

**UHE BELO MONTE
PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA**

VOLUME I – TEXTO

TOMO I

Nº	Descrição	Prep.	Aprov.	Data
REVISÕES				

NORTE ENERGIA - NESA

Intertechne

ENGEVIX

PCE
Projetos e Consultorias de Engenharia

UHE BELO MONTE

	INTT EVIX PCE	INTERTECHNE:	ENGEVIX:	PCE:	NESA:
Elaborador		Mônica C. L. Carvalho Gerente/Coordenador	Sérgio L. F. Capellão Gerente/Coordenador	Libério Alves da Silva Gerente/Coordenador	
Verificador	MC	Lourenço J. N. Babá Responsável Técnico CREA RJ - 36084/D	Lailton Vieira Xavier Responsável Técnico CREA PR – 18060/D	José Eduardo Moreira Responsável Técnico CREA RJ – 21112/D	Diretor de Engenharia
Supervisor	PVR	Paulo V. Reis Gerente Geral Consórcio Projetista			Data:

Nº Cliente ou Código Unificado	Rev.
BEL-B-GR-RT-GER-000-0001	0

UHE BELO MONTE PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA

VOLUME I – TEXTO

TOMO I

1.	APRESENTAÇÃO.....	1-1
2.	INTRODUÇÃO	
2.1.	OBJETIVO DOS ESTUDOS.....	2-1
2.2.	LOCALIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO.....	2-1
2.3.	ESTUDOS ANTERIORES.....	2-2
2.3.1	Estudos de Inventário Hidrelétrico da Bacia Hidrográfica do rio Xingu.....	2-2
2.3.2	Estudos de Viabilidade dos Aproveitamentos Hidrelétricos de Altamira (antigo Babaquara) e Belo Monte (antigo Kararaô) – Primeira Etapa.....	2-4
2.3.3	Estudos de Viabilidade da UHE Belo Monte – Segunda Etapa.....	2-7
2.3.4	Atualização do Inventário Hidrelétrico da Bacia do Rio Xingu.....	2-9
2.3.5	Estudos de Impacto Ambiental.....	2-10
2.3.6	Relatório Complementar aos Estudos de Viabilidade da UHE Belo Monte.....	2-11
2.3.7	Estudos de Otimização do Empreendimento.....	2-11
2.3.8	Leilão nº 006/2009 da ANNEL.....	2-12
2.4.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO PROJETO BÁSICO DO APROVEITAMENTO....	2-12
2.4.1	Sítio Pimental.....	2-12
2.4.2	Canal de Derivação e Reservatório Intermediário.....	2-13
2.4.3	Sítio Belo Monte.....	2-14
2.5.	PRINCIPAIS CONDICIONANTES DO PROJETO BÁSICO.....	2-14
2.5.1	Condicionantes do Edital de Leilão nº 06/2009 da ANEEL.....	2-15
2.5.2	Condicionantes da Declaração de Reserva de Disponibilidade Hídrica Resolução ANA nº 740, de 06 de outubro de 2009.....	2-17
2.5.3	Condicionantes da Licença Prévia IBAMA nº 342/2010, de 01 de Fevereiro de 2010.....	2-18
3.	SUMÁRIO E CONCLUSÕES.....	3-1
3.1.	INTRODUÇÃO.....	3-1
3.2.	LEVANTAMENTOS REALIZADOS.....	3-1

UHE BELO MONTE

3.3.	ESTUDOS HIDROMETEOROLÓGICOS E FISIOGRÁFICOS	3-2
3.4.	ESTUDOS HIDROSEDIMENTOLÓGICOS.....	3-2
3.5.	ESTUDOS GEOLÓGICO-GEOTÉCNICOS.....	3-3
3.6.	ESTUDOS HIDRÁULICOS EM MODELOS REDUZIDOS	3-4
3.7.	ESTUDOS ENERGÉTICOS	3-4
3.8.	CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DO ARRANJO GERAL.....	3-5
3.9.	SISTEMA DE TRANSMISSÃO	3-7
3.10.	ESTIMATIVA DE CUSTO DO EMPREENDIMENTO	3-8
3.11.	CRONOGRAMA FÍSICO DE IMPLANTAÇÃO	3-8
3.12.	CONCLUSÕES	3-10
4.	LEVANTAMENTOS COMPLEMENTARES E ESTUDOS BÁSICOS EFETUADOS	4-1
4.1.	CARTOGRÁFICOS.....	4-1
4.1.1	Estudos Anteriores.....	4-1
4.1.2	Considerações Gerais.....	4-3
4.1.3	Apoio Básico	4-4
4.1.4	Elaboração da Base Cartográfica	4-4
4.2.	HIDROMETEOROLÓGICOS.....	4-7
4.2.1	Caracterização Geral da Bacia do Rio Xingu	4-7
4.2.2	Caracterização Fisiográfica da Bacia	4-10
4.2.3	Caracterização Climatológica da Bacia	4-11
4.2.4	Caracterização do Regime Fluvial	4-25
4.2.5	Vazão de Usos Consuntivos.....	4-32
4.2.6	Análise de Frequência de Cheias	4-32
4.2.7	Estudos Sedimentológicos.....	4-48
4.2.8	Reservatório.....	4-54
4.3.	HIDRÁULICOS.....	4-68
4.3.1	Curvas Chave nos Locais de Interesse	4-68
4.3.2	Estudos de Remanso.....	4-71
4.3.3	Estudos de Borda Livre.....	4-83
4.3.4	Dimensionamento Hidráulico do Vertedouro	4-85
4.3.5	Dimensionamento Hidráulico do Desvio do Rio.....	4-87
4.3.6	Dimensionamento Hidráulico do Canal de Derivação e Reservatório Intermediário	4-92
4.3.7	CIRCUITO HIDRÁULICO DE GERAÇÃO	4-100
4.4.	GEOLÓGICOS E GEOTÉCNICOS.....	4-107
4.4.1	Estudos Anteriores.....	4-107
4.4.2	Geologia Regional.....	4-114
4.4.3	Características Geológicas Locais.....	4-122

NORTE ENERGIA - NESA

UHE BELO MONTE

4.4.4	Condições Geológico-Geotécnicas das Fundações e dos Taludes de Escavação.....	4-126
4.5.	MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	4-139
4.5.1	Materiais Naturais de Construção.....	4-139
4.6.	ESTUDOS ENERGÉTICOS	4-146
4.6.1	Considerações Iniciais	4-146
4.6.2	Definições dos Termos	4-146
4.6.3	Produtividade Energética da Casa de Força Principal	4-147
4.6.4	Parâmetros físico-operativos e critérios adotados.....	4-149
4.6.5	Simulações Realizadas – Caso Base - Reprodução dos Resultados da EPE	4-160
4.6.6	Simulações Realizadas – Projeto Básico – Novo Rendimento e perdas de carga	4-165
4.6.7	Análise dos Resultados e Conclusões.....	4-167
4.7.	SOCIOAMBIENTAIS.....	4-169
4.7.1	Processo de Licenciamento Ambiental.....	4-169
4.7.2	Levantamentos Executados.....	4-172
5.	ALTERAÇÕES NO ARRANJO DEFINIDO NOS ESTUDOS DE VIABILIDADE	5-1
5.1.	DESCRIÇÃO GERAL DO ARRANJO DA VIABILIDADE	5-1
5.2.	ALTERAÇÕES NO ARRANJO GERAL DO PROJETO BÁSICO.....	5-2
5.2.1	Sítio Pimental	5-2
5.2.2	Sítio Bela Vista e Diques.....	5-2
5.2.3	Canais de Derivação e de Transposição no Reservatório Intermediário:	5-3
5.2.4	Sítio de Belo Monte e Barragem de Santo Antonio	5-3

VOLUME I – TEXTO

TOMO II

6.	CONCEPÇÃO GERAL DO APROVEITAMENTO.....	6-1
6.2	SÍTIO PIMENTAL.....	6-1
6.2	CANAIS DE DERIVAÇÃO E DE ADUÇÃO	6-2
6.3	SÍTIO BELO MONTE	6-3
7.	SÍTIO PIMENTAL.....	7-1
7.1.	CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO	7-1
7.2.	DESVIO DO RIO E SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA	7-3

UHE BELO MONTE

7.3.	BARRAGENS DE TERRA E ENROCAMENTO	7-4
7.3.1	Análises de Estabilidade das Barragens do Sítio Pimental	7-5
7.4.	VERTEDOIRO	7-7
7.5.	CASA DE FORÇA E TOMADA DE ÁGUA	7-8
7.6.	EQUIPAMENTOS MECÂNICOS PRINCIPAIS.....	7-10
7.6.1	Vertedouro.....	7-10
7.6.2	Tomada de Água.....	7-14
7.6.3	Casa de Força.....	7-17
7.7.	SISTEMAS AUXILIARES MECÂNICOS.....	7-21
7.7.1	Sistema de Água de Resfriamento e de Serviço	7-21
7.7.2	Sistema de Esvaziamento e Enchimento das Unidades	7-22
7.7.3	Sistema de Drenagem da Casa de Força.....	7-23
7.7.4	Sistema de Ar Comprimido de Serviço	7-24
7.7.5	Sistema de Água Potável.....	7-25
7.7.6	Sistema de Coleta e Separação de Água e Óleo Isolante	7-26
7.7.7	Sistema de Tratamento de Óleo Lubrificante	7-26
7.7.8	Sistema de Medição de Nível	7-26
7.7.9	Sistema de Esgoto Sanitário.....	7-27
7.7.10	Sistemas de Proteção Contra Incêndio	7-28
7.7.11	Sistema de Água de Serviço.....	7-29
7.7.12	Sistema de Ventilação	7-29
7.7.13	Sistema de Ar Condicionado.....	7-30
7.8.	EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS PRINCIPAIS	7-30
7.8.1	Gerador	7-30
7.8.2	Cubículo do Disjuntor do Gerador	7-32
7.8.3	Barramento Blindado de Fases Isoladas	7-33
7.8.4	Transformador Elevador	7-34
7.9.	SISTEMAS AUXILIARES ELÉTRICOS	7-35
7.9.1	Casa de Força e Vertedouro.....	7-35
7.9.2	Subestação Pimental 230-69 kV.....	7-40
7.9.3	Instalações Elétricas	7-43
7.10.	SUBESTAÇÃO.....	7-47
7.11.	SISTEMA DE SUPERVISÃO, CONTROLE E PROTEÇÃO	7-50
7.11.1	Sistema Digital de Supervisão e Controle	7-50
7.11.2	Sistemas de Proteção	7-54
7.11.3	Sistema de Medição de Faturamento	7-57
7.11.4	Sistemas de Registro de Perturbações	7-58
7.12.	SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE PEIXES	7-59

UHE BELO MONTE

7.13.	SISTEMA DE TRANSPOSIÇÃO DE EMBARCAÇÕES	7-59
8.	CANAIS DE ADUÇÃO E RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO.....	8-1
8.1.	CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO	8-1
8.2.	ESTUDO DE ALTERNATIVAS PARA O CANAL DE DERIVAÇÃO E RESERVATÓRIO INTERMEDIÁRIO.....	8-1
8.2.1	Geral.....	8-1
8.2.2	Configuração Anterior e Atual do Circuito de Adução	8-3
8.2.3	Distribuição de Perdas de Carga Adotadas no Estudo Atual	8-4
8.2.4	Análises do Canal de Derivação	8-5
8.2.5	Dimensionamento do Reservatório Intermediário.....	8-15
8.2.6	Configuração Selecionada do Canal de Derivação e Reservatório Intermediário	8-17
8.3.	DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	8-20
8.3.1	Canal de Derivação.....	8-20
8.3.2	Canais de Transposição do Reservatório Intermediário.....	8-21
8.4.	DESCRIÇÃO DOS BOTA-FORAS	8-22
8.4.1	Considerações Gerais.....	8-22
8.4.2	Considerações sobre o Dimensionamento do Sistema de Drenagem.....	8-27
8.4.3	Descrição do Sistema de Drenagem	8-29
9.	DIQUES.....	9-1
9.1	CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO	9-1
9.2	DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS.....	9-1
9.2.1	Aterros.....	9-1
9.2.2	Desvio dos Córregos.....	9-2
9.2.3	Dispositivo de Vazão Sanitária	9-4
9.2.4	Análises de Estabilidade dos Diques.....	9-5
10.	SÍTIO BELO MONTE	10-1
10.1.	CONCEPÇÃO GERAL DO PROJETO	10-1
10.2.	SEQUÊNCIA CONSTRUTIVA DAS OBRAS DE ESCAVAÇÃO DO CIRCUITO DE GERAÇÃO	10-1
10.3.	BARRAGEM DE SANTO ANTÔNIO E BARRAGENS DE FECHAMENTO.....	10-2
10.3.1	Barragem de Santo Antônio.....	10-2
10.3.2	Barragem de Fechamento Esquerda.....	10-3
10.3.3	Barragem de Fechamento Direita	10-4
10.3.4	Análises de Estabilidade das Barragens de Santo Antônio e de Fechamento	10-4
10.4.	TOMADA DE ÁGUA E MUROS.....	10-7
10.5.	CASA DE FORÇA.....	10-9

UHE BELO MONTE

10.6. EQUIPAMENTOS MECÂNICOS PRINCIPAIS.....	10-10
10.6.1 Tomada d'Água.....	10-10
10.6.2 Conduitos Forçados.....	10-15
10.6.3 Elevador.....	10-23
10.7. SISTEMAS AUXILIARES MECÂNICOS.....	10-23
10.7.1 Sistema de Drenagem.....	10-23
10.7.2 Sistema de Esgotamento e Enchimento.....	10-24
10.7.3 Sistema de Água de Resfriamento.....	10-25
10.7.4 Sistema de Água Anti-Incêndio.....	10-25
10.7.5 Sistema de Água Tratada.....	10-26
10.7.6 Sistema de Coleta e Separação de Água/Óleo Isolante.....	10-26
10.7.7 Sistema de Água de Serviço.....	10-26
10.7.8 Sistema de Esgoto Sanitário.....	10-27
10.7.9 Sistema de Ar Comprimido para Serviços Gerais.....	10-27
10.7.10 Sistema de Condicionamento de Ar.....	10-27
10.7.11 Sistema de Ventilação.....	10-27
10.7.12 Medições Hidráulicas.....	10-28
10.7.13 Sistema de Tratamento de Óleo Lubrificante.....	10-28
10.7.14 Sistema de Combate a Incêndio Móvel.....	10-28
10.8. EQUIPAMENTOS ELÉTRICOS PRINCIPAIS.....	10-29
10.8.1 Gerador.....	10-29
10.8.2 Barramento Blindado.....	10-30
10.8.3 Transformador Elevador.....	10-31
10.9. SUBESTAÇÃO ISOLADA A SF6.....	10-33
10.9.1 Características Principais das Unidades Compactas GIS – SF6.....	10-34
10.9.2 Equipamento complementar, convencional.....	10-35
10.10. SISTEMAS AUXILIARES ELÉTRICOS.....	10-35
10.10.1 Serviços auxiliares de corrente alternada.....	10-36
10.10.2 Serviços auxiliares de corrente contínua.....	10-40
10.10.3 Instalações Elétricas.....	10-42
10.11. SISTEMA DE SUPERVISÃO, CONTROLE E PROTEÇÃO DA USINA E DA SUBESTAÇÃO.....	10-46
10.11.1 Sistema Digital de Supervisão e Controle.....	10-46
10.11.2 Sistemas de Proteção.....	10-50
10.11.3 Sistema de Medição de Faturamento.....	10-52
10.11.4 Sistema de Registro de Perturbações.....	10-53
11. TELECOMUNICAÇÕES.....	11-1

UHE BELO MONTE

11.1	SISTEMA DE ENLACE ELÉTRICO (MULTIPLEX PDH) E SISTEMA DE ENLACE ÓPTICO (MULTIPLEX SDH)	11-1
11.2	SISTEMA DE ENLACE ÓPTICO	11-2
11.3	SISTEMA DE COMUNICAÇÃO DE VOZ	11-2
11.4	SISTEMA DE COMUNICAÇÃO DE DADOS	11-2
11.5	SISTEMA DE TELEPROTEÇÃO	11-2
11.6	SISTEMA TRUNKING	11-2
11.7	SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO EM 48 VCC	11-3
11.8	SISTEMA DE VIGILÂNCIA ELETRÔNICA	11-3
12.	SUBESTAÇÕES E LINHAS DE TRANSMISSÃO	12-1
12.1	GERAL	12-1
12.2	INTERLIGAÇÃO DA CASA DE FORÇA PRINCIPAL	12-2
12.3	INTERLIGAÇÃO DA CASA DE FORÇA COMPLEMENTAR - SE 230/69/13,8 KV PIMENTAL	12-4
12.4	INTERLIGAÇÃO SE ALTAMIRA/CELPA – 69 KV ÀS SES AUXILIARES BELO MONTE, CANAL DE DERIVAÇÃO E PIMENTAL	12-6
13.	PROJETOS SOCIOAMBIENTAIS	13-1
13.1.	AÇÕES ANTECIPATÓRIAS	13-1
13.2.	PROGRAMAS E PROJETOS DO PBA DA INFRAESTRUTURA DE APOIO	13-9
13.3.	PLANOS, PROGRAMAS E PROJETOS DO PBA DO EMPREENDIMENTO	13-21
14.	INFRAESTRUTURA E SUPRIMENTO PARA A OBRA	14-1
14.1	ACESSOS	14-1
14.2	SUPRIMENTOS	14-2
14.2.1	Materiais Básicos	14-2
14.2.2	Materiais Diversos	14-2
14.2.3	Gêneros alimentícios	14-3
14.3	CANTEIROS DE OBRAS	14-3
14.4	APOIO URBANO	14-4
14.5	ENERGIA ELÉTRICA	14-4
14.6	TELECOMUNICAÇÕES	14-4
14.7	TRANSPORTES	14-5
14.8	MÃO DE OBRA	14-6
15.	PLANEJAMENTO CONSTRUTIVO E CRONOGRAMA	15-1
15.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	15-1
15.2	ESCAVAÇÕES E ATERROS	15-1
15.3	EXECUÇÃO DE BOTA-FORAS	15-2
15.4	CONCRETO	15-2

UHE BELO MONTE

15.5	MONTAGEM	15-3
15.6	SEQUÊNCIA DE CONSTRUÇÃO/CRONOGRAMA	15-3
15.6.1	Sítio Pimental	15-3
15.6.2	Reservatório Intermediário/Canal de Derivação	15-4
15.6.3	Sítio Belo Monte	15-5
16.	ORÇAMENTO PADRÃO ELETROBRÁS	
17.	FICHA RESUMO	17-1
18.	ARTICULAÇÃO COM ÓRGÃOS AMBIENTAIS E DE GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS	
19.	RELAÇÃO DE PROFISSIONAIS	18-1
20.	ANOTAÇÕES DE RESPONSABILIDADE TÉCNICA)	19-1
21.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	20-1

ANEXOS

- I - Estudos Geológico-Geotécnicos e Materiais Naturais de Construção
- II - Estudos Ambientais

UHE BELO MONTE PROJETO BÁSICO DE ENGENHARIA

1. APRESENTAÇÃO

O empreendedor Norte Energia S.A. – NESA apresenta este documento, intitulado “Usina Hidrelétrica Belo Monte – Relatório Final do Projeto Básico de Engenharia”, que se constitui no detalhamento do Projeto Básico de Engenharia, visando subsidiar a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, em seu processo de análise e aprovação do projeto hidrelétrico Belo Monte, a ser construído no rio Xingu, nos Municípios de Vitória do Xingu e Altamira, Estado do Pará.

A Norte Energia S.A. – NESA é uma sociedade anônima de propósito específico constituída em cumprimento aos termos do Edital do Leilão nº 006/2009 – ANEEL para contratação de energia proveniente de novos empreendimentos. Neste leilão, realizado em 20 de abril de 2010, o Consórcio Norte Energia, antecessora da Norte Energia S. A. - NESA, obteve o direito de exploração da energia gerada pela UHE Belo Monte.

Para a elaboração do Projeto Básico de Engenharia, a Norte Energia S. A – NESA contratou o Consórcio Projetista formado pelas empresas Intertechne Consultores (líder do Consórcio), Engevix Engenharia e PCE Projetos e Consultoria de Engenharia..

O presente Relatório Final do Projeto Básico de Engenharia da UHE Belo Monte, documento BEL-B-GR-RT-GER-000-0001, preparado pelo Consórcio Projetista está organizado segundo a estrutura descrita a seguir:

- Volume I – Texto – Tomo I
- Volume I – Texto – Tomo II
- Volume II - Desenhos
- Anexo I - Estudos Geológico-Geotécnicos e Materiais Naturais de Construção – Texto
- Anexo I - Estudos Geológico-Geotécnicos e Materiais Naturais de Construção - Desenhos
- Anexo II – Estudos Ambientais