

<i>Rev.</i>	<i>Data</i>	<i>Descrição</i>	<i>Por</i>	<i>Aprovação</i>
0B	24/09/2013	Complementação torres	MF	SA
0A	03/05/2013	Emissão Inicial	MF	SA

 <b>TRIÂNGULO MINEIRO</b> <b>TRANSMISSORA</b>	Nome da Obra							
	<b>LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS</b>							
 <b>TACTA</b> <b>WINCOMISA</b> <small>Indústria Construções e Montagens Inpelec S.A.</small>	Título do Documento							
	<b>MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES</b>							
<i>Projeto</i>	MARCOS F.	24/09/2013	<i>Nº</i>	<b>311-006-MF-4-B</b>	<i>Rev</i>	0B	<i>Folha</i>	1/13
<i>Aprovação</i>	SÉRGIO A.	24/09/2013	<i>Sit.Proj.</i>	Básico	<i>Clas.Proj.</i>	Eletromecânico		
<i>Responsável</i>	SÉRGIO A.	24/09/2013						

---

## ÍNDICE

1. OBJETIVO	3
2. INVESTIGAÇÃO DOS SOLOS	4
3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES	6
4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES	8
5. DIMENSÕES DAS FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS	10
6. REFERÊNCIAS	11
7. DETALHES TÍPICOS	12

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 2/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

---

## 1. OBJETIVO

Definir os parâmetros preliminares dos solos e as características típicas das fundações a serem utilizadas em solos normais na LT 500kV Marimbondo - Assis.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 3/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

---

## 2. INVESTIGAÇÃO DOS SOLOS

### 2.1. Serviços a serem executados

Será elaborado um programa de investigações geotécnicas ao longo de todo o traçado da linha, de forma a se obter um conhecimento bem fundamentado das características dos solos encontrados na região. A quantidade de pontos, profundidade e locais serão definidos em função da rota definida, do número de vértices e do comprimento dos alinhamentos, bem como dos conhecimentos de pontos notáveis detectados por inspeção visual. Após a elaboração do projeto executivo, serão feitas investigações nos locais de cada torre para determinar a fundação mais adequada a cada caso.

Os serviços que estarão incluídos nas investigações de solo são:

- I. Inspeção Visual e Sondagens a Trado
- II. Sondagens SPT
- III. Poços de Inspeção

### 2.2. Inspeção Visual e Sondagens a Trado

Serão executadas nos pontos onde serão instaladas as estruturas das LT's, visando classificar, de forma exata, o solo do local.

A inspeção visual deve ser precedida por um exame criterioso dos desenhos de planta e perfil, que fornecem informações importantes sobre o solo da região (se alagadiço ou inundável, banhado, brejo, afloramento de rocha, erosão, rios, valetas, vegetação, etc).

A inspeção visual "in loco" deve complementar as informações fornecidas pelos desenhos de planta e perfil, no que se refere às formas de erosão, tipo de vegetação, tonalidade da cor do solo e nome genérico pelo qual o solo é conhecido na região.

Como parte da sondagem a trado e/ou poço de inspeção, deve ser obrigatoriamente determinado o peso específico natural do solo, nas profundidades de um e dois metros.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 4/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

### 2.3. Sondagens SPT

Serão obrigatórias as sondagens SPT nos seguintes locais:

- I. estruturas em ângulo
- II. locais indicativos de solo fraco (brejos, banhados, áreas inundáveis)
- III. no mínimo de dez em dez torres em trechos longos em alinhamento.

As sondagens SPT devem ir, pelo menos, até 12 m de profundidade ou até atingir a camada impenetrável. Em solos muito fracos, a sondagem deverá atingir, obrigatoriamente, a camada impenetrável.

### 2.4. Poços de Inspeção

Devem ser executados em todos os locais onde houver indícios de que a camada rochosa ocorre a baixa profundidade, ou seja, acima do nível previsto para o fundo das escavações das fundações para solos normais.

Poderão ser executados também em outros locais, como substituto ou complemento à sondagem a trado, respeitado o especificado no item 2.2 acima.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 5/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

### 3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

#### 3.1. Fundações para Solos Normais

Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltsos ou mistos (argilosiltosos, areno-argilosos, etc.) sem presença de água ou de rocha até o nível da base da escavação das fundações.

Para esses solos, é prevista como alternativa preferencial a instalação de fundações em tubulões verticais com base em sino ou retos, em concreto armado.

Para solos nos quais a alternativa em tubulões for inadequada, é prevista a instalação de fundações em sapatas com fuste inclinado, em concreto armado.

#### 3.2. Fundações para Solos Especiais

Em outros tipos de solos, aí compreendidos solos fortes, como rocha sã e rocha fraturada aflorada ou a baixa profundidade, solos fracos e solos com nível d'água elevado, deverão ser instaladas fundações especiais.

Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou sapatas em concreto armado, atirantados na rocha.

Para rocha aflorada, poderá ser utilizado, como alternativa e desde que seja possível escavá-la, tubulão curto em concreto armado engastado diretamente na rocha.

Para solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado, cravadas ou moldadas in loco, coroadas por blocos de concreto armado independentes ou interligados por vigas horizontais.

O detalhamento dessas fundações será desenvolvido na fase do projeto executivo, quando forem conhecidas as características do solo dos locais onde serão instaladas as estruturas e definidos os métodos construtivos.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 6/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

### 3.3. Parâmetros Básicos dos Solos

As características dos solos a serem efetivamente utilizadas no projeto das fundações típicas serão selecionadas com base nos resultados das investigações descritas no capítulo 2 anterior.

Para o presente memorial, que visa apenas definir dimensões típicas para as fundações, adotou-se, como base, as características geotécnicas indicadas a seguir, que serão representativas dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

Característica	Solo Normal	Solos Especiais		
		Rocha	Com água	Muito fraco
Coesão (kgf/cm <sup>2</sup> )	0,2 a 0,4	-	0,1	-
Ângulo de atrito (°)	20 a 30	-	10	-
Peso específico (tf/m <sup>3</sup> )	1,4 a 1,8	2,0	1,0	1,0
Compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	1,0 a 3,0	6,0 a 20,0	0,8	-
Ângulo do cone (°)	20 a 30	45	15	-
Nº de golpes, SPT em areia	≤ 18	-	≤ 5	-
Nº de golpes, SPT em argila	≤ 15	-	≤ 4	-

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 7/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B			

---

## 4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

### 4.1. Cargas Atuando nas Fundações

As cargas atuando nas fundações serão obtidas a partir das memórias de cálculo das estruturas que compõem as séries a serem utilizadas.

As cargas máximas de tração, compressão e horizontais associados (transversais e longitudinais), consideradas nas suas combinações mais desfavoráveis, serão multiplicadas por um fator de sobrecarga adicional de 1,10.

As novas cargas assim obtidas serão utilizadas para o dimensionamento das fundações e o cálculo das estruturas de concreto armado.

### 4.2. Dimensionamento das Fundações

O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo Eng.Y.Barraud (EDF), associada ao método clássico do cone de arrancamento.

O dimensionamento à compressão levará em consideração as cargas horizontais associadas e os correspondentes momentos atuando sobre a base da fundação, resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta.

### 4.3. Dimensionamento do Concreto Armado

Para dimensionamento do concreto armado, serão utilizados os valores indicados na tabela apresentada na folha seguinte. Todos os valores constantes da referida tabela aplicam-se ao estado limite último do concreto armado.

Vale destacar que esses valores são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações, constante do item 4.1 anterior.

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 8/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

<b>Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado Valor Adotado</b>	
Deformação específica do concreto comprimido	$\varepsilon_c \leq 3,5 \text{ ‰}$
Deformação específica da armadura tracionada	$\varepsilon_s \leq 10 \text{ ‰}$
Resistência à compressão do concreto	
Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 18 \text{ MPa}$
Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
Concreto simples	$f_{ck} \geq 9 \text{ MPa}$
Tensão de cálculo no concreto	$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\delta_c}$
	$\delta_c = 1,4$
Tensão de cálculo no aço	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s}$
	$\delta_s = 1,15$
Tensão de cálculo nos chumbadores	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s}$
	$\delta_s = 1,5$
Aço da armadura	CA 50A ou CA 60A
Cobrimento da armadura	4 cm

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS			FOLHA: 9/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B			

## 5. DIMENSÕES DAS FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

### 5.1. Considerações Iniciais

São apresentadas nas Figuras 1 e 2 as dimensões das fundações típicas em concreto para solos normais, para a estrutura proposta para as LT's.

As dimensões indicadas devem ser consideradas como valores aproximados, a serem confirmados quando forem conhecidas as reais características dos solos da região atravessada pelas LT's.

### 5.2. Características Adotadas para os Solos

Para o dimensionamento preliminar das fundações, foram adotados dois tipos de solos normais com as seguintes características:

Característica	Solo Normal	
	Tipo I	Tipo II
Peso específico (tf/m <sup>3</sup> )	1,6	1,4
Ângulo de atrito (°)	25	20
Compressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	2,5	1,5

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 10/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

---

## 6. REFERÊNCIAS

- [1] Earth Manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- [2] Soil Mechanics in Engineering Practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- [3] CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- [4] Foundation Analysis and Design – Joseph E. Bowles.
- [5] Concreto Armado – Dimensionamento – Walter Pfeil.
- [6] Projeto Básico das Estruturas – 156-4-006

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA: 11/13	REVISÃO: 0B
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

## 7. DETALHES TÍPICOS

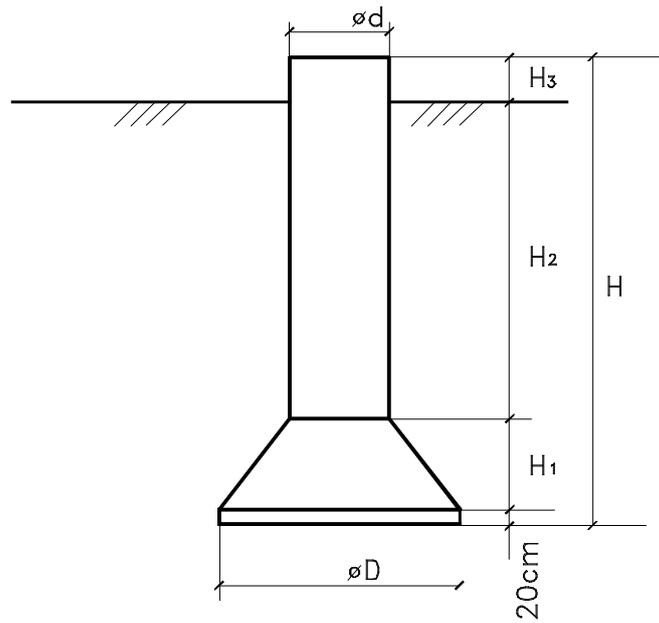


Figura 1 – Tubulão Típico

Solo Tipo	Estrutura	$\Phi d$	$\Phi D$	$H_1$	$H_2$	$H_3$ min
I	G51	0,80	2,00	1,10	1,60	0,30
	G52	0,80	2,00	1,10	1,60	0,30
	A52	0,80	2,20	1,20	1,60	0,30
	A53	0,80	2,30	1,30	1,60	0,30
	D52	1,00	2,60	1,40	2,60	0,30
	E52	1,20	2,80	1,40	2,80	0,30
II	G51	0,80	2,50	1,50	1,20	0,30
	G52	0,80	2,50	1,50	1,20	0,30
	A52	0,80	2,60	1,60	1,30	0,30
	A53	0,80	2,80	1,70	1,20	0,30
	D52	1,00	3,20	1,90	2,30	0,30
	E52	1,20	3,40	1,90	2,50	0,30

Dimensões em metro

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS		FOLHA:	REVISÃO:
				12/13
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		

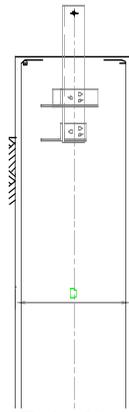


Figura 2 – Tubulão para Estai

Solo Tipo	Estrutura	$\Phi D$	$H_1$	Afloramento
I	G51	0,60	4,40 a 4,80	0,30
II	G51	0,60	5,20 a 5,60	0,30
I	G52	0,60	4,40 a 4,80	0,30
II	G52	0,60	5,20 a 5,60	0,30

Dimensões em metro

	LT 500kV MARIMBONDO - ASSIS	 	FOLHA:	REVISÃO:
				13/13
MEMORIAL DO PROJETO BÁSICO DE FUNDAÇÕES		311-006-MF-4-B		