



**XXII SNPTEE  
SEMINÁRIO NACIONAL  
DE PRODUÇÃO E  
TRANSMISSÃO DE  
ENERGIA ELÉTRICA**

BR/GLT/14  
13 a 16 de Outubro de 2013  
Brasília - DF

**GRUPO – III**

**GRUPO DE ESTUDOS DE LINHAS DE TRANSMISSÃO - GLT**

**LT-500kV-TUCURUI/MANAUS-TRECHO ORIXIMINÁ/MANAUS-DESAFIOS LOGÍSTICOS PARA IMPLANTAÇÃO  
DA LINHA DE TRANSMISSÃO NA AMAZONIA EM MEIO A RIOS E AREAS ALAGADAS**

Amaury Saliba (\*)  
Mário Noburu Takai

Evandro P. Magalhães  
Andrade Gutierrez

Paulo Ricardo R. L. Silva  
Engetower Engenharia

**RESUMO**

*A Interligação da Amazônia ao Sistema Elétrico Nacional-SIN, através da construção da Linha de Transmissão ligando a UHE Tucuruí a Manaus é estudada desde 1986 pela ELETROBRAS ELETRONORTE, visando a Interligação dos Sistemas Isolados ao SIN e substituição da geração térmica a óleo, com a consequente redução na emissão de gases do Efeito Estufa.*

*Diversos estudos analisaram as opções técnicas mais viáveis e menos impactantes, levando-se em conta os critérios possíveis de evitar a passagem da Linha de Transmissão em corredores com áreas sob proteção legal, sobretudo Terras Indígenas e Unidades de Conservação, além de minimizar interferências sobre núcleos urbanos de população e Áreas de Preservação com cobertura de floresta natural, várzeas e outros Ecossistemas.*

*Sendo a Região Amazônica e seu patrimônio ambiental de importância global, a implantação de qualquer Projeto nessa Região torna-se um considerável desafio e requer o máximo de cuidado e tecnologias adequadas na construção de Linhas de Transmissão e Subestações para minimizar as interferências com o sistema socioambiental.*

*Neste contexto, o presente informe tem como finalidade descrever algumas fases de implantação da LT-500-kV-Oriximiná / Manaus, sobretudo de um trecho com aproximadamente 300 km de extensão, com seu traçado apoiado no Rio Amazonas, seus afluentes e paranás, advindo desta situação as dificuldades de logística, tendo a maioria das estruturas com acessos fluviais, e da necessidade de um planejamento diferenciado em relação às formas clássicas de construção de linhas de transmissão, principalmente devido também às condicionantes hidrológicas impostas pela Região Amazônica.*

**PALAVRAS-CHAVE**

**Região Amazônica – Linha de Transmissão – Dificuldades de Logística – Construção**

(\*) SQS-202-BLOCO H-APTO 402-ASA SUL-CEP 70.232-080-BRASILIA-DF-BRASIL-TEL +55-61-96073159-

EMAIL: amaury.saliba@terra.com.br

## 1.0 - INTRODUÇÃO

Em 2008, chegou-se à versão final dos Estudos de Viabilização da Interligação Tucuruí / Manaus e o Empreendimento foi dividido em três trechos, incluindo a Interligação do Estado do Amapá, e licitado pela ANEEL no Leilão nº 004/2008:

LOTE A	LT-500-kV-Tucuruí/Xingú/Jurupari e SEs Adjacentes
LOTE B	LT-500-kV- Jurupari/Oriximiná eLT-230KV- Jurupari/Macapá e SEs Adjacentes
LOTE C	LT-500-kV-Oriximiná/Silves/Lechuga(Manaus) e SEs Adjacentes

A ELETROBRÁS ELETRONORTE, em sociedade formada com a ABENGOA BRASIL e ELETROBRÁS CHESF arremataram o LOTE C, constituindo a SPE-Concessionária MANAUS TRANSMISSORA DE ENERGIA S.A., sendo o Contrato de Concessão firmado com a ANEEL em setembro-2008, ocasião em que iniciou-se a Elaboração do Projeto Básico e o Licenciamento Ambiental do Empreendimento, com as atividades de estudos de traçado e série de estruturas.

## 2.0 - PECULIARIDADES DE SUPRIMENTO DE MATERIAIS PARA A REGIÃO DAS OBRAS

Por estar localizada em região da Amazônia desinterligada de rodovias do restante do país, a implantação da LT-500-kV-Oriximiná / Silves / Lechuga(Manaus), prescindiu, antes de tudo, de uma logística especial de transporte para o suprimento de materiais e equipamentos, via-de-regra fabricados no sul do país, para que os mesmos chegassem até os locais que abrigaram estes materiais e equipamentos e posteriormente transportados aos locais de aplicação.

Os pontos de entrega definidos aos fabricantes, após os necessários estudos de logística de suprimento, foram basicamente : Manaus-AM, Itapiranga-AM, Urucará-AM e Oriximiná-PA.

Ressalta-se que a mobilização de todos equipamentos dos empreiteiros de construção e montagem foram também condicionados a esta logística, tendo em vista a existência quase nula de máquinas/veículos/equipamentos em Manaus e no interior do Amazonas.

Para este suprimento, as transportadoras especializadas em logística amazônica, contratadas pelos fabricantes, uma vez que utilizamos a modalidade CIF, trabalharam com duas alternativas de rota : a menos demorada, via Porto Velho, porém que fica inoperante 6 meses por ano devido a falta de calado para balsa no Rio Madeira, e a rota via Belém, conforme visualizada na **figura 1**.

### ROTA VIA BELÉM



**Figura 1 – Logística Suprimento de Materiais**

### 3.0 - CONDICIONANTES HIDROLÓGICAS PARA CONSTRUÇÃO

Na Região Amazônica e particularmente ao longo do traçado da Linha de Transmissão Oriximiná / Lechuga (Manaus), o planejamento executivo das obras deve obrigatoriamente levar em conta as condicionantes hidrológicas.

Estas condicionantes atendem sobretudo ao aproveitamento das chamadas “janelas hidrológicas” que dizem respeito aos altos e longos índices pluviométricos que definem a praticabilidade dos serviços (dias trabalháveis), assim como as variações das cotas dos rios que, em diversos casos submergem as fundações e as partes inferiores das estruturas, impossibilitando a execução da fundação, montagem e instalação dos cabos.

No caso da linha de transmissão Oriximiná / Lechuga (Manaus) tivemos dezenas de estruturas cujas cotas dos níveis de água começam a baixar quando exatamente começam as primeiras chuvas, reduzindo sobremaneira os dias possíveis de trabalho nas mesmas durante o ano.

Mesmo nas áreas não alagáveis as características do solo argiloso, de pouca permeabilidade e possuindo em sua formação camadas orgânicas complexas, ao contato com a água o torna extremamente crítico para o trânsito de máquina, equipamentos e até mesmo pessoas.

Todas estas condicionantes hidrológicas foram levadas em conta no planejamento inicial de construção e projetou-se o tempo de construção considerando-se a ocorrência dos serviços de execução das fundações especiais nas áreas alagadas em dois períodos secos e os serviços de fundação das torres especiais da travessia do Rio Trombetas em um período de cheia, devido a necessidade da existência de calado para as balsas com os equipamentos de execução.

Ainda sem a obtenção do licenciamento ambiental (LI), no mês de maio/10 (15 meses após a assinatura do contrato de concessão) e com a expectativa de perdermos a janela hidrológica daquele ano, foram promovidas diversas gestões junto ao IBAMA para liberação, excepcionalmente, dos serviços de execução das fundações nas áreas alagadas juntamente com a emissão da LP, exatamente para aproveitarmos o benefício da referida janela hidrológica, o que significaria o ganho em seis meses em nosso cronograma de obras - **figura 2**.

Não obstante a ocorrência desta situação adversa, foram firmados os contratos com os Empreiteiros de Construção e Montagem com prazo de 18 meses, a partir da emissão da LI, na condição desta emissão ocorrer até agosto/10 o que permitia a implantação da obra com dois períodos secos e um período molhado.

Infelizmente a LI somente foi emitida ao final do ano de 2010, impondo ao cronograma de obras um período seco e dois períodos molhados, situação esta que comprometeu o planejamento original dos empreiteiros de construção e montagem, afetando, dessa forma, prazos e custos.

Da mesma forma que as praticabilidades foram premissas fundamentais no planejamento inicial da obra, o comportamento dos rios na região da linha de transmissão foi utilizado para o dimensionamento de equipamentos, equipes e de sequência de execução dos serviços.

Os rios na região da linha de transmissão têm os períodos de seca e vazante bem definidos, sendo :

*Início das cheias : Dezembro	*Cheia máxima : junho
*Início da Vazante : julho	*Vazante máxima : Novembro

Em virtude do regime hídrico acima, dois trechos da obra, notadamente conhecidos por Estrada da Várzea e Variante do Nhamundá, que têm parte de suas extensões situadas em cotas mais baixas, ficam completamente submersos entre os meses de fevereiro e junho.

Sendo assim, estes trechos tiveram os serviços interrompidos em meados de fevereiro/11 quando as águas dos rios vieram a cobrir estes trechos e retomados somente no final de agosto/11, aproveitando a próxima vazante. Além da execução das fundações destes trechos em duas etapas, as atividades subsequentes de montagem de estruturas e lançamento de cabos tiveram que ser interrompidas nestes trechos e alternadas para os trechos adjacentes, além da total recuperação dos acessos e praças de torres quando da retomada das obras em agosto/11.

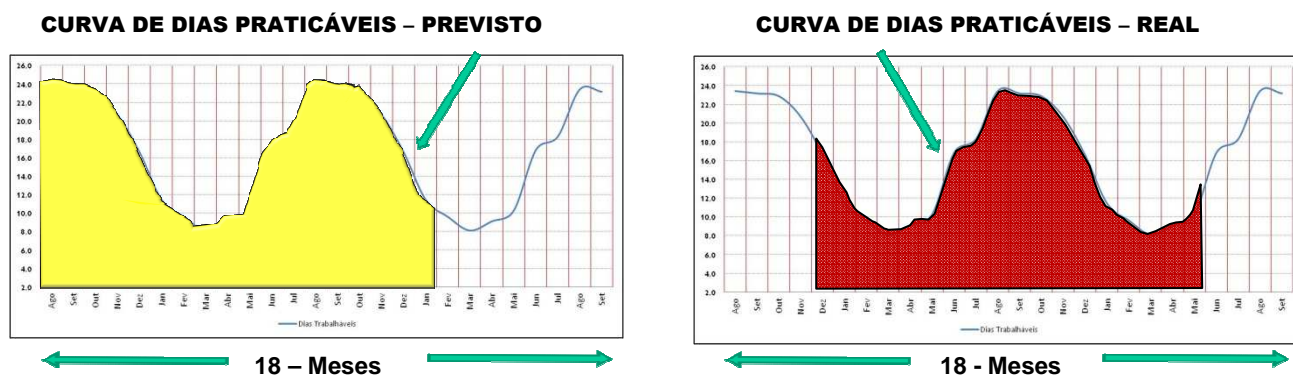


Figura 2 – Curva de dias PraticáveisXMeses

#### 4.0 - DISTRIBUIÇÃO DE MATERIAIS NA FAIXA-PULMÕES

As dificuldades de logística conduziram a necessidade de um minucioso planejamento para abastecer os locais de implantação das estruturas com equipamentos e materiais. Neste contexto conforme ilustrado na **figura 3**, foi utilizada a sistemática de criação dos Pulmões de Abastecimento que se consistia de diversos depósitos intermediários entre os pátios de materiais e a faixa de servidão.



Estoque Uruará			Quantidade de materiais													Tipo de transporte			
Trecho	Pulmão	Raio de cobertura	Dist. Km	Vértices	Estrutura (ton)	Isoladores (ton)	Cabos condutores (ton)	Cabos para-raios (ton)	Cabos OPGW (ton)	Fio contra-peso (ton)	Cimento (ton)	Seixo (ton)	Areia (ton)	Aço (ton)	TOTAL POR PULMÃO	Viagens	Tempo (horas)	Tempo (dias)	Tempo (dias)
5	km 275	32,98	6	v32 ao v31	1.224,97	65,33	1.304,42	13,83	22,49	1.304,36	2,54	1.022,38	1.022,38	69,92	6.052,62	13	41,60	6,0	12,0
5	km 253	8,81	26	v31 ao v29	327,23	17,45	348,45	3,69	6,01	348,44	0,68	273,11	273,11	18,68	1.616,85	4	28,80	4,0	8,0
5	km 243	10,53	34	v29 ao v28	391,11	20,86	416,48	4,41	7,18	416,46	0,81	326,43	326,43	22,32	1.932,51	4	35,20	5,0	10,0
5	km 194	38,29	112	v28 ao v26	1.422,20	75,85	1.514,45	16,05	26,11	1.514,37	2,95	1.186,99	1.186,99	81,18	7.027,14	15	366,00	46,0	92,0
	+	9	-													-	-		
5	km 188	17,61	117	v26 ao v22	654,09	34,88	696,51	7,38	12,01	696,48	1,36	545,91	545,91	37,33	3.231,86	7	177,80	23,0	46,0
4	km 160	20,75	137	v22 ao v17	868,60	56,46	820,70	8,70	14,15	820,66	15,52	2.552,25	2.531,50	166,56	7.855,12	16	470,40	59,0	118,0

Figura 3 – Pulmões de Abastecimento

#### 5.0 - SISTEMATICA DE CONTRATAÇÃO DOS SERVIÇOS DE CONSTRUÇÃO E MONTAGEM

Ao final de 2009, já com mais de um ano de assinatura do contrato de concessão e com a expectativa de obtenção do licenciamento ambiental, iniciou-se o processo de contratação das obras civis e montagem da linha de transmissão Oriximiná / Lechuga (Manaus).

No que se refere ao trecho Oriximiná / Silves, ressaltou-se a peculiar característica de longos trechos de várzea e



o acesso a faixa através de vias fluviais interligadas ao Rio Amazonas, bem como a travessia do Rio Trombetas, conforme ilustrado na **figura 4**.



**Figura 4 – Oriximiná / Silves**

**Tabela 1 – Obras Cíveis, Logística e Montagem**

Item	Descrição	Unid.	Quantid.
1	Administração, local canteiros e logística		
1.1	Administração, local	mês	18,00
1.2	Canteiros		
1.2.1	Construção canteiro principal sem alojamento	Vb	1,00
1.2.2	Construção canteiro avançado sem alojamento	Vb	2,00
1.2.3	Constr. Cant. Avançado com alojamento p/200 pessoas	Vb	5,00
1.2.4	Constr. canteiro selva com alojamento p/200 pessoas	Vb	4,00
1.2.5	Operação canteiro principal sem alojamento	mês	18,00
1.2.6	Operação canteiro avançado sem alojamento	mês	35,00
1.2.7	Operação canteiro avançado com alojamento	mês	77,00
1.2.8	Operação canteiro de selva	mês	64,00
1.2.9	Operação pátio de materiais	mês	50,00
1.3	Logística		
1.3.1	Expresso barco para 40 pessoas	mês	36,00
1.3.2	Expresso barco para 60 pessoas	mês	
1.3.3	Lancha para transporte de 10 pessoas - 115 Hp	mês	168,00
1.3.4	Lancha cargueira - 1000 Kg	mês	49,00
1.3.5	Gerador 200KVA	mês	67,00
1.3.6	Gerador 70KVA	mês	67,00
1.3.7	Barco alojamento	mês	41,00
1.3.8	Charuto combustível	mês	
1.3.9	Balsa p/transporte de materiais - 250 tn	mês	49,00
1.3.10	Balsa p/transporte de materiais - 500 tn	mês	25,00
1.3.11	Empurrador 250 Hp	mês	49,00
1.3.12	Empurrador 350 Hp	mês	25,00
1.3.13	Trator tração	mês	73,00
1.3.14	Ônibus MB QF-1721 p/40 passageiros urbano o similar	mês	57,00
1.3.15	Cavalo médio 4x4 MB 2638/40 correa baixa 45 tn	mês	10,00
1.3.16	Cavalo médio 4x2 MB 2036/40 correa baixa 27 tn	mês	20,00
1.3.17	Caminhão guindauto 4x2 VW 13-180 - 07 tn ou similar	mês	144,00
1.3.18	Caminhão carroceria 4x2 VW 13-180 - 07 tn ou similar	mês	58,00
1.3.19	Caminhão basculante 4x2 VW 13-180 - 06 tn ou similar	mês	72,00
1.3.20	Empilhadeira Hyster H55 XM - 2,75 tn	mês	46,00
1.3.21	Caregradeira de pneus CAT 938	mês	45,00
1.3.22	Helicóptero 5 passageiros (30 hs al mês)	mês	
1.4	Mobilização / desmobilização		
1.4	Mobilização / desmobilização do pessoal	Vb	1,00
1.5	Mobilização / desmobilização do equipamentos	Vb	1,00
2	Faixa de servidão / Acessos		
2.1	Limpeza de faixa / Corte seletivo (62m)	Km/lt	327,00
2.2	Secionamento e aterramento de cercas	Unid	460,00
2.3	Acesso para construção	Km/lt	327,00
2.4	Supressão Complementar	Verba	-
3	Obras civis		
3.1	Escarpação em terreno normal	m²	10.041,40
3.2	Escarpação em moleto	m²	47.38,70
3.3	Escarpação em terreno pantanoso	m²	27.351,48
3.4	Escarpação em terreno rochoso	m²	15,00
3.5	Relevo normal	m²	27.480,69
3.6	Relevo com solo cimento	m²	5.696,00
3.7	Terra de emprestimo	m³/Km	970,00
3.8	Concreto estrutural	m³	14.646,20
3.9	Armadura (CA-50A)	Kg	1.178.628,61
3.10	Barra ancorada com tricone / Ishebeck	m	8.072,00
3.11	Fornecimento e cravação estaca metálica	m	2.296,00
3.12	Fornecimento e cravação tirante met helicoidais	m	6.552,00
3.13	Fornecim e escavação estaca raiz - 40cm diam	m	9.838,38
3.14	Tubo proteção de haste de fundação estai - 10cm diam	m	1.130,00
3.15	Ensaio de arrancamento	unid	700,00
3.16	Instalação fio contrapeso	m	74.500,00
3.17	For. e Crav. de camisas met. para travessia do Rio Trombetas (incluindo prestação de serviço, ensaios dinâmicos e balsa canteiro)	ml	5.694,18
4	Montagem de estruturas helicoidais - série normal	Ton	12.500,00
5	Mont. de est. trel. Especiais - Travessia do Rio Trombetas	Ton	1.500,00
6	Instalação de um cabo para-raios OPGW	Km/lt	333,00
7	Instalação de cabos condutores CAL 10/65 MCM	Km/lt	327,00
8	Instal. de cabos cond. Esp. - Travessia do Rio Trombetas	Km/lt	6,00
9	Pintura de sinalização de estrutura metálica	Unid.	10,00

- Posto de combustíveis e lubrificantes;
- Oficina mecânica e almoxarifado com grande estoque de peças de reposição para máquinas, veículos e

Devido a dificuldade de logística e dos métodos construtivos peculiares em relação às formas clássicas de construção de linhas de transmissão que, via-de-regra, têm seu traçado apoiado em rodovias existentes, não foram obtidas, quando da coleta de preços, propostas completas para o referido trecho, muito embora os convites foram enviados a 24 empresas.

Ressalta-se também a falta de atratividade deste Empreendimento devido à sua complicada logística e a limitação de trabalhabilidade pela região possuir períodos de chuva desintonizados dos períodos de cheia, ou seja, as cotas dos rios são mais elevadas nos períodos de poucas chuvas e mais baixas no período de maior intensidade de chuvas, conforme relatado no item 2.0.

Esta peculiaridade de construção deste complexo trecho de linha de transmissão, conduziu à contratação da Construtora Andrade Gutierrez, recém desmobilizada, naquela ocasião, das obras do gasoduto do Coari-Manaus-AM, através de uma sistemática especial de contratação de quantidades por preço unitário.

Esta sistemática prevê o pagamento de uma logística fluvial para a chegada aos locais de construção das torres, dos materiais, equipamentos e pessoal e, a partir daí, a execução dos serviços pago na forma clássica, ou seja, quantitativos de serviços, contidos nos projetos, por preços unitários.

## 6.0 - CANTEIROS DE OBRAS

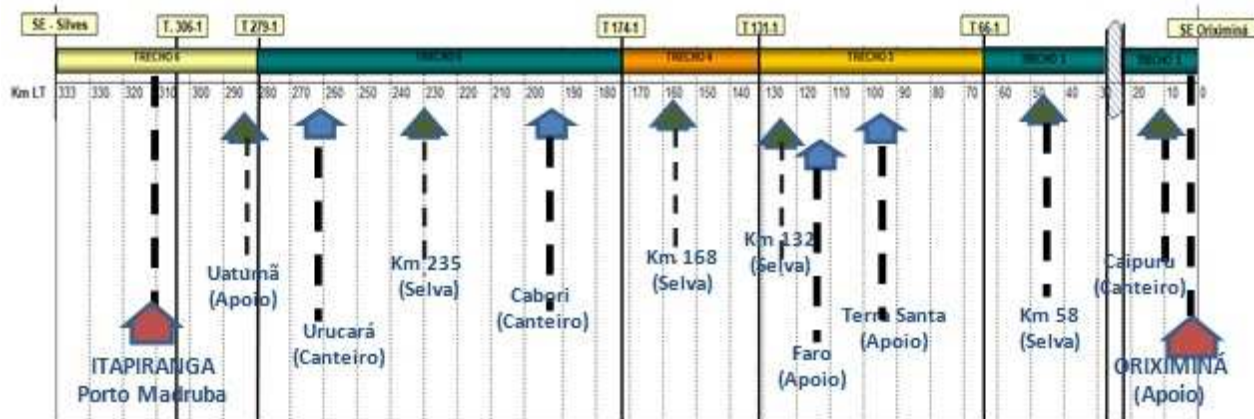
Além do pagamento de equipamentos de logística, ressaltou-se também a necessidade de pagamentos diferenciados por tipos de canteiros, devido à necessidade de implantação nos mais variados locais de 12 canteiros de obras para um trecho de linha de transmissão com 333 km de extensão, devido a descontinuidade da faixa de servidão cortada por rios, conforme **figura 5**.

Há que se destacar neste item a necessidade de implantação de Canteiros de Selva com a seguinte infraestrutura mínima :

- Unidades geradoras de 110kva para garantia do suprimento de energia elétrica;
- Refeitório – incluindo despensa com provimento de gêneros alimentícios e gás abastecido semanalmente;
- Padaria / Açougue / Alojamentos / Poço artesiano;
- Posto médico incluindo leitos de recuperação, sala de pequenas cirurgias, equipamentos médico-hospitalares, medicamentos e profissionais da área médica (médico e enfermeiro);
- Corpo de vigilantes sanitários treinados e credenciados pelas entidades sanitárias locais (SUCAM);

equipamentos;

- Pequena estrutura de lazer para atendimento aos funcionários;
- Segurança e medicina do trabalho com supervisores e médico.



**Figura 5 – Canteiros e abrangências**



**Figura 6 – Canteiro de Selva**

Nas situações nas quais a necessidade de chegada à Faixa deveria ser imediata foi notória a utilização de barcos e balsas com alojamentos.



**Figura 7 – Balsa Alojamento**

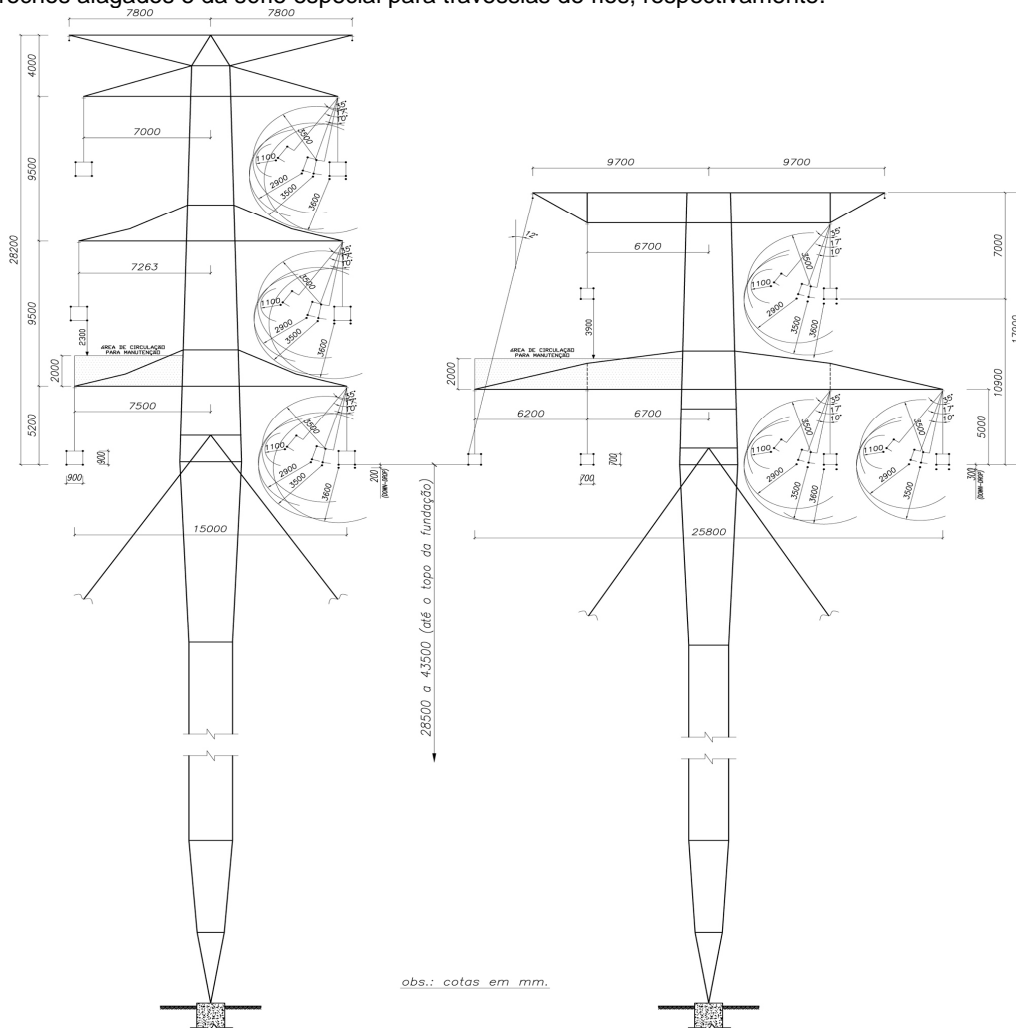
## 7.0 - ESCOLHA DA SÉRIE DE ESTRUTURAS

Devido às relatadas condições adversas de logística, o estudo para escolha de série de Estruturas constituiu-se em fator essencial para a redução dos prazos de construção, minimização dos impactos ambientais e a consequente redução de custos.

Os tipos estruturais mais frequentes para torres de circuito duplo, para a classe de tensão em 500 kV, são os em disposição vertical ou triangular das fases, utilizando-se sempre soluções de torres autoportantes. Para a situação requerida da LT, que tem uma grande extensão e está em uma região de difícil acesso, a redução de peso e a facilidade de transporte e construção tornaram-se fatores importantes para se estudar uma solução alternativa que possibilitasse bom desempenho e baixo impacto ambiental associados ao menor custo possível para o empreendimento. Partiu-se, então, para o estudo de soluções de torres estaiadas monomastro com disposição das fases na vertical e com disposição triangular de fases tipo Danúbio.

A **Figura 8** apresenta as configurações finais estudadas das estruturas estaiadas vertical e Danúbio, respectivamente. A solução Danúbio, inédita na classe de tensão 500 kV, permitiu a obtenção do mesmo SIL (1200 MW) da disposição vertical através de uma menor expansão do feixe de condutores. Enquanto que na solução vertical o feixe foi de 900 mm, na solução Danúbio foi de 700 mm. Adicionalmente, foram feitos estudos econômicos comparativos entre as duas soluções, apontando a vantagem da disposição Danúbio em relação ao peso das estruturas, cargas sobre fundações e ao desempenho elétrico.

Após a escolha da solução estrutural mais econômica partiu-se para a definição das séries de estruturas da LT, levando-se em consideração as particularidades da região, tais como, matas com grandes alturas, diversos trechos com áreas alagadas e grandes rios. As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam as estruturas da série normal, da série para matas e trechos alagados e da série especial para travessias de rios, respectivamente.



**Figura 8 - Torres Estaiadas Monomastro Vertical e Danúbio**

**Tabela 2 – Série de Estruturas Normal**

Torre	Aplicação	Ângulo (°)	Vão médio (m)	Vão gravante (m)	Alt. útil máx. (m)
OCEL	Estaiada de suspensão leve	0/2	550	700	43,5
OCEM	Estaiada de suspensão média	0/2	650	850	43,5
OCSL	Autoportante de suspensão leve	0/2	550	700	43,5
OCSM	Autoportante de suspensão média	0/2	650	850	43,5
OCSL8	Autoportante de suspensão pesada	0/5	750	950	49,5
OCAA	Ancoragem meio de linha	30	400	1000	40,5
OCAT	Ancoragem meio de linha e terminal	60	400	1000	34,5
OCTR	Autoportante de susp. p/ transposição	0/2	650	850	43,5

**Tabela 3 – Série de Estruturas para Matas e Trechos Alagados**

Torre	Aplicação	Ângulo (°)	Vão médio (m)	Vão gravante (m)	Alt. útil máx. (m)
OCEM-E	Estaiada de suspensão média especial	0/2	650	850	49,5
OCSM-E	Autoportante de suspensão média especial	0/2	650	850	63,0
OCSL8	Autoportante de suspensão pesada	0/2	800	1000	64,0

**Tabela 4 – Série de Estruturas para Travessias de Rios**

Torre	Aplicação	Ângulo (°)	Vão médio (m)	Vão gravante (m)	Alt. útil máx. (m)
GTS	Autoportante de suspensão - CD	0	1700	1850	152,35
GTA	Autoportante de ancoragem - CS	20	800	600	34,0

Para a série normal foram desenvolvidas duas torres estaiadas com grandes vãos médios (550m e 650m) e elevada altura útil máxima (43,5 m). Com a utilização destas estruturas foi possível obter na plotação da LT um vão médio elevado de 563 m e 507 m, respectivamente para os trechos Oriximiná / Silves e Silves / Lechuga, reduzindo-se assim o número de estruturas, as obras civis de fundações e o impacto ambiental na região. É também importante ressaltar que a utilização de torres estaiadas (73,61% no trecho Oriximiná / Silves e 78,28% no trecho Silves / Lechuga) possibilitou a redução do peso total da LT em aproximadamente 27% em relação ao peso total de 21.279 t (39t/km), sem a travessia do Rio Trombetas, obtendo-se uma economia de peso de 5.804 ton. Esta redução de peso significa também redução de impacto ambiental, pois este montante de material deixou de ser fabricado, transportado e montado.

Para travessias sobre matas foram desenvolvidas duas torres especiais, uma estaiada (OCEM-E) e uma autoportante de suspensão (OCSM-E), ambas com aplicações similares às da série normal, porém com alturas úteis maiores.

Adicionalmente, foi também desenvolvido o projeto de uma torre (OCSL8) com elevado vão médio (800 m) e grande altura útil (64 m), principalmente para aplicação nos trechos alagados. Tinha-se como propósito aumentar o vão médio nestes trechos, reduzindo-se o número de estruturas e a quantidade de fundações, pois pensava-se que com estas reduções haveria diminuição do custo global. Para dirimir dúvidas a respeito da economia com a utilização desta torre resolveu-se desenvolver um interessante estudo técnico-econômico utilizando-se duas alternativas de locação nos trechos alagados:

**Alternativa 1:** torre de suspensão OCSL8 e ancoragens da série normal (OCAA e OCAT);

**Alternativa 2:** torres da série normal (OCSL, OCSM, OCSL, OCAA e OCAT).

Os resultados das alternativas 1 e 2 são apresentados na Tabela 5 e indicam menores custos (redução de ~27%) com a utilização da série normal tanto nas fundações quanto nas estruturas, apesar do maior número de estruturas utilizadas. Portanto, nos trechos alagados foram também utilizadas as estruturas autoportantes da série normal e a torre OCSL8 foi utilizada somente em locais de travessias de obstáculos com necessidade de grandes vãos.

**Tabela 5 – Resultados da Plotação para os Trechos Alagados**

Alternativa	Extensão (m)	Torres			Preço fundações (R\$)	Preço estruturas (R\$)	Preço total (R\$)
		Quantidade	Vão médio (m)	Peso (kgf)			
1	61.069	88	678	3.695.453	74.484.284	18.477.265	92.961.549
2	61.069	100	601	2.718.020	54.268.356	13.590.100	67.858.456
Diferença	-	+13,6%	-11,4%	-26,4%	-27,1%	-26,4%	-27,0%

## 8.0 - CONCLUSÃO

Não obstante, na viabilidade e na composição dos custos deste Empreendimento desde à época do Leilão 004/2008 e em época anterior nos Estudos promovidos pela Empresa de Planejamento Elétrico-EPE levou-se em conta também aspectos de logística e ambiental, somente na fase executiva da implantação é que são



efetivamente delineadas, equacionadas e parametrizadas as dificuldades relacionadas à acessibilidade, isolamento e minimização dos impactos ambientais da Região Amazônica.

Por outro lado, a natureza não é exata. O projeto, planejamento e plano de logística sofreram diversas adequações devido às surpresas naturais como a ocorrida em 2011 quando o nível dos rios se comportaram de forma totalmente diferente ao de 2010 e tivemos em 2011 uma diferença a maior de cotas de 5 metros em relação a 2010.

Há que se ressaltar que o Licenciamento Ambiental tem também caráter preliminar no que concerne à fase executiva, uma vez que somente sua obtenção determina o ponto de partida para qualquer intervenção direta a ser feita na faixa de servidão da linha de transmissão.

É evidente que apenas durante a execução dos serviços de campo, desde a implantação do traçado, com estudos topográficos e geológicos, é que são conhecidas as reais características dos solos, a vegetação e, no caso específico desta linha de transmissão, os parâmetros logísticos, fazendo-se os necessários ajustes destes quesitos.

Este aspecto não se constitui em fato excepcional, mas na regra inerente ao sequenciamento das etapas de implantação de uma linha de transmissão atualmente em nosso país.

## **9.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

[1] XIV - ERIAC - Grupo 3: LT-500Kv-CD-Oriximiná / Silves / Lechuga – Solução Estrutural com Torre Estaiada Monomastro

**10.0 - DADOS BIOGRÁFICOS**

**AMAURY SALIBA** graduou-se em Engenharia Civil em 1977, pela Faculdade de Engenharia de Barretos-SP e pós-graduou no Mestrado de Hidrologia no INPE-Instituto de Pesquisas Espaciais-SJ Campos-SP. Trabalhou 7 anos como Engenheiro Residente de Obras de Construção de Linhas de Transmissão em duas Empreiteiras brasileiras. É funcionário de Carreira da Eletrobrás Eletronorte desde 1985, onde trabalhou na Área de Construção e Montagem Eletromecânica e exerceu o cargo de Gerente de Projetos de Linhas de Transmissão. Desde 2009, exerce o cargo de Diretor nas SPEs Manaus Construtora (LT-500KV-Oriximiná/Silves/Lechuga-Manaus) e Construtora Integração (LT+/-600KV-Pvelho/Araraquara-Bipolo 2).



**EVANDRO PACHECO MAGALHÃES** graduou-se em Engenharia Elétrica em 1991, pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. É funcionário da Construtora Andrade Gutierrez. Atuou durante 25 anos na Inelto S/A - Construções e Comércio em Projeto e Construção de Redes de Distribuição, Linhas de Transmissão e Subestações. Há oito anos atua na Construtora Andrade Gutierrez na área de Energia como Gerente Técnico - Comercial, sendo responsável pelo Desenvolvimento de Negócios de Construção de Linhas de Transmissão.



**MÁRIO NOBURU TAKAI** graduou-se em Engenharia Elétrica em 1974, pela Escola Politécnica de São Paulo -SP . Trabalhou 15 anos como Engenheiro de Projeto de Linhas de Transmissão na Themag Engenharia. É funcionário de Carreira da Eletrobrás Eletronorte desde 1989, onde trabalha na Área de Projetos de Linhas de Transmissão-EETL.



**PAULO RICARDO RALO LIBERATO DA SILVA** graduou-se em Engenharia Civil em 1977, pela Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Atuou como Engenheiro Projetista de Estruturas Metálicas para Linhas de Transmissão e Subestações na empresa Morrison Knudsen de Engenharia, no período de 1977 a 1986, e na empresa Mendes Júnior Montagens e Serviços, no período de 1987 a 1994. Foi professor da Cadeira de Estruturas Metálicas do curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da UFMG, no período de 1978 a 1993. A partir de 1995, atua como sócio diretor da Engetower Engenharia, cujo escopo principal de serviços é a Elaboração de Projetos de Estruturas Metálicas para LT's e SE's.