

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL-CENTRAL
DIRETORIA ACADÊMICA DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

EMANUELLY LOPES OLINTO CAMARA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SULZBERGER NO CÁLCULO DO
DIMENSIONAMENTO GEOTÉCNICO DE FUNDAÇÕES PARA POSTES DUPLO
“T” DE CONCRETO ARMADO**

NATAL

2025

EMANUELLY LOPES OLINTO CAMARA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SULZBERGER NO CÁLCULO DO
DIMENSIONAMENTO GEOTÉCNICO DE FUNDAÇÕES PARA POSTES DUPLO
“T” DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Dr. Enio Fernandes Amorim.

NATAL

2025

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Rio Grande do Norte – IFRN
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi

Camara, Emanuely Lopes Olinto.

C173a Aplicação do método de sulzberger no cálculo do dimensionamento geotécnico de fundações para postes duplo “T” de concreto armado / Emanuely Lopes Olinto Câmara. – 2025.
144 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2025.
Orientador(a): Dr. Enio Fernandes Amorim.

1. Poste – Cálculo de estruturas. 2. Postes – Engastamento. 2. Método de sulzberger. 3. Poste de concreto duplo T. I. Título.

SIBI/IFRN

CDU 674.71:624.04

Elaborada pela Bibliotecária
Maria Ilza da Costa – CRB-15/412

EMANUELLY LOPES OLINTO CAMARA

**APLICAÇÃO DO MÉTODO DE SULZBERGER NO CÁLCULO DO
DIMENSIONAMENTO GEOTÉCNICO DE FUNDAÇÕES PARA POSTES DUPLO
“T” DE CONCRETO ARMADO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Trabalho de Conclusão de Curso, aprovado em 28.01.2026 pela Banca Examinadora:

Enio Fernandes Amorim, Dr. - Orientador

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Ricardo Nascimento Flores Severo, Dr. - Examinador Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Rubens Diego Fernandes Alves, Me. - Examinador Interno

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho, a todos àqueles que já caíram, choraram, sofreram, se machucaram e encontram pedras pelo caminho e mesmo assim, apesar de todos os percalços, foram capazes de se levantar e continuar lutando e correndo atrás de seus sonhos.

AGRADECIMENTOS

A finalização e entrega deste projeto final de curso, representa que apesar de todos os percalços e dificuldades enfrentadas ao longo da jornada, só serviram com que eu ficasse mais forte para conseguir alcançar o desejo de me tornar Engenheira Civil.

Porém, obter essa vitória, jamais seria possível, sem Deus, que mesmo nos momentos de dor e silêncio, eu sei que nunca me abandonou e me abençoou grandemente colocando pessoas em meu caminho, que me acolheram e me estenderam a mão.

Primeiramente, agradeço a minha mãe, Elizângela, que sempre me apoiou e acreditou em mim, mesmo quando as coisas pareciam tão improváveis de acontecer. Que chorou comigo sendo meu ombro amigo quando as coisas deram errado e sorriu e comemorou quando deram certo.

Agradeço a Francisca, que foi minha professora de matemática do Ensino Fundamental, em uma época que apesar de muito jovem, eu já me sentia incapaz, mas ela viu um potencial em mim, que talvez eu jamais tivesse visto e que poderia ter mudado toda minha história.

À Carlos, que me deu uma oportunidade de trabalhar e dar um novo sentido a minha vida quando eu me sentia perdida e que quando chegou o momento de partir, me incentivou a voar e ir atrás dos meus sonhos. Não importa quanto tempo passe, eu sempre me lembrarei com carinho das suas palavras.

Agradeço a Guilherme, o companheiro que o curso me trouxe, que me apoiou, me ajudou e incentivou em diversos momentos. Que me emprestou seu computador, quando nem mesmo o meu notebook aguentou a jornada. Sem você entregar o trabalho a tempo seria bem mais difícil. Tenho extrema gratidão, ao meu orientador, professor Dr. Enio Fernandes Amorim, que aceitou de imediato me orientar no processo de realização do meu projeto final de curso, mesmo não tendo tanta familiaridade com o tema, se dispôs a aprender junto comigo ao longo do desenvolvimento do trabalho. Agradeço, pela paciência, ensinamentos e orientações, tanto como orientador, quanto como professor nas disciplinas ministradas.

Também agradeço aos professores Dr. Rubens Diego Fernandes e Dr. Ricardo Nascimento Severo, por terem aceitado participar de bom grado da minha banca.

E por último, mas de forma nenhuma menos importante, minha gratidão eterna, ao Engenheiro Civil Roberto Ferreira Pinheiro, a quem considero meu mentor, colega de profissão e amigo, que me ouviu, me aconselhou e ensinou mais do que posso agradecer, tanto sobre a profissão, quanto em relação a vida, com toda a sua experiência. Eu sei que sou uma profissional e pessoa melhor por sua causa e jamais esquecerei toda a ajuda que o senhor me deu.

Nenhum texto seria suficiente para agradecer a todos vocês, mas saibam que sempre serei grata.

RESUMO

O presente trabalho analisa a aplicabilidade do Método de Sulzberger no dimensionamento geotécnico das fundações para postes de concreto armado para redes e linhas de transmissão. Onde duas condições de engastamento serão avaliadas, sendo o engastamento simples preenchido com solo-cimento compactado e o engastamento com tubulão do tipo base de concreto, para solos arenosos e argilosos. Esse método consiste em analisar o elemento quando submetido, principalmente, a esforços laterais, sendo desenvolvido de maneira a apresentar de forma detalhada os cálculos propostos pelo autor do modelo. Para demonstrar a aplicabilidade real e eficiente do método, foram feitos exemplos de dimensionamento com diferentes tipos de postes, ou seja, de diversos esforços e comprimentos. Os resultados indicaram que a metodologia estudada consiste em uma alternativa de cálculo quando o carregamento lateral, predominante, for o esforço horizontal, sendo o caso dos postes, pois agrega segurança ao projeto, podendo servir como base para novos estudos e trabalhos dessa natureza.

Palavras-chave: Postes; engastamento; esforço lateral; Método de Sulzberger.

ABSTRACT

The present study analyzes the applicability of the Sulzberger Method in the geotechnical design of foundations for reinforced concrete poles used in distribution networks and transmission lines. Two embedment conditions are evaluated: simple embedment filled with compacted soil-cement and embedment using a drilled shaft with a concrete base, considering both sandy and clayey soils. This method consists of analyzing the structural element primarily under lateral loads and is developed to present in detail the calculation procedures proposed by the model's author. To demonstrate the practical and effective applicability of the method, design examples were carried out considering different types of poles, with varying load conditions and lengths. The results indicate that the studied methodology represents a viable alternative for design in situations where lateral loading—predominantly horizontal forces—is governing, as in the case of poles, contributing to increased structural safety and serving as a basis for further studies and related research.

Keywords: Poles; embedment; lateral load; Sulzberger Method.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Engaste Simples	19
Figura 2 - Engaste Simples com Solo-Cimento	20
Figura 3 - Engastamento com Tubulão com Base de Concreto	21
Figura 4 - Possíveis Falhas	22
Figura 5 - Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).	25
Figura 6 - Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).	27
Figura 7 - Fonte: Adaptado do Método de Sulzberger (1945).	28
Figura 8 - Fonte: Adaptado do Método de Sulzberger (1945).	29
Figura 9 - Fonte: Adaptado do Método de Sulzberger (1945).	31
Figura 10 - Vista de Cima do Poste e do Solo-Cimento ao Redor	31
Figura 11 - Vista de Cima do Poste e da Fundação Tipo Base Concretada	32
Figura 12 - Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Valores de Coeficiente de Reação Vertical	30
Tabela 2 - Coeficiente de Segurança	34
Tabela 3 - Coeficiente de Poisson	37
Tabela 4 - Características dos Postes de Distribuição	39
Tabela 5 - Características dos Postes de Linha de Transmissão	40
Tabela 6 - Características do Poste DT Simples 400daNx9m.....	41
Tabela 7 - Dimensionamento do Poste DT Simples 400daNx9m.....	43
Tabela 8 - Características do Poste DT Simples 400daNx11m.....	43
Tabela 9 - Dimensionamento do Poste DT Simples 400daNx11m.....	44
Tabela 10 - Características do Poste DT Simples 400daNx12m.....	45
Tabela 11 - Dimensionamento do Poste DT Simples 400daNx12m.....	45
Tabela 12 - Características do Poste DT Simples 600daNx9m.....	46
Tabela 13 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx9m.....	46
Tabela 14 - Características do Poste DT Simples 600daNx11m.....	47
Tabela 15 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx11m.....	48
Tabela 16 - Características do Poste DT Simples 600daNx12m.....	49
Tabela 17 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx12m.....	49
Tabela 18 - Características do Poste DT Simples 600daNx14m.....	50
Tabela 19 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx14m.....	50
Tabela 20 - Características do Poste DT Simples 600daNx16m.....	51
Tabela 21 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx16m.....	51
Tabela 22 - Característica do Poste DT Com Tubulão 400daNx9m (Arenosos)	52
Tabela 23 - Coeficiente de Poisson	53
Tabela 24 - Coeficiente de Segurança	55
Tabela 25 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 400daNx9m (Arenosos).....	58
Tabela 26 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx9m (Arenosos)	59
Tabela 27 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx9m (Arenosos).....	60
Tabela 28 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx119m (Arenosos)	61
Tabela 29 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx11m (Arenosos).....	62
Tabela 30 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx12m (Arenosos)	63
Tabela 31 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx12m (Arenosos).....	64
Tabela 32 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx14m (Arenosos)	65

Tabela 33 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx14m (Arenosos).....	66
Tabela 34 - Característica do Poste DT com Tubulão 1000daNx16m (Arenosos)	67
Tabela 35 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 1000daNx16m (Arenosos).....	68
Tabela 36 - Redimensionamento do Poste DT com Tubulão 1000daNx16m (Arenosos)	69
Tabela 37 - Característica do Poste DT com Tubulão 400daNx9m (Argilosos).....	70
Tabela 38 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 400daNx9m (Argilosos)	71
Tabela 39 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx9m (Argilosos).....	72
Tabela 40 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx9m (Argilosos)	73
Tabela 41 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx11m (Argilosos).....	74
Tabela 42 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx11m (Argilosos)	75
Tabela 43 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx12m (Argilosos).....	76
Tabela 44 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx12m (Argilosos)	77
Tabela 45 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx14m (Argilosos).....	78
Tabela 46 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx14m (Argilosos)	79
Tabela 47 - Característica do Poste DT com Tubulão 1000daNx16m (Argilosos).....	80
Tabela 48 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 1000daNx16m (Argilosos)	81
Tabela 49 - Característica do Poste LT 1500daNx18m (Arenosos).....	82
Tabela 50 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 400daNx9m (Arenosos)	83
Tabela 51 - Característica do Poste LT 1500daNx20m (Arenosos).....	84
Tabela 52 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx20m (Arenosos)	85
Tabela 53 - Característica do Poste LT 1500daNx22m (Arenosos).....	86
Tabela 54 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx22m (Arenosos)	87
Tabela 55 - Característica do Poste LT 1500daNx24m (Arenosos).....	88
Tabela 56 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx24m (Arenosos)	89
Tabela 57 - Característica do Poste LT 2000daNx12m (Arenosos).....	90
Tabela 58 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daNx12m (Arenosos)	91
Tabela 59 - Característica do Poste LT 2000daNx14m (Arenosos).....	92
Tabela 60 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daNx14m (Arenosos)	93
Tabela 61 - Característica do Poste LT 2000daNx16m (Arenosos).....	94
Tabela 62 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daNx16m (Arenosos)	95
Tabela 63 - Característica do Poste LT 2000daNx18m (Arenosos).....	96
Tabela 64 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daNx18m (Arenosos)	97
Tabela 65 - Característica do Poste LT 2500daNx20m (Arenosos).....	98
Tabela 66 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2500daNx20m (Arenosos)	99

Tabela 67 - Característica do Poste LT 2500daNx22m (Arenosos).....	100
Tabela 68 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2500daNx22m (Arenosos)	101
Tabela 69 - Redimensionamento do Poste LT com Tubulão 400daNx9m (Arenosos).....	102
Tabela 70 - Característica do Poste LT 3000daNx18m (Arenosos).....	103
Tabela 71 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daNx18m (Arenosos)	104
Tabela 72 - Característica do Poste LT 3000daNx20m (Arenosos).....	105
Tabela 73 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daNx20m (Arenosos)	106
Tabela 74 - Característica do Poste LT 3000daNx22m (Arenosos).....	107
Tabela 75 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daNx22m (Arenosos)	108
Tabela 76 - Característica do Poste LT 1500daNx18m (Argilosos)	109
Tabela 77 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx18m (Argilosos).....	110
Tabela 78 - Característica do Poste LT 1500daNx20m (Argilosos)	111
Tabela 79 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx20m (Argilosos).....	112
Tabela 80 - Característica do Poste LT 1500daNx22m (Argilosos)	113
Tabela 81 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx22m (Argilosos).....	114
Tabela 82 - Característica do Poste LT 1500daNx24m (Argilosos)	115
Tabela 83 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx24m (Argilosos).....	116
Tabela 84 - Característica do Poste LT 2000daNx12m (Argilosos)	117
Tabela 85 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daNx12m (Argilosos).....	118
Tabela 86 - Característica do Poste LT 2000daNx14m (Argilosos)	119
Tabela 87 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daNx14m (Argilosos).....	120
Tabela 88 - Característica do Poste LT 2000daNx16m (Argilosos)	121
Tabela 89 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daNx16m (Argilosos).....	122
Tabela 90 - Característica do Poste LT 2000daNx18m (Argilosos)	123
Tabela 91 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daNx18m (Argilosos).....	124
Tabela 92 - Característica do Poste LT 2500daNx20m (Argilosos)	125
Tabela 93 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2500daNx20m (Argilosos).....	126
Tabela 94 - Característica do Poste LT 2500daNx22m (Argilosos)	127
Tabela 95 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2500daNx22m (Argilosos).....	128
Tabela 96 - Característica do Poste LT 3000daNx18m (Argilosos)	129
Tabela 97 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daNx18m (Argilosos).....	130
Tabela 98 - Característica do Poste LT 3000daNx20m (Argilosos)	131
Tabela 99 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daNx20m (Argilosos).....	132
Tabela 100 - Característica do Poste LT 3000daNx22m (Argilosos)	133

Tabela 101 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daNx22m (Argilosos).....	134
Tabela 102 - Atualização das Características do Tipo de Engaste dos Postes de Distribuição	135

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
fck	Resistência Característica à Compressão do Concreto
NBR	Norma Brasileira Registrada
SPT	Standard Penetration Test (Ensaio de Sondagem a Percussão)

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVO	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
1.2	JUSTIFICATIVA	17
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1	FUNDAÇÕES PARA POSTES DE CONCRETO ARMADO	18
2.1.1	Tubulões Curtos	18
2.1.2	Engastamento Simples	19
2.1.3	Engastamento Simples com Solo-Cimento.....	19
2.1.4	Engastamento com Tubulão Curto com Base Concretada.....	20
2.2	ESTRUTURAS ESBELTAS E SOLICITAÇÕES DE POSTES.....	21
2.2.1	Poste Duplo “T”	22
2.3	INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA	23
2.4	INTERAÇÃO SOLO-FUNDAÇÃO E PARÂMETROS DE CÁLCULO	23
2.4.1	Coefficientes de Atrito Solo-Concreto.....	24
2.4.2	Coefficiente de Poisson.....	25
2.4.3	Tensão Admissível.....	25
2.4.4	Coefficiente de Segurança.....	26
2.4.5	Coefficiente de Compressibilidade	26
2.5	AÇÕES ATUANTES NAS FUNDAÇÕES DE POSTES.....	26
2.6	MÉTODO DE SULZBERGER	27
2.6.1	Coefficiente de Reação Vertical.....	30
2.6.2	Coefficiente de Reação Horizontal.....	30
3.	METODOLOGIA	31
3.1	MODELO DE ANÁLISES DO MÉTODO DE SULZBERGER	31
3.1.1	Descrição Técnica do Elemento.....	31
3.1.2	Considerações Básicas	32
3.1.2.1	Cálculo da Tangente de Alfa.....	34
3.1.2.2	Reação do Solo na Base da Fundação.....	35
3.1.2.3	Momento Atuante.....	36
3.1.2.4	Coefficiente de Reação Vertical e Horizontal do Solo.....	36
3.1.2.5	Cálculo do Engastamento do Poste	37
3.1.2.6	Cálculo das Tensões Atuantes.....	38
3.1.2.7	Tensão Admissível do Solo.....	38
3.1.2.8	Postes Duplo “T” de Distribuição	39

3.1.2.9	Postes Duplo “T” de Linha de Distribuição	40
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1	DIMENSIONAMENTO DOS POSTES DE DISTRIBUIÇÃO COM ENGASTE SIMPLES... 41	
4.1.1	Dimensionamento para Postes com Engaste Simples com Solo-Cimento.....	41
4.1.1.1	Poste Concreto Armado Duplo “T” 400 daN x 9 m.....	41
4.1.1.2	Poste Concreto Armado Duplo “T” 400 daN x 11 m.....	43
4.1.1.3	Poste Concreto Armado Duplo “T” 400 daN x 12 m.....	44
4.1.1.4	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 9 m.....	46
4.1.1.5	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 11 m.....	47
4.1.1.6	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 12 m.....	49
4.1.1.7	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 14 m.....	50
4.1.1.8	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 16 m.....	51
4.2	DIMENSIONAMENTO DOS POSTES DE DISTRIBUIÇÃO COM BASE CONCRETADA 52	
4.2.1	Dimensionamento Geotécnico para Postes com Engaste com Base Concretada em Solos Arenosos.....	52
4.2.1.1	Poste Concreto Armado Duplo “T” 400 daN x 9 m.....	52
4.2.1.2	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 9 m.....	59
4.2.1.3	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 11 m.....	61
4.2.1.4	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 12 m.....	63
4.2.1.5	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 14 m.....	65
4.2.1.6	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1000 daN x 16 m.....	66
4.2.2	Dimensionamento geotécnico para Postes com Engaste Tipo Base Concretada em Solos Argilosos	70
4.2.2.2	Poste Concreto Armado Duplo “T” 400 daN x 9 m.....	70
4.2.2.3	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 9 m.....	72
4.2.2.4	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 11 m.....	74
4.2.2.5	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 12 m.....	76
4.2.2.6	Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 14 m.....	78
4.2.2.7	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1000 daN x 16 m.....	80
4.3	DIMENSIONAMENTO DOS POSTES DE LINHA DE TRANSMISSÃO	82
4.3.1	Dimensionamento Geotécnico para Postes com Engaste com Base Concretada em Solos Arenosos.....	82
4.3.1.2	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 18 m.....	82
4.3.1.3	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 20 m.....	84
4.3.1.4	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 22 m.....	86
4.3.1.5	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 24 m.....	88
4.3.1.6	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 12 m.....	90
4.3.1.7	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 14 m.....	92

4.3.1.8	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 16 m.....	94
4.3.1.9	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 18 m.....	96
4.3.1.10	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2500 daN x 20 m.....	98
4.3.1.11	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2500 daN x 22 m.....	100
4.3.1.12	Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 18 m.....	103
4.3.1.13	Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 20 m.....	105
4.3.1.14	Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 22 m.....	107
4.3.2	Dimensionamento Geotécnico Para Postes Com Engaste Com Base Concretada Em Solos Argilosos	109
4.3.2.1	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 18 m.....	109
4.3.2.2	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 20 m.....	111
4.3.2.3	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 22 m.....	113
4.3.2.4	Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 24 m.....	115
4.3.2.5	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 12 m.....	117
4.3.2.6	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 14 m.....	119
4.3.2.7	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 16 m.....	121
4.3.2.8	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 18 m.....	123
4.3.2.9	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2500 daN x 20 m.....	125
4.3.2.10	Poste Concreto Armado Duplo “T” 2500 daN x 22 m.....	127
4.3.2.11	Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 18 m.....	129
4.3.2.12	Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 20 m.....	131
4.3.2.13	Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 22 m.....	133
4.3.3	Atualização do Tipo de Engastamento dos Postes de Distribuição	135
5.	CONCLUSÕES	136
6.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	137
7.	REFERÊNCIAS.....	138

1. INTRODUÇÃO

Em projetos de engenharia civil, elétrica e geotécnicos, o dimensionamento das fundações de postes e torres, define-se por ser uma etapa fundamental, considerando que visa garantir a segurança e a estabilidade das estruturas que são utilizadas em redes de iluminação, distribuição de energia, linhas de transmissão e telecomunicações. O comportamento dos artefatos de concreto em questão, sofrem grande influência das condições geotécnicas do terreno e da resistência do solo onde estão implantados, com isso, pode-se definir que esses pontos são fatores determinantes para realizar um dimensionamento condizente com as normas vigentes.

Habitualmente, os métodos reconhecidos e largamente disseminados são aplicados para verificação e cálculo da estabilidade dos postes, onde são empregadas simplificações que se baseiam em experiências prévias dos engenheiros e em parâmetros empíricos. No entanto, é possível observar que existem muitos métodos que são poucos explorados na literatura técnica e na prática dos profissionais, sendo que eles podem fornecer resultados que venham a ser bem mais precisos, principalmente quando buscamos compreender como funciona o comportamento estrutural dos elementos em diferentes tipos de solos.

O correto dimensionamento geotécnico das fundações, é essencial para garantir que haja o equilíbrio entre a resistência que o solo oferece e as cargas que estão sendo aplicadas nele. A interação solo-estrutura é algo de extrema importância, pois o solo não é um material isotrópico e nem homogêneo, já que não apresenta um comportamento linear, dependendo de diversas condições, como compactação, tensão, umidade e tantas outras. Com isso, para realizar um cálculo seguro e eficiente, é necessário aplicar métodos que integrem todas as variáveis e reduza as incertezas o máximo possível.

Na literatura, no livro “Mecânica dos Solos e Suas Aplicações”, de acordo com Caputo (1988), o comportamento e a análise das propriedades dos solos, é fundamental para compreender de forma técnica a interação entre o terreno e as estruturas, considerando que é necessário entender que a resposta do solo se correlaciona diretamente com diversos fatores, sendo alguns deles, a plasticidade, compactidade etc. Portanto, é possível deduzir que para cada solo, tem-se um comportamento específico mediante aos esforços nele aplicados, sendo imprescindível que sejam feitos cálculos e análises criteriosas para garantir a segurança e estabilidade das estruturas.

As variabilidades em cada tipo de solo, reforçam a importância de que os métodos de dimensionamento das fundações representem de forma mais próxima e adequada o comportamento real do solo. As metodologias convencionais na maioria das vezes tendem a

simplificar a interação entre o solo e a estrutura, sendo suficiente em situações comuns, porém ficando limitado quando avalia-se solos que terão condições de carregamento mais específicas, como os esforços horizontais aos quais os postes são submetidos. Logo, a busca por métodos mais completos e próximos da realidade, é de extrema relevância para obter maior precisão no dimensionamento.

O cálculo das fundações de postes envolve o chamado comportamento misto, onde o solo atua como resistência passiva e como elemento de apoio. O que significa que as fundações tradicionais são completamente distintas dessa combinação, justificando o estudo de mais métodos específicos para o dimensionamento de estruturas esbeltas que são submetidas a carregamentos laterais. Parafraseando os autores Aoki e Cintra (2010), que reforçam que essas análises devem considerar coisas como o nível da compactação, rigidez do solo e a profundidade efetiva, pois são fatores que atuam significativamente o desempenho total entre o solo e o artefato de concreto.

Um ponto de grande relevância é a relação entre a precisão nos dimensionamentos e a economia, considerando que métodos práticos são simplificados e tendem a fazer uso de fatores de segurança maiores que o necessário, que resulta no superdimensionamento e consequentemente no superfaturamento dos projetos. No presente cenário que a sociedade se encontra, é extremamente valorizado fatores mais precisos que possam ser adicionados na engenharia de fundações e que venham a otimizar os gastos da obra no geral.

Considerando que no Brasil, destacam-se a diversidade das condições de solo, sendo que vão de solos residuais tropicais altamente porosos, até argilas de alta plasticidade ou densas camadas de areia, que exigem métodos que são capazes de se adaptarem as diferentes características geotécnicas. Acerca disso, as normas brasileiras, como as da ABNT, estão evoluindo cada vez mais para compor metodologias que sejam mais completas, sendo que as maiores dificuldades enfrentadas são as lacunas existentes entre as partes teóricas e práticas, principalmente quando se trata de métodos menos convencionais que os usuais. Esses estudos que visam explorar e analisar novas formas de dimensionamento de fundações, são fundamentais para que o repertório técnico disponível para consulta, sejam aplicados na engenharia brasileira e formem uma sólida base para as pesquisas e profissionais futuros.

Com o desenvolvimento da infraestrutura urbana e rural no Brasil, surgiram significativas transformações que vieram a impulsionar e ampliar as redes elétricas e a modernização dos sistemas de telecomunicações. Tecnicamente, os métodos de dimensionamento de fundações para postes de sustentação, não acompanharam essa evolução no mesmo ritmo. As normas, materiais e os equipamentos, avançam e se diversificam a cada

dia, mas os procedimentos de cálculos continuam fundamentados em abordagens tradicionais, aplicados de modo praticamente padronizados, mesmo nos diferentes tipos de solos.

Nesse contexto, o Método de Sulzberger é uma alternativa extremamente relevante, pois ele considera de maneira mais detalhada o equilíbrio de momentos que atuam na estrutura e a distribuição das tensões no solo. Divergente das simplificações de outros métodos, ele propõe uma abordagem analítica que se baseia nos conceitos de mecânica dos solos, o que permite a obtenção de resultados que venham a ser o mais próximo possível das condições reais de campo. Entretanto, apesar da precisão, esse modelo é pouco conhecido e comentado entre estudantes e profissionais da área, o que mostra a relevância de uma pesquisa que explore didaticamente sua metodologia, para que no futuro seja possível aplicar na prática.

Ao aplicar esse método em variados tipos de solo, este trabalho visa evidenciar como as propriedades geotécnicas podem influenciar de modo direto o dimensionamento das fundações dos postes de concreto armado, quanto ao comportamento entre o momento aplicado e a resistência do solo ao tombamento. É importante salientar que escolher esse modelo de cálculo, não influencia apenas na precisão, segurança e estabilidade da estrutura, como também poderá reduzir e otimizar os materiais e custos da obra.

Nesse cenário, o Método de Sulzberger se revela como um caminho simples e que pode ser prontamente usado no Brasil, principalmente em estudos iniciais de fundações rasas. Tendo sido desenvolvido em uma época em que os recursos em relação as questões laboratoriais eram limitadas, esse método se baseia diretamente em valores que tenham sido obtidos nos ensaios de sondagem SPT (*Standard Penetration Test*). Considerando que o SPT é o ensaio geotécnico mais utilizado para definir as características dos solos brasileiros, a aplicação do modelo de Sulzberger é interessante devido à alta compatibilidade com a realidade do Brasil, sua praticidade e o caráter conservador dos parâmetros usados.

Mesmo sendo um método que pode ser considerado empírico e que tenha limitações que devem ser levadas em consideração, o modelo é relevante se tratando de análises preliminares, em obras de pequeno e médio porte que exigem dimensionamento em situações que não se tem dados geotécnicos completos. Por isso, é extremamente necessário compreender as vantagens, as bases técnicas e as delimitações do método para utilizá-lo da maneira correta e segura. Portanto, este trabalho tem como principal objetivo desenvolver, analisar e discutir o Método de Sulzberger, tratando de abordar sua formulação, as aplicações teóricas e práticas, e sua relevância no contexto da engenharia geotécnica atual, mostrando exemplos de cálculo do dimensionamento de fundações em diferentes tipos de solo.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é demonstrar a correta utilização do Método de Sulzberger, para o dimensionamento geotécnico das fundações do tipo circulares para postes de seção duplo “T” de concreto armado, buscando tornar o modelo Suíço mais conhecido por estudantes e profissionais da área de Engenharia Civil e Especialistas em Geotecnia.

1.1.2 Objetivos Específicos

Na busca por atingir o objetivo geral descrito acima, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- Descrever as considerações básicas em relação a análise das estruturas de suspensão;
- Correlacionar e definir como se comporta a interação solo-estrutura, quando utilizada uma fundação profunda rígida, com base na norma ABNR NBR 6122:2019;
- Desenvolver e aplicar o Método de Sulzberger, para o dimensionamento geotécnico das fundações de poste duplo “T” de concreto armado;
- Expor a metodologia que será utilizada para os cálculos de dimensionamento do engastamento simples, engastamento simples com solo-cimento e engastamento com tubulão reto com base concretada;
- Apresentar todos os parâmetros envolvidos nos cálculos do modelo em questão;
- Demonstrar e explicar as tabelas feitas com apoio do Excel, usadas para agilizar e minimizar os cálculos;
- Verificar se os cálculos atendem a verificação de estabilidade necessária para segurança do conjunto estrutural;
- Exemplificar os cálculos de fundações que não atendem a estabilidade exigida, como demonstração.

1.2 JUSTIFICATIVA

Garantir a estabilidade das fundações dos postes de concreto armado, é um tema de enorme relevância tanto técnica como socioeconômica, considerando que essas estruturas de suspensão de distribuição de energia e redes de telecomunicações estão envoltas no dia a dia da população, com isso, é extremamente necessário minimizar os riscos de falhas que podem vir a surgir e que coloquem em perigo a segurança pública.

A preocupação primordial em relação a essas estruturas, se baseia no esforço solicitante extremo de tombamento, que acaba por exigir soluções eficazes, seguras e viáveis economicamente. Sendo assim, a melhor opção é que seja feita a escolha do tipo de engastamento apropriado para cada caso analisado.

Portanto, adotar o Método de Sulzberger é justificado para casos em que não há todas as informações e características geotécnicas do solo onde será aplicada a estrutura, pois é uma solução prática para esses tipos de situações, uma vez que se trata de um modelo que é reconhecido por ser uma aplicação simples e compatível com o comportamento real do elemento, quando considerados todos os equipamentos, como cruzetas, cabos de energia e telecomunicação e os esforços aplicados. Outro ponto de extrema importância em relação ao método, é o fato dele levar em consideração a interação solo-estrutura de forma adequada quando falamos sobre o contexto de fundações esbeltas e rígidas, pois a partir disso, é possível verificar a profundidade de engastamento quando correlacionada com o coeficiente de reação horizontal do solo.

Mesmo sendo um método empírico, ele é baseado em normas vigentes, por isso, é altamente confiável, aplicável e seguro, quando usado da maneira correta. Então, é possível perceber que o estudo e aplicação do dimensionamento geotécnico de fundações para postes acerca do Modelo de Sulzberger, é justificável, viável e fundamental para o auxílio de estudantes e profissionais que possam vir a escolher ou até mesmo precisar utilizar o método.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir, foi apresentado um breve referencial teórico em relação aos temas principais, para o fluxo de desenvolvimento deste trabalho. A norma principal que se usou como auxílio de escrita, é a ABNT NBR 6122:2019, que trata a respeito de projeto e execução de fundações. Livros, apostilas e artigos de profissionais, estudiosos e pesquisadores da área de engenharia civil e geotecnia, também serão citados ao longo dos textos.

2.1 FUNDAÇÕES PARA POSTES DE CONCRETO ARMADO

As fundações são elementos responsáveis por disseminar as cargas das estruturas ao solo, visando garantir segurança e estabilidade. Para o caso de postes e elementos similares, as fundações devem resistir aos esforços horizontais (vento e ou esforços dos cabos), ou seja, que possam vir a gerar tombamento na base. E em relação a força vertical, que refere – se ao peso próprio do elemento estrutural, peso dos cabos e acessórios fixados ao poste, é levado em consideração, mas colocado como um dado secundário.

As fundações de postes, podem ser classificadas como profundas, pois leva-se em consideração a geometria do objeto, já que segundo a norma ABNT NBR 6122:2019 (projeto e execução de fundações), a sua profundidade é maior que a largura e tem comportamento rígido ou mecânico. De forma técnica, podemos nomear essa fundação como engastamento ou bloco de engaste, pois, o dimensionamento dessas fundações, tem como objetivo manter a estabilidade da estrutura, baseada na profundidade de engastamento necessária para garantir que o solo apresente uma reação suficiente para equilibrar o momento solicitante, ou seja, a fundação não se dobra, nem flexiona, pois atua como um corpo único e maciço dentro do solo.

Os postes de esforços e tamanhos menores, também podem ter apenas o engastamento simples ou chamado direto, onde o próprio poste é enterrado no solo há uma profundidade específica, sendo equilibrado pelo atrito e o empuxo passivo, ou seja, a reação lateral do solo compactado.

2.1.1 Tubulões Curtos

Os tubulões curtos ou também chamados de retos, para o caso das estruturas de suspensão, não são dimensionados para os esforços verticais, mas sim para os esforços horizontais, como um bloco de engaste robusto de grande rigidez, que tem a função exclusiva de resistir ao tombamento.

Para os casos dos tubulões curtos, que não tem necessidade de ter base alargada, isso é explicado pelo fato de que a resistência não é gerada pela ponta da fundação e sim do empuxo passivo ao longo do fuste.

Para melhor compreensão do que acontece na prática, podemos usar como exemplo um poste submetido a ação do vento, que tende a girar ou tombar o elemento, principalmente concentrado no topo, criando um braço de alavanca, então a fundação sendo um tubulão cilíndrico reto, de grande diâmetro, longo e rígido, terá a reação de pressionar o solo lateralmente e como resposta, o solo reage empurrando de volta em direções opostas, equilibrando e travando a estrutura, o que irá impedir o tombamento do poste.

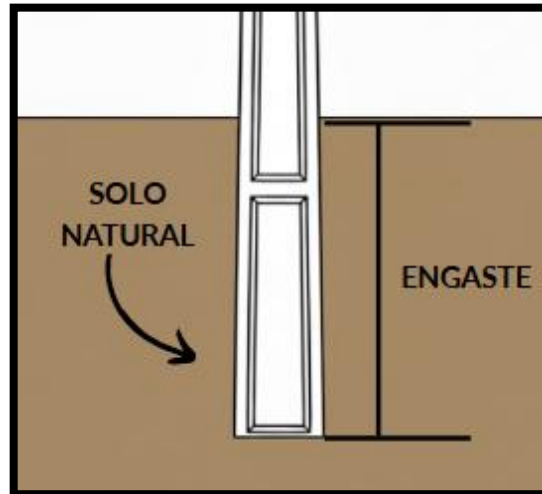
Por isso, o tubulão para postes é reto e não com base alargada, pois é ineficiente para combater os esforços horizontais. E a fundação é utilizada para os casos em que o engastamento simples não é suficiente para assegurar a estabilidade da estrutura.

2.1.2 Engastamento Simples

Um dos casos de fundações de postes, é o engastamento simples, onde o elemento estrutural é enterrado diretamente no solo, sem necessidade de um bloco de concreto. Então a estabilidade da estrutura é garantida pela interação entre o solo e o próprio elemento.

Para que esse tipo de engaste aconteça, o solo deve apresentar boas características, as quais possam garantir o equilíbrio do elemento. Nessa opção, uma alternativa econômica é utilizar o solo retirado na escavação, e realizar a compactação do solo ao redor do poste. No caso de reaproveitamento do material, a melhor opção é que o solo deve ser composto de cerca de 25% de argila e silte e 75% de areia grossa, sendo isento de matéria orgânica. A Figura 1 ilustra detalhes de um engastamento simples.

Figura 1- Engaste Simples



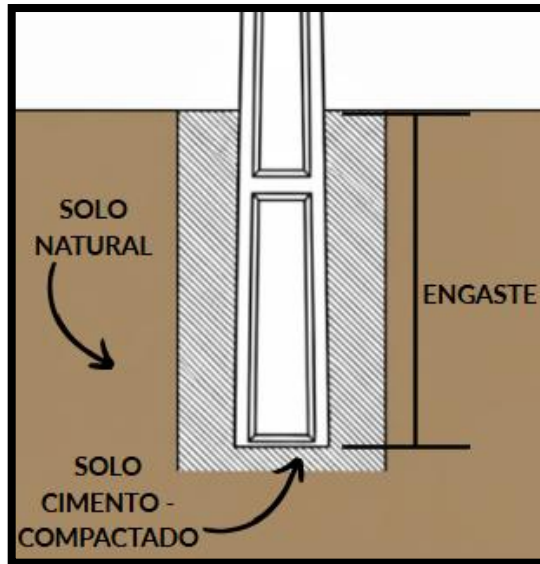
Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).

2.1.3 Engastamento Simples com Solo-Cimento

O engaste com solo-cimento é feito quando o solo do terreno tem capacidade média ou razoável, fazendo o preenchimento em torno da parte enterrada do elemento com a mistura de solo e cimento, já que é apenas para melhorar o solo e não sendo um concreto estrutural, mesmo assim, o material deve ser bem compactado, em camadas de que não ultrapassem 50 cm de

espessura, para garantir a boa compactação do solo. Devendo atingir um grau de compactação de no mínimo 95%. A Figura 2 ilustra um detalhe de um engaste simples com solo-cimento.

Figura 2 - Engaste Simples com Solo-Cimento

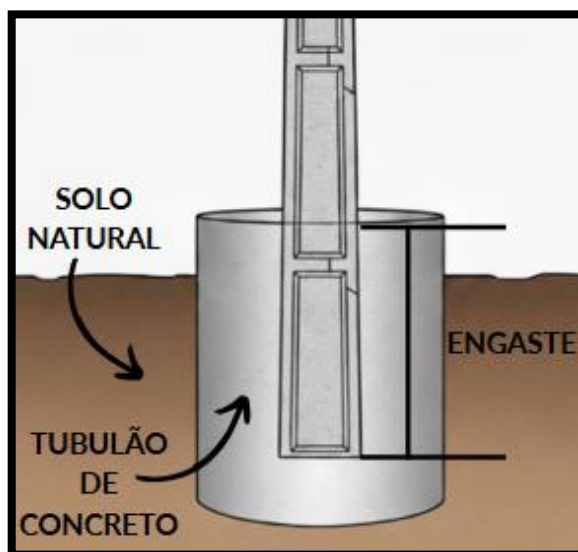


Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).

2.1.4 Engastamento com Tubulão Curto com Base Concretada

Sendo o engaste com base concretada, onde utiliza-se o tubulão curto, é geralmente uma opção quando o solo é de baixa resistência. O anel de concreto é moldado no centro do poste, visando que o objetivo dessa fundação é aumentar o diâmetro do engaste, ampliando a área de contato lateral e fazendo o preenchimento da base com concreto simples, com f_{ck} estimado de 20 MPa, fazendo com que os elementos atuem como um conjunto maciço. A seguir, a Figura 3 ilustra um engastamento com tubulão com base de concreto.

Figura 3 - Engastamento com Tubulão com Base de Concreto



Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).

2.2 ESTRUTURAS ESBELTAS E SOLICITAÇÕES DE POSTES

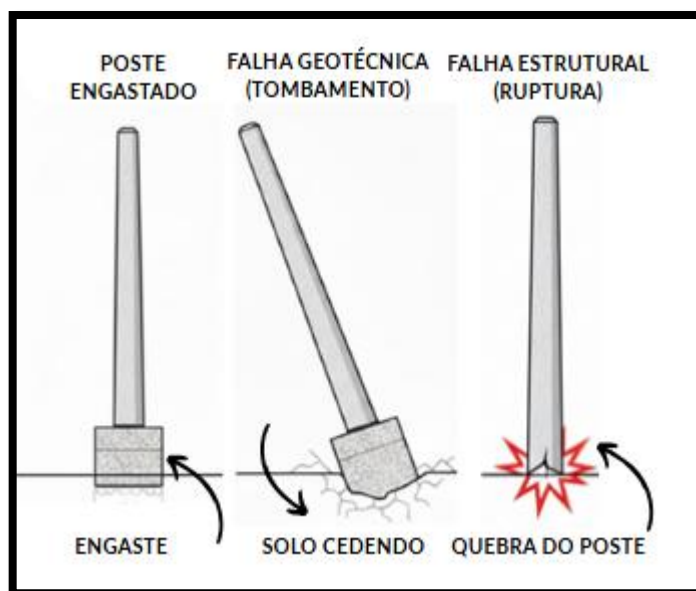
Os postes de seção duplo “T” de concreto armado, são um dos dados centrais do objetivo desse estudo, e podem ser definidos de forma técnica como uma estrutura vertical esbelta, considerando que a dimensão da sua seção transversal é significativamente menor que a sua altura. Esse elemento está sujeito a esforços verticais, sendo o peso próprio e equipamentos acoplados nele, e principalmente aos esforços horizontais, como o vento e os cabos de telecomunicação e energia.

Observando-se que ocorre interações entre o poste e a fundação, e a fundação e o solo, quando falamos em análise de segurança, é possível verificar duas falhas que podem vir a acontecer, sendo elas, a falha estrutural ou a falha geotécnica. A falha estrutural, também chamada de ruptura, ocorre quando o poste é o problema ou o elo mais fraco dessa interação, justificado pelo fato que o solo e a fundação mantêm o objeto firme no lugar, mas os esforços horizontais acabam por causar danos ao poste, que o fazem quebrar, na maioria das vezes no nível do solo, mas não comprometendo a fundação. Para os casos de falha geotécnica, ou tombamento, o solo é o elo mais fraco da equação, pois não é capaz de resistir ao giro do elemento estrutural, fazendo o conjunto inteiro tombar.

Um dos dois casos de falha pode vir a acontecer também, quando a fundação do poste é dimensionada de forma errônea, como a fundação precisa agir como um elemento de interação entre solo-estrutura. Por isso, é de extrema importância levar em consideração, métodos de

cálculo seguros e eficientes, que englobe todos os parâmetros e informações necessárias. A ilustração a seguir (Figura 4), demonstra de maneira simplificada o texto acima.

Figura 4 - Possíveis Falhas



Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).

2.2.1 Poste Duplo “T”

Os postes de seção duplo “T” de concreto armado, são uma das opções mais eficientes e usuais para redes de distribuição e linhas de transmissão. Tem como característica primordial sua forma geométrica minimizada, que tem o objetivo de resistir aos esforços primários de flexão. Esse tipo de poste concentra a armadura e o concreto nas abas do elemento, assim maximizando o momento de inércia da seção transversal do poste, o que é fundamental para que o artefato possa suportar com segurança os momentos fletores elevados que são causados pela tração dos cabos e pelo vento.

Podemos correlacionar os postes com as vigas em balanço, pois funcionam de maneira semelhante, sendo que são projetados para que o momento máximo ou resistente venha a ocorrer no engaste do poste, ou seja, na base. O correto dimensionamento estrutural do poste é de extrema importância, pois deve garantir que não ocorra a ruptura do aço e ou do concreto, quando as cargas forem aplicadas. Considerando que são elementos expressamente rígidos, é uma opção viável, pois o engastamento, garante que não ocorra a falha geotécnica, o tombamento, já que a rigidez da seção e a reação lateral do solo, equilibra o poste ao longo da profundidade determinada.

Os postes podem ser divididos em elementos de distribuição de energia e telecomunicações e de linhas de transmissão, sendo respectivamente, postes de esforços e comprimentos geralmente menores e postes de esforços e comprimentos maiores. No estado do Rio Grande do Norte, usa-se as normas técnicas da Neenergia, que determinam as diretrizes que devem ser seguidas para os projetos dos postes de concreto armado.

2.3 INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA

Uma das etapas preliminares, fundamentais e obrigatórias é a investigação geotécnica, sendo o *Standard Penetration Test* (SPT) um dos ensaios mais usados no mundo e principalmente no Brasil, para obter informações e características a respeito do solo. A norma ABNT NBR 6484:2020 – Sondagens de simples reconhecimento SPT, regula os procedimentos para a realização desse ensaio.

É de extrema importância, pois é um dos meios de obter as características dos solos como os tipos, nível de água, resistência em diferentes profundidades etc., onde o elemento estrutural será apoiado. Interpretar de maneira correta esses resultados, permite ao calculista escolher o melhor tipo de fundação para cada situação. Muitas vezes, erroneamente essa etapa não é realizada ou feita de forma inadequada, por motivos de economia. O risco de não realizar a sondagem, pode trazer problemas sérios futuros, como recalques diferenciais, ou até mesmo em casos extremos, a ruptura da estrutura, já que o dimensionamento das fundações depende dos parâmetros obtidos com ensaio de campo.

No caso das fundações de postes, a interpretação do ensaio de sondagem é realizada de forma diferente. O profissional precisa fazer a análise do perfil completo do solo principalmente nas camadas superficiais, considerando que estabilidade ao tombamento do elemento é realizado através do empuxo passivo. O N_{SPT} , número de golpes de penetração padrão, nesse caso, é utilizado para estimar os parâmetros de resistência de cisalhamento do solo em cada uma das camadas e determinar o nível de água, que é um fator crítico para a escolha adequada e segura da fundação que será utilizada.

2.4 INTERAÇÃO SOLO-FUNDAÇÃO E PARÂMETROS DE CÁLCULO

Em relação a interação entre solo-fundação em postes, temos um caso particular e diferente, considerando que nesse sistema é necessário observar que as principais cargas são as laterais e o empuxo passivo. O impulso inicial para compreender essa interação é considerar o comportamento rígido ou mecânico da fundação ao qual o poste está engastado, podendo ser um tubulão curto ou a própria estrutura.

A fundação entra em ação, quando o vento ou os cabos anexados nas estruturas, aplicam um momento que faz o poste tombar. Sendo que o comportamento da fundação é rígido, ela não se dobra, pois age como um corpo único no maciço do solo. Por isso, a interação é importante, pois ela é a resposta do solo a tentativa de rotação do elemento. Segundo os autores, Poulos e Davis (1980), considerando os elementos rígidos, é possível analisar que eles tendem a apresentar um comportamento reduzido de rotação frente ao solo, levando a um resultado estrutural mais provável, que acaba por ser fundamental para os postes, visando que esse limite de deslocamento no topo do elemento é um fator crítico para entender o desempenho do artefato de concreto.

A eficácia da interação também vai depender do tipo de solo em questão. Por isso, em alguns casos, pode ser necessário fazer um reforço no solo, podendo ser uma compactação ou uma mistura de cimento, para melhorar as propriedades do terreno.

2.4.1 Coeficientes de Atrito Solo-Concreto

Um dos parâmetros utilizados no Método de Sulzberger, é o coeficiente de atrito solo-concreto, pois ele tem a função de definir a resistência tangente frente ao solo e a fundação rígida de concreto, quando forem submetidas aos esforços horizontais. Parafraseando o que Terzagui e Peck (1967), disseram, temos que a rugosidade do concreto, a característica física dos solos e a tensão normal aplicada, está diretamente ligada ao atrito. No caso dos solos considerados arenosos, onde a fricção é predominante, resulta-se em coeficientes de atrito maiores e para solos coesivos, depende da adesão ao elemento, o que reduz os valores, geralmente.

É extremamente fundamental que seja definido corretamente esse coeficiente, para que o dimensionamento através do modelo em questão seja utilizado de maneira eficaz e segura. Portanto, quanto maior a reação lateral do solo, menor a necessidade de profundidade de engastamento para estabilizar o poste, proporcionalmente quanto menor essa reação, maior precisará ser a profundidade do engaste.



Figura 5 - Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).

2.4.2 Coeficiente de Poisson

O coeficiente de Poisson, não é um parâmetro que faça parte de forma explícita da formulação do Método de Sulzberger, mas tem grande influência e de extrema importância para a avaliação da resultante lateral do solo que exhibe esse modelo. Considerando que o coeficiente de reação horizontal do solo, que podemos obter a partir de correlações empíricas ou utilizando parâmetros elásticos que são derivados das propriedades do coeficiente de Poisson e do módulo de deformação, eles contribuem diretamente para uma estimativa real dos deslocamentos e da estabilidade do poste.

2.4.3 Tensão Admissível

A máxima tensão que poderá ser aplicada a um solo, sem provocar ruptura e ou recalques excessivos, de forma segura, é chamada de tensão admissível. Podendo ser obtida a partir de ensaios de campo ou laboratório, como por exemplo, SPT, provas de carga, também é necessário utilizar fatores de segurança, segundo a norma ABNR NBR 6122:2019. Existem os parâmetros que a tensão admissível considera, sendo eles a resistência ao cisalhamento do solo, variabilidade natural, deformação quando imposto a carregamentos e compressibilidade.

Falando um pouco sobre os diferentes tipos de solos, os arenosos têm a tendência de apresentar maiores tensões admissíveis e no caso dos solos argilosos, que são mais suscetíveis a deformações, constantemente apresentam tensões admissíveis menores. Esse dado é de extrema importância para o dimensionamento correto das fundações, pois garantem que o limite de tensão exigido seja respeitado, para que não coloque a segurança da estrutura em risco.

2.4.4 Coeficiente de Segurança

Quando falamos sobre solos, as incertezas em relação a eles são variadas, então com base nisso, se faz necessário adotar coeficientes de segurança que possam trazer o máximo de precaução no dimensionamento de fundações. No caso do Método de Sulzberger, esse coeficiente tem o objetivo de considerar as incertezas que podem surgir na determinação do coeficiente de razão horizontal. Com isso, o modelo fornece a capacidade lateral última, e o coeficiente de segurança faz a conversão para o resultado da capacidade admissível, visando garantir a segurança do poste, mesmo em condições críticas.

2.4.5 Coeficiente de Compressibilidade

No Método de Sulzberger, o coeficiente de compressibilidade afeta indiretamente o resultado, pois se tratando de solos que são mais compressíveis tem uma menor rigidez e menor valor do coeficiente de reação horizontal, e os menos compressíveis é inversamente proporcional, pois esse valor aumenta.

2.5 AÇÕES ATUANTES NAS FUNDAÇÕES DE POSTES

Quando se falamos em relação as ações atuantes nas fundações de postes, pode-se levar em consideração a norma da ABNT NBR 8681:2025 – Ações e segurança nas estruturas. Algumas das ações as quais as fundações estão submetidas e que estão descritas na norma, podem ser divididas em permanentes, variáveis e ações raras ou excepcionais.

Entretanto, para este trabalho não foram considerados os pesos dos cabos e equipamentos para questões de dimensionamento, considerando que foi proposto situações hipotéticas e apenas para exemplo de cálculos.

Como exemplo de ação permanente, podemos falar do peso próprio da estrutura calculada, sendo autoexplicativo, pois é exatamente o peso do elemento, somado aos equipamentos e cabos que serão acoplados a ela.

Contudo, para as ações variáveis ou também chamadas de acidentais, temos o vento, que é extremamente importante ser considerado para efeitos de cálculo, pois é um esforço de

grande influência na estrutura. Para determinar a força do vento, pode-se utilizar como base a norma ABNR NBR 6123:2023 - Forças devidas ao vento nas edificações, que apresenta cálculos e parâmetros a serem considerados. No caso do método utilizado para dimensionamento das fundações para postes deste trabalho, o esforço do vento é considerado no cálculo da rede, quando é especificado o esforço nominal do poste a ser utilizado.

E a última ação, sendo ela as ações excepcionais, que são raras ou quase improváveis de acontecer, mas podem ser consideradas para efeitos de maior segurança, podemos pontuar os acidentes, como colisão de veículos, abalos no solo causados por fatores naturais, um incêndio que acabe por gerar uma explosão etc. Mas para o seguinte trabalho, também não foram consideradas, pois o Método de Sulzberger não leva em consideração essas ações.



Figura 6 - Fonte: Autoria própria com auxílio do Gemini (2025).

2.6 MÉTODO DE SULZBERGER

O Método de Sulzberger é um modelo Suíço, que leva o nome do seu desenvolvedor, o Engenheiro Civil Sulzberger, especializado na área de mecânica dos solos (geotecnia) e cálculo de estruturas. A principal contribuição do seu estudo, foi para o dimensionamento geotécnico de fundações curtas rígidas, como o engastamento de estruturas sujeitas ao tombamento, como é o caso dos postes de concreto armado ou estruturas similares, que são submetidas a esforços

horizontais. Seu trabalho sobre esse modelo, foi publicado pela Associação Suíça de Eletricistas, no ano de 1945, sendo frequentemente utilizado em subestações de energia elétrica.

Com base no Método de Sulzberger, podemos dividi-lo em duas principais hipóteses, onde a primeira considera que na superfície o coeficiente de reação horizontal é desconsiderado, porém, conforme a profundidade fica maior, esse coeficiente também aumenta, no caso de solos uniformes. Na segunda hipótese, temos que um solo terá comportamento elástico quando se tratar de pequenos deslocamentos, e o empuxo será proporcional aos deslocamentos da fundação pelo valor do coeficiente de reação do terreno.

Em termos de fundação, esse modelo considera que apenas o momento de tombamento e as forças verticais devem ser consideradas para calcular o momento resistente. Porém, não são todos os casos que negligenciam as forças horizontais, apenas quando a razão entre a altura em que o ponto onde as forças laterais estão aplicadas acima do solo e a profundidade do elemento de fundação venha a ser superior a cinco. Quando inferior, deve ser feito uma análise para considerar esses esforços horizontais.

A premissa do método considera que a inclinação máxima que a estrutura pode suportar é a tangente do ângulo em questão que é igual a 0,01, ou seja, a seguinte fórmula:

$$MáxInc = \frac{\text{Comprimento}}{100}$$

Na ruptura, a fase plástica do solo é descartada e o método tem como consideração que o solo tem um comportamento elástico.

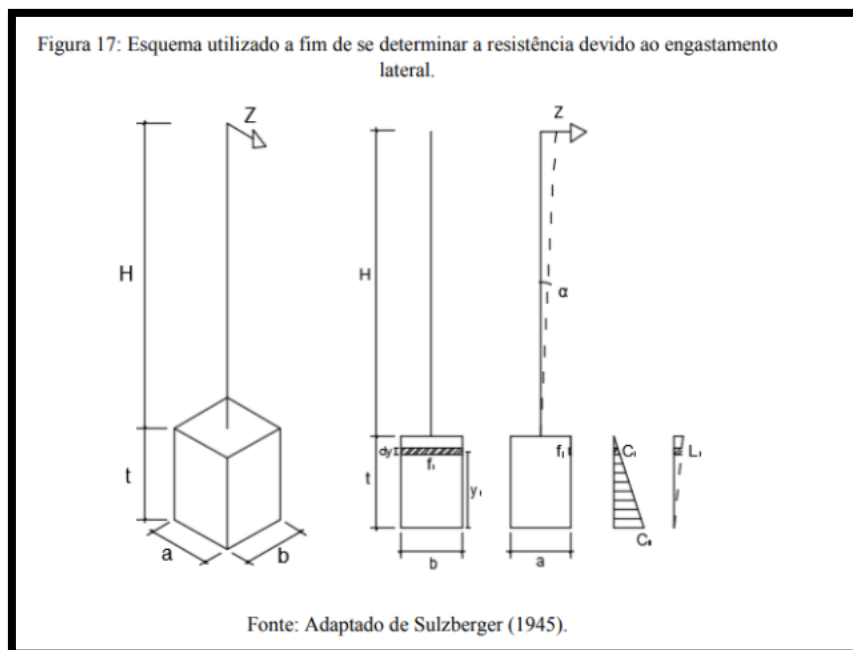


Figura 7 - Fonte: Adaptado do Método de Sulzberger (1945).

A partir do Método de Sulzberger, quando falamos sobre a fundação rígida, deve-se considerar que um ângulo, irá girar em torno do eixo que está localizado na base, devido ao engastamento do elemento, quando uma força está atuando no topo. Já em relação ao atrito, segundo o autor, ele é influenciado pela rugosidade e o solo em questão. O engenheiro considera difícil estimar com precisão o atrito, pois quando a fundação foi submetida a movimentações extremas, a resistência do atrito irá diminuir de forma rápida.

Quando considerado que o coeficiente de reação horizontal, for zero no topo do poste, a rotação será em torno de $\frac{2}{3}$ da altura que a fundação tem. Sulzberger, deduziu em seus estudos, fórmulas para cálculo das fundações, tanto para seções quadradas e retangulares, quanto para seções circulares. Algumas dessas fórmulas, foram apresentadas ao longo do texto, sendo as de seção circular, já que se utilizou tubulões como exemplos de fundação para poste.

É importante pontuar que o Método de Sulzberger não realiza o dimensionamento estrutural da fundação, ou seja, em relação ao concreto ou a armadura do tubulão, pois seu objetivo é verificar se a profundidade da fundação é suficiente para garantir a estabilidade da estrutura e se o solo aguenta a tensão a qual está sendo submetido. A figura 8, tem como objetivo ilustrar as reações a partir dos deslocamentos.

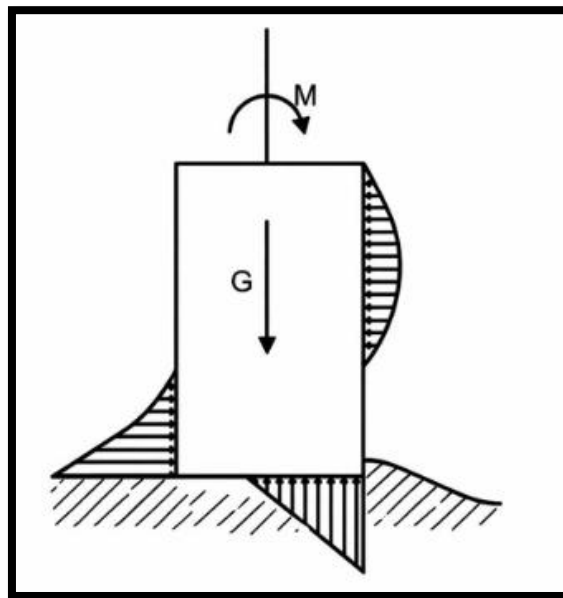


Figura 8 - Fonte: Adaptado do Método de Sulzberger (1945).

2.6.1 Coeficiente de Reação Vertical

Existem diferentes formas de se obter o coeficiente de reação vertical, em outros estudos e segundo outros autores, mas para o Método de Sulzberger (1945), o autor já propôs uma tabela com valores fixos e que devem ser utilizados para efeitos de cálculo (Tabela 1).

Tabela 1 - Valores de Coeficiente de Reação Vertical

CATEGORIA	NATUREZA DO TERRENO	COEFICIENTE DE REAÇÃO (kgf/cm ³)
I	Terreno lamacento leve ou turfoso leve	0,5 - 1,0
II	Terreno turfoso pesado, areia fina de praia	1,0 - 1,5
III	Depósito de cascalho, húmus ou areia	1,0 - 2,0
IV (a)	Argila saturada	2,0 - 3,0
IV (b)	Argila úmida	4,0 - 5,0
IV (c)	Argila Seca	6,0 - 8,0
IV (d)	Argila dura e seca	10,0
V	Húmus com poucas pedras, mesclado de areia	6,0 - 8,0
VI	Húmus com cascalho ou muitas pedras, mesclado de areia	8,0 - 10,0
VII	Cascalho fino mesclado de areia fina	7,0 - 9,0
VIII	Cascalho médio mesclado de areia grossa	9,0 - 11,0
IX	Cascalho grosso mesclado com muita areia grossa	11,0 - 13,0
X	Cascalho grosso com muita areia grossa	11,0 - 13,0
XI	Cascalho grosso com pouca areia grossa	13,0 - 16,0
XII	Cascalho grosso com pouca areia grossa, compacto	16,0 - 20,0

Fonte: Adaptado do Método de Sulzberger (1945).

2.6.2 Coeficiente de Reação Horizontal

O solo tem uma reação horizontal que submete as fundações e que deve ser considerado para efeitos de cálculo, sendo extremamente correlacionado a fatores diferentes, sendo ele, o carregamento que será aplicado, dimensões, a rigidez da fundação em questão, e principalmente as propriedades e características dos solos. O engenheiro Sulzberger, responsável pelo método que leva seu nome, quando elaborou o seu estudo considerou que o coeficiente de reação horizontal, se comporta linearmente crescente com a profundidade do solo, sendo isso, para todos os solos.

Ele também, sugeriu que no caso das fundações de postes, o tubulão deve ser preenchido com concreto, de modo que o esteja em contato com o solo de forma direta, não interferindo em sua forma natural, preservando o coeficiente de reação horizontal.

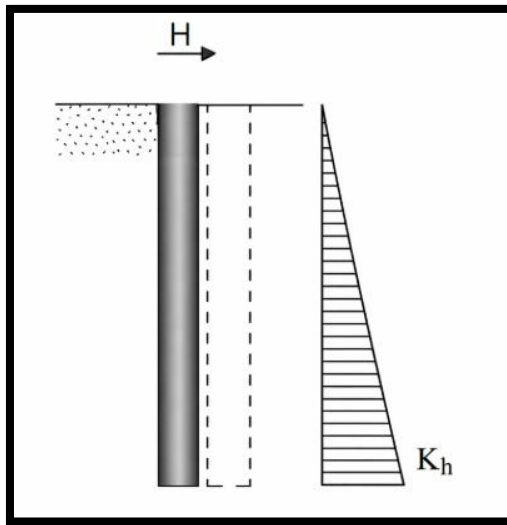


Figura 9 - Fonte: Adaptado do Método de Sulzberger (1945).

3. METODOLOGIA

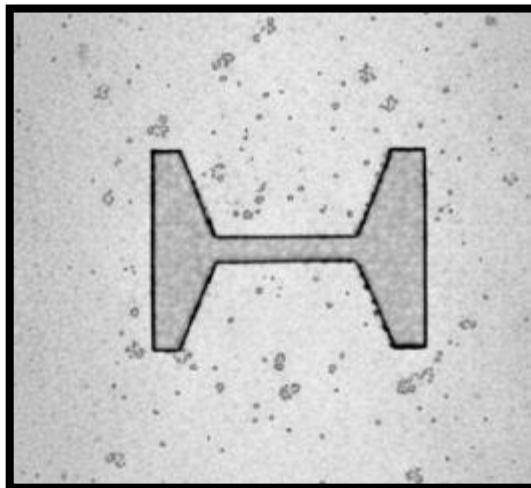
3.1 MODELO DE ANÁLISES DO MÉTODO DE SULZBERGER

3.1.1 Descrição Técnica do Elemento

Para este presente trabalho, foram adotados dois modelos de fundação, sendo elas, com engastamento simples e com base concretada, segundo o Método de Sulzberger.

No caso das fundações onde o poste é engastado diretamente no solo, ou seja, engaste simples, as valas que foram escavadas para a locação dos postes, devem ser completamente preenchidas com solo-cimento, que deverá ser bem compactado. A Figura 5 ilustra essa situação.

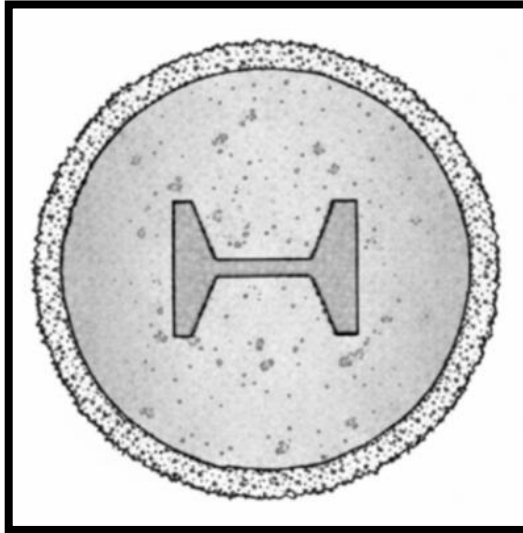
Figura 10 - Vista de Cima do Poste e do Solo-Cimento ao Redor



Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).

Por outro lado, para as fundações que são do tipo engaste com base concretada, composto por tubulões, que devem ser preenchidos por concreto simples, com f_{ck} de 20 MPa, assim sendo considerado uma seção circular plena de concreto, trabalhando como um só elemento. A Figura 6 detalha essa situação.

Figura 11 - Vista de Cima do Poste e da Fundação Tipo Base Concretada



Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).

3.1.2 Considerações Básicas

No caso das fundações com engastamento simples, a análise das estruturas foi conduzida a partir do cálculo da força máxima suportada pelo engaste em um poste de concreto armado. Com isso, teremos a seguinte equação:

$$F = \frac{C \times b \times e^3}{h_{RP} + e}$$

Sendo:

F = Força máxima suportável pelo engastamento, em daN;

C = Coeficiente de compressibilidade do terreno, em daN/m³;

b = Dimensão do poste, referente à profundidade de engastamento, normal ao eixo de aplicação da força, em metros;

e = Comprimento de engastamento do poste, em metros;

h_{RP} = Distância do solo ao ponto de aplicação da força, em metros.

Uma importante observação a se levar em consideração, é que quando a força que atua for maior que a força máxima suportável pelo engastamento (por segurança, a força é reduzida em 40%), deve-se fazer o uso de fundações que são do tipo engaste com base concretada. Agora, quando a resultante no topo do poste for menor que a força máxima suportada pelo engastamento, e a fundação for considerada estável, teremos então, o engaste simples.

A fórmula que faz a validação da fundação é:

$$\frac{F_A}{F_R} < 1,00$$

Sendo:

F_R = Força máxima suportável pelo engastamento, reduzida em 40%, em daN;

F_A = Força atuante no topo do poste, em daN.

Por questões de segurança, deve-se avaliar a estabilidade, caso no topo do poste atuem força igual ao valor da resistência nominal do poste, temos:

$$\frac{R}{F_R} < 1,00$$

F_R = Força máxima suportável pelo engastamento, reduzida em 40%, em daN;

R = Força atuante no topo do poste, com valor igual ao da resistência nominal do poste, em daN.

Os cálculos a partir dele, são apresentados o momento resistente do solo provocado por estruturas enterradas sendo sujeitas esforços de tombamento. Deve-se calcular esses momentos e as pressões de contato na base e na superfície lateral, levando em consideração a peça rígida imersa em um meio linear elástico.

O momento resistente do solo, ao tombamento, é composto por duas parcelas:

$$M_R = M_S + M_B$$

Sendo:

M_R = Momento resistente do solo ao tombamento;

M_S = Momento resistente oferecido pela reação lateral do terreno;

M_B = Momento resistente oferecido pela base da fundação.

Em cada uma dessas parcelas, o autor Sulzberger desenvolveu fórmulas, para carregamentos diferentes e a inclinação provocada por eles.

Caso o M_S seja relativamente irrelevante a M_B , o momento das forças atuantes horizontalmente sobre o poste (M_R) deverá ser multiplicado pelo coeficiente 1,50. Para os demais casos, teremos a variação de 0 a 1, mostrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Coeficiente de Segurança

MS/MB	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
COEFICIENTE DE SEGURANÇA	1,50	1,40	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10	1,08	1,05	1,03	1,00

Fonte: Adaptado do Método de Sulzberger (1945)

3.1.2.1 Cálculo da Tangente de Alfa

Em relação a fórmula para calcular a tangente de alfa, onde o eixo de rotação começa a aumentar, tendo sido deduzida por Sulzberger, para as fundações com seção circular, temos:

$$\mathit{tang} \alpha \equiv \frac{8,8 \times \mu \times G}{d \times t^2 \times K_h}$$

Sendo:

μ = Coeficiente de atrito entre a superfície de concreto e o terreno;

G = Esforço vertical aplicado ao solo;

d = Diâmetro do tubulão;

t = Profundidade do bloco em relação ao nível do terreno;

K_h = Coeficiente de reação horizontal (coeficiente de compressibilidade à profundidade t).

A tangente de alfa também pode ser descrita como o momento de reação de engastamento lateral (M_s)

Considerando o cálculo da tangente de alfa, é possível calcular as parcelas do momento resistente do solo, para cada fase de carregamento. A figura 12 ilustra de maneira mais clara a diferença entre as fases de carregamento.



Figura 12 - Fonte: Autoria própria com auxílio do Gimini (2025).

Para a primeira fase, teremos:

$$M_S = \frac{d \times t^3}{17,6} \times K_h \times \mathit{tanga}$$

Devendo atender ao critério: $\mathit{tanga} < 0,01$.

Para a segunda fase:

$$M_S = \frac{d \times t^3}{52,8} \times K_h \times \mathit{tanga}$$

Devendo atender ao critério: $\mathit{tanga} \geq 0,01$.

3.1.2.2 Reação do Solo na Base da Fundação

O método evidencia que a fundação ainda estará repousando por toda base sobre o solo, no caso do primeiro estágio de carregamento e para o segundo estágio, será considerado para maiores inclinações, já que a fundação não irá repousar totalmente. Para o cálculo da tangente de uma seção circular, temos:

$$\mathit{tanga} = \frac{5,1 \times G}{d^3 \times K_v}$$

Sendo:

G = Esforço vertical aplicado ao solo;

d = Diâmetro do tubulão;

K_v = Coeficiente de reação vertical (coeficiente de compressibilidade ao nível da base).

Para a primeira fase, teremos:

$$M_B = \frac{\pi \times d^4}{64} \times K_h \times \text{tanga} \alpha$$

Devendo atender ao critério: $\text{tanga} \alpha < 0,01$.

Para a segunda fase:

$$M_B = c \times d \times G$$

$$0,30 \leq c \leq 0,35$$

Devendo atender ao critério: $\text{tanga} \alpha \geq 0,01$.

3.1.2.3 Momento Atuante

Para uma fundação ser considerada estável, deve atender o seguinte parâmetro:

$$\frac{M_A}{M_R} < 1,0$$

Sendo:

M_R = Momento Resistente, majorado pelo coeficiente de segurança, em daN.cm;

M_A = Momento atuante na fundação do poste, em daN.cm.

Temos, M_A :

$$M_A = F \times \left(h + \frac{2}{3} \times t \right)$$

Onde:

F = Força máxima atuante no topo do poste, daN;

h = Altura do ponto de aplicação da força resultante, em cm;

t = Profundidade da fundação, em cm.

3.1.2.4 Coeficiente de Reação Vertical e Horizontal do Solo

Tem-se uma correlação empírica a partir da tensão admissível do solo, encontrada por meio do ensaio SPT, para encontrarmos o coeficiente de reação vertical, então:

$$\sigma_{adm} = \frac{N}{5}$$

Sendo:

σ_{adm} = Tensão admissível do solo, em kgf/cm²;

N = Valor do SPT médio para a profundidade considerada de assentamento da fundação.

Para encontrar o valor do coeficiente de reação vertical do solo, sendo válidas para tensões a partir de 2 kgf/cm², a fórmula será a seguinte:

$$K_v = 2 \times \sigma_{adm}$$

Onde:

K_v = Coeficiente de reação vertical do solo, em kgf/cm³.

O coeficiente de reação horizontal do solo, pode ser obtido através do coeficiente de Poisson e o de reação vertical, seguindo a fórmula:

$$K_h = u \times K_v$$

Sendo:

K_h = Coeficiente de reação horizontal do solo, em kgf/cm³;

u = Coeficiente de Poisson

Através da tabela a seguir (Tabela 3), teremos para o coeficiente de Poisson:

Tabela 3 - Coeficiente de Poisson

SOLO	ACIMA DO NÍVEL DA ÁGUA
ARENOSO	0,3
ARGILOSO	0,4

Fonte: AltoQI.

3.1.2.5 Cálculo do Engastamento do Poste

Para realizar o cálculo do engastamento de um poste, seguiremos como base a norma ABNT NBR 8451:2022 - Postes de concreto armado, onde a profundidade do engaste, tanto para o simples, quanto com tubulão, para qualquer tipo de poste, será com a seguinte fórmula:

$$e = \frac{L}{10} + 0,60$$

Onde:

e = Profundidade de engastamento do poste;

L = Comprimento do poste, em metros.

3.1.2.6 Cálculo das Tensões Atuantes

As tensões atuantes de acordo com a adaptação de Barros, a partir do Método de Sulzberger, são divididas em três principais, sendo:

- **Tensão Máxima de Contato Solo-Fundação (1º estágio)**

$$\sigma_1 = K_h \times \frac{h}{3} \times \text{tanga}$$

- **Tensão Média Equivalente da Distribuição de Tensões**

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_1}{3}$$

- **Tensão Característica (2º estágio)**

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{2 \times K_v \times \text{tanga}}{L}}$$

Sendo:

h = Altura da fundação;

P = Esforço vertical aplicado;

L = Comprimento da fundação (ou diâmetro).

3.1.2.7 Tensão Admissível do Solo

A tensão admissível do solo pode ser encontrada a partir dos resultados de sondagem, sendo que a tensão admissível do solo aos esforços de compressão, será calculada em função do número de golpes de penetração obtidos pela fórmula:

$$\sigma_{adm} = \frac{N}{5}$$

Sendo:

σ_{adm} = Tensão admissível do solo aos esforços de compressão, em kgf/cm²;

N = Número de golpes, obtido a partir do relatório de sondagem.

Como este trabalho está fundamentado em situações hipotéticas, considerando a ausência dos dados a partir do ensaio de sondagem, foi estimado que no caso das fundações com base totalmente concretada, teremos que a tensão admissível média, em uma profundidade de até três metros, será igual a 5 kgf/cm², o que será equivalente a 25 golpes no ensaio de sondagem à percussão, compatível com solos que são compostos de areias medianamente compactas. Sendo importante pontuar que no caso de aplicabilidade desses parâmetros para casos reais, é necessário confirmar os dados a partir do SPT.

3.1.2.8 Postes Duplo “T” de Distribuição

Neste trabalho, usaremos para os postes de seção duplo “t” de distribuição, os esforços, comprimentos e outros dados, sendo eles demonstrados na seguinte Tabela 4.

Tabela 4 - Características dos Postes de Distribuição

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 400 daN							
41	400	9	804	0,301	11x14	29x39,2	SIMPLES
42		11	1.159	0,437	11x14	33x44,8	SIMPLES
43		12	1.321	0,499	11x14	35x47,6	SIMPLES
ESFORÇOS DE 600 daN							
61	600	9	822	0,301	11x14	29x39,2	SIMPLES
62		11	1.188	0,437	11x14	33x44,8	SIMPLES
63		12	1.353	0,499	11x14	35x47,6	SIMPLES
64		14	1.719	0,637	11x14	39x53,2	SIMPLES
65		16	2.143	0,795	11x14	43x58,8	SIMPLES
ESFORÇOS DE 1000 daN							
101	1000	16	2825	1,043	14x18,2	46x63	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Autoria Própria (2025).

O tipo de engastamento da tabela foi uma consideração, que deve ser verificado a partir dos cálculos e caso não atenda os parâmetros, será mudado e recalculado para outro tipo de engaste.

3.1.2.9 Postes Duplo “T” de Linha de Distribuição

Neste trabalho, usaremos para os postes de seção duplo “t” de linha de transmissão, os esforços, comprimentos e outros dados, sendo eles demonstrados na Tabela 5.

Tabela 5 - Características dos Postes de Linha de Transmissão

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
151	1500	18	4149	1,526	17x22,4	53x72,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
152		20	4.894	1,791	17x22,4	57x78,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
153		22	5.686	2,083	17x22,4	61x84	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
154		24	6.538	2,402	17x22,4	65x89,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
ESFORÇOS DE 2000 daN							
201	2000	12	2.430	0,877	20x26,6	44x60,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
202		14	3.658	1,463	23x30,8	51x70	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
203		16	4.617	1,716	23x30,8	55x75,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
204		18	5.400	1,995	23x30,8	59x81,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
ESFORÇOS DE 2500 daN							
251	2500	20	6.291	2,300	23x30,8	63x86,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
252		22	7.232	2,632	23x30,8	67x92,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
ESFORÇOS DE 3000 daN							
301	3000	18	5.254	1,87	23x30,8	59x81,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
302		20	6.408	2,300	23x30,8	63x86,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
303		22	7.320	2,632	23x30,8	67x92,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Autoria Própria (2025).

Postes a partir do esforço de 1000 daN, foram diretamente dimensionadas com fundações do tipo tubulão com base concretada, não necessitando de mudança futura.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse tópico do trabalho foi exemplificado como utilizar o modelo de dimensionamento geotécnico das fundações de postes duplo “T”, tanto para os de distribuição, quanto os de linha de transmissão, adotando o Método de Sulzberger para aplicação dos cálculos.

4.1 DIMENSIONAMENTO DOS POSTES DE DISTRIBUIÇÃO COM ENGASTE SIMPLES

Aplicou-se as fórmulas propostas pelo método para verificar e dimensionar a fundação para os postes de distribuição.

4.1.1 Dimensionamento para Postes com Engaste Simples com Solo-Cimento

Os postes com esforço menor que 1000 daN, independente do comprimento, foram verificados para o engastamento simples, onde o solo ao redor da peça, foi preenchida com solo-cimento. Caso os cálculos não sejam aprovados, a fundação do poste será redimensionada para o tipo tubulão preenchido com concreto simples.

Considerando que o solo escolhido para realizar os cálculos onde a estrutura foi aplicada, se tratou de uma areia densa ou uma argila muito rígida, adotou-se o coeficiente de compressibilidade de 5000 daN.

4.1.1.1 Poste Concreto Armado Duplo “T” 400 daN x 9 m

Os dados do poste 400daN x 9m, estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6 - Características do Poste DT Simples 400daNx9m

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 400 daN							
41	400	9	804	0,301	11x14	29x39,2	SIMPLES

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para o cálculo da força máxima suportada pelo engaste simples em um poste de concreto armado teremos a seguinte equação:

$$F = \frac{C \times b \times e^3}{h_{RP} + e}$$

$$F = \frac{5000 \times 0,29 \times 1,5^3}{7,3 + 1,5} = 556,11 \text{ daN}$$

Por segurança, reduziremos a força F em 40%, para garantir a segurança.

$$F_R = F - 40\% = 333,66 \text{ daN}$$

Para isso, encontraremos a força atuante no topo do poste

$$F_A = \frac{400}{1,4} = 285,71 \text{ daN}$$

A fórmula que faz a validação da estabilidade da fundação é:

$$\frac{F_A}{F_R} < 1,00$$

$$\frac{F_A}{F_R} = \frac{285,71}{333,66} = 0,86 < 1,00$$

Conforme os cálculos realizados, a estabilidade foi atendida e aprovada.

Por questões de segurança, também deve-se avaliar a estabilidade, caso no topo do poste atuem força igual ao valor da resistência nominal do poste, temos:

$$\frac{R}{F_R} < 1,00$$

$$\frac{R}{F_R} = \frac{400}{333,66} = 1,20 < 1,00$$

O parâmetro não foi atendida, pois a força atuante nominal é maior que a força máxima suportável pelo engastamento reduzido em 40%, devendo-se usar fundações com base concretada. Com isso, foi realizado o cálculo com tubulão preenchido com concreto para esse poste. Para facilitar e agilizar os cálculos, foi utilizado o auxílio de planilhas em Excel. A Tabela 7 apresenta o dimensionamento do poste duplo “T” 400daN x 9 m.

Tabela 7 - Dimensionamento do Poste DT Simples 400daNx9m

POSTE DUPLO "T" 400daN x 9m			
BASE DO TIPO SIMPLES			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	SOLO-CIMENTO		
COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE SOLO-CIMENTO	C	daN/m ³	5.000
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
DIMENSÃO A DO POSTE NA BASE	A	m	0,39
DIMENSÃO B DO POSTE NA BASE	B	m	0,29
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	804
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	400
ALTURA DO POSTE	h _{ostes}	m	9
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,50
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	7,30
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE	F _A	daN	286
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE, COM VALOR IGUAL AO DA RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R	daN	400
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO (SEM REDUÇÃO)	F	daN	556,11
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO SIMPLES (REDUZIDA EM 40%)	F _R	daN	333,66
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE NO TOPO DO POSTE QUANDO A RESISTÊNCIA FOR A NOMINAL	NÃO APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

4.1.1.2 Poste Concreto Armado Duplo "T" 400 daN x 11 m

Os dados para esse poste, constam na Tabela 8.

Tabela 8 - Características do Poste DT Simples 400daNx11m

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 400 daN							
42	400	11	1.159	0,437	11x14	33x44,8	SIMPLES

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Como dito anteriormente, demonstraremos os cálculos em planilha em Excel. A Tabela 9 apresenta o dimensionamento do poste DT Simples 400daN x 11 m.

Tabela 9 - Dimensionamento do Poste DT Simples 400daNx11m

POSTE DUPLO "T" 400daN x 11m			
BASE DO TIPO SIMPLES			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	SOLO-CIMENTO		
COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE SOLO-CIMENTO	C	daN/m ³	5.000
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
DIMENSÃO A DO POSTE NA BASE	A	m	0,45
DIMENSÃO B DO POSTE NA BASE	B	m	0,33
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.159
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	400
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	11
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,70
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	9,10
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE	F _A	daN	286
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE, COM VALOR IGUAL AO DA RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R	daN	400
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO (SEM REDUÇÃO)	F	daN	750,60
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO SIMPLES (REDUZIDA EM 40%)	F _R	daN	450,36
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE NO TOPO DO POSTE QUANDO A RESISTÊNCIA FOR A NOMINAL	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

Todos os parâmetros foram atendidos, confirmando a hipótese do engastamento simples com solo-cimento.

4.1.1.3 Poste Concreto Armado Duplo "T" 400 daN x 12 m

Os dados para esse poste, consta na Tabela 10 e a Tabela 11 apresenta o dimensionamento do poste DT Simples 400daN x 12 m.

Tabela 10 - Características do Poste DT Simples 400daNx12m

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 400 daN							
43	400	12	1.321	0,499	11x14	35x47,6	SIMPLES

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Tabela 11 - Dimensionamento do Poste DT Simples 400daNx12m

POSTE DUPLO "T" 400daN x 12m			
BASE DO TIPO SIMPLES			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	SOLO-CIMENTO		
COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE SOLO-CIMENTO	C	daN/m ³	5.000
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
DIMENSÃO A DO POSTE NA BASE	A	m	0,48
DIMENSÃO B DO POSTE NA BASE	B	m	0,35
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.321
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	400
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE	F _A	daN	286
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE, COM VALOR IGUAL AO DA RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R	daN	400
FORÇA MÁXIMA SUPORTÁVEL PELO ENGASTAMENTO (SEM REDUÇÃO)	F	daN	864,92
FORÇA MÁXIMA SUPORTÁVEL PELO ENGASTAMENTO SIMPLES (REDUZIDA EM 40%)	F _R	daN	518,95
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE NO TOPO DO POSTE QUANDO A RESISTÊNCIA FOR A NOMINAL	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Os parâmetros foram atendidos, e o engastamento simples com solo-cimento foi comprovado.

4.1.1.4 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 9 m

Os dados para esse poste, consta na Tabela 12 e a Tabela 13 apresenta o dimensionamento do poste DT Simples 600daN x 9 m.

Tabela 12 - Características do Poste DT Simples 600daNx9m

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
61	600	9	822	0,301	11x14	29x39,2	SIMPLES

Fonte: Autoria Própria (2025).

Tabela 13 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx9m

POSTE DUPLO "T" 600daN x 9m			
BASE DO TIPO SIMPLES			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	SOLO-CIMENTO		
COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE SOLO-CIMENTO	C	daN/m ³	5.000
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
DIMENSÃO A DO POSTE NA BASE	A	m	0,39
DIMENSÃO B DO POSTE NA BASE	B	m	0,29
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	822
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE	F _A	daN	429
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE, COM VALOR IGUAL AO DA RESISTÊNCIA NOINAL DO POSTE	R	daN	600
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO (SEM REDUÇÃO)	F	daN	716,64
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO SIMPLES (REDUZIDA EM 40%)	F _R	daN	429,99
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE NO TOPO DO POSTE QUANDO A RESISTÊNCIA FOR A NOMINAL	NÃO APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

O parâmetro não foi atendido, pois a força atuante nominal é maior que a força máxima suportável pelo engastamento reduzido em 40%, devendo-se usar fundações com base concretada. Com isso, adiante foi realizado o cálculo com tubulão de concreto preenchido para esse poste.

4.1.1.5 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 11 m

Os dados para esse poste, constam na Tabela 14.

Tabela 14 - Características do Poste DT Simples 600daNx11m

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
62	600	11	1.188	0,437	11x14	33x44,8	SIMPLES

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A Tabela 15 apresenta o dimensionamento do poste DT Simples 600daN x 11 m.

Tabela 15 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daN x 11m

POSTE DUPLO "T" 600daN x 11m			
BASE DO TIPO SIMPLES			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	SOLO-CIMENTO		
COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE SOLO-CIMENTO	C	daN/m ³	5.000
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
DIMENSÃO A DO POSTE NA BASE	A	m	0,45
DIMENSÃO B DO POSTE NA BASE	B	m	0,33
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.188
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE	F _A	daN	429
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE, COM VALOR IGUAL AO DA RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R	daN	600
FORÇA MÁXIMA SUPORTÁVEL PELO ENGASTAMENTO (SEM REDUÇÃO)	F	daN	815,49
FORÇA MÁXIMA SUPORTÁVEL PELO ENGASTAMENTO SIMPLES (REDUZIDA EM 40%)	F _R	daN	489,29
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE NO TOPO DO POSTE QUANDO A RESISTÊNCIA FOR A NOMINAL	NÃO APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

O parâmetro não foi atendido, pois a força atuante nominal é maior da força máxima suportável pelo engastamento reduzido em 40%, deve-se usar fundações com base concretada. Com isso, mais a frente realizou-se o cálculo com tubulão de concreto preenchido para esse poste.

4.1.1.6 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 12 m

Os dados para esse poste, constam na Tabela 16.

Tabela 16 - Características do Poste DT Simples 600daNx12m

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
63	600	12	1.353	0,499	11x14	35x47,6	SIMPLES

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A Tabela 17 apresenta o dimensionamento do poste DT Simples 600daN x 12 m.

Tabela 17 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx12m

POSTE DUPLO "T" 600daN x 12m			
BASE DO TIPO SIMPLES			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	SOLO-CIMENTO		
COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE SOLO-CIMENTO	C	daN/m ³	5.000
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
DIMENSÃO A DO POSTE NA BASE	A	m	0,48
DIMENSÃO B DO POSTE NA BASE	B	m	0,35
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.353
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE	F _A	daN	429
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE, COM VALOR IGUAL AO DA RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R	daN	600
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO (SEM REDUÇÃO)	F	daN	864,92
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO SIMPLES (REDUZIDA EM 40%)	F _R	daN	518,95
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE NO TOPO DO POSTE QUANDO A RESISTÊNCIA FOR A NOMINAL	NÃO APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

O parâmetro não foi atendido, pelo mesmo critério citado anteriormente.

4.1.1.7 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 14 m

Os dados para esse poste, constam na Tabela 18 e a Tabela 19 apresenta o dimensionamento do poste DT Simples 600daN x 14 m.

Tabela 18 - Características do Poste DT Simples 600daNx14m

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
64	600	14	1.719	0,637	11x14	39X53,2	SIMPLES

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Tabela 19 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx14m

POSTE DUPLO "T" 600daN x 14m			
BASE DO TIPO SIMPLES			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	SOLO-CIMENTO		
COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE SOLO-CIMENTO	C	daN/m ³	5.000
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
DIMENSÃO A DO POSTE NA BASE	A	m	0,53
DIMENSÃO B DO POSTE NA BASE	B	m	0,39
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.719
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE	F _A	daN	429
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE, COM VALOR IGUAL AO DA RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R	daN	600
FORÇA MÁXIMA SUPORTÁVEL PELO ENGASTAMENTO (SEM REDUÇÃO)	F	daN	963,76
FORÇA MÁXIMA SUPORTÁVEL PELO ENGASTAMENTO SIMPLES (REDUZIDA EM 40%)	F _R	daN	578,26
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE NO TOPO DO POSTE QUANDO A RESISTÊNCIA FOR A NOMINAL	NÃO APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

O parâmetro não foi atendido, pelo mesmo critério citado anteriormente.

4.1.1.8 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 16 m

Os dados para esse poste, constam na Tabela 20 e a Tabela 21 apresenta o dimensionamento do poste DT Simples 600daN x 16 m.

Tabela 20 - Características do Poste DT Simples 600daNx16m

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
65	600	16	2.143	0,795	11x14	43X58,8	SIMPLES

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Tabela 21 - Dimensionamento do Poste DT Simples 600daNx16m

POSTE DUPLO "T" 600daN x 16m			
BASE DO TIPO SIMPLES			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	SOLO-CIMENTO		
COEFICIENTE DE COMPRESSIBILIDADE SOLO-CIMENTO	C	daN/m ³	5.000
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
DIMENSÃO A DO POSTE NA BASE	A	m	0,59
DIMENSÃO B DO POSTE NA BASE	B	m	0,43
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	2.143
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE	F _A	daN	429
FORÇA ATUANTE NO TOPO DO POSTE, COM VALOR IGUAL AO DA RESISTÊNCIA NOINAL DO POSTE	R	daN	600
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO (SEM REDUÇÃO)	F	daN	1.062,61
FORÇA MÁXIMA SUPOSTÁVEL PELO ENGASTAMENTO SIMPLES (REDUZIDA EM 40%)	F _R	daN	637,57
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE NO TOPO DO POSTE QUANDO A RESISTÊNCIA FOR A NOMINAL	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Todos os parâmetros foram atendidos, confirmando a hipótese do engastamento simples com solo-cimento.

4.2 DIMENSIONAMENTO DOS POSTES DE DISTRIBUIÇÃO COM BASE CONCRETADA

Aplicou-se as fórmulas para verificar e dimensionar a fundação para os postes de distribuição, com engastamento do tipo base de concreto.

4.2.1 Dimensionamento Geotécnico para Postes com Engaste com Base Concretada em Solos Arenosos

Foi realizado as verificações para o dimensionamento geotécnico das fundações que hipoteticamente foram locadas em solos do tipo arenosos.

Para esse tipo de solo usou-se como coeficiente de atrito do solo-concreto para a areia grossa, o valor de 0,35.

Esses tubos de concreto tem um pré-dimensionamento, que foram verificados a partir dos cálculos seguintes. Sendo 1,50 m de diâmetro interno, espessura de 12 cm para as paredes e altura variando, conforme o comprimento do poste, sendo fixado o valor mínimo de 2,00 metros, mesmo para os que necessitam de tamanhos menores.

4.2.1.1 Poste Concreto Armado Duplo "T" 400 daN x 9 m

Os dados do poste, estão descritos na Tabela 22.

Tabela 22 - Característica do Poste DT Com Tubulão 400daNx9m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 400 daN							
41	400	9	804	0,301	11x14	29x39,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para início dos cálculos da verificação do tubulão tipo base concretada, deve-se calcular o diâmetro externo da fundação.

$$d = d_{int} + (2 * esp)$$

Sendo:

d = Diâmetro externo do tubo

d_{int} = Diâmetro interno do tubo

esp = Espessura da parede do tubo

Com isso, temos:

$$d = 1,50 + (2 * 0,12) = 1,74 \text{ m}$$

A tensão admissível do solo pode ser encontrada a partir da fórmula:

$$\sigma_{adm} = \frac{N}{5}$$

$$\sigma_{adm} = \frac{25}{5} = 5 \text{ kgf/cm}^2$$

Para encontrar o valor do coeficiente de reação vertical do solo, sendo válidas para tensões a partir de 2 kgf/cm², a fórmula será a seguinte:

$$K_v = 2 \times \sigma_{adm}$$

$$K_v = 2 \times 5 = 10 \text{ kgf/cm}^3$$

O coeficiente de reação horizontal do solo, pode ser obtido através do coeficiente de Poisson e o de reação vertical, seguindo a fórmula:

$$K_h = u \times K_v$$

Teremos para o coeficiente de Poisson, nesse caso de solo arenoso, o valor demonstrado pela Tabela 23.

Tabela 23 - Coeficiente de Poisson

SOLO	ACIMA DO NÍVEL DA ÁGUA
ARENOSO	0,3
ARGILOSO	0,4

Fonte: AltoQI.

Então:

$$K_h = 0,3 \times 10 = 3,0 \text{ kgf/cm}^3$$

O passo seguinte é fazer o cálculo do peso próprio da fundação.

$$PP_F = \frac{\pi \times (d_{int})^2}{4} \times t \times \gamma_c$$

Onde:

PP_F = Peso próprio da fundação;

d_{int} = Diâmetro interno do tubulão,

t = Profundidade do tubulão;

γ_c = Peso específico do concreto.

Então:

$$PP_F = \frac{\pi \times (1,5)^2}{4} \times 2,0 \times 2400 = 8482,30 \text{ kgf}$$

Cálculo do esforço vertical total:

$$G = PP_F + P_{poste}$$

Sendo:

G = Esforço vertical total;

PP_F = Peso próprio da fundação;

P_{poste} = Peso próprio da fundação.

$$G = 8482,30 + 804 = 9286,30 \text{ kgf}$$

Para o calcula da tangente de alfa, temos:

$$\text{tang } \alpha \equiv \frac{8,8 \times \mu \times G}{d \times t^2 \times K_h}$$

Tangente de alfa (1):

$$\text{tang}_{\alpha 1} \equiv \frac{8,8 \times 0,35 \times 9286,30}{1,74 \times (100 \times 2,0)^2 \times (3,0 \times 100)} \cong 0,0014$$

Tangente de alfa (2):

$$\text{tang } \alpha = \frac{5,1 \times G}{d^3 \times K_v}$$

$$\overline{\text{tang}}_{\alpha 2} = \frac{5,1 \times 9286,30}{(100 \times 1,74)^3 \times 10} \cong 0,0009$$

Para o momento atuante, temos:

$$M_A = R \times \left(h + \frac{2}{3} \times t \right)$$

$$M_A = 400 \times \left(7,3 + \frac{2}{3} \times 2,0 \right) \times 100 = 345.333,33 \text{ kgf.cm}$$

Para o momento M_s , será necessário calcular apenas a 2ª fase de carregamento, pois é a mais desfavorável.

$$M_s = \frac{d \times t^3}{52,8} \times K_h \times \text{tanga}$$

Como a tangente de alfa não é maior que o critério, sendo $\text{tanga} \geq 0,01$, será utilizado o valor: **0,01**, para garantir o cálculo correto.

$$M_s = \frac{(1,74 \times 100) \times (100 \times 2,0)^3}{52,8} \times 3 \times 0,01 = 790.909,09 \text{ kgf.cm}$$

Para a segunda fase do M_B :

$$M_B = c \times d \times G$$

$$0,30 \leq c \leq 0,35$$

$$M_B = 0,35 \times (1,74 \times 100) \times 9286,68 = 565.535,68 \text{ kgf.cm}$$

Para encontrar o coeficiente de segurança, teremos:

$$\frac{M_s}{M_B} = \frac{790.909,09}{565.535,68} \cong 1,40$$

Os coeficientes de segurança estão exemplificados na Tabela 24.

Tabela 24 - Coeficiente de Segurança

MS/MB	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
COEFICIENTE DE SEGURANÇA	1,50	1,40	1,30	1,25	1,20	1,15	1,10	1,08	1,05	1,03	1,00

Fonte: Autoria Própria (2025).

Como dito anteriormente, se a expressão resultar em um resultado maior que 1,0, então o coeficiente de segurança será 1,0.

O momento resistente do solo, ao tombamento, será calculado através da seguinte fórmula:

$$M_R = M_S + M_B$$

$$M_R = 790.909,09 + 565.535,68 = 1.356.444,77 \text{ kgf.cm}$$

Verificar a estabilidade da fundação:

$$\frac{M_A}{M_R} < 1,0$$

$$\frac{345.333,33}{1.356.444,77 \times 1,0} = 0,25 < 1,0$$

A estabilidade foi atendida e não será necessário trocar os parâmetros da fundação, pré-estabelecidos anteriormente.

Para os cálculos das três tensões atuantes na fundação, teremos:

$$\sigma_1 = K_h \times \frac{h}{3} \times \text{tanga}$$

$$\sigma_1 = 3 \times \left(\frac{2}{3} \times 100\right) \times 0,01 = 2 \text{ kgf/cm}^2$$

Como $\sigma_1 < \sigma_{adm}$, então a tensão atuante (1), foi aprovada.

$$\sigma_2 = \frac{\sigma_1}{3}$$

$$\sigma_2 = \frac{2}{3} = 0,67 \text{ kgf/cm}^2$$

Como $\sigma_2 < \sigma_{adm}$, então a tensão atuante (2), foi aprovada.

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{2 \times K_v \times P \times \text{tanga}}{L}}$$

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{2 \times 10 \times 9286,3 \times 0,01}{1,74 \times 100}} = 3,27 \text{ kgf/cm}^2$$

Como $\sigma_3 < \sigma_{adm}$, então a tensão atuante (3), foi aprovada.

Para realizar o cálculo do engastamento de um poste, será com a seguinte fórmula:

$$e = \frac{L}{10} + 0,60$$

$$e = \frac{9}{10} + 0,60 = 1,50 \text{ m}$$

Com isso, todos os parâmetros foram atendidos e o dimensionamento geotécnico da fundação do tipo tubulão com base concretada (totalmente preenchida de concreto simples), está aprovada.

Para facilitar e agilizar os cálculos, nos próximos exemplos, foi usado o auxílio de uma planilha em Excel, programada para calcular automaticamente. A Tabela 25 demonstra o dimensionamento geotécnico da fundação.

Tabela 25 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 400daN x 9m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 400daN x 9m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	804
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	400
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	9
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,50
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	7,30
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	9.286,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	345.333,33
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0014
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	790.909,09
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0009
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	565.535,68
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	1.356.444,77
MA/MR<1,0	-	-	0,25
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	2,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	0,67
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,27
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

4.2.1.2 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 9 m

Segue os dados do poste, mostrados na Tabela 26.

Tabela 26 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx9m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
61	600	9	822	0,301	11x14	29x39,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Os resultados estão descritos na Tabela 27.

Tabela 27 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daN x 9m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 600daN x 9m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	Kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	Kgf	822
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	9
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,50
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	7,30
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	9.304,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	518.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0014
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	790.909,09
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0009
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	566.631,88
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	1.357.540,97
MA/MR<1,0	-	-	0,38
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	2,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	0,67
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,27
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação para esse poste está aprovada.

4.2.1.3 Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 11 m

A Tabela 28 demonstra os dados dos postes.

Tabela 28 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx119m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
62	600	11	1.188	0,437	11x14	33x44,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para os cálculos de dimensionamento, tem-se Tabela 29.

Tabela 29 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daN x 11m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 600daN x 11m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.188
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	11
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,70
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	9,10
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	9.670,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	626.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0014
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	790.909,09
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0009
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	588.921,28
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	1.379.830,37
MA/MR<1,0	-	-	0,45
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	2,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	0,67
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,33
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação para este poste, está aprovada.

4.2.1.4 Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 12 m

Temos os seguintes dados do poste, demonstrados na Tabela 30.

Tabela 30 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx12m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
63	600	12	1.353	0,499	11x14	35x47,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para os cálculos, temos a Tabela 31.

Tabela 31 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daN x 12m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 600daN x 12m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.353
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	9.835,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	680.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0015
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	790.909,09
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0010
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	598.969,78
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	1.389.878,87
MA/MR<1,0	-	-	0,49
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	2,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	0,67
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,36
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação para este poste está aprovada.

4.2.1.5 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 14 m

Os dados do poste, estão descritos na Tabela 32.

Tabela 32 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx14m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
64	600	14	1.719	0,637	11x14	39X53,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para os cálculos tem-se a Tabela 33.

Tabela 33 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daN x 14m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 600daN x 14m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.719
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	14
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,00
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	11,80
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	10.201,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	788.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0015
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	790.909,09
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0010
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	621.259,18
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	1.412.168,27
MA/MR<1,0	-	-	0,56
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	2,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	0,67
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,42
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

4.2.1.6 Poste Concreto Armado Duplo "T" 1000 daN x 16 m

Segue os dados do poste, descritos na Tabela 34.

Tabela 34 - Característica do Poste DT com Tubulão 1000daNx16m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1000 daN							
101	1000	16	2825	1,043	14X18,2	46X63	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para os cálculos, temos a Tabela 35.

Tabela 35 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 1000daN x 16m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 1000daN x 16m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	2.825
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	16
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	13,60
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	11.307,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	1.493.333,33
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0017
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	790.909,09
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0011
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	688.614,58
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	1.479.523,67
MA/MR<1,0	-	-	1,01
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	2,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	0,67
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,61
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	NÃO APROVADO, ALTERAR PARÂMETROS DA FUNDAÇÃO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A altura do tubulão pré-dimensionada não atende aos parâmetros de verificação da estabilidade. Com isso, temos os novos cálculos, com uma fundação de 2,5 metros, demonstrados na Tabela 36.

Tabela 36 - Redimensionamento do Poste DT com Tubulão 1000daNx16m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 1000daN x 16m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,50
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	2.825
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	16
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	13,60
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	10.602,88
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	13.427,88
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	1.526.666,67
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0013
MOMENTO M1	M _S	kgf.cm	1.544.744,32
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0013
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	817.757,60
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _S	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	2.362.501,92
MA/MR<1,0	-	-	0,65
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	2,50
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	0,83
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,93
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

Com essa nova altura, a fundação está aprovada.

4.2.2 Dimensionamento geotécnico para Postes com Engaste Tipo Base Concretada em Solos Argilosos

Foram realizadas as verificações para o dimensionamento das fundações que serão locadas em solos do tipo argilosos.

Para esse tipo de solo usou-se para o coeficiente de atrito do solo – concreto para a argila mole a média, o valor de 0,30. E para o número de golpes para o ensaio de SPT, usaremos 35 golpes.

Esses tubos de concreto tem um pré-dimensionamento, que foi verificado a partir dos cálculos seguintes. Sendo 1,50 m de diâmetro interno, espessura de 12 cm para as paredes e altura variando, conforme o comprimento do poste, sendo fixado o valor mínimo de 2,00 metros, mesmo para os que necessitam de tamanhos menores.

4.2.2.2 Poste Concreto Armado Duplo “T” 400 daN x 9 m

Segue os dados do poste, demonstrados na Tabela 37.

Tabela 37 - Característica do Poste DT com Tubulão 400daNx9m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 400 daN							
41	400	9	804	0,301	11x14	29x39,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para os cálculos, tem-se os dados na Tabela 38.

Tabela 38 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 400daN x 9m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 400daN x 9m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	804
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	400
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	9
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,50
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	7,30
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	9.286,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	345.333,33
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0006
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	1.476.363,64
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0006
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	565.535,68
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	2.041.899,32
MA/MR<1,0	-	-	0,17
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,73
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,24
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,87
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação para este poste está aprovada.

4.2.2.3 Poste Concreto Armado Duplo “T” 600 daN x 9 m

Segue os dados do poste, exemplificado na Tabela 39.

Tabela 39 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx9m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
61	600	9	822	0,301	11x14	29x39,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Os resultados estão descritos na Tabela 40.

Tabela 40 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daNx9m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 600daN x 9m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	822
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	9
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,50
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	7,30
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	9.304,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	518.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0006
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	1.476.363,64
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0006
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	566.631,88
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	2.042.995,52
MA/MR<1,0	-	-	0,25
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,73
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,24
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,87
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação para esse poste está aprovada.

4.2.2.4 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 11 m

Segue os dados do poste, na Tabela 41.

Tabela 41 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx11m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
62	600	11	1.188	0,437	11x14	33x44,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para os cálculos, foi mostrado na Tabela 42.

Tabela 42 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daN x 11m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 600daN x 11m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.188
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	11
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,70
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	9,10
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	9.670,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	626.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0007
MOMENTO M1	M _S	kgf.cm	1.476.363,64
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2		0,0007
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	588.921,28
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _S		1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	2.065.284,92
MA/MR<1,0	-	-	0,30
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,73
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,24
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,94
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação para este poste, está aprovada.

4.2.2.5 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 12 m

Temos os seguintes dados do poste, evidenciados na Tabela 43.

Tabela 43 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx12m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
63	600	12	1.353	0,499	11x14	35x47,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Autoria Própria (2025).

Para os cálculos, foi demonstrado na Tabela 44.

Tabela 44 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daN x 12m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 600daN x 12m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.353
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	9.835,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	680.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0007
MOMENTO M1	M _S	kgf.cm	1.476.363,64
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2		0,0007
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	598.969,78
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _S		1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	2.075.333,42
MA/MR<1,0	-	-	0,33
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,73
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,24
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	3,98
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação para este poste está aprovada.

4.2.2.6 Poste Concreto Armado Duplo "T" 600 daN x 14 m

Os dados do poste, estão descritos na Tabela 45.

Tabela 45 - Característica do Poste DT com Tubulão 600daNx14m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 600 daN							
64	600	14	1.719	0,637	11x14	39X53,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para os cálculos tem-se a Tabela 46.

Tabela 46 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 600daN x 14m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 600daN x 14m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	1.719
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	600
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	14
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,00
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	11,80
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	8.482,30
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	10.201,30
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	788.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0007
MOMENTO M1	M _S	kgf.cm	1.476.363,64
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2		0,0007
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	621.259,18
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _S		1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	2.097.622,82
MA/MR<1,0	-	-	0,38
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,73
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,24
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,05
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

Os cálculos foram aprovados.

4.2.2.7 Poste Concreto Armado Duplo “T” 1000 daN x 16 m

Segue os dados do poste, na Tabela 47.

Tabela 47 - Característica do Poste DT com Tubulão 1000daNx16m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1000 daN							
101	1000	16	2825	1,043	14X18,2	46X63	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para os cálculos, temos a Tabela 48.

Tabela 48 - Dimensionamento do Poste DT com Tubulão 1000daN x 16m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 1000daN x 16m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	2,50
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	2.825
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	16
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	13,60
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	10.602,88
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	13.427,88
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	1.526.666,67
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0006
MOMENTO M1	M _S	kgf.cm	2.883.522,73
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2		0,0009
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	817.757,60
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _S		1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.701.280,33
MA/MR<1,0	-	-	0,41
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	4,67
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,56
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,65
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3 DIMENSIONAMENTO DOS POSTES DE LINHA DE TRANSMISSÃO

Aplicaremos as fórmulas para dimensionar a fundação para os postes de linha de transmissão.

4.3.1 Dimensionamento Geotécnico para Postes com Engaste com Base Concretada em Solos Arenosos

Realizou-se as verificações para o dimensionamento geotécnico das fundações que foram locadas em solos do tipo arenosos.

Para esse tipo de solo usou-se como coeficiente de atrito do solo-concreto para a areia grossa, o valor de 0,35.

Para esses tubos de concreto foi realizado um pré-dimensionamento, que foi verificado a partir dos cálculos seguintes. Sendo 1,50 m de diâmetro interno, espessura de 12 cm para as paredes e altura variando, conforme o comprimento do poste, sendo fixado o valor mínimo de 3,00 metros, mesmo para os que necessitam de tamanhos menores de engastamento.

4.3.1.2 Poste Concreto Armado Duplo "T" 1500 daN x 18 m

Para este poste, teremos os seguintes dados, descritos na Tabela 49.

Tabela 49 - Característica do Poste LT 1500daNx18m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
151	1500	18	4149	1,526	17x22,4	53x72,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, temos a Tabela 50.

Tabela 50 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 400daNx9m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 1500daN x18m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	4.149
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	18
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,40
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	15,40
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	16.872,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	2.610.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0011
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	2.669.318,18
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0016
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.027.532,22
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.696.850,40
MA/MR<1,0	-	-	0,71
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,00
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,40
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.3 Poste Concreto Armado Duplo "T" 1500 daN x 20 m

Para este poste, teremos os dados da Tabela 51.

Tabela 51 - Característica do Poste LT 1500daNx20m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
152	1500	20	4.894	1,791	17x22,4	57x78,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, foi exemplificado na Tabela 52.

Tabela 52 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daN x 20m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 1500daN x 20m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	4.894
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,60
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	17,20
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	17.617,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	2.880.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0012
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	2.669.318,18
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0017
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.072.902,72
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.742.220,90
MA/MR < 1,0	-	-	0,77
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,00
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,50
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.4 Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 22 m

Para o seguinte poste, teremos os dados descritos na Tabela 53.

Tabela 53 - Característica do Poste LT 1500daNx22m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
153	1500	22	5.686	2,083	17x22,4	61x84	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, temos a Tabela 54.

Tabela 54 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daN x 22m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 1500daN x 22m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	5.686
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	22
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	19,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	18.409,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	3.150.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0012
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	2.669.318,18
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0018
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.121.135,52
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.790.453,70
MA/MR < 1,0	-	-	0,83
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,00
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,60
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.5 Poste Concreto Armado Duplo "T" 1500 daN x 24 m

Para este poste, tem-se a Tabela 55.

Tabela 55 - Característica do Poste LT 1500daNx24m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
154	1500	24	6.538	2,402	17x22,4	65x89,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, está exemplificado na Tabela 56.

Tabela 56 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daN x 24m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 1500daN x 24m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	6.538
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	24
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	3,00
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	20,80
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	19.261,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	3.420.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0013
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	2.669.318,18
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0019
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.173.022,32
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.842.340,50
MA/MR < 1,0	-	-	0,89
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,00
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,71
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.6 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2000 daN x 12 m

Para este poste, os dados estão demonstrados na Tabela 57.

Tabela 57 - Característica do Poste LT 2000daNx12m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 2000 daN							
201	2000	12	2.430	0,877	20x26,6	44x60,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, tem-se a Tabela 58.

Tabela 58 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daN x 12m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 2000daN x 12m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	2.430
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	15.153,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	2.400.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0010
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	2.669.318,18
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0015
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	922.845,12
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.592.163,30
MA/MR < 1,0	-	-	0,67
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,00
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,17
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.7 Poste Concreto Armado Duplo “T” 2000 daN x 14 m

A Tabela 59 demonstra os dados das características do poste.

Tabela 59 - Característica do Poste LT 2000daNx14m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 2000 daN							
202	2000	14	3.658	1,463	23x30,8	51x70	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, foi exemplificado na Tabela 60.

Tabela 60 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daN x 14m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 2000daN x 14m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	3.658
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	14
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,00
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	11,80
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	16.381,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	2.760.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0011
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	2.669.318,18
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0016
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	997.630,32
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.666.948,50
MA/MR < 1,0	-	-	0,75
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,00
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,34
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.8 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2000 daN x 16 m

Para o poste, temos os dados da Tabela 61.

Tabela 61 - Característica do Poste LT 2000daNx16m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 2000 daN							
203	2000	16	4.617	1,716	23x30,8	55x75,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, tem-se a Tabela 62.

Tabela 62 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daN x 16m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 2000daN x 16m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	4.617
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	16
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	13,60
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	17.340,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	3.120.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0011
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	2.669.318,18
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0017
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.056.033,42
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.725.351,60
MA/MR < 1,0	-	-	0,84
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,00
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,46
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.9 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2000 daN x 18 m

Os dados do poste, estão demonstrados na Tabela 63.

Tabela 63 - Característica do Poste LT 2000daNx18m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 2000 daN							
204	2000	18	5.400	1,995	23x30,8	59x81,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para as verificações, temos a Tabela 64.

Tabela 64 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daN x 18m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 2000daN x 18m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	5.400
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	18
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,40
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	15,40
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	18.123,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	3.480.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0012
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	2.669.318,18
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0018
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.103.718,12
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	3.773.036,30
MA/MR<1,0	-	-	0,92
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,00
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,00
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,56
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.10 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2500 daN x 20 m

Para este poste, teremos os dados na Tabela 65.

Tabela 65 - Característica do Poste LT 2500daNx20m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 2500 daN							
251	2500	20	6.291	2,300	23x30,8	63x86,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, pode ser verificado na Tabela 66.

Tabela 66 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2500daN x 20m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 2500daN x 20m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,50
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	6.291
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,60
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	17,20
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	14.844,03
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	21.135,03
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	4.883.333,33
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0010
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.238.778,41
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0020
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.287.123,04
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	5.525.901,45
MA/MR < 1,0	-	-	0,88
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,50
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,17
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,93
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.11 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2500 daN x 22 m

Os dados do poste estão demonstrados na Tabela 67.

Tabela 67 - Característica do Poste LT 2500daNx22m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 2500 daN							
252	2500	22	7.000	2,632	23x30,8	67x92,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para as verificações temos a Tabela 68.

Tabela 68 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2500daN x 22m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 2500daN x 22m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,50
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	7.000
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	22
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	19,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	14.844,03
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	21.844,03
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	5.333.333,33
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0011
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.238.778,41
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0021
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.330.301,14
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	5.569.079,55
MA/MR<1,0	-	-	0,96
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,50
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,17
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,01
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	NÃO APROVADO, ALTERAR PARÂMETROS DA FUNDAÇÃO.		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Observa-se na Tabela 68 que a tensão 3 não foi aprovada. Uma das soluções seria melhorar o solo em que está sendo colocada a fundação, contudo, alterou-se a altura da fundação para 3,45 metros, como mostrado na Tabela 69.

Tabela 69 - Redimensionamento do Poste LT com Tubulão 400daNx9m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 2500daN x 22m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,45
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	7.000
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	22
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	19,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	14.631,97
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	21.631,97
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	5.325.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0011
MOMENTO M1	M _S	kgf.cm	4.059.699,29
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0021
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.317.386,84
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _S	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	5.377.086,13
MA/MR<1,0	-	-	0,99
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,45
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,15
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,99
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

4.3.1.12 Poste Concreto Armado Duplo "T" 3000 daN x 18 m

Para este poste, teremos os dados na Tabela 70.

Tabela 70 - Característica do Poste LT 3000daNx18m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 3000 daN							
301	3000	18	5.254	1,87	23x30,8	59x81,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, temos a Tabela 71.

Tabela 71 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daN x 18m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 3000daN x 18m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,50
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	5.254
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	3.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	18
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,40
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	15,40
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	14.844,03
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	20.098,03
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	5.320.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0010
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.238.778,41
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0019
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.223.969,74
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	5.462.748,15
MA/MR < 1,0	-	-	0,97
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,50
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,17
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,81
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.13 Poste Concreto Armado Duplo "T" 3000 daN x 20 m

Para o poste, tem-se os dados apresentados pela Tabela 72.

Tabela 72 - Característica do Poste LT 3000daNx20m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 3000 daN							
302	3000	20	6.408	2,300	23x30,8	63x86,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, pode-se consultar a Tabela 73.

Tabela 73 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daN x 20m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 3000daN x 20m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,60
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	6.408
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	3.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,60
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	17,20
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	15.268,14
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	21.676,14
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	5.880.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0010
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.612.581,82
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0021
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.320.076,94
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	5.932.658,76
MA/MR < 1,0	-	-	0,99
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,20
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,99
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.1.14 Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 22 m

Para o poste, temos apresentados seus dados na Tabela 74.

Tabela 74 - Característica do Poste LT 3000daNx22m (Arenosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 3000 daN							
303	3000	22	7.320	2,632	23x30,8	67x92,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

E para verificar se as tensões e estabilidade foi aprovada, tem-se a Tabela 75.

Tabela 75 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daN x 22m (Arenosos)

POSTE DUPLO "T" 3000daN x 22m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	AREIA GROSSA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,35
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,30
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	25
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,60
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	6.557
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	3.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	22
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	19,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	5,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	10,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	3,00
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	15.268,14
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	21.825,14
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	6.420.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0010
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.612.581,82
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0021
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.329.151,04
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	5.941.732,86
MA/MR<1,0	-	-	1,08
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	3,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,20
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,01
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	NÃO APROVADO, ALTERAR PARÂMETROS DA FUNDAÇÃO.		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	NÃO APROVADO, ALTERAR PARÂMETROS DA FUNDAÇÃO.		

Fonte: Autoria Própria (2025).

Foram realizados testes para calcular uma nova fundação, porém a estabilidade do elemento só poderá ser aumentada, se for feito um melhoramento do solo, para que a tensão admissível também aumente.

4.3.2 Dimensionamento Geotécnico Para Postes Com Engaste Com Base Concretada Em Solos Argilosos

Realizou-se as verificações para o dimensionamento geotécnico das fundações que foram hipoteticamente locadas em solos do tipo argila mole a média.

Para esse tipo de solo foi usado para o coeficiente de atrito do solo – concreto para a argila mole a média, o valor de 0,30. O coeficiente de Poisson, será de 0,40.

E o SPT, será de 35 golpes, para esse caso.

Esses tubos de concreto foram pré-dimensionamento, onde foi verificado a partir dos cálculos seguintes, com o objetivo de determinar se a fundação escolhida pode ser aplicada com segurança no solo. Sendo 1,50 m de diâmetro interno, espessura de 12 cm para as paredes e altura variando, conforme o comprimento do poste, sendo fixado o valor mínimo de 2,00 metros, mesmo para os que necessitam de tamanhos de engaste menores.

4.3.2.1 Poste Concreto Armado Duplo “T” 1500 daN x 18 m

Para o poste, temos demonstrado seus dados na Tabela 76.

Tabela 76 - Característica do Poste LT 1500daNx18m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
151	1500	18	4149	1,526	17x22,4	53x72,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, tem-se a Tabela 77.

Tabela 77 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx18m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 1500daN x18m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	4.149
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	18
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,40
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	15,40
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	16.872,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	2.610.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0005
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0012
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.027.532,22
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.010.259,49
MA/MR<1,0	-	-	0,43
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,21
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.2 Poste Concreto Armado Duplo "T" 1500 daN x 20 m

Os dados para esse poste estão exemplificados na Tabela 78.

Tabela 78 - Característica do Poste LT 1500daNx20m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
152	1500	20	4.894	1,791	17x22,4	57x78,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidades, pode-se consultar a Tabela 79.

Tabela 79 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daN x 20m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 1500daN x 20m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	4.894
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,60
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	17,20
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	17.617,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	2.880.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0005
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0012
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.072.902,72
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.055.629,99
MA/MR < 1,0	-	-	0,48
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,32
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.3 Poste Concreto Armado Duplo "T" 1500 daN x 22 m

Para este poste, tem-se a Tabela 80.

Tabela 80 - Característica do Poste LT 1500daNx22m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
153	1500	22	5.686	2,083	17x22,4	61x84	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, é possível consultar a Tabela 81.

Tabela 81 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daN x 22m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 1500daN x 22m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	5.686
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	22
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	19,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	18.409,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	3.150.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0006
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0013
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.121.135,52
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.103.862,79
MA/MR<1,0	-	-	0,52
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,44
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.4 Poste Concreto Armado Duplo "T" 1500 daN x 24 m

Teremos para esse poste, a Tabela 82.

Tabela 82 - Característica do Poste LT 1500daNx24m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 1500 daN							
154	1500	24	6.538	2,402	17x22,4	65x89,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, consultaremos a Tabela 83.

Tabela 83 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 1500daNx24m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 1500daN x 24m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	6.538
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	1.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	24
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	3,00
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	20,80
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	19.261,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	3.420.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0006
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0013
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.173.022,32
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.155.749,59
MA/MR<1,0	-	-	0,56
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,57
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.5 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2000 daN x 12 m

Para os dados do poste, tem-se a Tabela 84.

Tabela 84 - Característica do Poste LT 2000daNx12m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 2000 daN							
201	2000	12	2.430	0,877	20x26,6	44x60,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, pode-se consultar a Tabela 85.

Tabela 85 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daN x 12m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 2000daN x 12m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	2.430
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	12
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	1,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	10,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	15.153,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	2.400.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0005
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0010
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	922.845,12
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	5.905.572,39
MA/MR<1,0	-	-	0,41
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	4,94
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.6 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2000 daN x 14 m

Os dados para este poste estão demonstrados na Tabela 86.

Tabela 86 - Característica do Poste LT 2000daNx14m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 2000 daN							
202	2000	14	3.658	1,463	23x30,8	51x70	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, temos a Tabela 87.

Tabela 87 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daN x 14m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 2000daN x 14m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	3.658
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	14
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,00
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	11,80
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	16.381,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	2.760.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0005
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0011
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	997.630,32
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	5.980.357,59
MA/MR<1,0	-	-	0,46
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,13
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.7 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2000 daN x 16 m

Para o poste, tem-se os dados da Tabela 88.

Tabela 88 - Característica do Poste LT 2000daNx16m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 2000 daN							
203	2000	16	4.617	1,716	23x30,8	55x75,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, temos a Tabela 89.

Tabela 89 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daN x 16m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 2000daN x 16m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	4.617
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	16
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	13,60
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	17.340,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	3.120.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0005
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0012
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.056.033,42
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.038.760,69
MA/MR<1,0	-	-	0,52
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,28
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.8 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2000 daN x 18 m

Para esse poste, temos a Tabela 90.

Tabela 90 - Característica do Poste LT 2000daNx18m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 2000 daN							
204	2000	18	5.400	1,995	23x30,8	59x81,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, temos a Tabela 91.

Tabela 91 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2000daN x 18m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 2000daN x 18m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	5.400
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	18
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,40
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	15,40
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	18.123,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	3.480.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0005
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0013
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.103.718,12
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.086.445,39
MA/MR<1,0	-	-	0,57
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,40
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.9 Poste Concreto Armado Duplo "T" 2500 daN x 20 m

Para os dados do poste, pode-se consultar a Tabela 92.

Tabela 92 - Característica do Poste LT 2500daNx20m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 2500 daN							
251	2500	20	6.291	2,300	23x30,8	63x86,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, temos exemplificado a Tabela 93.

Tabela 93 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2500daN x 20m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 2500daN x 20m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	6.291
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,60
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	17,20
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	19.014,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	4.800.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0006
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0013
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.157.980,02
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.140.707,29
MA/MR < 1,0	-	-	0,78
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,53
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.10 Poste Concreto Armado Duplo “T” 2500 daN x 22 m

A Tabela 94, exemplifica os dados do poste.

Tabela 94 - Característica do Poste LT 2500daNx22m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 2500 daN							
252	2500	22	7.000	2,632	23x30,8	67x92,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade da fundação, temos a Tabela 95.

Tabela 95 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 2500daN x 22m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 2500daN x 22m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLA A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	7.000
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	2.500
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	22
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	19,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	19.723,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	5.250.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0006
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0014
MOMENTO M2	M _B	Kgf.cm	1.201.158,12
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.183.885,39
MA/MR < 1,0	-	-	0,85
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,63
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.11 Poste Concreto Armado Duplo "T" 3000 daN x 18 m

Para este poste, tem-se a Tabela 96.

Tabela 96 - Característica do Poste LT 3000daNx18m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 3000 daN							
301	3000	18	5.254	1,87	23x30,8	59x81,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, temos a Tabela 97.

Tabela 97 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daN x 18m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 3000daN x 18m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	5.254
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	3.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	18
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,40
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	15,40
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	17.977,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	5.220.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0005
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0012
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.094.826,72
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.077.553,99
MA/MR<1,0	-	-	0,86
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,38
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Autoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.12 Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 20 m

Os dados do poste estão descritos na Tabela 98.

Tabela 98 - Característica do Poste LT 3000daNx20m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 3000 daN							
302	3000	20	6.408	2,300	23x30,8	63x86,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, tem-se a Tabela 99.

Tabela 99 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daN x 20m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 3000daN x 20m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,00
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	6.408
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	3.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	20
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,60
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	17,20
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	12.723,45
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	19.131,45
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	5.760.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0006
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	4.982.727,27
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0013
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.165.105,32
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	6.147.832,59
MA/MR < 1,0	-	-	0,94
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	5,60
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	1,87
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,55
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.2.13 Poste Concreto Armado Duplo “T” 3000 daN x 22 m

Os dados do poste estão demonstrados na Tabela 100.

Tabela 100 - Característica do Poste LT 3000daNx22m (Argilosos)

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE LINHA DE TRANSMISSÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
ESFORÇOS DE 3000 daN							
303	3000	22	7.320	2,632	23x30,8	67x92,4	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Para verificar as tensões e estabilidade, os valores estão demonstrados na Tabela 101.

Tabela 101 - Dimensionamento do Poste LT com Tubulão 3000daN x 22m (Argilosos)

POSTE DUPLO "T" 3000daN x 22m			
BASE DO TIPO CONCRETADA			
1. PARÂMETROS DO SOLO E DA FUNDAÇÃO	SÍMBOLO	UNIDADE	VALORES
TIPO DE SOLO	ARGILA MOLE A MÉDIA		
COEFICIENTE DE ATRITO SOLO-CONCRETO	μ	-	0,30
COEFICIENTE DE POISSON	ν	-	0,40
SPT MÉDIO	SPT _{méd}	Golpes	35
DIÂMETRO INTERNO DO TUBULÃO	d_{int}	m	1,50
ESPESSURA DA PAREDE DO TUBULÃO	esp	m	0,12
PROFUNDIDADE DA FUNDAÇÃO	t	m	3,50
PESO ESPECÍFICO DO CONCRETO	γ_c	kgf / m ³	2.400
2. PARÂMETROS DA ESTRUTURA			
PESO DO POSTE	P _{poste}	kgf	7.320
RESISTÊNCIA NOMINAL DO POSTE	R _n	daN	3.000
ALTURA DO POSTE	h _{poste}	m	22
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO TOPO DO POSTE	F _{poste}	m	0,20
3. CÁLCULOS			
COMPRIMENTO DE ENGASTAMENTO	e	m	2,80
DIST. DO PONTO DE APLICAÇÃO DA FORÇA AO SOLO	F _{solo}	m	19,00
DIÂMETRO EXTERNO DO TUBULÃO	d	m	1,74
TENSÃO ADMISSÍVEL	σ_{adm}	kgf/cm ²	7,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO VERTICAL	k _v	kgf/cm ³	14,00
COEFICIENTE DE REAÇÃO HORIZONTAL	k _h	kgf/cm ³	5,60
PESO PRÓPRIO DA FUNDAÇÃO	PP _F	kgf	14.844,03
ESFORÇO VERTICAL TOTAL	G	kgf	22.164,03
MOMENTO ATUANTE	M _A	kgf.cm	6.400.000,00
TANGENTE DE ALFA (1)	tg α_1	-	0,0005
MOMENTO M1	M _s	kgf.cm	7.912.386,36
TANGENTE DE ALFA (2)	tg α_2	-	0,0015
MOMENTO M2	M _B	kgf.cm	1.349.789,14
COEFICIENTE DE SEGURANÇA (MS/MB)	C _s	-	1,00
MOMENTO RESISTENTE TOTAL	M _R	kgf.cm	9.262.175,50
MA/MR<1,0	-	-	0,69
TENSÃO ATUANTE 1	σ_1	kgf/cm ²	6,53
TENSÃO ATUANTE 2	σ_2	kgf/cm ²	2,18
TENSÃO ATUANTE 3	σ_3	kgf/cm ²	5,97
4. VERIFICAÇÃO			
VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 1	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 2	APROVADO		
VERIFICAÇÃO DA TENSÃO 3	APROVADO		

Fonte: Aatoria Própria (2025).

A fundação está aprovada.

4.3.3 Atualização do Tipo de Engastamento dos Postes de Distribuição

Abaixo está a Tabela 102 atualizada, conforme os cálculos.

Tabela 102 - Atualização das Características do Tipo de Engaste dos Postes de Distribuição

POSTES DE SEÇÃO DUPLO "T" DE DISTRIBUIÇÃO							
CÓDIGO	ESFORÇO (daN)	COMPRIMENTO (m)	PESO (kgf)	VOLUME (m ³)	DIMENSÕES (cm)		TIPO DE ENGASTAMENTO
					TOPO	BASE	
ESFORÇOS DE 400 daN							
41	400	9	804	0,301	11x14	29x39,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
42		11	1.159	0,437	11x14	33x44,8	SIMPLES
43		12	1.321	0,499	11x14	35x47,6	SIMPLES
ESFORÇOS DE 600 daN							
61	600	9	822	0,301	11x14	29x39,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
62		11	1.188	0,437	11x14	33x44,8	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
63		12	1.353	0,499	11x14	35x47,6	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
64		14	1.719	0,637	11x14	39x53,2	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA
65		16	2.143	0,795	11x14	43x58,8	SIMPLES
ESFORÇOS DE 1000 daN							
101	1000	16	2825	1,043	14x18,2	46x63	TUBULÃO COM BASE CONCRETADA

Fonte: Aatoria Própria (2025).

Com isso, todas as fundações de postes estão dimensionadas.

5. CONCLUSÕES

A disseminação de métodos não tão conhecidos é de extrema importância para o desenvolvimento e crescimento dos profissionais e estudantes da área de engenharia civil e geotecnia. No caso do Método de Sulzberger, se trata de um modelo de dimensionamento geotécnico de fundações para postes de concreto armado submetidos a esforços horizontais de grande relevância para casos em que as informações são escassas.

Além disso, o modelo desenvolvido por Sulzberger acaba por apresentar uma execução simples e adaptável a diferentes tipos de solo, o que facilita os cálculos para os engenheiros civis e geotécnicos, reduzindo tempo e recursos. Também se trata de um método confiável e seguro, que oferece estabilidade e durabilidade as estruturas em questão. Com isso, adotar e utilizar esse estudo se torna totalmente justificável, pois é um exemplo de dimensionamento a ser mais discutido no meio acadêmico, reforçando a relevância da variabilidade de métodos na literatura.

Este trabalho demonstrou como realizar o cálculo de dimensionamento geotécnico das fundações de postes e pode ser usado como base para que estudantes façam pesquisas mais detalhadas, desenvolvendo outros parâmetros do Método de Sulzberger, como a parte mais teórica, já que nesse memorial o foco foi mostrar como usar de forma correta as fórmulas.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Nesse tópico são apresentadas sugestões de trabalhos futuros, para os estudantes que tenham interesse em pesquisar mais sobre o tema e desenvolver outras metodologias tendo como base o presente trabalho.

Sendo assim, seguem as sugestões:

- Aplicação do Método de Sulzberger no cálculo de dimensionamento geotécnico de fundações para postes de seções circulares de concreto armado;
- Comparação do Método de Sulzberger com outros métodos semelhantes, com o objetivo de verificar qual seria a solução mais viável economicamente;
- Realizar o dimensionamento estrutural da fundação determinada e aprovada pelo Método de Sulzberger;
- Desenvolver gráficos e diagramas que mostrem as interações entre estrutura-fundação e solo-fundação.

7. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6122:2019 – Projeto e execução de fundações**. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6484:2020 – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8451-1:2022 – Postes de concreto armado e protendido para redes de distribuição e transmissão de energia elétrica – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6123:2023 – Forças devidas ao vento em edificações**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto**. Rio de Janeiro, 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 8681:2025 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2025.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. Rio de Janeiro: LTC, 1988.

CINTRA, José Carlos Angelo; AOKI, Nelson. *Fundações por estacas: projeto geotécnico*. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

SULZBERGER, G. *Les fondations de supports de lignes aériennes et leur calcul*. Edição n. 10. Suisse: Association Suisse des Électriciens, mai 1945.

Disponível em: <https://www.e-periodica.ch/digbib/view?pid=ase-001%3A1945%3A36%3A%3A303>. Acesso em: 01/agosto de 2025.

NEOENERGIA. **DIS-ETE-011 – Postes de concreto armado para redes de distribuição**. Revisão 10. Nordeste, 2025.

Disponível em: <https://www.neoenergia.com/documents/d/rn/dis-ete-011-10-dis-ete-011-postes-de-concreto-armado-para-redes-de-distribuicao-rev-10-pdf?download=true>. Acesso em: 10/agosto de 2025.

NEOENERGIA. **DIS-ETE-013 – Postes de concreto armado para linhas de subtransmissão**. Revisão 06. Nordeste, 2025.

Disponível em: <https://www.neoenergia.com/documents/d/rn/dis-ete-013-06-dis-ete-013-postes-de-concreto-armado-para-linhas-de-subtransmissao-rev-06-pdf?download=true>.

Acesso em: 010/agosto de 2025.

POULOS, Harry G.; DAVIS, E. H. **Pile foundation analysis and design**. New York: John Wiley & Sons, 1980.

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph B. **Soil mechanics in engineering practice**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1967.