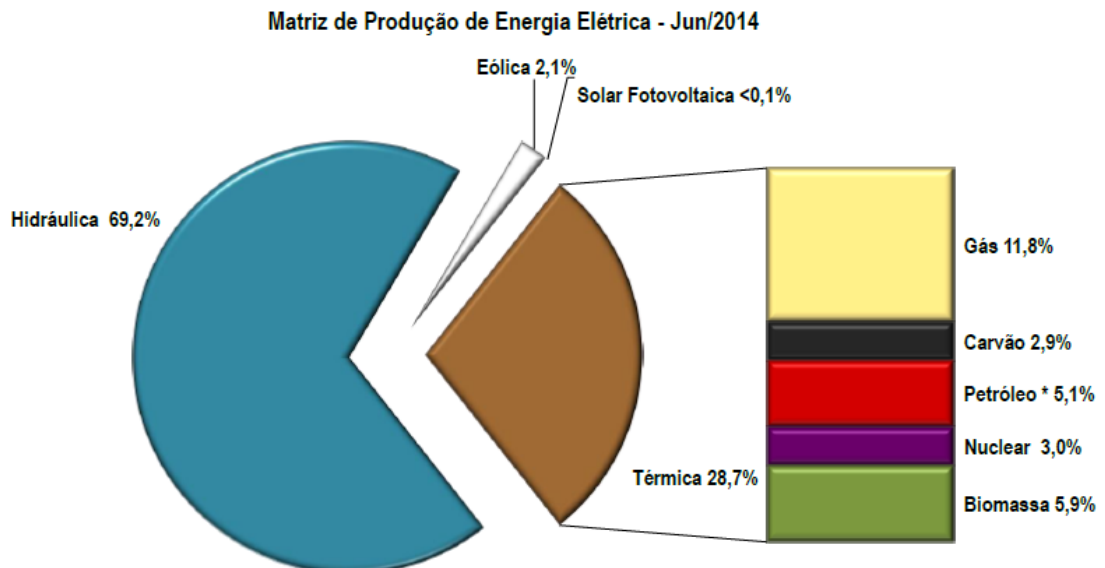


Figura 20. Matriz de produção de energia elétrica no Brasil.

Dados contabilizados até junho de 2014.

*Em Petróleo estão consideradas as usinas a óleo diesel, a óleo combustível e as usinas bicombustíveis.

** A produção acumulada de energia elétrica não inclui a autoprodução.

Fonte: CCEE e Eletrobras

Fonte: MME (2014a).

Apesar das mudanças na matriz energética, a geração hidrelétrica continua sendo a fonte principal de geração de energia. Com exceção de algumas usinas térmicas, as demais formas de geração são consideradas complementares, atuando para manter o nível dos reservatórios das hidrelétricas e servindo de incentivo às fontes renováveis.

Inserido neste contexto está a Usina Hidrelétrica de Belo Monte, pois é o símbolo das grandes usinas hidrelétricas a serem construídas na bacia Amazônica, sendo até o momento possivelmente a mais polêmica. Sua construção vem levantando a discussão sobre diversas questões sensíveis, como o impacto sobre terras indígenas e sobre o meio ambiente.

1.3 Objetivos

Elaborar um estudo de caso da Usina Hidrelétrica de Belo Monte e mostrar a importância do empreendimento como um todo para o Sistema Elétrico Brasileiro, através de uma análise técnica comparativa com outras fontes energéticas. O presente documento, também, objetiva mostrar o impacto de medidas ambientais e sociais na geração de energia elétrica.

1.4 Estruturação do Trabalho

O Capítulo 1 traz a motivação e os objetivos do trabalho, e insere o leitor no contexto histórico e atual do setor elétrico, bem como seus desafios.

No Capítulo 2 há uma breve descrição sobre as características do Rio Xingu, sobre os projetos desenvolvidos para o seu aproveitamento energético e o Inventário Hidrelétrico do mesmo.

As características do projeto atual estão descritas no Capítulo 3.

No Capítulo 4 são dadas as explicações referentes a cada sítio e ilustrações do andamento da construção.

Os desdobramentos referentes ao leilão de escolha do consórcio e as tarifas obtidas são mencionadas no Capítulo 5.

No Capítulo 6 é descrito o projeto do sistema de transmissão da energia de Belo Monte, bem como o leilão que definiu a empresa operadora e os contratos de comercialização da energia a ser gerada.

Os impactos ambientais e sociais estão listados no Capítulo 7, assim como as condicionantes determinadas pelo órgão ambiental.

No Capítulo 8 é feita uma análise de como as normas ambientais alteraram o projeto no decorrer do tempo e como isso impactou na geração de energia.

Uma análise da viabilidade técnica do empreendimento é feita no Capítulo 9, com uma comparação de Belo Monte com demais fontes energéticas sobre os aspectos de custos de geração, segurança no fornecimento e impactos socioambientais.

Por fim, é feita uma reflexão sobre a importância da usina e qual é o papel das demais fontes na expansão do parque gerador de eletricidade brasileiro.

1.5 Metodologia

A metodologia utilizada na elaboração deste trabalho foi a da pesquisa documental, com base em relatórios oficiais, resoluções, normativas e dissertações. Além das fontes citadas, foram utilizadas notícias, mapas e fotos das áreas referentes ao estudo de caso.

A análise das alternativas é feita com base em características quantitativas e qualitativas, sendo o resultado obtido de teor qualitativo.

2 GEOGRAFIA E HISTÓRICO DE PROJETOS DO RIO XINGU

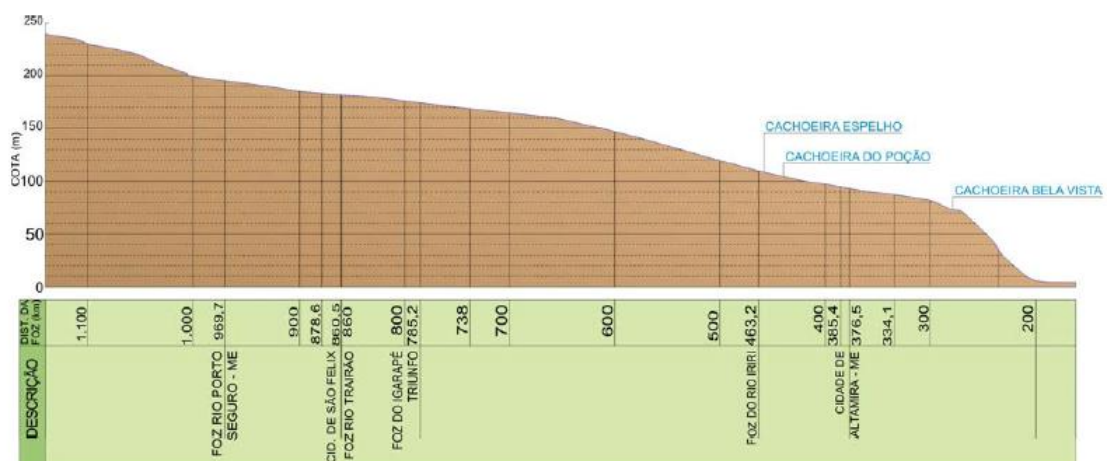
2.1 O Rio Xingu

Conforme revisão dos Estudos de Inventário Hidrelétrico, divulgado pelo consórcio Norte Energia, o Xingu pertence à área de drenagem do rio Amazonas, entre a bacia hidrográfica do rio Tapajós, a Oeste, e a bacia hidrográfica do rio Tocantins, a Leste. Sua bacia abrange uma área de cerca de 509.000 km².

Sua nascente se localiza na cidade de Chapada dos Guimarães, no Mato Grosso, perto da capital Cuiabá. Até se juntar ao rio Sete de Setembro, o rio é chamado de Culuene, e os principais afluentes são os rios Suia-Miçu, Liberdade, Fresco e Bacajá, pela margem direita, e Manaçauá-Miçu, Iriri, Ronuro e Curuá, pela margem esquerda.

A altitude média do rio é de 600 m, percorrendo o sentido Sul-Norte, até desembocar no rio Amazonas, com uma extensão total de cerca de 1.815 km. O rio possui baixas declividades na maioria de sua extensão, percorrendo planícies em trechos sinuosos. Entre a BR-080 e a cidade de Altamira, a declividade média passa para 0,15m/km, e aumenta para 0,53m/km na região da Volta Grande do rio Xingu, logo após Altamira.

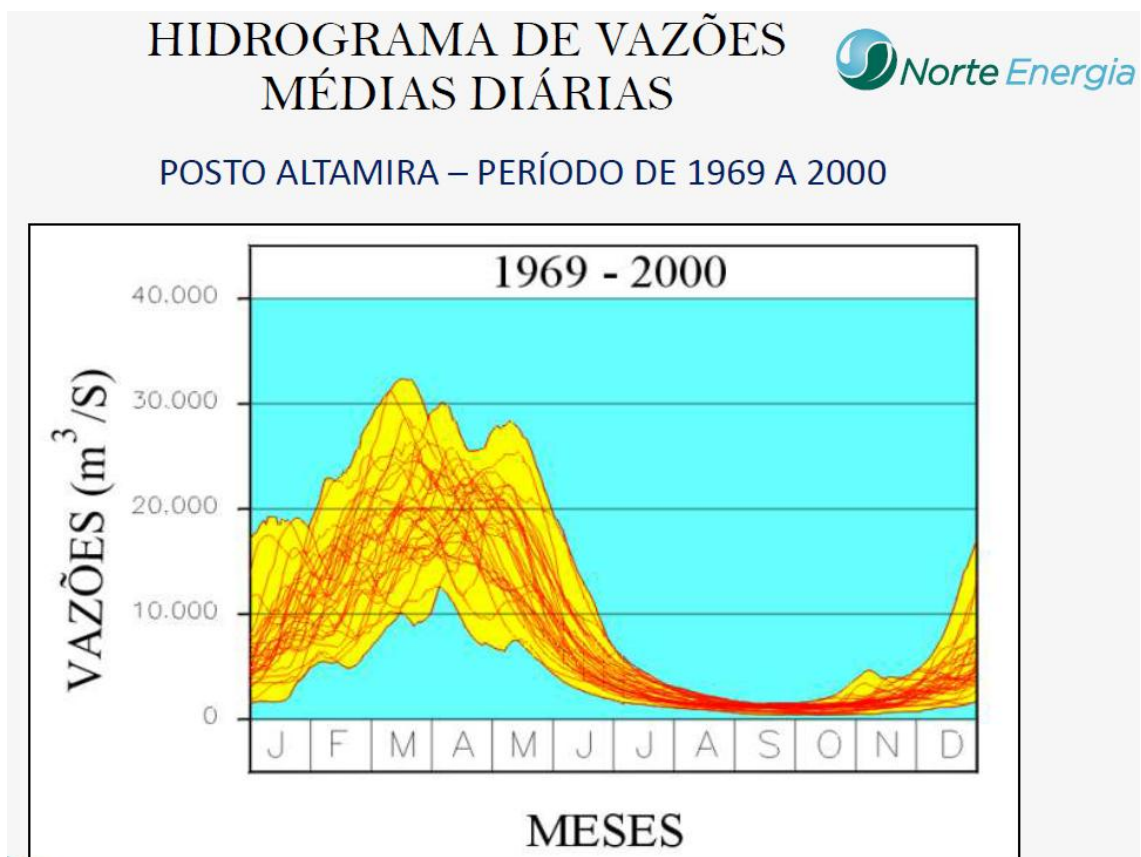
Figura 5: Perfil do Rio Xingu.



Fonte: Eletrobrás (2007).

O Rio Xingu tem uma vazão muito variável ao longo do ano. Entre Dezembro e Março ocorre o período de cheia, época na qual a vazão do rio pode ultrapassar 20.000 m³/s. Entretanto, no restante do ano o rio passa pelo período de seca, com vazões da casa de 1.000 m³/s.

Figura 6: Hidrograma de Vazões do Rio Xingu.



Fonte: IBRACON (2011).

2.2 Histórico dos Projetos do Rio Xingu

Conforme Fleury (2013), o estudo do potencial energético começou oficialmente a ser realizado em 1975, levando cinco anos para ser concluído. Este estudo, no entanto, levou a soluções que alagavam grandes porções de terra ou que obrigavam a construção da barragem em regiões de solo frágil, o que encareceria em muito o projeto. O alagamento de áreas indígenas não era visto como uma restrição até então. No final da década de 80 foi apresentado um novo projeto, que poupava algumas áreas indígenas, mas provocava um alagamento de até 1.500 km². Mesmo reduzindo o impacto em terras indígenas, houve um grande clamor público contrário ao projeto, que contou até com o apoio do cantor britânico *Sting*.

O episódio mais icônico aconteceu durante o Encontro de Povos da Floresta, em Altamira, no Pará. Para representar o governo, foi convocado o engenheiro José Antônio Muniz Lopes, na época diretor da Eletronorte, que no evento explicitou a troca do nome da usina para Belo Monte. Pelo fato de Kararaô ser um grito de guerra da tribo Kayapó, batizar a usina com este nome poderia ser considerado uma provocação para com os indígenas. Durante o encontro, a índia Tuíra, da tribo Kayapó, encostou a lâmina do facão no rosto de Lopes como sinal de advertência e descontentamento. A cena foi destaque em diversos meios de comunicação mundo afora e ficou marcada na história do projeto, e está reproduzida na figura 7.

Para evitar que aldeias indígenas fossem alagadas, apareceu a idéia de utilizar um canal, ligando uma barragem secundária à outra principal. Assim o reservatório poderia se formar em uma região onde não houvesse conflitos de interesse.

Até o início da década de 90, não houve evolução no projeto da usina, sobretudo devido à restrições orçamentárias. Em 1992, o engenheiro *John Cadman* teve a ideia de construir o canal em uma nova região, sem solo frágil. A ideia surgiu por acidente, depois que um desenhista da Eletrobrás ilustrou incorretamente a localização do canal. Novamente devido à restrições orçamentárias, o projeto ficou esquecido até 2001, ano em que ocorreu a Crise do abastecimento de energia. Com a eleição do Presidente Luís Inácio Lula da Silva, o projeto deslanchou, mas ainda contava com resistências.

Figura 7: Encontro de Povos da Floresta.



Fonte: Diário do Verde (2011).

Em 2008, o episódio do facão se repetiu durante uma audiência pública, com o engenheiro da Eletronorte, Paulo Resende, sendo atingido por um golpe do artefato no braço. Neste mesmo ano, após tantas modificações, o projeto foi aprovado pelo Conselho Nacional de Política Energética (CNPE), porém com a condição de que esta seria a única usina hidrelétrica do rio Xingu, contrastando com seis ou sete usinas pensadas inicialmente.

2.3 Histórico do Inventário Hidrelétrico

O Inventário hidrelétrico da bacia do rio Xingu, iniciado em 1975 e publicado em janeiro de 1980, tinha como objetivos, de acordo com os dados de sua revisão, divulgada pela Eletrobrás em 2007:

- Avaliar o potencial hidrelétrico da bacia;
- Planejar com antecedência sua utilização na expansão do sistema elétrico Brasileiro;
- Determinar formas de divisão da queda, selecionando a quantidade de barragens e suas localizações;
- Selecionar parcelas do aproveitamento em que houvesse viabilidade técnica, econômica e financeira, e assim pudesse ser aproveitada no curto prazo.

Como em torno da bacia do rio Xingu as condições técnicas de construção eram muito restritivas, e não havia centros locais consumidores de energia, não foram considerados potenciais abaixo de 200 MW.

Os estudos buscaram minimizar alguns impactos socioambientais, dentre os principais:

- Evitar interferências nas diversas áreas indígenas ao longo do rio Xingu;
- Impedir alagamento em regiões onde houvesse potencial de mineração;
- Poupar a cidade de Altamira e as rodovias federais já construídas.

Utilizando estes requisitos, foram selecionados, através de sobrevôo, 47 locais para instalação barragens, e através de estudos mais aprofundados, as opções foram sendo reduzidas gradativamente. Devido ao desnível acentuado e a grande vazão na Volta Grande do rio Xingu, foi definido que as barragens deveriam aproveitar este potencial. Foram, então, determinadas duas alternativas de aproveitamento, cada uma composta de seis ou sete barragens:

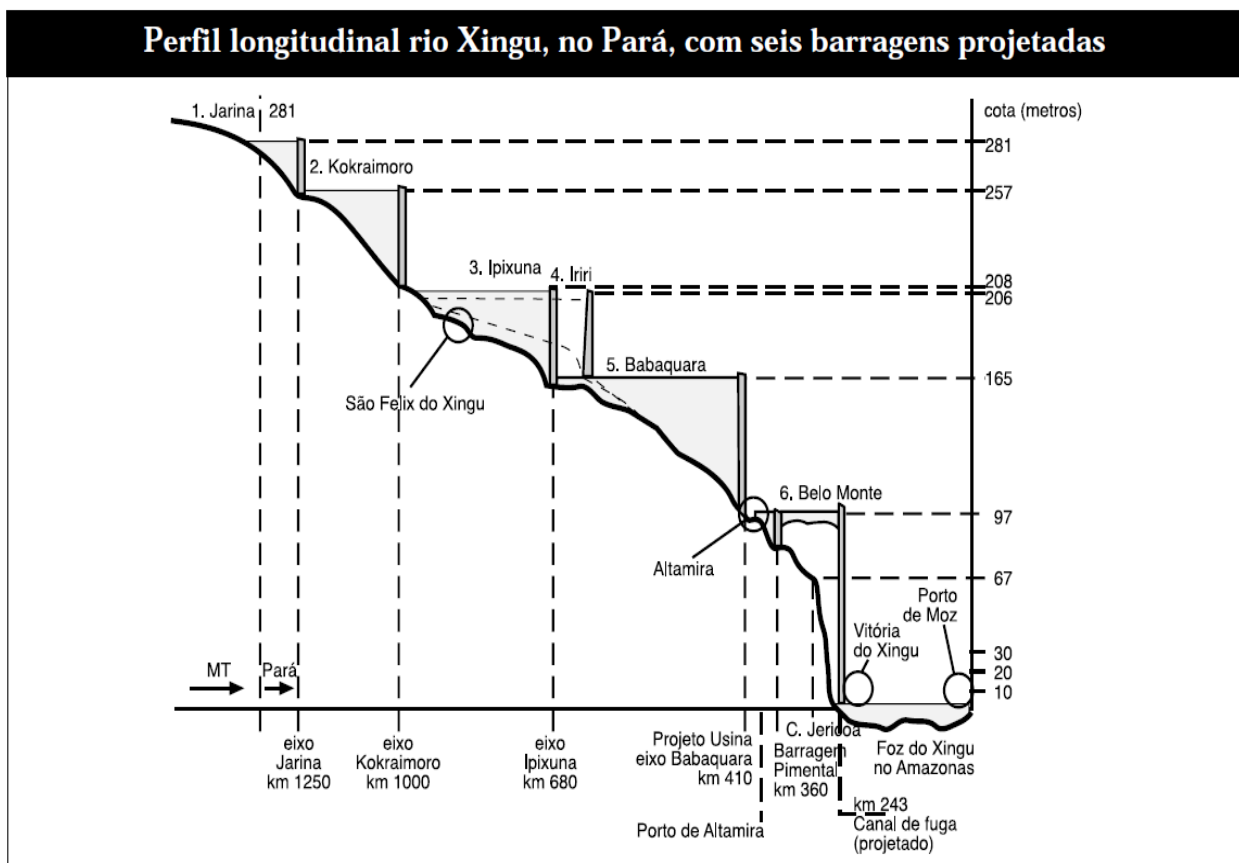
- **Alternativa A:** Barragens de Kararaô, Babaquara, Iriri, Kokraimoro, Ipixuna e Jarina;

- **Alternativa B:** Barragens de Kararaô, Babaquara, Carajari, Carajás, Iriri, Kayapo e Gorotire.

Em ambos os casos, a usina de Kararaô foi considerada como a barragem principal, a de maior capacidade nominal e a última no curso do rio Xingu. A função principal das demais barragens era regularizar a vazão do rio e manter a geração de Kararaô em níveis elevados durante o ano todo.

A figura 8 esboça o perfil longitudinal do rio Xingu, com as seis barragens projetadas, caso referente à alternativa A.

Figura 8: Perfil Longitudinal do Rio Xingu com seis barragens.



Fonte: Sevá Filho (2005).

Na tabelas 1 e 2 são listadas algumas características técnicas, como o volume de materiais utilizados e a potência gerada, além do custo de geração por MWh, em dólares. Cabe lembrar que estes valores foram determinados no final da década de 70, quando a cotação do dólar era de Cr\$ 21,21. Nas tabelas UHE significa Usina Hidrelétrica.

Tabela 1: Alternativa A do Inventário Hidrelétrico.

ALTERNATIVA A						
UHE	Potência Instalada	Energia Firme	US\$/MWh	Aterro	Custo Total	Área alagada
	(MW)	(MWmed)		(m ³)	(US\$ 10 ⁶)	(km ²)
Iriri	910	380	43	8.576	1.283	4.060
Jarina	559	240	69	3.520	1.320	1.900
Kokraimoro	1940	820	29	7.966	2.040	1.770
Ipixuna	2312	1.050	28	7.835	2.347	3.270
Babaquara	6274	3.050	21	177.578	4.932	6.140
Kararaô	8380	3.960	14	29.815	4.372	1.160
Total	20.375	9.500			16.294	18.300

Fonte: Eletrobrás, 2007.

Tabela 2: Alternativa B do Inventário Hidrelétrico.

ALTERNATIVA B						
UHE	Potência Instalada	Energia Firme	US\$/MWh	Aterro	Custo Total	Área alagada
	(MW)	(MWmed)		(m ³)	(US\$ 10 ⁶)	(km ²)
Iriri	910	380	43	8.576	1.283	4.060
Carajari	669	285	59	81.749	1.325	1.380
Gorotire	1.542	640	46	18.116	2.343	3.180
Kayapo	2.514	1.160	32	54.246	2.903	2.370
Carajás	1.702	805	33	13.777	2.093	2.060
Babaquara	5.271	2.560	20	104.034	4.089	3.940
Kararaô	8.009	3.970	13	29.891	4.238	1.160
Total	20.617	9.800			18.274	18.150

Fonte: Eletrobrás, 2007.

Naquele momento, optou-se por não definir nenhuma alternativa entre A e B devido ao alto volume de aterro necessário para os diques de Babaquara, especialmente na alternativa A.

O grau de complexidade destes diques era alto e julgou-se necessários maiores estudos nessa questão para que tomasse uma decisão.

Com base na tabela 1, verifica-se que o custo total de implantação da alternativa A, em janeiro de 1979, era de US\$ 16,3 bilhões de dólares. Somando a potência das seis unidades individuais, chegamos a um valor máximo de 20.375 MW, e com uma potência média, considerando os regimes pluviométricos da região, também chamada de energia firme, de 9.500 MWmed. Ainda nesta tabela, constata-se que a área inundada total seria equivalente a colossais 18.300 km².

De forma semelhante, verificando os dados da tabela 2, verifica-se que o custo de implantação seria de US\$ 18,3 bilhões de dólares, em valores de janeiro de 1979, produzindo uma potência máxima de 20.617 MW, e uma energia firme de 9.800 MWmed. A área total a ser inundada seria de 18.150 km².

Analisando as duas alternativas, pode-se chegar à conclusão que a alternativa B exigiria um investimento maior, porém com mais geração firme e maior potência máxima, além de alagar uma área menor. Além disso, os valores máximos e mínimos de custo de produção da alternativa B seriam menores dos que os da alternativa A. O fator de mérito atribuído às alternativas é a maior geração firme de energia aliada a uma menor área alagada.

Impossível não se impressionar com os montantes de recursos, sobretudo financeiros, que seriam necessários para a construção do complexo hidrelétrico. A área inundada total, independente das alternativas que fosse escolhida, seria maior que 18.000 km², quase a mesma área de alguns países como o Kuwait, a Eslovênia e El Salvador. Atualmente, tais inundações de área seriam absolutamente impraticáveis, sobretudo no ponto de vista econômico e ambiental.

Além das duas alternativas de aproveitamento da cascata completa, foram estudadas na década de 1970 outras duas alternativas: Uma delas composta pela usina de Kararaô e Babaquara e outra somente por Babaquara. Esse cenário foi definido pelo fato das duas futuras hidrelétricas possuírem as maiores capacidades de geração, tanto que foram as primeiras a terem seus estudos aprofundados. Os cenários levantados não incluíam efeitos dos reservatórios a montante. Conforme os estudos divulgados no Plano Nacional de Energia Elétrica 1987/2010, Kararaô seria a melhor opção para a integração das usinas do Rio Xingu ao SIN. Até então, os estudos de Babaquara tinha a prioridade.

A tabela 3 mostra algumas características técnicas e econômicas da alternativa Babaquara-Kararaô. Na tabela 4 foi realizada a simulação considerando a utilização somente de Babaquara, de forma isolada das demais barragens.

Tabela 3: Alternativa Babaquara-Kararaô.

COMPLEXO						
UHE	Potência Instalada	Energia Firme	US\$/MWh	Aterro	Custo Total	Área alagada
	(MW)	(MWmed)		(m ³)	(US\$ 10 ⁶)	(km ²)
Alternativa A						
Babaquara	6.274	2.620	24	177.578	4.932	6.140
Kararaô	8.381	4.060	14	29.815	4.372	1.160
Alternativa B						
Babaquara	4792	1.850	27	104.034	4.009	3.940
Kararaô	6965	6.965	15	19.318	4.045	1.160

Fonte: Eletrobrás, 2007.

Tabela 4: Babaquara Isolado

BABAQUARA ISOLADO						
Alternativa	Potência Instalada	Energia Firme	US\$/MWh	Aterro	Custo Total	Área alagada
	(MW)	(MWmed)		(m ³)	(US\$ 10 ⁶)	(km ²)
A	6.274	2.876	22	177.578	4.932	6.140
B	4.792	2.062	25	104.034	4.009	3.940

Fonte: Eletrobrás, 2007.

Analisando as tabelas 3 e 4, verifica-se que a alternativa A, tanto no complexo quanto em Babaquara isolada, representa uma capacidade de geração maior, porém com uma área alagada maior.

3 DETALHAMENTO DO PROJETO ATUAL

Em uma usina hidrelétrica tradicional, estão localizados em um mesmo local a barragem, a casa de força e o vertedouro, formando um grande reservatório. Este não é o caso da Usina de Belo Monte, que possui obras em três locais diferentes, denominados sítios, distantes entre si, conforme ilustrado na figura 10. Outra mudança em relação aos projetos tradicionais é a forma de operação, que será a fio d'água, ou seja, com um pequeno reservatório. Isto se deve as características do local e as exigências sócio-ambientais citadas anteriormente e tratadas nos capítulos posteriores deste trabalho.

Conforme Ibracon (2011), a usina hidrelétrica utilizará o potencial hidráulico do rio Xingu e terá uma capacidade de geração de 11.233,1 MW, através de duas casas de força, a principal e a complementar:

- Casa de força principal: Se situará no Sítio Belo Monte. Conta com 18 turbinas do tipo Francis de 611,1 MW, totalizando 11.000 MW. A energia firme, que é a capacidade de geração média de geração de energia, será de 4.418,9 MW.
- Casa de força complementar: Na casa de força complementar serão instaladas 6 turbinas do tipo Bulbo com 38,8 MW cada, totalizando 233,1 MW. A energia firme será de 152,1 MW.

O nível máximo operacional será de 97,0 m, o que atualmente corresponde ao nível do rio Xingu na época de cheias. A área alagada total será de 516 km², já incluindo a calha atual do Rio Xingu, que representa 42% desse valor, conforme o Relatório de Impacto Ambiental (ELETROBRAS, 2009).

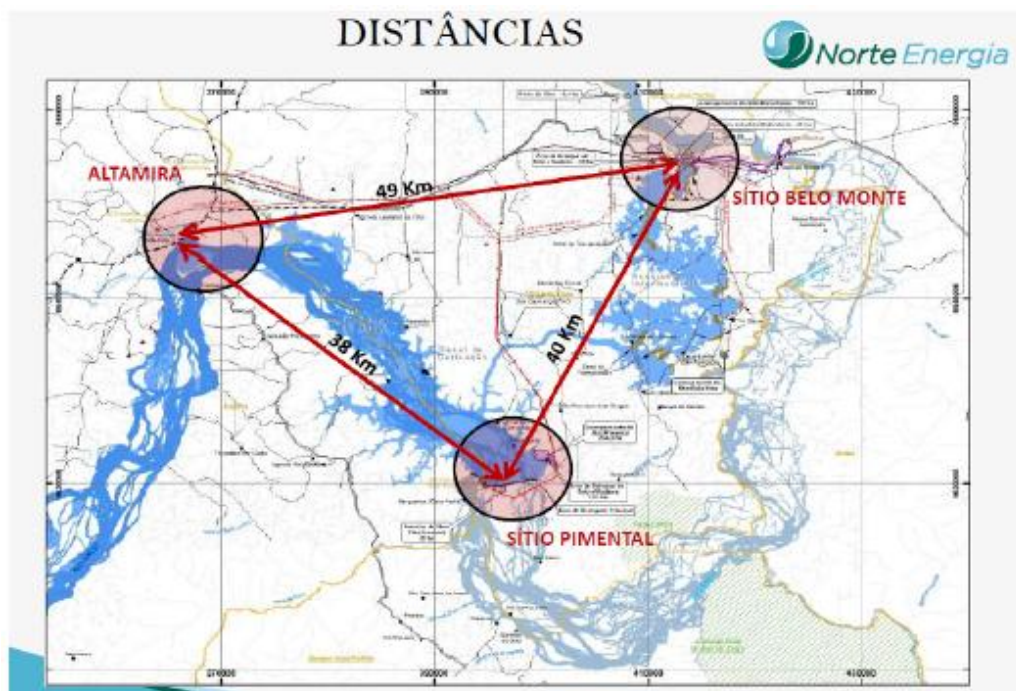
A figura 9 ilustra a localização do empreendimento, que abrange as cidades de Altamira, Vitória do Xingu e Brasil Novo. Vários destes locais possuíam ou ainda possuem um acesso muito limitado, sendo necessária a construção de estradas e a utilização de balsas. O transporte de componentes das unidades geradoras é o que enfrenta o maior desafio, pois cada parte possui um peso muito grande, muitas vezes superior a 100 toneladas.

Figura 9: Localização do Empreendimento.



Fonte: CBDB (2014).

Figura 10: Distância entre sítios de Belo Monte.



Fonte: IBRACON (2011).

4 SÍTIOS

Figura 11: Sítios de Belo Monte.



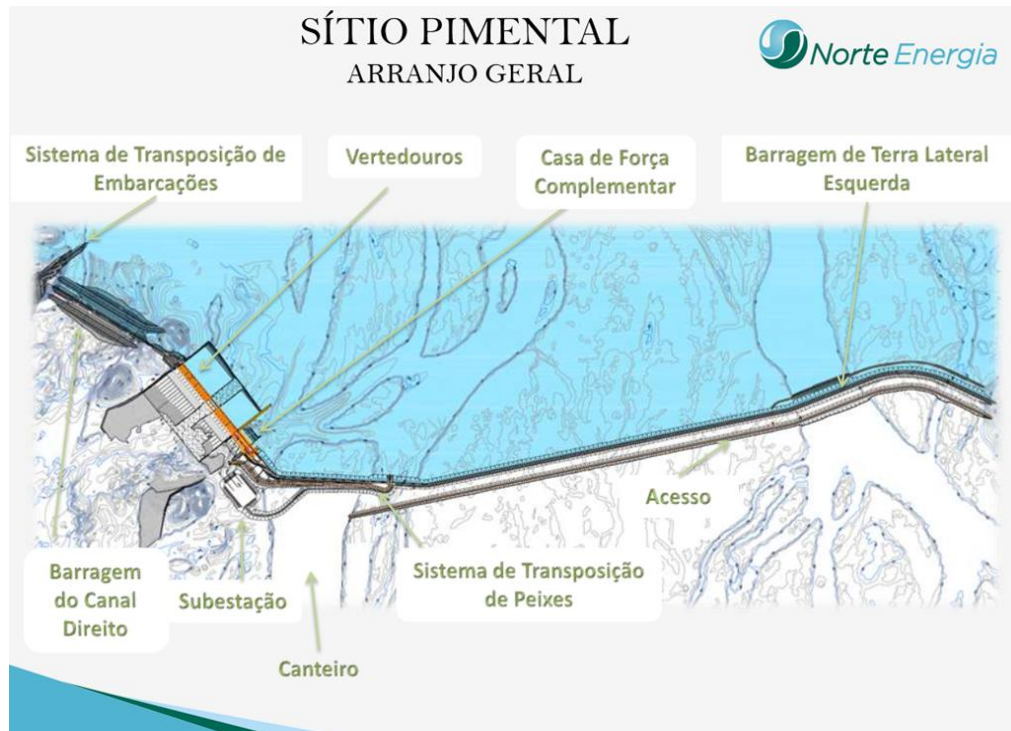
Fonte: CBDB (2014).

4.1 Sítio Pimental

É no Sítio Pimental em que estão sendo construídos a casa de força complementar e o vertedouro, além de outras obras auxiliares, como o sistema de transposição de peixes e de embarcações. A represa do Sítio Pimental tem como objetivo principal reter o fluxo do rio, deslocando a maior parte do volume de água para o Canal de Derivação. A barragem do sítio terá altura máxima de 36 m e comprimento de 6.700 m. Um esboço representativo deste sítio pode ser visto na figura 12.

O Vertedouro terá 18 vãos e a sua vazão máxima será de 62.000 m³/s, projetado de acordo com estudos de vazão de cheias decamilenar.

Figura 12: Arranjo do Sítio Pimental.



Fonte: IBRACON (2011).

A Sequência e o local de construção podem ser vistos na figura 13.

Figura 13: Casa de Força Sítio Pimental.



Fonte: CBDB (2014).

Na figura 14 há uma projeção, com base em foto no decorrer da construção, de como será o sítio Pimental quando concluído.

Figura 14: Concepção Artística Sítio Pimental.



Fonte: CBDB (2014).

4.2 Sítio Canais e Reservatório Intermediário

No Sítio Canais, está sendo construído o canal de derivação, responsável por escoar a água represada no Sítio Pimental ao Reservatório Intermediário. Será necessária uma série de obras de escavação e de britagem, maior do que a utilizada no canal do Panamá, para construir a passagem de 20,2 km de comprimento. O canal terá, na maior parte, 360 m de largura na superfície e 200 m no leito, com uma profundidade de até 25 m, conforme figura 15. Na figura 16 é ilustrado o arranjo do canal, e na figura 17, uma secção do mesmo já concluído.

Figura 15: Seção do Canal de Derivação.



Fonte: IBRACON (2011).

Inicialmente, era previsto que houvesse dois canais de derivação, mas em 2009 foi alterado para somente um, levando em consideração a relação custo-benefício.

Era projetado que parte do canal de derivação seria construído em concreto armado, mas foi substituído pelo enrocamento, que é composto por blocos de rochas compactados. Essa modificação foi feita para economia de recursos financeiros. Porém, o enrocamento tem uma perda de carga maior do que o concreto, o que foi compensado pelo rendimento acima do projetado das unidades geradoras encomendadas.

De fato, o único reservatório a ser criado no empreendimento é o reservatório intermediário, já que o restante desta reserva faz parte das delimitações atuais do Rio Xingu durante períodos de cheia. O reservatório intermediário será construído a partir de 27 diques, com um volume total de aterro de 26 milhões de metros cúbicos.

Para evitar perdas de carga excessivas ao conduzir a vazão ao longo do reservatório intermediário, serão construídos canais de transposição em locais onde naturalmente a vazão se afunilaria, já que o formato deste lago é definido em sua maior parte pela topologia do terreno. A figura 19, obtida por simulações computacionais, torna facilmente visíveis os pontos nos quais há uma perda de carga excessiva e é necessário um canal de transposição. Cores com tons mais vermelhos representam pontos onde há mais perda de carga. A figura 19 é complementar a figura 18, representando os pontos onde estão sendo construídos os canais de transposição.

Figura 16: Arranjo do Canal de Derivação.



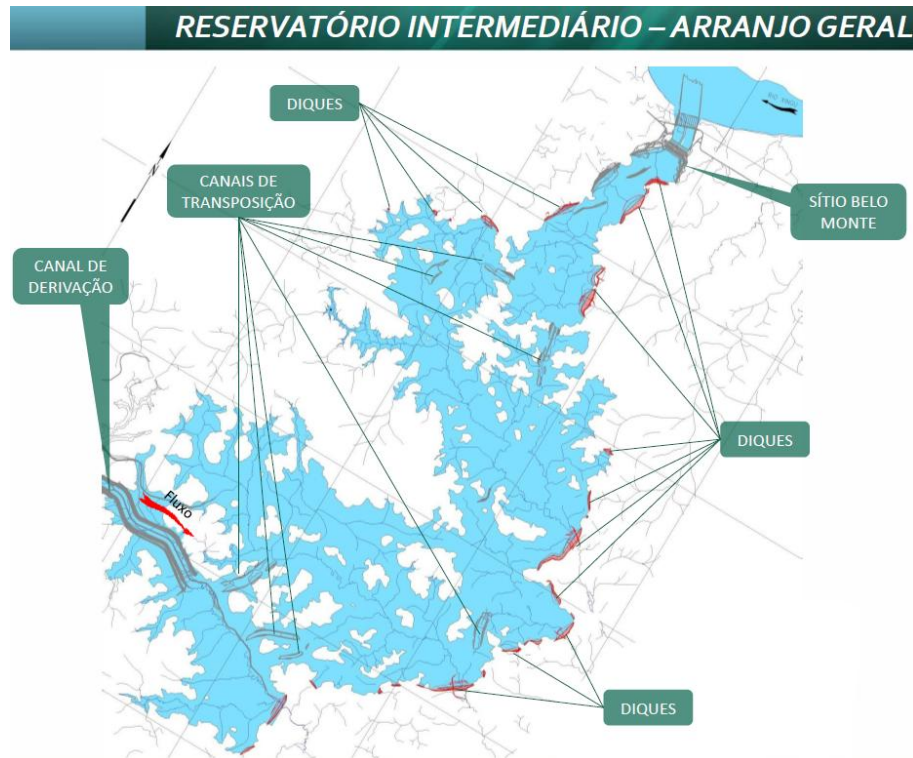
Fonte: IBRACON (2011).

Figura 17: Secção do Canal concluída.



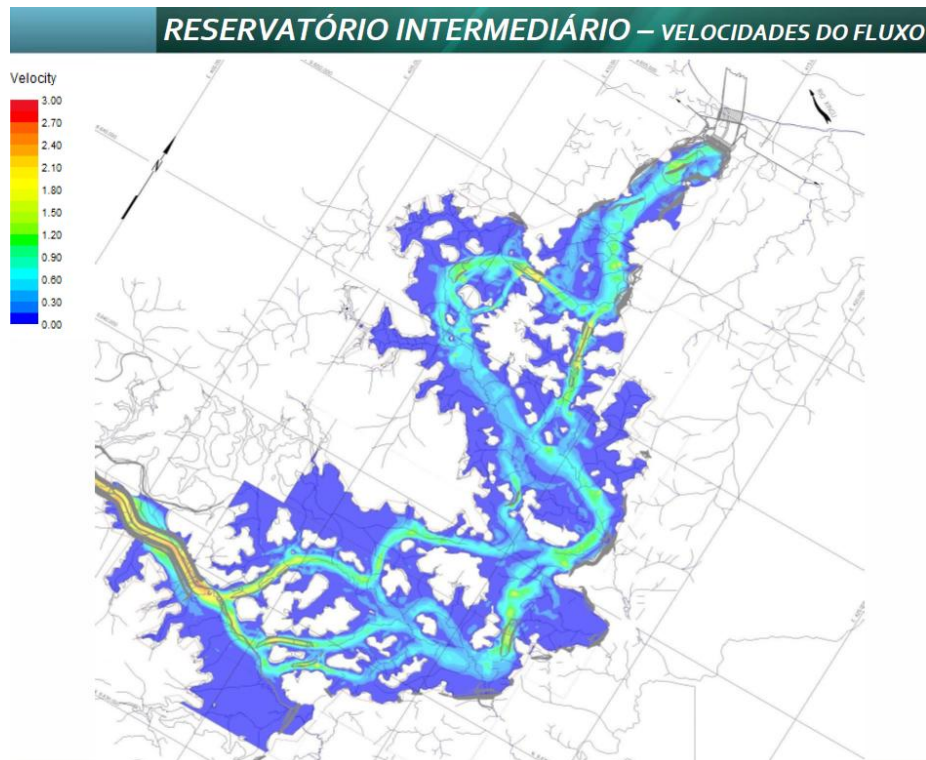
Fonte: CBDB (2014).

Figura 18: Reservatório Intermediário.



Fonte: CBDB (2014).

Figura 19: Velocidades do Fluxo.

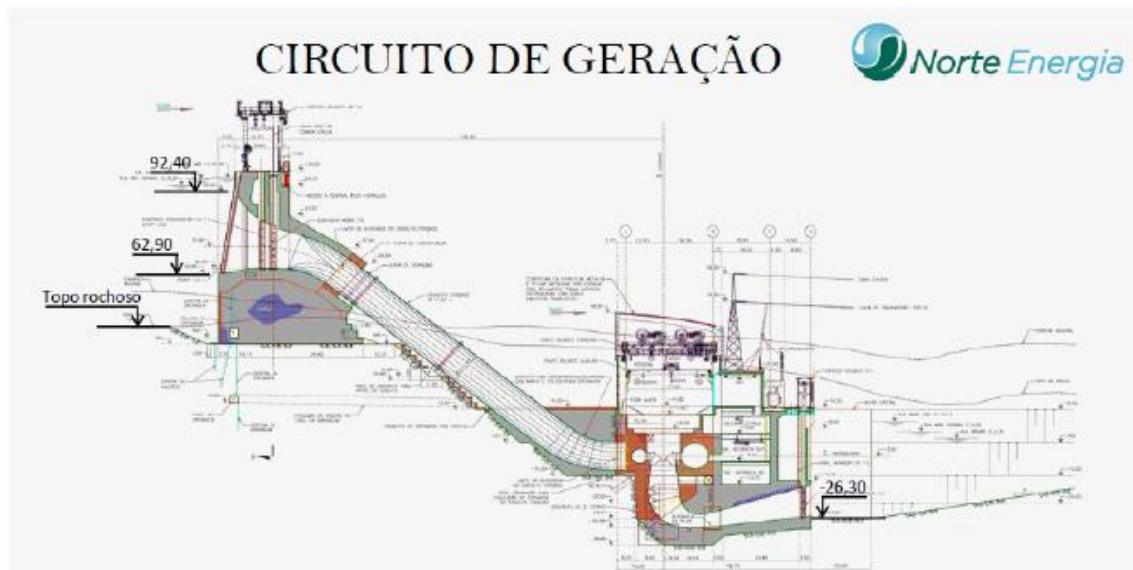


Fonte: CBDB (2014).

4.3 Sítio Belo Monte

É no sítio Belo Monte que será montada a casa de força principal, abrigando 18 turbinas do tipo Francis, conforme esquemático da figura 20.

Figura 20: Esquemático da Casa de força principal.



Fonte: IBRACON (2011).

A casa de força principal será formada por vários andares, abrigando a Área de Montagem, o Edifício de Comando e a galeria da Subestação e Manobra, que será isolada em Hexafluoreto de Enxofre. A tensão de saída desta casa de força será de 500 kV.

A casa de força está sendo escavada diretamente na rocha, como pode ser visto na figura 21. Uma seta vermelha indica por onde passará o fluxo de água futuramente.

Figura 21: Tomada d'Água do Sítio Belo Monte.



Fonte: CBDB (2014).

Na figura 22, pode ser vista uma ilustração de como será a vista à jusante do canal de derivação.

A água, após passar pela casa de força, será devolvida ao Rio Xingu por um canal de 1.150m de comprimento e largura entre 400m e 660m.

Figura 22: Vista à Jusante do Canal de Derivação.



Fonte: IBRACON (2011).

5 LEILÃO DE ESCOLHA DO CONSÓRCIO CONSTRUTOR

Conforme o site de notícias G1 (2014), com o objetivo de participar do leilão, foi formado o consórcio Belo Monte Energia, formado por Andrade Gutierrez, Furnas, Vale, Eletrosul, Neoenergia e Companhia Brasileira de Alumínio. Outras empresas que possuíam unidades produtivas no Pará, como a Gerdau, Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) e Alcoa também haviam manifestado interesse de participar em algum consórcio, mas desistiram antes do leilão. Até então, este seria o único consórcio do empreendimento, fato este que deixou insatisfeito o governo federal, já que o critério de escolha seria o de menor valor por MWh gerado. De forma a aumentar a concorrência, foi então formado o consórcio Norte Energia, predominantemente estatal, com a participação da Eletronorte, Chesf, Queiroz Galvão, Gaia Energia, Serveng, J Malucelli Construtora, Contern Construções, Cetenco Engenharia e Galvão Engenharia.

O leilão para definir o consórcio responsável pela construção foi realizado em 20 de Abril de 2010, após uma enxurrada de liminares e suspensões judiciais, inclusive no dia da realização. O valor máximo estipulado foi de R\$ 83,00 por MWh. O consórcio Norte Energia sagrou-se vencedor do leilão após oferecer um desconto de 6,02% em relação ao preço máximo, com um lance de R\$ 77,97 por MWh. O consórcio Belo Monte ofereceu apenas 4% de desconto sobre o valor máximo.

6 TRANSMISSÃO E CONEXÃO AO SIN

6.1 Projeto do Sistema de Transmissão

A energia produzida pela usina de Belo Monte inicialmente será escoada através das linhas de transmissão já existentes, que conectam a região norte ao Sistema Interligado Nacional, e também pelo linhão Tucuruí-Macapá-Manaus, inaugurado parcialmente a alguns meses e que interliga ao SIN algumas capitais da região, antes dependentes exclusivamente de geração local. Até antes do início de 2018, quando é previsto para entrar em operação a 13ª turbina de Belo Monte, a transmissão será realizada utilizando a infra-estrutura existente. No momento da ligação desta turbina, é esperado que a linha de transmissão de Xingu - Estreito esteja finalizada e em operação, e que seja prioritariamente utilizada para levar energia às regiões Sudeste e Sul do país.

A linha de transmissão interligará a subestação de Xingu, a 15 km da usina de Belo Monte com a subestação de Estreito, em Minas Gerais, percorrendo um total aproximado de 2.096 km, passando pelos estados do Pará, Tocantins, Goiás e Minas Gerais. A linha terá capacidade de 4.000 MW. Ela será de Ultra Alta Tensão de 800 kV, em corrente contínua (CC), e contará com duas estações conversoras:

- Estação Conversora CA/CC, 800 kV, 4000 MW junto a Subestação Xingu;
- Estação Conversora CA/CC, 800 kV, 3850 MW, junto a Subestação Estreito.

Esta será a maior tensão já utilizada para transmissão no Brasil, superando a linha de Itaipu de 765 kV em corrente alternada (CA). Esse sistema só é utilizado comercialmente até o momento na China pela companhia *State Grid*. A utilização deste elevado nível de tensão e do sistema de transmissão em corrente contínua tem como objetivo reduzir as perdas decorrentes do transporte da energia. A utilização da corrente contínua traz algumas vantagens se comparado às tradicionais redes de transmissão alternada:

- Custo de instalação menor das torres;
- Sem geração de interferências e ruído;
- Não existe necessidade de compensação reativa.

Apesar de suas vantagens, alguns aspectos desfavoráveis não permitem que estas linhas sejam usadas em larga escala. Entre eles estão:

- Alto custo das subestações retificadoras;
- Poucos fornecedores;
- Harmônicos;
- Perdas no processo de conversão.

Apesar das grandes vantagens técnicas, as linhas de transmissão em corrente contínua são mais utilizadas para linhas de grande extensão, superiores a 1.000 km, porque o custo das subestações conversoras se tornaria inviável frente a seus benefícios para linhas curtas. Em outras palavras, o que se economizaria na construção da linha não seria o suficiente para implantar uma subestação conversora. Também devido ao alto custo das conversoras, as linhas de transmissão em corrente contínua dificultam que cidades pequenas e médias ao longo dela sejam futuramente conectadas a mesma, através de subestações intermediárias.

Figura 23: Linha de Transmissão em Corrente Contínua.



Em ambas as subestações conversoras, a tensão em corrente alternada será de 500 kV. A linha será de bipolo simples, com um único circuito compostos por dois cabos. Um dos cabos pára-raios será do tipo *Optical Ground Wire* (OPGW), com fibra óptica em seu interior, como tem sido usado nos últimos anos para todas as linhas de transmissão

A construção da linha de transmissão demandará a construção entorno de 4.500 torres, a um custo estimado de R\$ 5,1 bilhões de reais.

6.2 Leilão do Sistema de Transmissão

Em outubro de 2013, conforme G1 (2014), foi lançado pela ANEEL o edital 011/2013, referente a linha de transmissão Xingu-Estreito. O consórcio será responsável pela construção, operação e manutenção da linha por um período de 30 anos a partir da assinatura do contrato de concessão. Pelas regras do leilão, o ganhador é aquele que oferece a menor proposta de receita anual permitida, ou seja, aquele que construir e disponibilizar a linha de transmissão pelo menor aluguel, seguindo padrões rígidos de disponibilidade.

A empresa vencedora também é responsável por todo o aparato e instalações necessárias às funções de medição, supervisão, proteção, comando, controle, telecomunicação, administração e apoio.

O leilão foi marcado e realizado no dia 7 de fevereiro de 2014, no edifício da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros de São Paulo (BM&FBOVESPA). Conforme definido pelo edital, a disputa seria formada inicialmente por lote único, composto pelos lotes A e B. O lote A correspondia às seguintes instalações:

- Estação Conversora CA/CC junto à Subestação Xingu;
- Estação Conversora CC/CA junto à Subestação Estreito;
- Equipamentos necessários ao funcionamento da conversora, como bancos de transformadores conversores, equipamentos de compensação reativa, filtros de harmônicas, barramentos e demais instalações necessárias.

Quanto ao lote B, correspondiam as seguintes instalações:

- Linha de transmissão em corrente contínua com tensão de 800 kV, com início na subestação Xingu e término na subestação Estreito, cabo pára-raios em fibra-óptica e demais instalações necessárias para cumprir todos os requisitos.

O prazo de entrada em operação comercial do lote A é de 46 meses, enquanto que para o lote B esse prazo é de 44 meses. Para o lote único AB, esse prazo também é de 44 meses a partir da data de assinatura do contrato de concessão.

Se não houvesse interessados com propostas válidas para arrematar o lote único, os dois lotes seriam ofertados separadamente. Foi considerado como limite o valor de R\$ 701 milhões de reais para a Receita Anual Permitida (RAP).

Concorreram ao leilão os seguintes três consórcios:

- Abengoa Construção Brasil Ltda;
- BMTE, formado pelas empresas Taesa, do grupo CEMIG e Alupar Investimentos S.A;
- IE Belo Monte, formado pela chinesa *State Grid*, Furnas e Eletronorte.

O vencedor do leilão foi o consórcio IE Belo Monte, oferecendo uma Receita Anual Permitida 38% menor que o teto estipulado pelo edital, no valor de R\$ 434.647.038,00. Não foi necessário leiloar cada lote separadamente. As empresas Furnas e Eletronorte são estatais, assim como a chinesa *State Grid*. A proposta foi considerada agressiva pelo mercado e comemorada pela ANEEL. Cerca da metade do valor do empreendimento será financiado pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES). Somente em equipamentos serão gastos cerca de R\$ 2 bilhões de reais, através de contrato firmado pelo consórcio com a Siemens.

Certamente contribuiu para o grande deságio a experiência da estatal chinesa *State Grid*, que já opera algumas linhas com a mesma tecnologia. A empresa chegou ao Brasil em 2010, adquirindo companhias nacionais de transmissão de energia.

6.3 Contratos de Comercialização

Dos contratos de comercialização firmados, 70% serão por meio do Ambiente de Contratação Regulada (ACR), 20% para o Mercado Livre e 10% para Autoprodução, já que conglomerados industriais, como a Vale entraram no consórcio Norte Energia depois de realizado o leilão.

Na figura 24 são citadas as companhias e estados da federação que firmaram contratos com Belo Monte, bem como o percentual a que cada uma terá direito na produção da hidrelétrica.

Figura 24: Contratos de comercialização firmados.

ENERGIA PARA O BRASIL

Energia da UHE Belo Monte comercializada no Ambiente de Contratação Regulada (ACR) vai atender consumidores em 17 estados.



Fonte: Norte Energia (2014).

7 IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

De acordo com o relatório de impacto ambiental, encomendado pela Eletrobrás, existe uma série de impactos gerados pela construção da usina de Belo Monte. Estes podem ser tanto positivos quanto negativos. Neste documento são citados os seguintes:

- Geração de expectativas quanto ao futuro da população local e da região;
- Geração de expectativas na população indígena;
- Aumento da população e da ocupação desordenada do solo;
- Aumento da pressão sobre as terras e áreas indígenas;
- Aumento das necessidades por mercadorias e serviços, da oferta de trabalho e maior movimentação da economia;
- Perda de imóveis e benfeitoras com transferência da população na área rural e perda de atividades produtivas;
- Perda de imóveis e benfeitoras com transferência da População na área urbana e perda de atividades produtivas;
- Melhorias dos acessos;
- Mudanças na paisagem, causadas pela instalação da infraestrutura de apoio e das obras principais;
- Perda de vegetação e de ambientes naturais com mudanças na fauna, causada pela instalação da infra-estrutura de apoio e obras principais;
- Aumento do barulho e da poeira com incômodo da população e da fauna, causado pela instalação da infraestrutura de apoio e das obras principais;
- Mudanças no escoamento e na qualidade da água nos igarapés do trecho do reservatório dos canais, com mudanças nos peixes;
- Alterações nas condições de acesso pelo Rio Xingu das comunidades Indígenas à Altamira, causadas pelas obras no Sítio Pimental;
- Alteração da qualidade da água do Rio Xingu próximo ao Sítio Pimental e perda de fonte de renda e sustento para as populações indígenas;

- Danos ao patrimônio arqueológico;
- Interrupção temporária do escoamento da água no canal da margem esquerda do Xingu, no trecho entre a barragem principal e o núcleo de referência rural São Pedro durante sete meses;
- Perda de postos de trabalho e renda, causada pela desmobilização de mão de obra;
- Retirada de vegetação, com perda de ambientes naturais e recursos extrativistas, causada pela formação dos reservatórios;
- Mudanças na paisagem e perda de praias e áreas de lazer, causada pela formação dos reservatórios;
- Inundação permanente dos abrigos da Gravura e Assurini e danos ao patrimônio arqueológico, causada pela formação dos reservatórios;
- Perda de jazidas de argila devido à formação do reservatório do Xingu;
- Mudanças nas espécies de peixes e no tipo de pesca, causada pela formação dos reservatórios;
- Alteração na qualidade das águas dos igarapés de Altamira e no reservatório dos canais, causada pela formação dos reservatórios;
- Interrupção de acessos viários pela formação do reservatório dos canais;
- Interrupção de acessos na cidade de Altamira, causada pela formação do Reservatório do Xingu;
- Mudanças nas condições de navegação, causada pela formação dos reservatórios;
- Aumento da quantidade de energia a ser disponibilizada para o Sistema Interligado Nacional – SIN;
- Dinamização da economia regional;
- Interrupção da navegação no trecho de vazão reduzida nos períodos de seca;
- Perda de ambientes para reprodução, alimentação e abrigo de peixes e outros animais no trecho de vazão reduzida;
- Formação de poças, mudanças na qualidade das águas e criação de ambientes para mosquitos que transmitem doenças no trecho de vazão reduzida;
- Prejuízos para a pesca e para outras fontes de renda e sustento no trecho de vazão reduzida.

7.1 Condicionantes

Após a análise do projeto e dos impactos ambientais, o IBAMA concedeu a licença prévia (LP) número 342/2010, conforme IBAMA (2010), que autorizou a realização do leilão da Usina. Esta licença certificou que existe viabilidade do empreendimento do ponto de vista ambiental. Contudo, a liberação da licença ficou condicionada ao cumprimento de 40 condições, denominadas de condicionantes. Elas abrangem temas como fauna, saneamento básico, populações atingidas e mitigação de impactos ambientais e sociais. Entre as condicionantes, destacam-se as seguintes:

- Realização de estudos e monitoramento dos impactos na qualidade da água, vegetação, pesca e modo de vida da população da Volta Grande;
- Construção e reforma da infraestrutura de escolas e hospitais de Altamira e Vitória do Xingu, que serão necessários devido ao aumento previsto da população;
- Implantação de saneamento básico e tratamento de esgoto em Altamira e Vitória do Xingu;
- Adoção de medidas que permitam a navegação durante a construção e operação da Usina, em quase toda a extensão do curso atual do rio Xingu.

Houve uma intensa guerra judicial, sobretudo com a Justiça Federal e a Justiça do estado do Pará, mas também com o Ministério Público Federal, que alega que as obras de compensação às comunidades e ao meio ambiente não estão sendo cumpridas. Também foi alegado que a construção da usina vem trazendo diversos problemas sociais, como o aumento da criminalidade e do consumo de drogas.

A licença de instalação, que permitiu o início das obras, foi liberada em meados de junho de 2011.

8 IMPACTO DAS MEDIDAS SOCIOAMBIENTAIS NA GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Com as mudanças das normas ambientais no decorrer das décadas, o projeto da usina de Belo Monte e, de forma mais abrangente, das demais usinas do Rio Xingu, teve de passar por mudanças. O próprio licenciamento de Belo Monte já eliminou a existência dos outros empreendimentos, em decorrência da normativa do CNPE. A existência das demais usinas e seus reservatórios, sobretudo de Babaquara, tornariam mais regular a vazão do Rio Xingu e aumentariam consideravelmente a energia firme de Belo Monte.

Com a necessidade da utilização de um canal de derivação, o projeto ganhou complexidade, já que não existia mais o modelo usual de uma hidrelétrica, composto de somente uma barragem. Esta mudança aumentou em muito o investimento necessário, assim como ocasionou perda de carga devido à passagem da água pelo canal.

Com a ideia do canal de derivação, surgiu outro problema: parte do rio à jusante, ou seja, rio abaixo, seria totalmente obstruído pela barragem auxiliar e todos os seres que por ali vivam seria afetados. Por isto, foi necessário permitir que parte da vazão prosseguisse pelo leito natural do Rio Xingu, o que é conhecido como Vazão Ecológica. Essa vazão é variável e acompanha o ciclo de cheias e secas.

A Vazão Ecológica, apesar de necessária, é do ponto de vista da engenharia um desperdício, pois a energia se perde sem realizar trabalho. Para evitar que a água fosse vertida inadvertidamente, convém se utilizar turbinas e geradores auxiliares para minimizar este desperdício, o que efetivamente será feito com turbinas do tipo Bulbo, devido ao baixo desnível da barragem do Sítio Pimental.

Sem dúvida, a mudança que trouxe o maior impacto na geração de energia foi a redução da área alagada. Dos 1.160 km², definidos no Inventário Hidrelétrico de 1980 para a barragem de Belo Monte, o reservatório passou para 516 km². Isto agravou ainda mais a questão da falta de regularidade da vazão, que já fora afetada pela ausência de reservatórios a montante.

9 VIABILIDADE TÉCNICA E ALTERNATIVAS AO PROJETO

Com base nas informações discutidas nos capítulos anteriores, pode-se analisar a viabilidade técnica da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, verificando se a sua construção é ou não interessante para o país, ou se existiria fontes energéticas alternativas que pudessem substituí-la, mantendo a mesma competitividade.

Tanto a modicidade tarifária quanto a segurança no fornecimento de energia elétrica são elementos importantíssimos para uma sociedade desenvolvida, e sempre se deve levá-los em conta no planejamento da expansão do parque gerador. As questões ambientais e sociais mais recentemente têm ganhado força, adicionando mais um requisito ao planejamento. Logo, deve-se buscar um ponto de equilíbrio entre custo de geração, segurança no fornecimento e impactos socioambientais.

Como o custo de produção está relacionado ao custo de instalação e ao custo de combustível, estes valores são fortemente ligados. Assim, são comparados os custos de geração de diversas fontes energéticas (Usina Hidrelétrica de Belo Monte, PCH, Eólica, Biomassa, Solar, Gás Natural e Nuclear).

A tabela 5, obtida de Castro et al (2011), fornece uma relação oportuna entre vários importantes critérios e será utilizada na comparação de alternativas. Nesta tabela, a comparação é feita entre diferentes fontes, com diferentes capacidades instaladas, mas com a mesma geração de energia firme, ou seja, que produzam em média a mesma quantidade de energia em um período fixo de tempo. Cabe ressaltar que, devido ao desenvolvimento tecnológico e a maior escala de produção, os custos de geração e de instalação de fontes de energia Solar tiveram um decréscimo. Porém, a queda não impede que esses custos ainda sejam os mais altos dentre as alternativas da tabela.

Tabela 5: Análise entre Belo Monte e outras fontes energéticas.

Categorias	Belo Monte	PCH	Eólica	Biomassa	Solar	Gás Natural	Nuclear
Custo de Geração (R\$/MWh)	77,97	135,00	148,00	153,48	500,00	143,00	150,00
Capacidade (MW)	11.233	8.310	15.240	9.522	28.000	6.530	5.078
Fator Capacidade Médio(%)	40,69	55	30	48	16,5	70	90
Custo Instalação (R\$/kW)	1.700	5.000 a 6.000	3.660 a 4.500	2.175 a 2.745	12.600 a 18.300	1.281 a 1.647	6.400
Custo Total Instalação (em R\$ bilhões)	25	41,55 a 49,86	47,80 a 83,60	21,00 a 26,00	355,00 a 507,00	9,00 a 11,00	32,5
Área (Km²)	518	831 a 1662	2.177 a 3.047	80.000	277	-	-

Fonte: CASTRO et al (2011)

9.1 Custos de Geração

No leilão de escolha do consórcio responsável pela construção e operação da usina de Belo Monte, a proposta vencedora propôs um valor de R\$ 77,97 por MWh. Ao verificar a tabela 5, fica claro que a opção hidrelétrica é a que fornece o menor custo de geração.

Com relação ao custo de instalação, a única fonte energética mais competitiva que Belo Monte é a Termelétrica a Gás Natural. Isto se deve a grandeza das obras civis necessárias para o represamento do Rio Xingu, bem como as condicionantes que necessitam de maiores investimentos.

O custo total da Usina de Belo Monte, estimada em R\$ 25 bilhões de reais, é superior ao investimento necessário caso fosse adotada uma alternativa do tipo Termelétrica a Gás Natural. A Biomassa ofereceria um custo total da mesma ordem e as demais alternativas custariam muito mais.

As fontes de energia Solar e Eólica apresentam custos de instalação muito elevados. Apesar do alto custo de instalação de Belo Monte, os custos de geração são muito mais atrativos que das demais fontes, o que o torna muito competitiva.

9.2 Segurança no Fornecimento

As fontes de energia solar e eólica estão em plena ascensão nos últimos anos, impulsionadas por avanços tecnológicos e pela maior escala de produção a que foram submetidos. O aumento da consciência ecológica ajudou a difundir estas fontes que até então tinham aplicações restritas. Sua utilização aumentou de tal forma que passaram a ser vistas como fontes energéticas primárias, e que poderiam substituir usinas hidrelétricas e termelétricas. Mas o fato é que são classificadas como fontes complementares, porque não garantem segurança no fornecimento de energia, conforme Leite (2014).

Para uma fonte possuir uma alta segurança energética, ela deve permitir seu acionamento a qualquer instante, independente de condições climáticas. Isto não é válido para a geração eólica, pois sua geração é intermitente, já que a velocidade dos ventos é muito variável e não há como armazená-lo. Quando houver um pico de consumo, não há como garantir que esta fonte seja posta a plena geração. Desta forma, a energia eólica deve ser tratada como uma fonte complementar, e não como substituta de usinas termelétricas e hidrelétricas. Estes argumentos se refletem no baixo fator de capacidade desta fonte energética, que conforme a tabela 5 é em média 30%.

Da mesma forma que a energia eólica, a energia solar também tem caráter complementar. Não há como armazenar radiação solar, tampouco utilizá-la em sua capacidade nominal no momento em que for necessária. Justamente à noite, em um dos horários de maior consumo, a geração desta fonte se anula. Devido a estes fatores, conforme a tabela 5, o fator de capacidade é muito baixo, da ordem de 16,5%.

No caso da energia Nuclear e Gás Natural, a segurança no fornecimento é alta, pois a geração independe de fatores climáticos, e as máquinas destas fontes podem ser postas a funcionar em plena capacidade a qualquer momento se desejado, embora envolvam tramites de acionamento que podem demorar em alguns casos, várias horas. Geralmente quando estas

plantas entram em operação, permanecem ativas por longos períodos de tempo, parando somente para manutenção. Isto se reflete nos altos percentuais de fator de capacidade, em média maiores do que 80%. Apesar deste alto fator, estas fontes de geração dependem do fornecimento de combustível, que pode ser abruptamente interrompido, até mesmo por questões geopolíticas, o que traz desconfiança quanto a sua segurança no fornecimento.

As fontes hidráulicas, como as hidrelétricas de Belo Monte e as PCHs também possuem uma segurança no fornecimento elevada, pois podem ser postas a plena geração rapidamente e em geral possuem um reservatório para acumular água. A sua desvantagem é a dependência do regime de chuvas. No caso de Belo Monte, em que o volume do reservatório será pequeno, operando a fio d'água, o fator de capacidade será em torno de 40%. Este valor é típico para esta fonte de energia, conforme figura 25, na qual estão listadas o fator de capacidade de diversas usinas hidrelétricas brasileiras.

Figura 25: Fator de Capacidade de Hidrelétricas Brasileiras.

Tabela 3 - Área alagada, potência firme e fator de capacidade das maiores hidrelétricas conectadas ao SIN – Sistema Interligado Nacional Brasileiro							
UHE	Potência (KW)	Potência (MW)	Área Alagada (Km²)	Área Alagada km²/MW	Área Alagada MW/km²	Potência Firme MW	f.c. %
Itaipu (Total Brasil e Paraguai)	14000000	14000	1350	0,10	10,37	11620	83%
Tucuruí I e II	8370000	8370	3014,2	0,36	2,78	4140	49%
Ilha Solteira	3444000	3444	1357,6	0,39	2,54	1949	57%
Xingó	3162000	3162	58,9	0,02	53,65	2139	68%
Itumbiara	2082000	2082	749,1	0,36	2,78	1015	49%
Governador Bento Munhoz da Rocha Neto (Foz do Areia)	1676000	1676	138,5	0,08	12,10	576	34%
São Simão	1710000	1710	716,2	0,42	2,39	1281	75%
Jupió (Eng ^o Souza Dias)	1551200	1551,2	321,7	0,21	4,82	886	57%
Porto Primavera	1540000	1540	2977,0	1,93	0,52	1017	66%
Luiz Gonzaga (Itaparica)	1479600	1479,6	839,4	0,57	1,76	959	65%
Itó	1450000	1450	126,3	0,09	11,48	720	50%
Marimbondo	1440000	1440	452,4	0,31	3,18	726	50%
Salto Santiago	1420000	1420	213,6	0,15	6,65	723	51%
Água Vermelha (José Ermírio de Moraes)	1396200	1396,2	673,6	0,48	2,07	746	53%
Serra da Mesa	1275000	1275	1254,1	0,98	1,02	671	53%
Governador Ney Aminthos de Barros Braga (Segredo)	1260000	1260	84,7	0,07	14,88	603	48%
Salto Caxias	1240000	1240	141,0	0,11	8,80	605	49%
Furnas	1216000	1216	1406,3	1,16	0,86	598	49%
Mochadinho	1140000	1140	89,3	0,08	12,76	529	46%
Embarcação	1192000	1192	403,9	0,34	2,95	497	42%
Salto Osório	1078000	1078	59,9	0,06	18,00	522	48%
Sobradinho	1050300	1050,3	4380,8	4,17	0,24	531	51%
	54172300	54172,3	20808,6	0,38	2,60	33053	61%

Fonte: Brasil Engenharia (2008).

9.3 Impactos Ambientais e Sociais

Existem diversos tipos de impactos que os parques geradores de eletricidade produzem ao meio ambiente e a sociedade em geral. Quanto aos impactos ambientais, podem ser citados a geração de gases de efeito estufa, em especial o Metano e o Dióxido de Carbono, assim como as alterações na flora e fauna. Nenhuma fonte energética, mesmo a eólica ou nuclear, proporciona direta ou indiretamente impacto nulo na natureza, conforme Fearnside (2005). Como por exemplo, plantas Nucleares elevam a temperatura de rios e lagos que as abastecem, causando alterações na flora e fauna. Usinas Eólicas provocam a mortandade de aves. Logo, nem mesmo estas fontes trazem impactos ambientais nulos.

Usinas a Biomassa e Termelétricas a Gás Natural causam a liberação de gases de efeito estufa. A geração de energia Solar também causa impactos ambientais indiretos, decorrentes da fabricação dos painéis fotovoltaicos.

Hidrelétricas e PCHs também trazem impactos indiretos, decorrentes da decomposição de matéria orgânica nos reservatórios. Porém, estes impactos podem ser minimizados, assim como está sendo feito na construção da Hidrelétrica de Belo Monte. Nessa usina, as alterações realizadas até chegar ao projeto final reduziram diversos impactos, entre os principais:

- Redução da área alagada, que diminui a geração de gases de efeito estufa;
- Supressão de Vegetação, realizando o desmatamento de áreas aonde o reservatório irá se formar, também com o objetivo de diminuir a geração de gases de efeito estufa;
- Resgate de Animais e Vegetais das áreas em obras.

A utilização da energia de Belo Monte possibilitará que se evite a liberação de grandes quantidades de gases de efeito estufa, o que ocorreria se fosse utilizada uma fonte térmica a Gás Natural.

Quanto aos impactos sociais, Belo Monte certamente trará modificações na vida dos habitantes locais e indígenas, embora muitas medidas mitigatórias terem sido tomadas. Porém, nem todos os impactos serão negativos. Haverá uma melhora nas condições de infraestrutura das cidades da região, decorrentes das condicionantes impostas no licenciamento. Entre as mudanças positivas estão a construção de redes de água e esgoto,

melhorias nos acessos às cidades e criação de empregos. Então, deve-se analisar os impactos sociais levando em consideração as mudanças positivas, e não somente os agravantes sociais.

9.4 Comparação Entre Alternativas

Antes de comparar as alternativas, precisa-se ter em mente algumas informações:

- Nenhuma usina trabalha com um fator de capacidade de 100%, ou seja, todo o tempo com a potência máxima;
- Sempre existirá algum impacto ambiental ou social, seja ele direto ou indireto;
- Fontes Eólica e Solar são classificadas como complementares e não como substitutas das hidrelétricas e termelétricas.

O custo de geração é um elemento muito importante na escolha da geração a ser adotada. Tanto que na hora do despacho de carga, são ativadas as usinas pela ordem deste custo. Neste aspecto, Belo Monte é uma ótima escolha, pois nenhuma outra fonte possibilita um valor mais baixo.

Analisando o fator de capacidade, verifica-se que este é maior no caso das térmicas, embora os 40% de Belo Monte estejam em linha com outras hidrelétricas brasileiras. As fontes hidráulicas (Belo Monte e PCH) e as Usinas Térmicas (a Gás Natural e Nuclear) permitem o acionamento com qualquer percentual de sua potência máxima em situações de alto consumo ou de emergência, o que lhes garante uma boa segurança energética. No entanto, nas Usinas Térmicas, a dependência de combustível e a demora para entrar em operação são desvantagens claras.

As comparações realizadas mostram que a Usina Hidrelétrica de Belo Monte possui custos muito competitivos e uma boa segurança no fornecimento. A sua maior desvantagem são os impactos ambientais e sociais. No entanto, com as modificações ao longo dos anos, até chegar ao projeto atual, estes impactos foram diminuídos, com a adoção de boas práticas que irão melhorar a vida da população em seu entorno. Assim, chega-se a um bom equilíbrio entre custo, segurança energética e impactos socioambientais.

CONCLUSÕES

Através do conhecimento do projeto anterior e atual da Usina Hidrelétrica de Belo Monte, e da comparação com outras fontes nas quais os críticos argumentavam serem mais vantajosas, ficou comprovado que a sua construção é de interesse nacional. Isto não significa que as demais fontes precisam ser desprezadas.

Deve haver uma política de investimentos para que as fontes com fornecimento mais seguro, como Hidrelétricas e Térmicas sejam a base da geração para o SIN, e que outras fontes, como Eólicas e Solar atuem para que se economize água dos reservatórios ou combustível, no caso das térmicas, atuando de forma a complementar a geração de energia elétrica.

As modificações adicionadas até o estágio atual no projeto de Belo Monte trouxeram impactos negativos do ponto de vista da Engenharia, com aumento dos custos e diminuição da energia firme. Ainda assim, o projeto é vantajoso, como foi comprovado no Capítulo 9. Se o projeto estivesse nos mesmos moldes que se encontrava na década de 70, não seria aceitável do ponto de vista ambiental e não obteria as licenças necessárias. Logo, estas mudanças foram importantes para a continuidade da sua implantação.

A construção de Belo Monte envolve muitas polêmicas e é um marco na construção de hidrelétricas na região Norte. Uma experiência exitosa permitirá que licenças para novas usinas na Bacia Amazônica sejam liberadas, e até mesmo que se revogue o decreto do CNPE que proibiu novas usinas no Rio Xingu, aumentando a eficiência de Belo Monte.

REFERÊNCIAS

- ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Brasília, 2008. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em 27 de Outubro de 2015.
- BITTENCOURT, Fábio. **Um dossiê a favor de Belo Monte**. Disponível em: < <http://jornalggn.com.br/blog/luisnassif/um-dossie-a-favor-de-belo-monte>>. Acesso em 18 de Maio de 2015.
- _____. **Resolução nº1 CONAMA**, de 23 de Janeiro de 1986. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em 30 de Novembro de 2014.
- BRASIL ENGENHARIA. **Itaipu, Energia e Diplomacia**. Disponível em: < www.brasilengenharia.com/portal/images/stories/revistas/edicao589/Art_Energia>. Acesso em 3 de Junho de 2015.
- CASTRO, Nivalde José de et al. **Análise Comparativa entre Belo Monte e empreendimentos alternativos: impactos ambientais e competitividade econômica**. Texto de discussão do setor elétrico, Rio de Janeiro, volume 35, jun. 2011. Disponível em: < <http://www.nuca.ie.ufrj.br/gesel/TDSE35.pdf>>. Acesso em 18 de Abril de 2015.
- CBDB – Comitê Brasileiro de Barragens. **Belo Monte: Apresentação Geral do Aproveitamento**. Disponível em: < <http://www.cbdb.org.br/documentos/Belo%20Monte%20-%20Apresenta%C3%A7%C3%A3o%20Geral%20do%20Aproveitamento%20-%20Ago-2014.pdf>>. Acesso em 6 de Março de 2015.
- Consórcio Belo Monte. **Dados técnicos sobre o AHE Belo Monte**. Disponível em: < <http://consorciobelomonte.blogspot.com.br/2010/09/dados-tecnicos-sobre-o-ahe-belo-monte.html>>. Acesso em 28 de Maio de 2015.
- DIÁRIO DO VERDE. **Belo Monte - de que? Tuíra, facões e bordunas**. Disponível em: < <http://diariodoverde.com/belo-monte-de-que-tuira-faco-es-e-bordunas/>>. Acesso em 3 de Novembro de 2014.
- ELETROBRAS. **Relatório de Impacto Ambiental**. Brasília, 2009. Disponível em: < http://norteenergiasa.com.br/site/wp-content/uploads/2011/04/NE.Rima_.pdf>. Acesso em 3 de Dezembro de 2014.
- ELETROBRAS. **Revisão dos estudos de Inventário Hidrelétrico do Rio Xingu**. Brasília, 2007. Disponível em: < <http://www.eletrabras.com/elb/data/Pages/LUMIS46763BB8ITEMIDE2EF79C255994721B37DDE2105C8E90CPTBRIE.htm>>. Acesso em 17 de Março de 2015.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2022**. Brasília, 2013. Disponível em: < <http://www.epe.gov.br/pdee/forms/epeestudo.aspx>>. Acesso em 25 de Outubro de 2014.

FEARNSIDE, Philip M. **Hidrelétricas Planejadas no Rio Xingu como Fontes de Gases do Efeito Estufa: Belo Monte (Kararaô) e Altamira (Babaquara)**. Disponível em: <http://philip.inpa.gov.br/publ_livres/Preprints/2005/Belo%20Monte-15%20texto.htm>. Acesso em 26 de Abril de 2015.

FLEURY, Lorena Cândido; ALMEIDA, Jalcione. **A construção da Usina Hidrelétrica de Belo Monte: conflito ambiental e o dilema do desenvolvimento**. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1414-753X2013000400009&script=sci_arttext>. Acesso em 17 de Maio de 2015.

FOLHA DE SÃO PAULO. **A Batalha de Belo Monte**. Disponível em: <<http://arte.folha.uol.com.br/especiais/2013/12/16/belo-monte/index.html>>. Acesso em 16 de Setembro de 2014.

FORMATACÃO ABNT. **Formatação nas normas da ABNT**. Disponível em: <<http://formatacaoabnt.blogspot.com.br/>>. Acesso em 23 de Maio de 2015.

G1. **Consórcio de Chineses e Eletrobras vencem leilão de linha de Belo Monte**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2014/02/consorcio-de-chineses-e-eletobras-vence-leilao-de-linha-de-belo-monte.html>>. Acesso em 18 de Novembro de 2014.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. **Condicionantes de Belo Monte**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/publicadas/sai-licenca-previa-de-belo-monte-com-40-condicionantes>>. Acesso em 5 de Maio de 2015.

IBRACON - INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. **UHE Belo Monte**. Disponível em: <<http://www.ibracon.org.br/eventos/53cbc/pdfs/ibracon-florianopolis-nov.2011.pdf>>. Acesso em 22 de Maio de 2015.

LEITE, Paulo Moreira. **Energia de verdade e ilusão eólica**. Disponível em: <http://www.istoe.com.br/colunas-e-logs/coluna/269864_ENERGIA+DE+VERDADE+E+ILUSAO+EOLICA>. Acesso em 18 de Maio de 2015.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico>>. Acesso em 3 de Novembro de 2014.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Boletim de Monitoramento do Sistema Elétrico**. Brasília, 2014a. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico>>. Acesso em 3 de Novembro de 2014.

MME – Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**. Brasília, 2014b. Disponível em: < www.mme.gov.br/web/guest/publicacoes-e-indicadores/balanco-energetico-nacional>. Acesso em 10 de Outubro de 2014.

NORTE ENERGIA. **Apresentação Geral do Aproveitamento**. Disponível em: <<http://norteenergiasa.com.br/site/wp-content/uploads/2014/11/11-PAPER-BELO-MONTE-NOVEMBRO-VERS%C3%83O-FINAL-PDF.pdf>>. Acesso em 6 de Maio de 2015.

OLIVEIRA, Keila Cristina Fernandes de et al. **Aproveitamento do potencial hidroenergético residual do trecho de vazão reduzida da Usina Hidrelétrica de Belo Monte**. Hidro & Hydro, Itajubá, volume 52, jan./fev./mar. 2012. Disponível em:< <http://www.cerpch.unifei.edu.br/arquivos/artigos/hidro-hydro-52-pag18a25.pdf>>. Acesso em 10 de Maio de 2015.

OLIVEIRA, Nildo Carlos. **Obra Múltipla inclui canal maior que o do Panamá**. Disponível em:<http://www.oempreiteiro.com.br/Publicacoes/15530/Obra_multipla_inclui_canal_maior_que_o_do_Panama.aspx>. Acesso em 20 de Novembro de 2014.

SEVÁ FILHO, Arsênio Oswaldo. **Alertas sobre as conseqüências dos projetos hidrelétricos no rio Xingu**. Disponível em:< http://www.socioambiental.org/banco_imagens/pdfs/tenotamo.pdf>. Acesso em 30 de Maio de 2015.

UNICAMP. **Projeto de Barragens no Xingu: A terceira tentativa**. Disponível em: < http://www.ifch.unicamp.br/profseva/pdf_Xingu00_Seva_Belem_ago04.pdf>. Acesso em 15 de Abril de 2015.