


<b>0A</b>	<b>23/11/18</b>	<b>Emissão Inicial</b>	ISC	CFC	CFC
Nº	Data	Natureza da Revisão	Elaborado	Verificado	Aprovado
			<b>Sterlite São Francisco Energia S.A.</b>		
<b>Sterlite São Francisco Transmissão de Energia S.A.</b>					
<b>PROJETO BÁSICO – LOTE 7 – LEILÃO Nº02/2018 - ANEEL</b>					
ELAB.	VERIF.	APROV.	RESP. TÉCNICO	CREA	DATA
ISC	CFC	CFC	CC	2001301707	23/11/2018
TÍTULO					
<b>FUNDAÇÕES TÍPICAS</b>					
Nº DOCUMENTO				FOLHA	REVISÃO
<b>SF01818-LT-GNLT-G-RE-0013</b>				<b>1/18</b>	<b>0A</b>

---

**SUMÁRIO**

1.	Objetivo.....	3
2.	Campanha de Investigação de solos.....	3
2.1	<i>Programação</i> .....	3
2.2	<i>Inspeção Visual</i> .....	3
2.3	<i>Sondagens SPT</i> .....	3
2.4	<i>Poços de Inspeção</i> .....	3
3.	Tipificação dos Solos e Fundações.....	4
3.1	<i>Fundações para Solos Normais</i> .....	4
3.2	<i>Fundações para Solos Especiais</i> .....	4
3.3	<i>Parâmetros Básicos dos Solos</i> .....	4
4.	Critérios para Dimensionamento das Fundações.....	5
4.1	<i>Cargas Atuando nas Fundações</i> .....	5
4.2	<i>Dimensionamento das Fundações</i> .....	5
4.3	<i>Dimensionamento do Concreto Armado</i> .....	5
5.	Série de Estruturas.....	6
6.	Referências.....	6
7.	Figuras.....	7
7.1	<i>Estaiada – estai</i> .....	7
7.2	<i>Estaiada – mastro</i> .....	11
7.3	<i>Autoportantes</i> .....	15

## **1. OBJETIVO**

Definir as características construtivas das fundações típicas a serem utilizadas em solos normais no projeto da LTs 500 kV, circuito simples, Porto Sergipe – Olindina, 180 km, e Olindina – Sapeaçu, 207 km, integrantes do lote 7 do Edital de Leilão nº02/2018 ANEEL.

## **2. CAMPANHA DE INVESTIGAÇÃO DE SOLOS**

### **2.1 PROGRAMAÇÃO**

Tão logo tenha sido concluído o projeto de plotação inicial deve ser programada uma campanha de investigação dos solos nos locais onde serão instaladas as estruturas. Essa campanha deve incluir, pelo menos, as seguintes investigações:

- a) Inspeção Visual;
- b) Sondagens SPT;
- c) Poços de Inspeção.

### **2.2 INSPEÇÃO VISUAL**

Deve ser executada em todos os pontos onde serão instaladas as estruturas da LT visando classificar de forma expedita o solo do local (1).

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

A inspeção visual “in situ” 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.

### **2.3 SONDAGENS SPT**

Devem ser executadas nos seguintes locais:

- a) Estruturas em ângulo;
- b) Locais indicativos de solo fraco (brejos, banhados, áreas inundáveis);
- c) Pelo menos uma a cada duas Torres em trechos longos em alinhamento.

As sondagens SPT devem ir, pelo menos, até 15,45 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 poços de inspeção nos pontos onde não forem viáveis a realização de sondagem SPT devido a dureza do solo local.

A dimensão mínima do poço a ser aberto será de 1,20 m. De preferência, para maior segurança e rendimento, a sua forma deverá ser circular.

A escavação do poço poderá ser mecanizada se forem tomadas todas as precauções para que a velocidade de escavação possibilite a observação das diversas camadas atravessadas.

Deverão ser indicadas nos boletins de sondagens a classificação dos solos encontrados nas diversas camadas e as profundidades correspondentes e classificação da rocha.

### 3. TIPIFICAÇÃO DOS SOLOS E FUNDAÇÕES

#### 3.1 FUNDAÇÕES PARA SOLOS NORMAIS

Consideram-se como normais os solos argilosos, arenosos, siltosos ou mistos (argilo-siltosos, areno-argilosos, etc.) com ou sem presença de água e rocha abaixo do nível da base da escavação das fundações.

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

Para solos em que a alternativa em tubulões se mostrar inadequada é prevista a instalação de fundações em sapatas de concreto.

Para rocha sã ou pouco fraturada é prevista a instalação de tubulões curtos ou blocos em concreto armado ancorados na rocha. Nos locais em que seja possível escavar a rocha poderá ser utilizado como alternativa fundação em tubulão curto em concreto armado engastado diretamente na rocha.

#### 3.2 FUNDAÇÕES PARA SOLOS ESPECIAIS

Nos solos muito fracos, com ou sem presença d'água a baixa profundidade, é prevista a instalação de estacas metálicas ou de concreto armado 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 selecionados os métodos construtivos mais adequados às condições locais.

#### 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 da Campanha de Investigação de Solos descrita no capítulo 2 anterior.

Para o presente relatório, o qual visa apenas definir dimensões aproximadas para as fundações típicas, foram adotadas as características geotécnicas indicadas a seguir, as quais são representativas (2) dos solos descritos nos itens 3.1 e 3.2 anteriores.

**Tabela 1 – Características geotécnicas adotadas**

<b>Característica</b>	<b>Solo Normal</b>	<b>Com água</b>	<b>Rocha</b>
Coesão (kg/cm <sup>2</sup> )	0 a 0,4	0,1	
Ângulo de atrito	10° a 35°	10°	35° a 45°
Peso específico (t/m <sup>3</sup> )	1,2 a 1,7	1,0	2,0 a 2,8
Compressão (kg/cm <sup>2</sup> )	1,0 a 3,5	0,8	5,0 a 15,0
<b>Característica</b>	<b>Solo Normal</b>	<b>Com água</b>	<b>Rocha</b>
Nº de golpes SPT	20 ≤ N <sub>spt</sub>	10 ≤ N <sub>spt</sub> ≤ 19	N <sub>spt</sub> ≤ 9

#### 4. CRITÉRIOS PARA DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

##### 4.1 CARGAS ATUANDO NAS FUNDAÇÕES

As cargas atuando nas fundações serão as indicadas nas memórias de cálculo das torres que compõem a série a ser utilizada (6). Tais cargas já incluem todos os fatores de segurança adotados no projeto estrutural das torres.

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 dimensionamento das fundações e cálculo das estruturas de concreto armado.

##### 4.2 DIMENSIONAMENTO DAS FUNDAÇÕES

O dimensionamento à tração (arrancamento) usará a metodologia (3) desenvolvida pelo professor J. Biarez (Universidade de Grenoble) e pelo eng<sup>o</sup>. 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 atuantes sobre a base da fundação resultando em um caso de dimensionamento por flexão composta (4).

##### 4.3 DIMENSIONAMENTO DO CONCRETO ARMADO

Para dimensionamento do concreto armado (5) serão utilizados os valores constantes da tabela apresentada a seguir, todos referidos ao estado limite último.

Os valores indicados são compatíveis com o critério adotado no cálculo das cargas atuando nas fundações conforme item 4.1 anterior.

**Tabela 2 – Valores utilizados no dimensionamento do concreto armado**

<b>Crítérios de Dimensionamento do Concreto Armado</b>	<b>Valor Adotado</b>
Deformação específica do concreto comprimido	$\epsilon_c \leq 3,5\%$
Deformação específica da armadura tracionada	$\epsilon_s \leq 10\%$
Resistência à compressão do concreto	
c.1) Concreto moldado "in situ"	$f_{ck} \geq 20 \text{ MPa}$
c.2) Concreto pré-moldado	$f_{ck} \geq 25 \text{ MPa}$
c.3) Concreto ciclópico	$f_{ck} \geq 8 \text{ MPa}$
c.4) 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	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s}$ $\delta_s = 1,15$

<b>Critérios de Dimensionamento do Concreto Armado</b>	<b>Valor Adotado</b>
Tensão de cálculo nos chumbadores	$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\delta_s}$
Aço da armadura	$\delta_s = 1,5$ CA 50A ou CA 60A
Cobrimento da armadura	5 cm

## 5. SÉRIE DE ESTRUTURAS

**Tabela 3 – Série de estruturas**

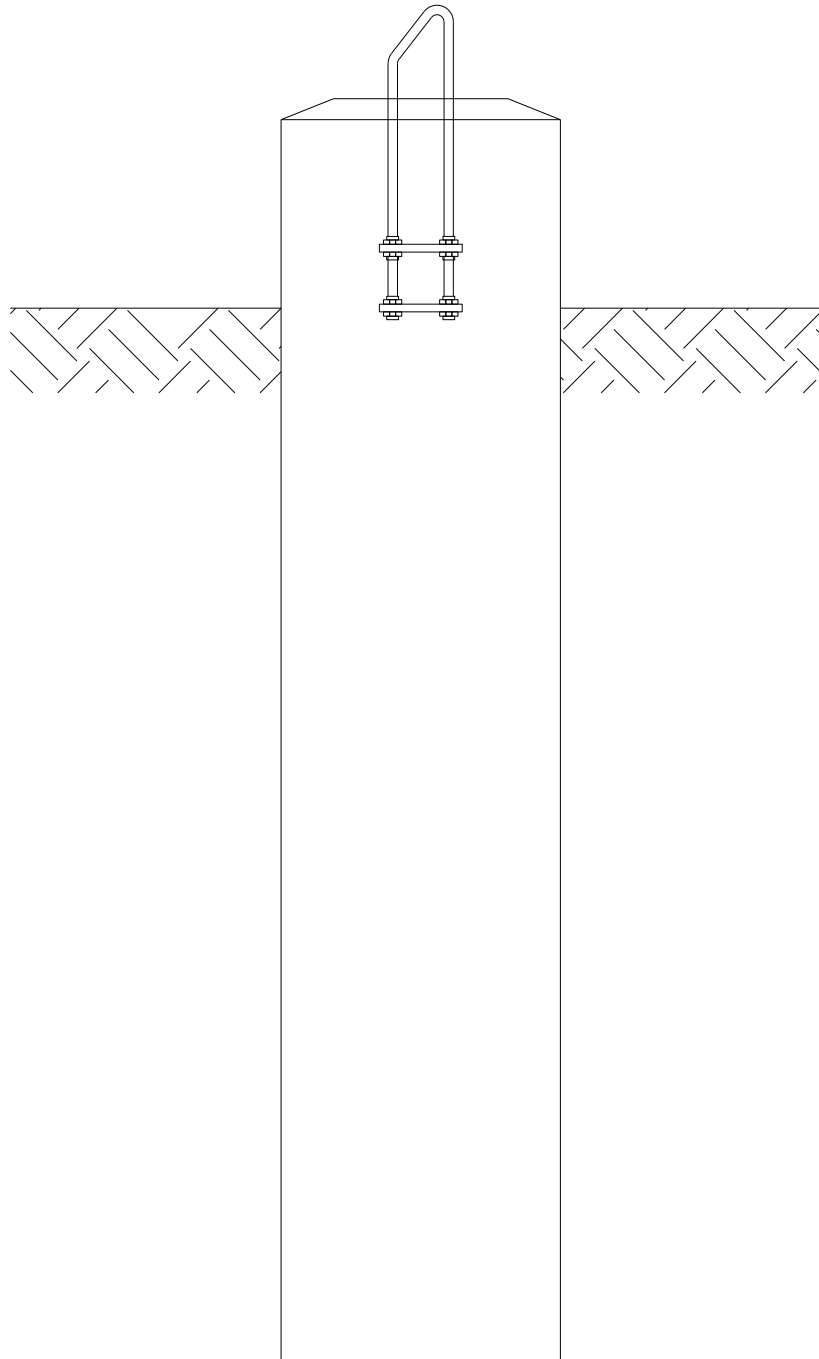
<b>Tipo</b>	<b>Aplicação</b>
PSES	Suspensão estaiada em alinhamento e ângulo até 1°
PSSL	Suspensão autoportante leve em alinhamento e ângulo até 1°
PSSP	Suspensão autoportante pesada em alinhamento e ângulo até 5°
PSST	Suspensão autoportante transposição em alinhamento e ângulo decorrente do giro das fases de até 4°
PSAA	Ancoragem em ângulo até 20°
PSAT	Ancoragem em ângulo até 60° e terminal em ângulo até 20°

## 6. REFERÊNCIAS

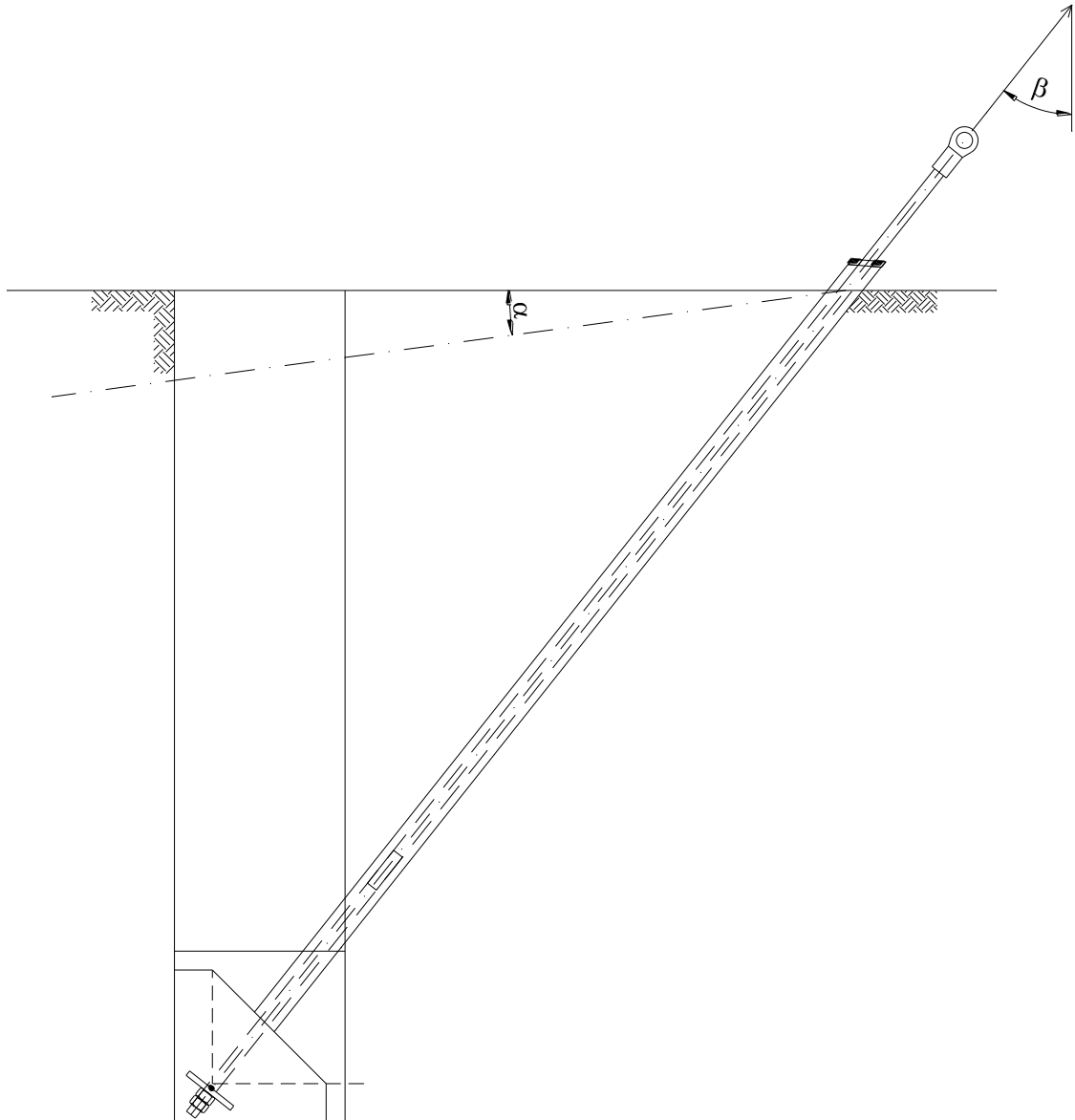
- 1 Earth manual, publicado pelo United States Department of the Interior – Bureau of Reclamation.
- 2 Soil mechanics in engineering practice – Karl Terzaghi e Ralph B. Peck.
- 3 CIGRÉ 22-06/1968 – The use of soil mechanics methods for adapting tower foundations to soil conditions – J. Biarez e Y. Barraud.
- 4 Foundation analysis and design – Joseph E. Bowles.
- 5 Concreto armado – dimensionamento – Walter Pfeil.
- 6 Relatório SF01818-LT-GNLT-G-RE-0010 - SERIE DE ESTRUTURAS E CARREGAMENTO.

**7. FIGURAS**

**7.1 ESTAIADA – ESTAI**

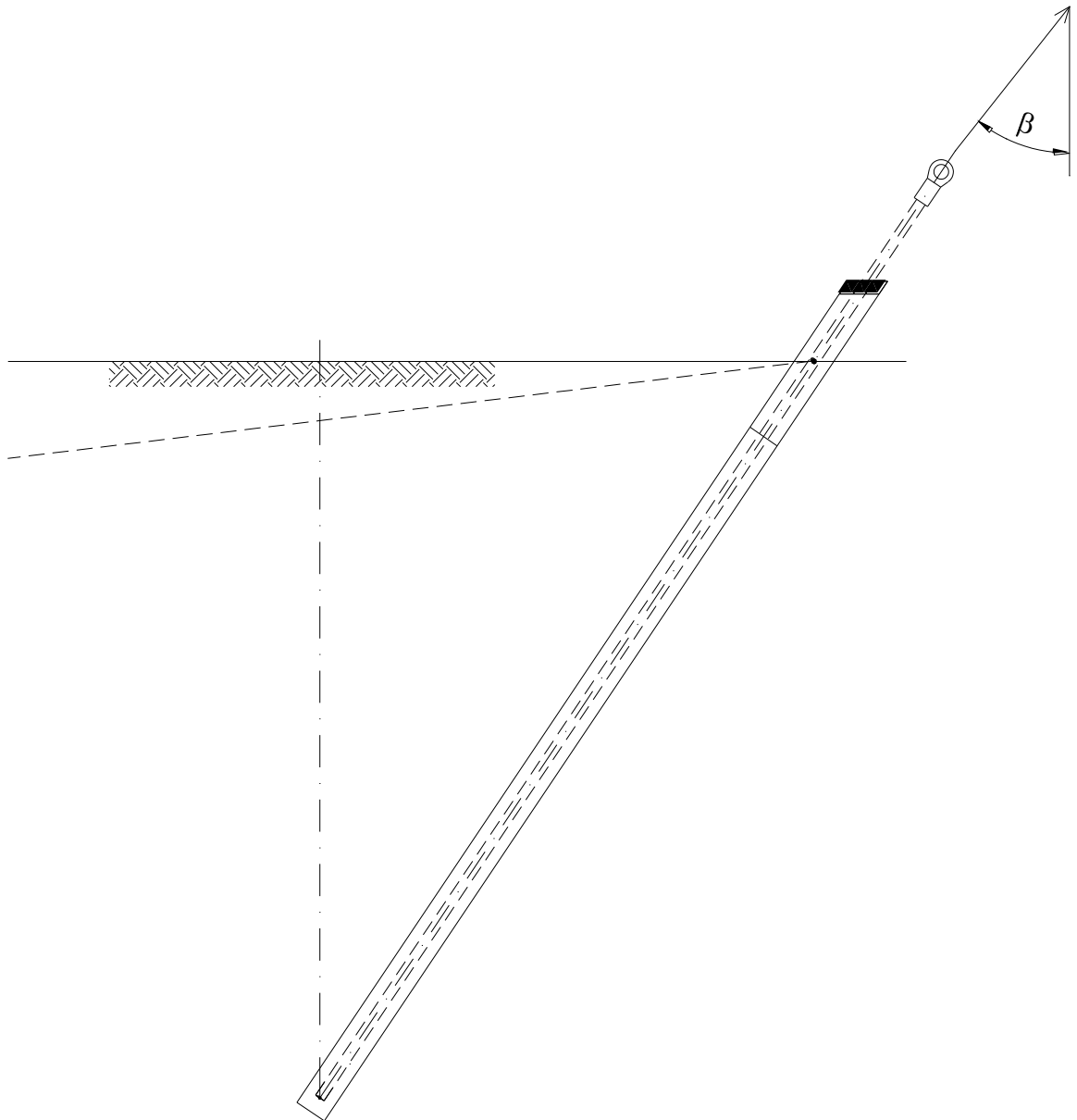


Fundação em tubo sem base alargada para os estais

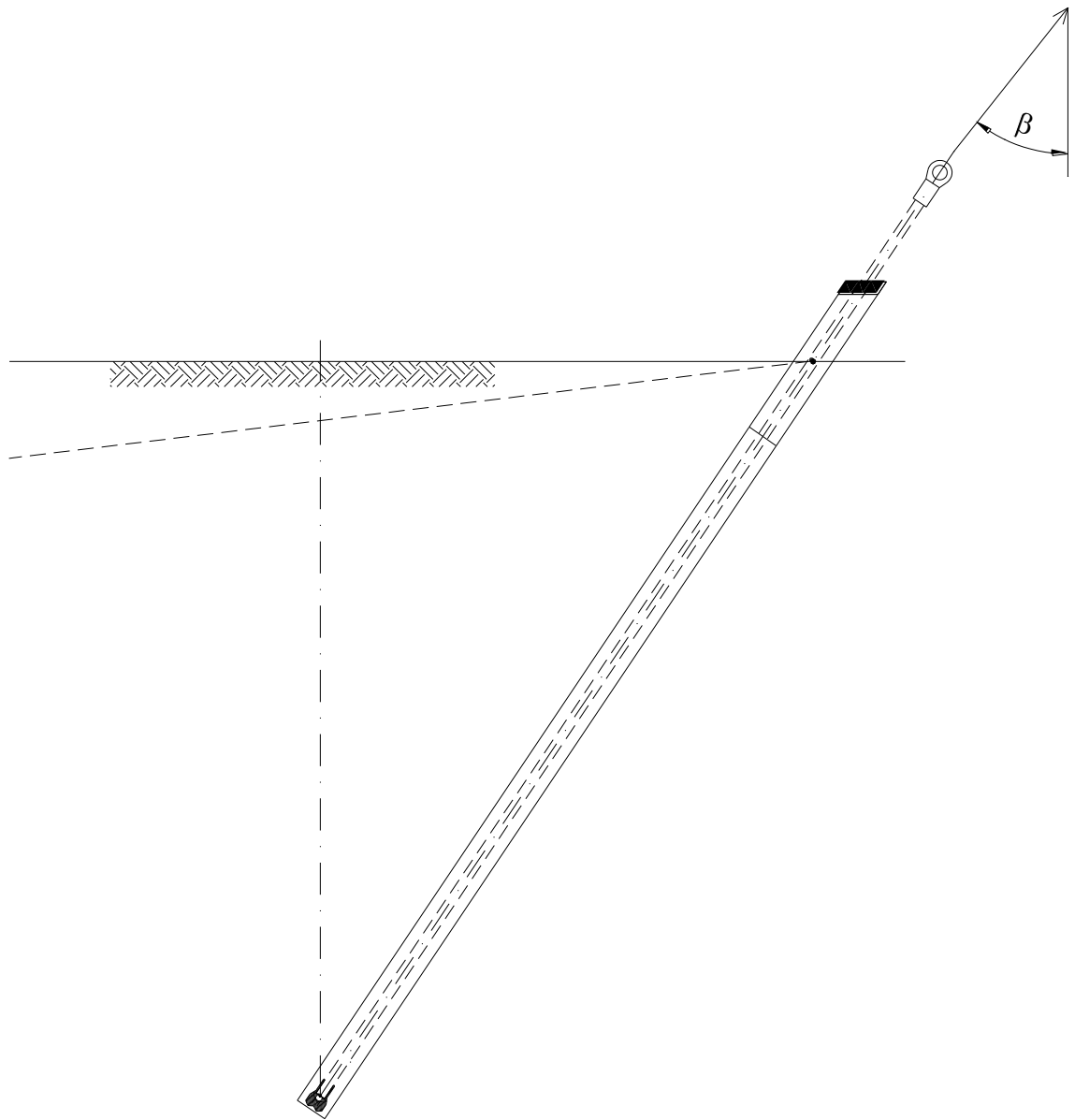


Fundação em viga pré-moldada para os estais

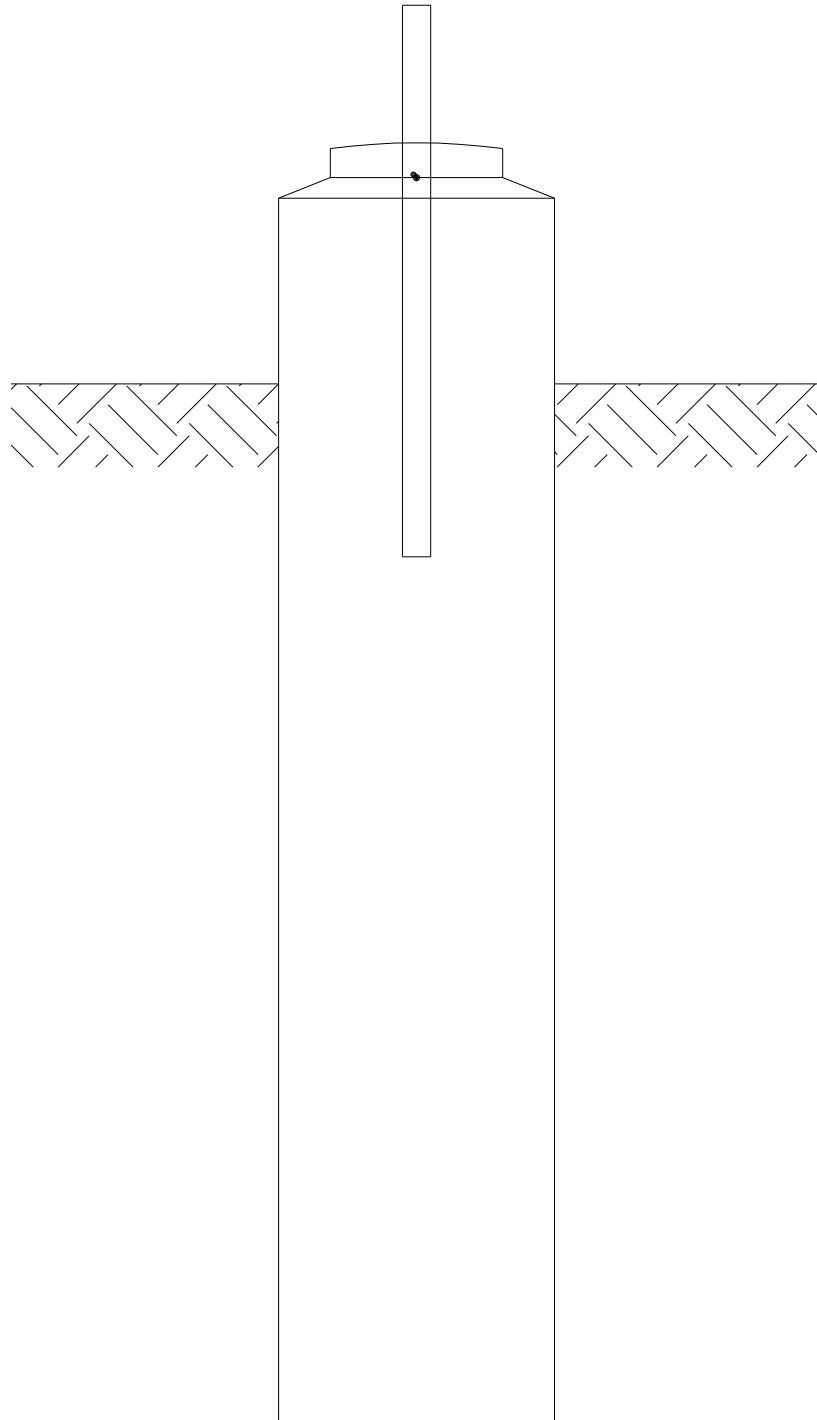




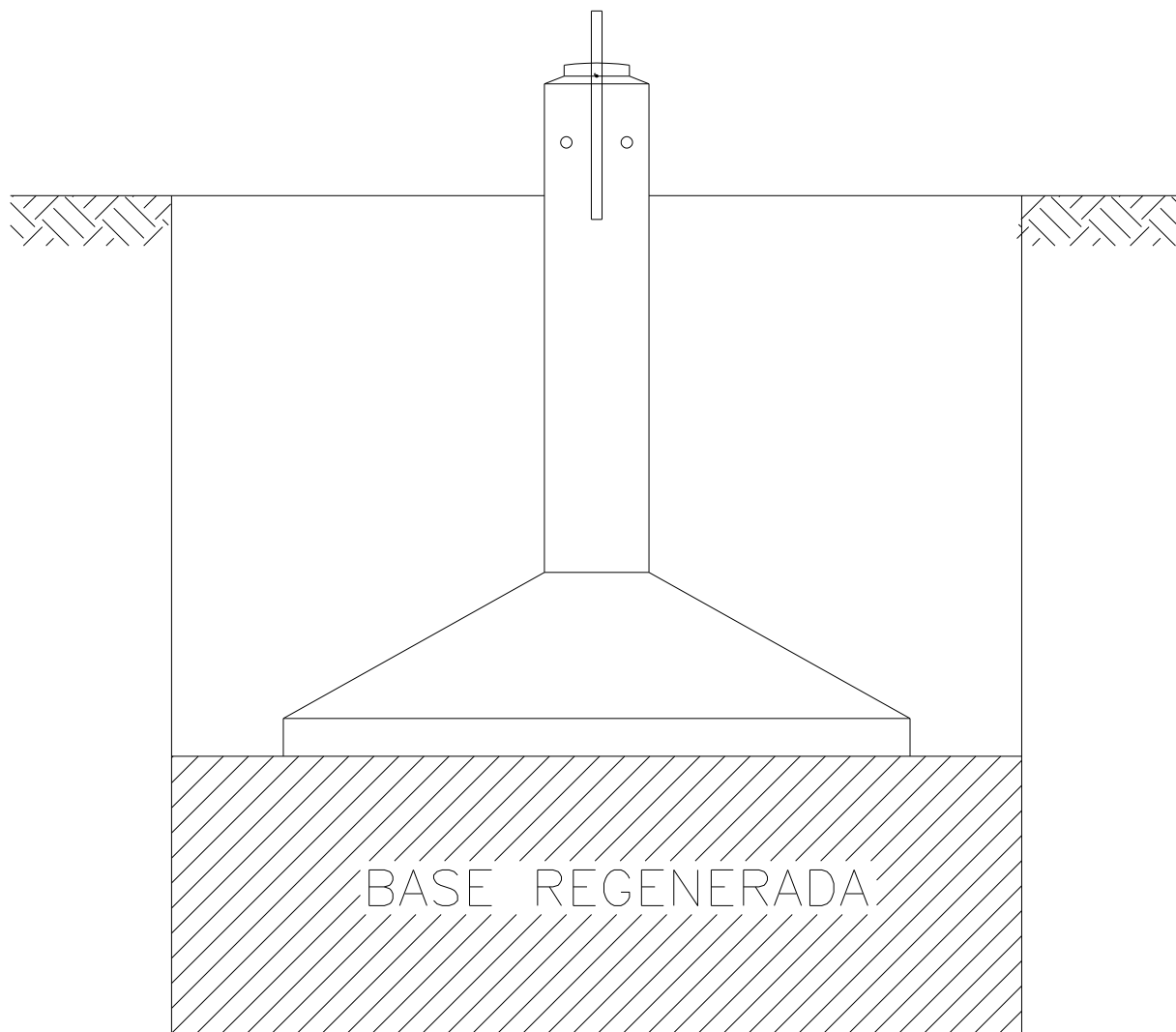
Fundação em barra ancorada sem tricône para os estais

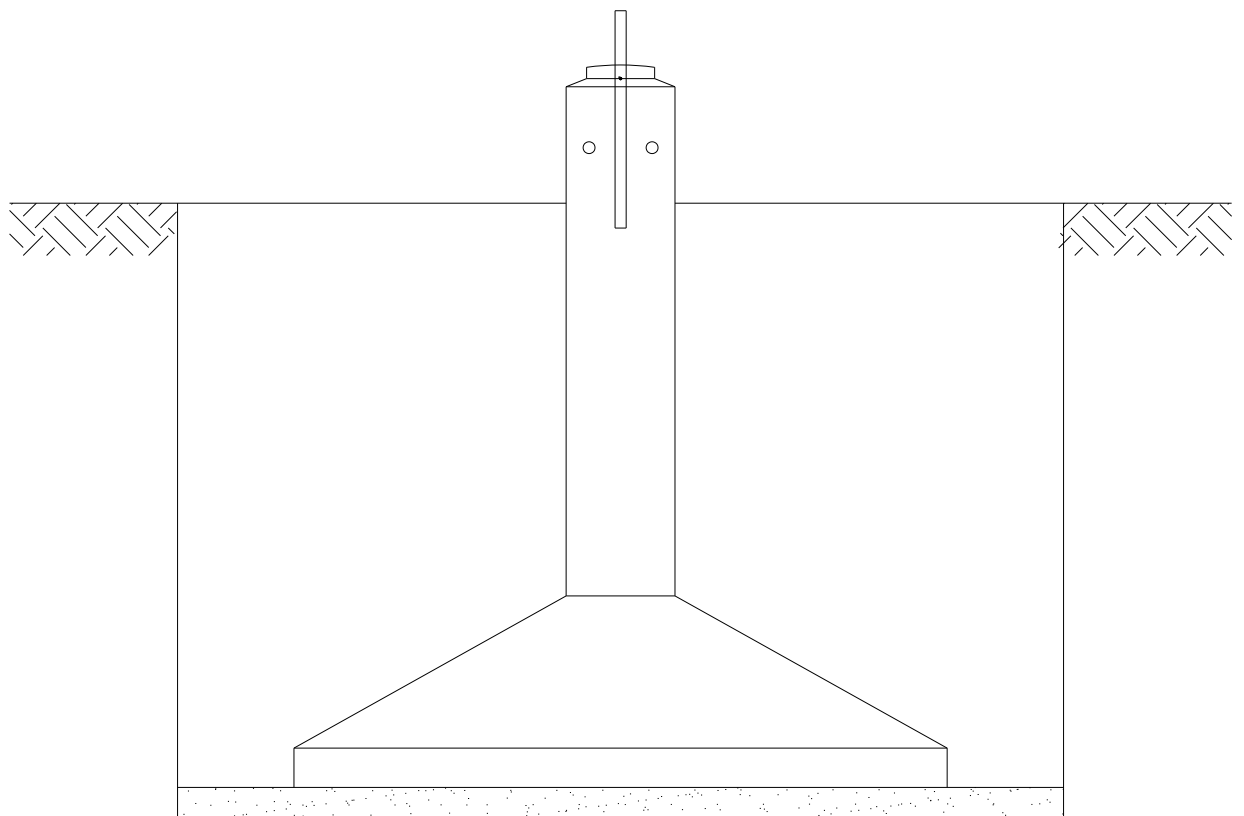


**7.2 ESTAIADA – MASTRO**

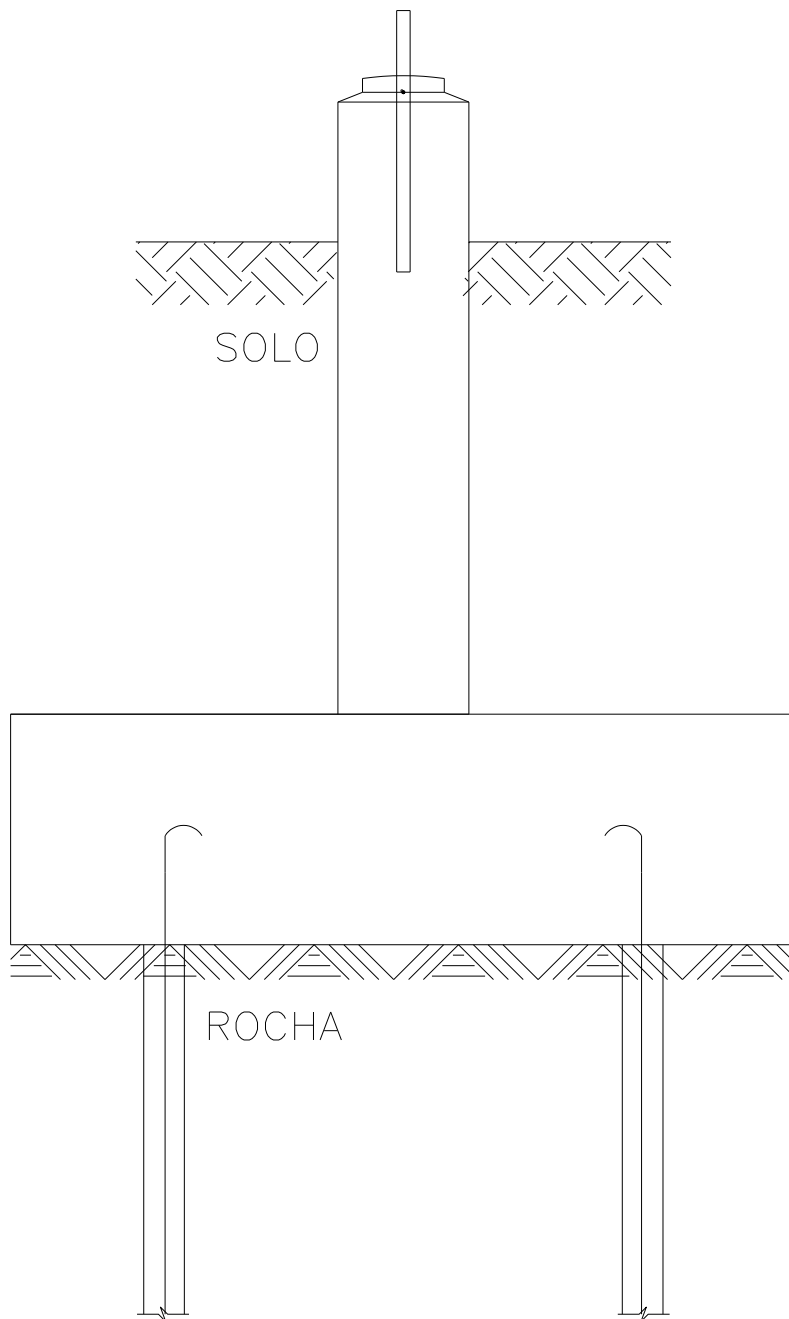


Fundação em tubo sem base alargada para o mastro



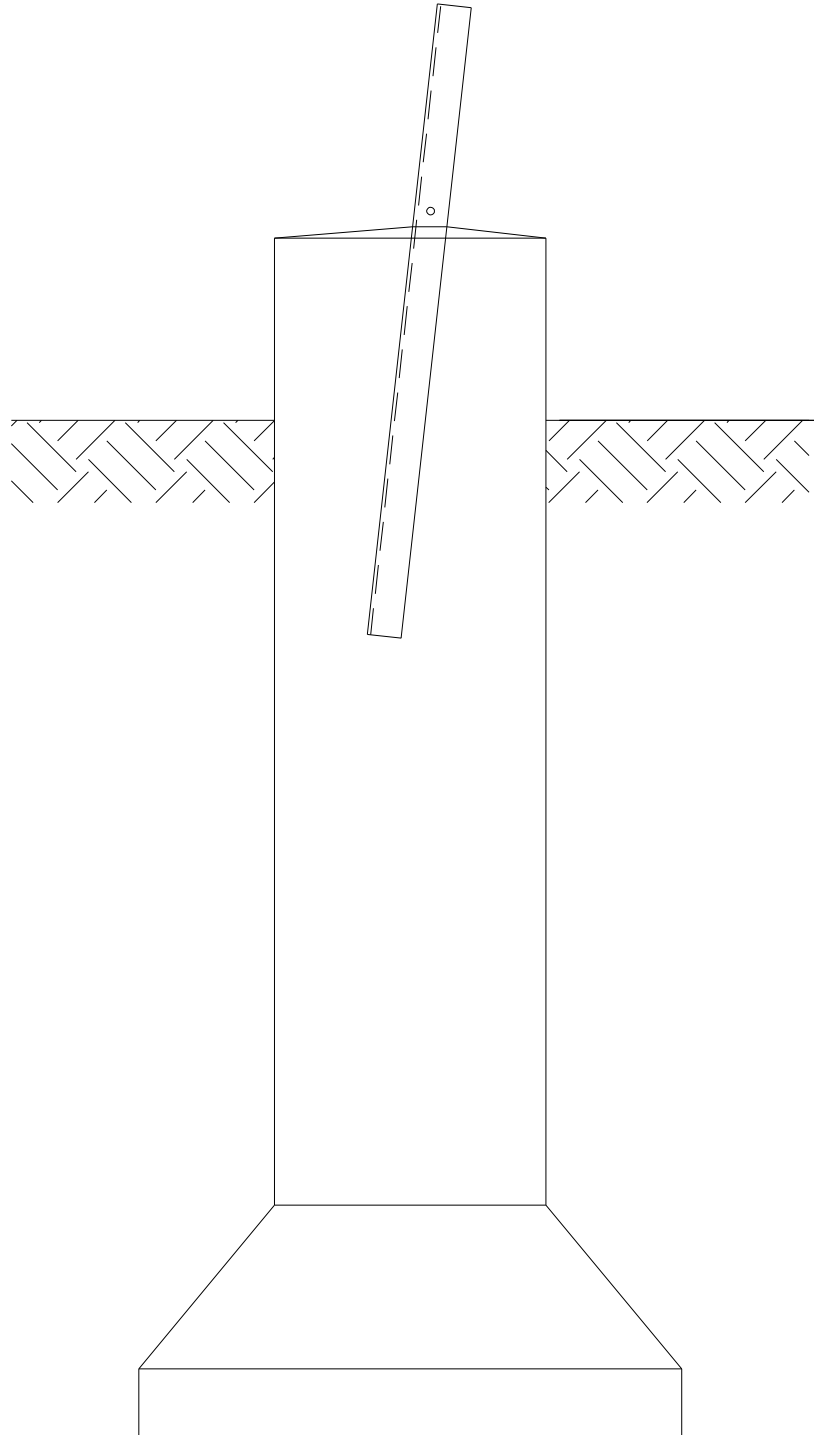


Fundação em sapata pré-moldada com placa pré-moldada para o mastro

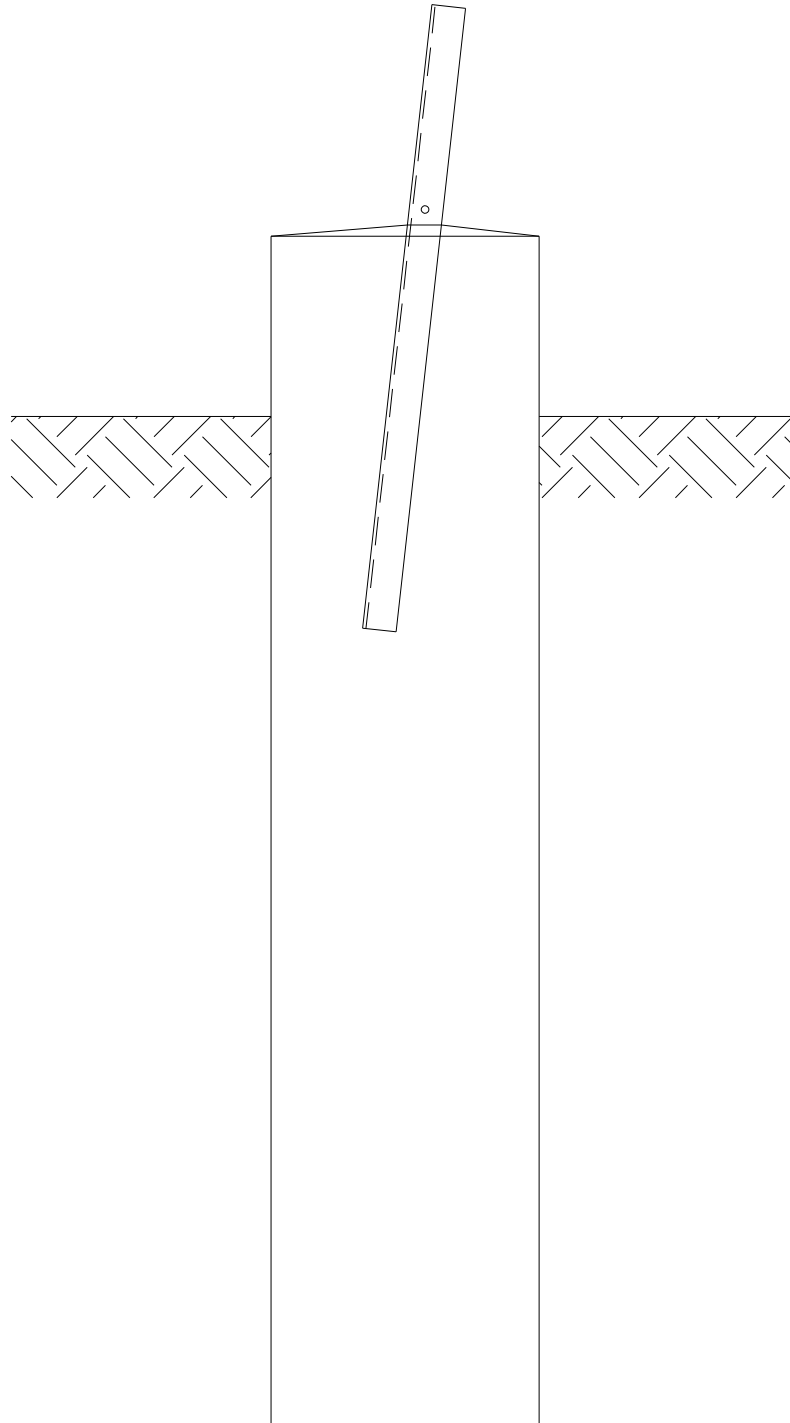


Fundação em bloco ancorado em rocha para o mastro

**7.3 AUTOPORTANTES**

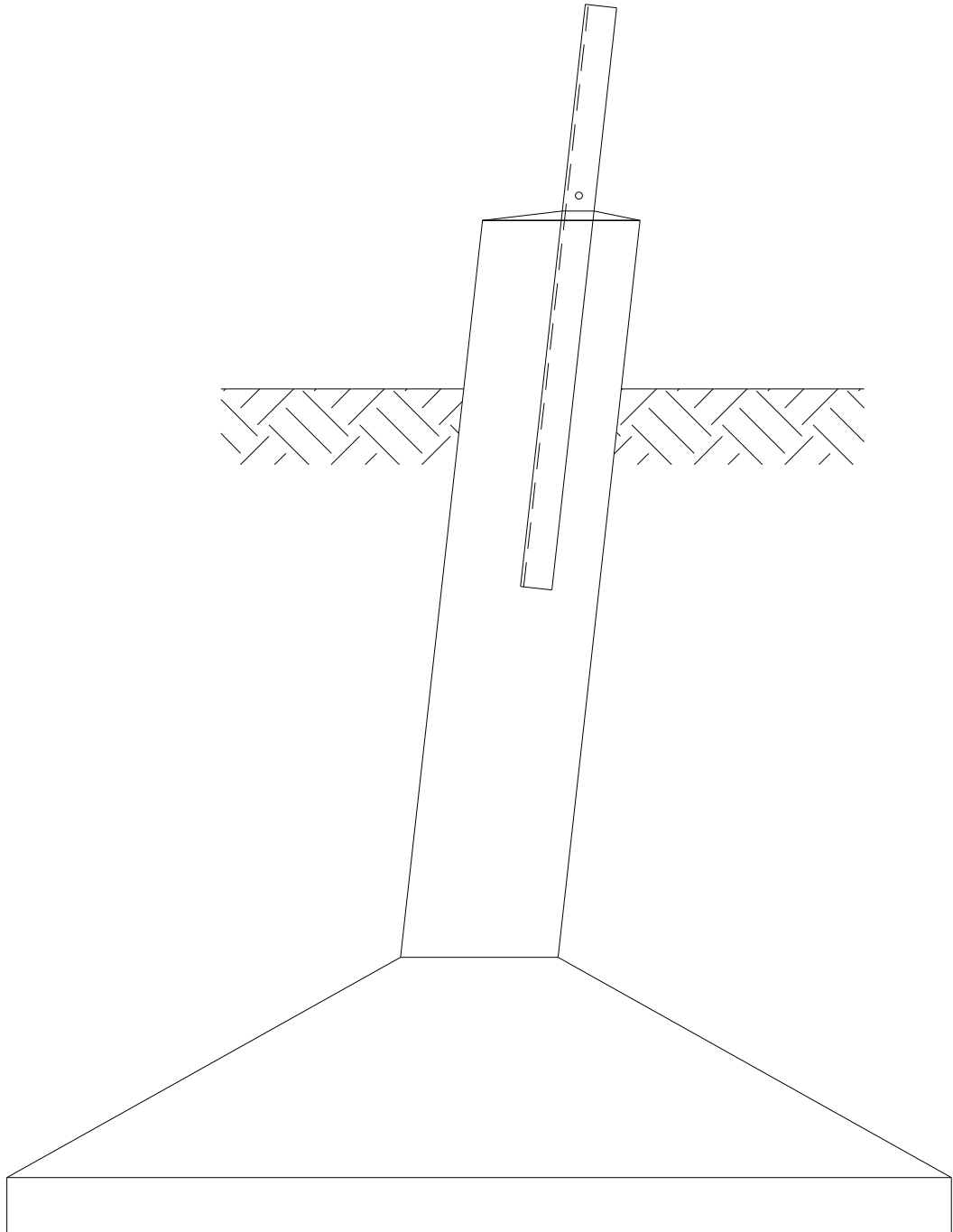


Fundação em tubulão com base alargada

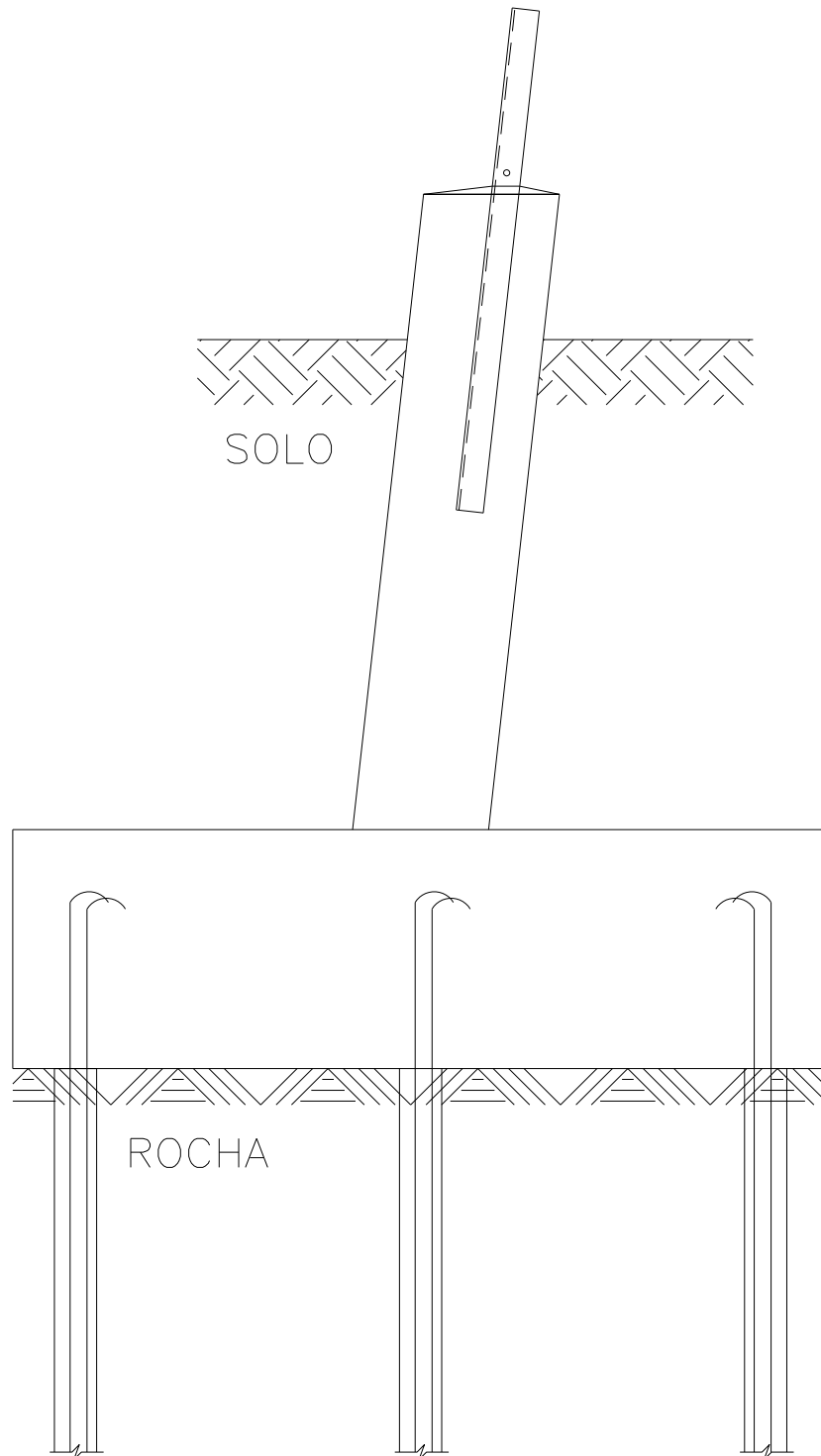


Fundação em tubulão sem base alargada





Fundação em sapata



Fundação em bloco ancorado em rocha