

FUNDAÇÕES E GEOTÉCNICA

FUNDAÇÕES E GEOTÉCNICA



2026

FCHA CATALOGRÁFCA

INSTITUIÇÃO: Faculdade de Engenharia Civil Conclusão

Cidade: Curitiba/PR

Livro: Fundações e Geotécnica

Segmento: Engenharia Geotécnica

ISBN: 978-65-02-18479-0

Formato: 23 x 18 Brochura

Nº de Páginas: 104

Editora: FAEC

Ano da Publicação: 2026

Introdução

Nesta obra, apresentamos ao leitor resposta de muitos problemas causados por uma má edificação.

Sumário

Introdução	05
Sumário	07
1 Conseqüências de Uma Fundação Mal Executada	09
PRIMEIRA PARTE	
2 Conceitos na Abordagem de um Problema de Fundação	19
3 Como Definir que Tipo de Fundação Aplicar ao Projeto	27
PRIMEIRA LIÇÃO	33
4 Resistência a Penetração	35
SEGUNDA SEMANA	35
5 Quais são os Outros Métodos de Investigação?	45
SEGUNDA LIÇÃO	63
6 Solos Especiais e Solos Expansivos	67
TERCEIRA SEMANA	67
TERCEIRA LIÇÃO	97
Referências Bibliográficas	99
LINKS DE AULAS DE VÍDEOS	99

1

Conseqüências de Uma Fundação Mal Executada

PRIMEIRA SEMANA





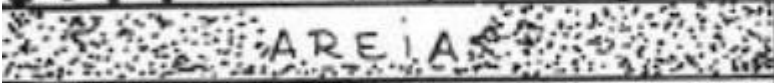
ERCA DE 80% DOS PROBLEMAS ESTRUTURAIS EM EDIFICAÇÕES ESTÃO CORRELACIONADOS COM A FUNDAÇÃO.









SOLO DE SANTOS	METROS
 AREIA MEDIANAMENTE COMPACTA	8 a 12
 ARGILA MARINHA	20 a 40
 AREIA	
CAMADA DURA (ROCHAS) 	40 a 50

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL CONCLUSÃO





“COMO TODO EMPREENDEDOR, BUSCO A ECONOMIA, MAS UM PROJETO EFICIENTE DE FUNDAÇÃO, NÃO TEM PREÇO. SEGURANÇA, NÃO TEM PREÇO.”

Norberto Odebrecht

ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES

Todas as obras de engenharia civil, de uma forma ou de outra, apoiam-se sobre o solo, e muitas delas, além disso, utilizam o próprio solo como elemento de construção, como por exemplo as barragens e os aterros de estradas.



ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES

1. Projeto e execução de fundações
2. Geotecnia e Cálculo estrutural
3. Interação Solo- Estrutura

**Engenheiro
de
fundações**

2

Conceitos na Abordagem de um Problema de Fundação

1. Previsões

1. Determinar a situação do campo;
2. Simplificar (Elaborar Modelo);
3. Determinar Mecanismos;
4. Selecionar métodos e parâmetros;
5. Manipular método e parâmetros para chegar à previsão
6. Representar a previsão (Comportamentos do Solo)

CONCEITOS NA ABORDAGEM DE UM PROBLEMA DE FUNDAÇÃO

1. Risco Calculado

1. Riscos de Engenharia

1. Riscos Desconhecidos;

2. Riscos Calculados.

2. Riscos Humanos

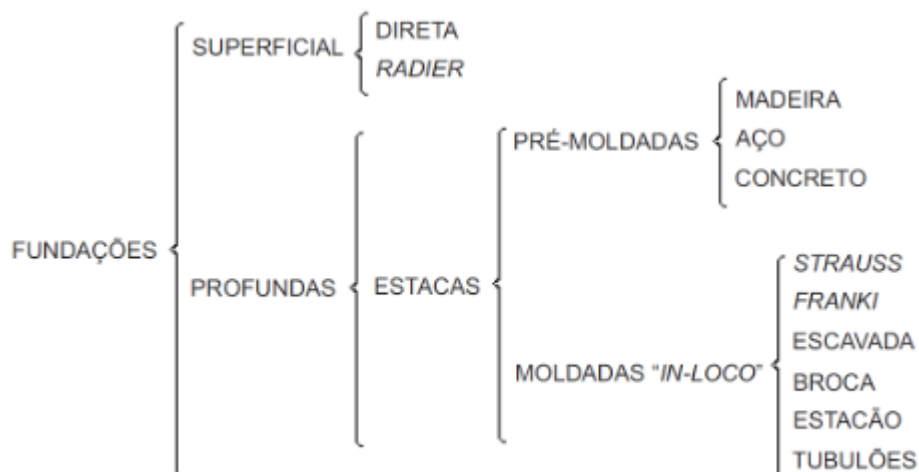
1. Organização Deficiente;

2. Uso insatisfatório de conhecimento e experiência disponpiveis;
3. Corrupção.

ELEMENTOS NECESSÁRIOS AO PROJETO

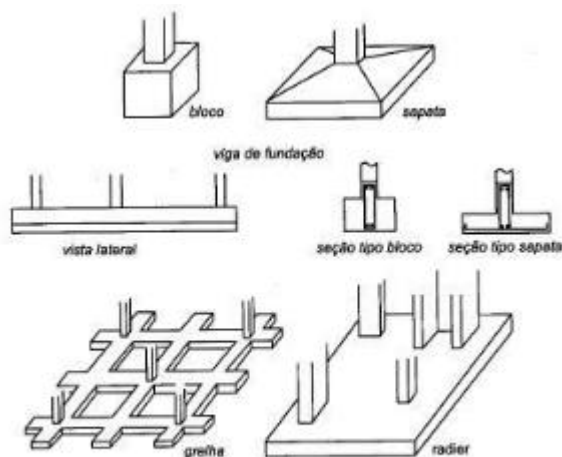
1. Topografia da área;
2. Dados Geológicos e geotécnicos;
 1. Investigação do Subsolo.
3. Dados da estrutura a Construir;
 1. Sistema Estrutural e Construtivo;
 2. Cargas.
4. Dados Sobre Construções Vizinhas.

TIPOS DE FUNDAÇÕES:



TIPOS DE FUNDAÇÕES: SUPERFICIAIS

Fundação em que a carga é transmitida ao terreno, predominante pelas pressões distribuídas sob a base da fundação e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação; compreende as sapatas, os blocos, as sapatas associadas, os “radiers” e as vigas de fundação.



Principais tipos de fundações superficiais

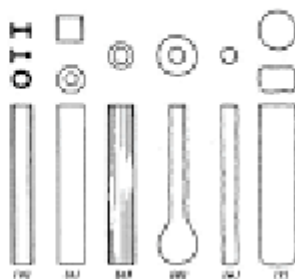
TIPOS DE FUNDAÇÕES: SUPERFICIAIS

Aquelas em que o elemento de fundação transmite a carga ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de atrito do fuste) ou por uma combinação das duas, e está assente em profundidade em relação ao terreno adjacente superior ao dobro de sua menor dimensão em planta.

Alguns tipos de fundações profundas

Estacas

- Metálica
- Pré-moldada de concreto vibrado
- Pré-moldada de concreto centrifugado
- Tipo Franki e tipo Strauss
- Tipo raiz
- Escavadas



3

Como Definir que Tipo de Fundação Aplicar ao Projeto

SONDAGEM

A solução de qualquer problema de fundação de uma estrutura, seja ela de um edifício, uma ponte, um aterro ou uma estrada, requer o prévio conhecimento das características do subsolo de seu local de implantação.

Os requisitos técnicos a serem preenchidos pela investigação do subsolo são os seguintes :

- 1-determinação dos tipos de solo que ocorrem, no subsolo, até a profundidade de interesse do projeto;
- 2-determinação das condições de compactidade (areias) ou consistência (argilas) em que ocorrem os diversos tipos de solos;
- 3-determinação da espessura das camadas constituintes do subsolo e avaliação da orientação dos planos (superfícies) que as separam;
- 4-informação completa sobre a ocorrência de água no subsolo.

SONDAGEM

A determinação das condições em que ocorrem os solos “ in situ ” é obtida por meio de métodos empíricos suplementados por ensaios de laboratório.

No caso de solos arenosos, a compacidade pode ser estimada mediante correlações empíricas, como a da resistência à penetração medida, durante a realização das sondagens. No caso de solos argilosos, a consistência pode também ser avaliada pela resistência à penetração, sendo no entanto preferível, face à precariedade dessa estimativa, medi-la em laboratório a partir da retirada de uma amostra indeformada.

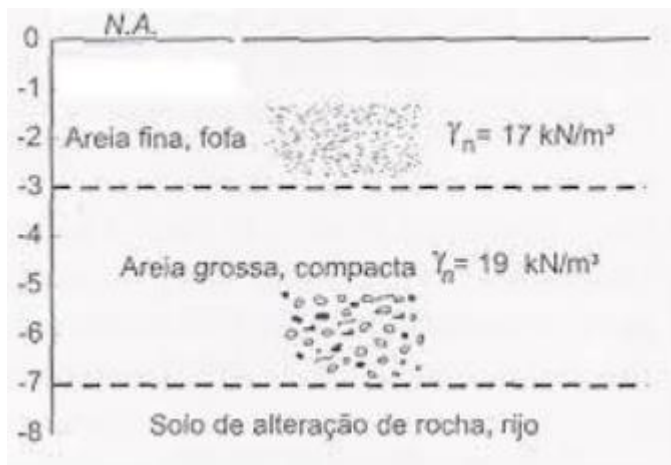


SONDAGEM

A determinação da espessura das várias camadas constituintes do subsolo é feita, durante o processo de perfuração, observando-se os solos que vão sendo removidos à medida que o furo avança.

A amostragem dos solos é feita a cada metro, reduzindo, assim, a possibilidade de erros grosseiros quanto à determinação dos pontos de passagem de um tipo de solo para outro.

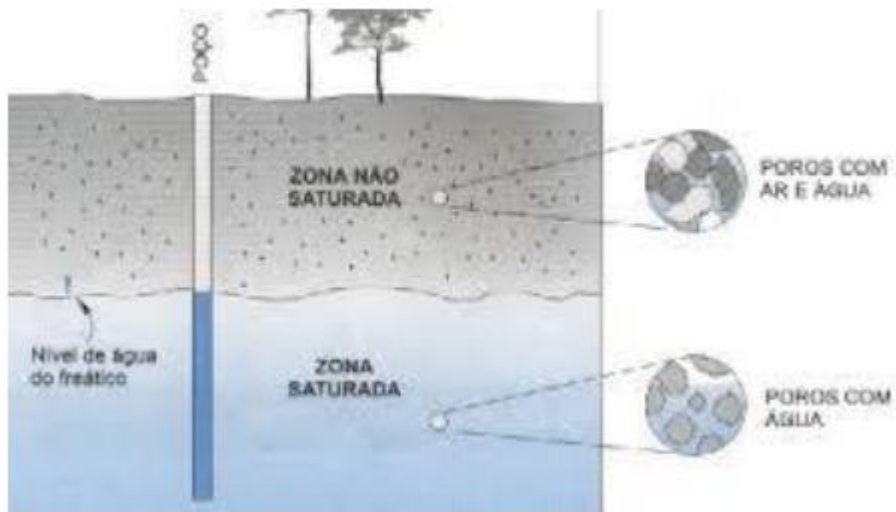
A avaliação da orientação dos planos de separação das diversas camadas pode ser feita mediante uma criteriosa distribuição, em planta, dos pontos de sondagem e posterior interpretação dos resultados.



SONDAGEM

A ocorrência de água

No caso de subsolo estratificado, apresentando camadas alternadas de areia e argila, é freqüente a ocorrência de mais de um nível de água, bem como da existência de água sob pressão (artesianismo).



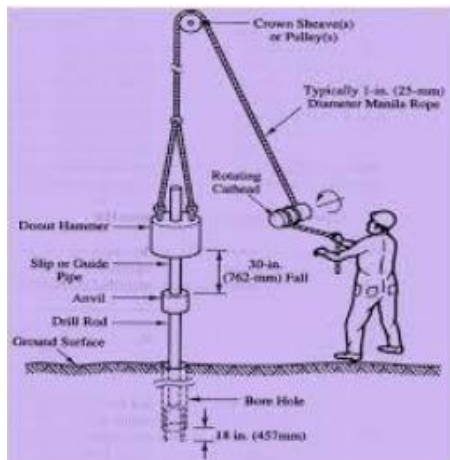
SONDAGENS A PERCUSSÃO

Na investigação do subsolo para fins de fundações, o tipo de sondagem mais empregada é a de “percussão” ou de “simples reconhecimento”. A sondagem é conduzida por meio de uma perfuração do terreno acompanhada da extração de amostras dos solos para sua identificação.

Nas sondagens de percussão, as amostras de solo são colhidas por meio da cravação dinâmica de amostradores com dimensões padronizadas. Normalmente, as amostras são retiradas a cada metro de profundidade, intervalo este que pode ser reduzido, em caso de grande heterogeneidade do subsolo ou, quando se deseja obter um maior volume de solo para ensaios de caracterização no laboratório.

EXECUTANDO O ENSAIO

Em 1930, Mohr introduziu a técnica da contagem do número de golpes necessários à cravação de parte de um amostrador no solo, graças à energia gerada pela queda livre de um martelo de massa e altura de queda padronizadas, criando uma medida da resistência à penetração dinâmica no solo, que passou a ser denominado S.P.T. – Standart Penetration Test.



VANTAGENS DO SPT

1. Baixo custo
2. Simplicidade de execução
3. Possibilidade de colher amostras
4. Determinação da posição do lençol freático
5. Informações da consistência e compacidade do solo



FASES DO SPT

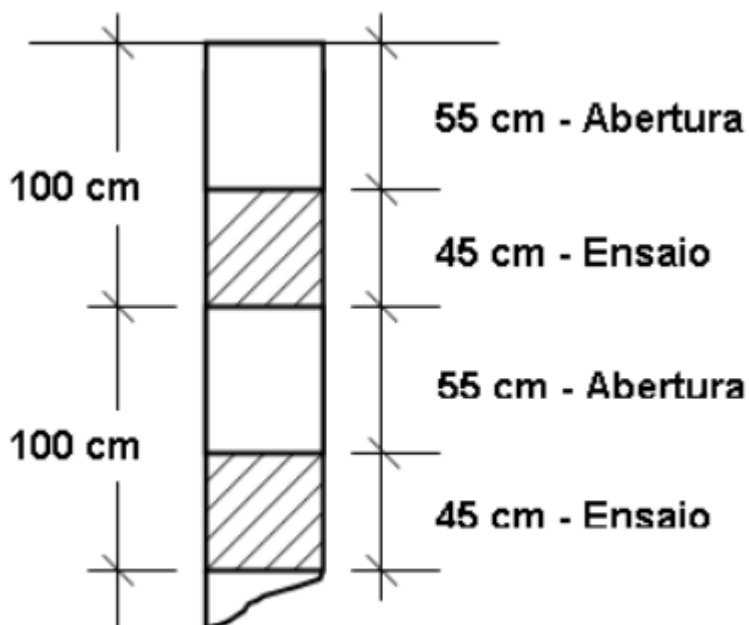
1. Abertura do furo
2. Ensaio de penetração
3. Amostragem
4. Avaliação do nível de água
5. Identificação e classificação da amostra



EXECUÇÃO DO SPT

A execução de uma sondagem é um processo repetitivo, que engloba as três primeiras fases a cada metro de solo sondado.

Assim, em cada metro faz-se, inicialmente, a abertura do com um comprimento igual a 55 cm, deixando-se os restantes 45 cm para a realização do ensaio de penetração e amostragem, como esquematizado na figura apresentada a seguir.



Esquema de execução de uma sondagem

EXECUÇÃO DO SPT

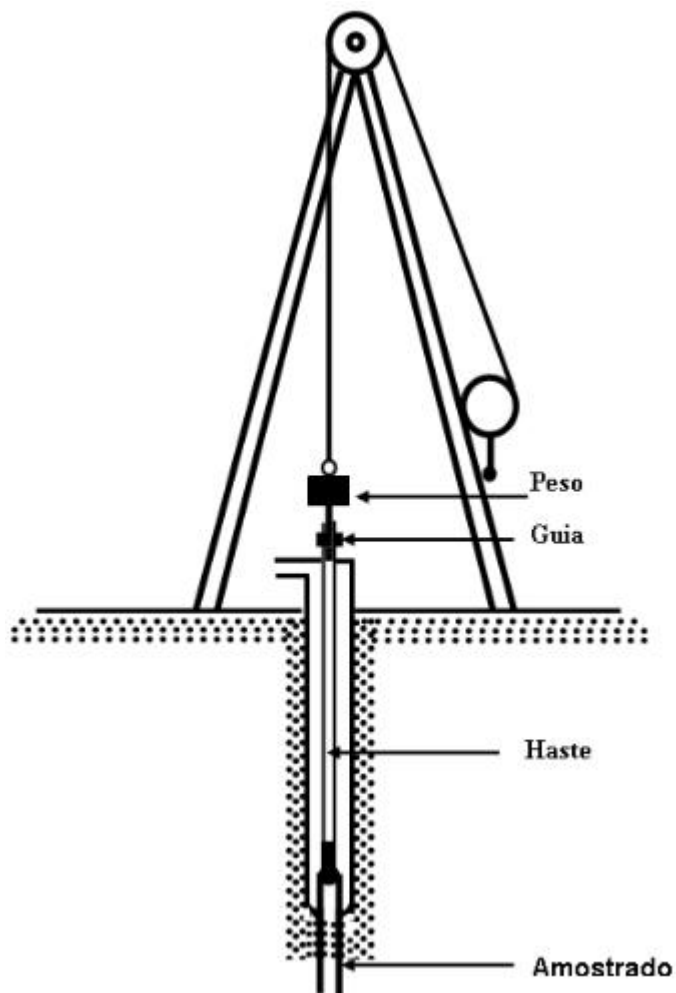
1. A abertura do furo é iniciada com um trado do tipo cavadeira, de 100 mm de diâmetro, até completar o primeiro metro.
2. A partir do segundo metro, e até atingir o nível de água, a abertura deverá ser feita com um trado helicoidal.

3. Abaixo do nível de água, a abertura será realizada pelo processo de circulação de água, com o mesmo equipamento usado para a amostragem.
4. Nesta fase, o mestre sondador irá recolhendo amostras de lama na bica e, identificando o solo para detectar possível mudança de camada.
5. As fases de ensaio e de amostragem são realizadas simultaneamente, utilizando-se um tripé, um martelo de massa igual a 65kg e uma haste que servirá de guia durante a queda.
6. Após a colocação do amostrador, esse deverá ser descido com cuidado, para evitar batidas nas paredes e apoiado, suavemente, no fundo do furo. A seguir, deve-se fixar a cabeça de bater no topo das hastes e apoiar o martelo sobre esta peça, anotando-se a eventual penetração das hastes no solo.

EXECUÇÃO DO SPT

A partir de um ponto fixo qualquer, marcam-se, sobre as hastes, três segmentos de 15 cm cada. O martelo é, então, elevado manualmente 75 cm, contados a partir do topo da cabeça de bater, e deixado cair em queda livre.

Essa operação deverá se repetir até que o amostrador tenha penetrado 45 cm no solo. Durante a penetração, deve ser contado o número de golpes necessários à cravação de cada 15 cm.



PRIMEIRA LIÇÃO

1- QUAL A PORCENTAGEM DE PROBLEMAS ESTRUTURAIS CAUSADOS POR MÁ FUNDAÇÃO?

A- 80%

B- 70%

C- 90%

D- 68%

2- QUAL O PREÇO DE UM PROJETO DE FUNDAÇÃO?

A- Projeto eficiente de fundação tem preço. Segurança é o preço.

B- Projeto eficiente de fundação, não tem preço. Segurança é o preço.

C- R\$ 200.000,00

D- R\$ 100.000,00

3- A SOLUÇÃO DE QUALQUER PROBLRMA DE FUNDAÇÃO DE UMA ESTRUTURA, SEJA ELA DE EDIFÍCIO:

A- uma ponte, um aterro ou uma estrada, requer o prévio conhecimento das características do dos rios de seu local de implantação.

B- uma ponte, um aterro ou uma estrada, requer o prévio conhecimento das características do subsolo de seu local de suspensão.

C- uma ponte, um aterro ou uma estrada, requer o prévio conhecimento das características do subsolo de seu local de implantação.

D- uma ponte, um aterro ou uma estrada, requer o prévio conhecimento das características do subsolo de seu local de imersão.

4- A AVALIAÇÃO DA ORIENTAÇÃO DOS PLANOS DE SEPARAÇÃO DAS DIVERSAS CAMADAS:

A- pode ser feita mediante uma amostra de distribuição, em planta, dos pontos de sondagem e posterior interpretação dos resultados.

B- pode ser feita mediante uma criteriosa distribuição, em planta, dos pontos de sondagem.

C- pode ser feita mediante uma criteriosa distribuição, em projetos, dos pontos de sondagem e posterior interpretação dos resultados.

D- pode ser feita mediante uma criteriosa distribuição, em planta, dos pontos de sondagem e posterior interpretação dos resultados.

5- A EXECUÇÃO DE UMA SONDAÇÃO É UM PROCESSO PRETIVO, QUE ENGLOBALA AS:

A- três primeiras fases a cada metro de solo sondado.

B- duas primeiras fases a cada metro de solo sondado.

C- cinco primeiras fases a cada metro de solo sondado.

D- quatro primeiras fases a cada metro de solo sondado.

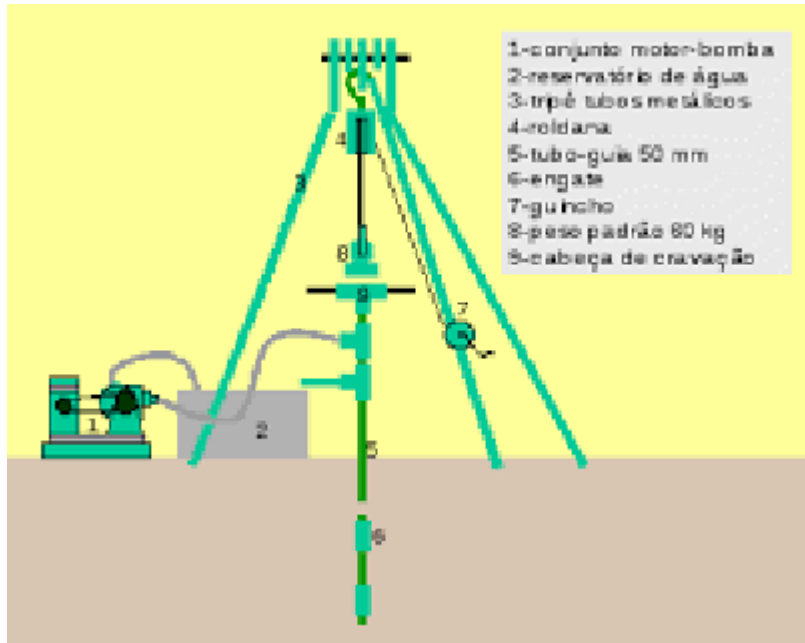
4

Resistência a Penetração

SEGUNDA SEMANA

O amostrador é cravado 45 cm no solo, sendo anotado o número de golpes necessários à penetração de cada 15 cm.

Quando se emprega o amostrador tipo Terzaghi - Peck, obtém-se o denominado Índice de Resistência à Penetração, através do número de golpes do peso padrão, caindo de uma altura de 75 cm, considerando-se o número necessário à penetração dos últimos 30 cm do amostrador, ou seja, desprezando-se os primeiros 15 cm. A resistência à penetração, assim medida, é conhecida por S.P.T.



CLASSIFICAÇÃO A PARTIR DO SPT

COMPACIDADES E CONSISTÊNCIAS SEGUNDO A RESISTÊNCIA À PENETRAÇÃO – S.P.T.		
SOLO	DENOMINAÇÃO	NÚMERO DE GOLPES
COMPACIDADE DE AREIAS E SILTES ARENOSOS	FÔFA	≤ 4
	POUCO COMPACTA	5 – 8
	MED. COMPACTA	9 – 18
	COMPACTA	19 – 41
	MUITO COMPACTA	> 41
CONSISTÊNCIA DE ARGILAS E SILTES ARGILOSOS	MUITO MOLE	< 2
	MOLE	2 – 5
	MÉDIA	6 – 10
	RIJA	11 – 19
	DURA	> 19

OCORRÊNCIA DE OBSTRUÇÕES NO SPT

Durante a execução de uma sondagem, o avanço da perfuração pode ser impedido pela ocorrência de uma obstrução.

Em geral, as obstruções naturais são constituídas por matacões

MATAÇÕES ERROS NO SPT

Para dirimir dúvidas, quando se atinge uma obstrução, constitui boa técnica de sondagem verificar a continuidade horizontal deste material, a fim de se certificar de que se trata mesmo do embasamento rochoso e não, de um matacão.

COMO PROCEDER NO CASO DE OCORRÊNCIA DE OBSTRUÇÕES?

Essa verificação pode ser realizada, executando-se uma nova sondagem a 3m, em planta, daquela onde foi detectada a obstrução, devendo esta ser levada à profundidade anterior. Se for confirmada a ocorrência de obstrução na mesma profundidade, a sondagem deverá ser novamente deslocada de 3m numa direção ortogonal ao primeiro deslocamento.

Persistindo a ocorrência do material impenetrável, a sondagem poderá ser interrompida com razoável certeza de se ter atingido rocha e não, um matacão.

Em alguns solos residuais (provenientes da decomposição da rocha local), o número de matações dispersos pode ser tão grande que torna, praticamente, impossível a execução apenas de sondagens de percussão.

Nestes casos, pode-se proceder à investigação, empregando-se, conjuntamente, o equipamento de percussão para as zonas de solo e equipamento de sondagem rotativa para perfurar os matacões.

PROGRAMAÇÃO DOS TRABALHOS DE INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

O programa e os processos de investigação do subsolo dependem do tipo, porte e valor da obra a ser construída, como também do tempo e equipamentos disponíveis.

Desta forma, o programa deve sempre ser iniciado por uma caracterização geral do subsolo, a partir da qual se podem identificar fatores que exigem uma investigação mais detalhada.

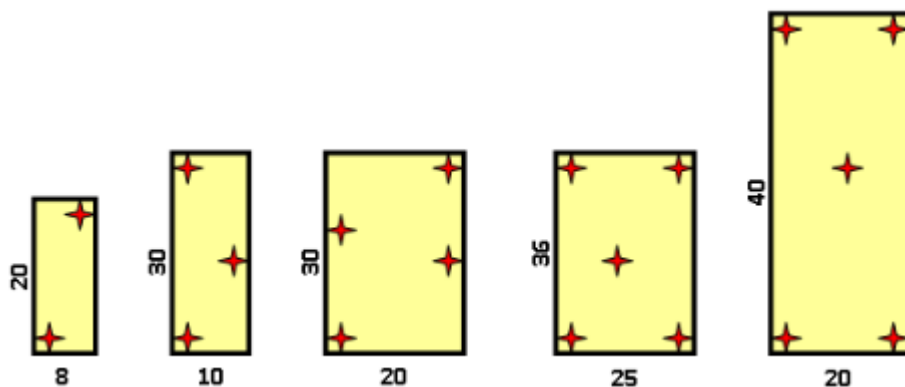
Essa investigação preliminar é, normalmente, feita por meio de sondagens de percussão, em pontos criteriosamente distribuídos.

As sondagens deverão ser distribuídas em planta, de maneira a cobrir toda a área em estudo, de tal forma que não sejam necessárias extrapolações. A distância máxima entre sondagens deve ser limitada a 25m.

PROGRAMAÇÃO DOS TRABALHOS DE INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO

ÁREA CONSTRUÍDA (m ²)	NÚMERO MÍNIMO DE SONDAGENS
≤ 200	2
200 a 400	3
400 a 600	3
600 a 800	4
800 a 1000	5
1000 a 1200	6
1200 a 1600	7
1600 a 2000	8
2000 a 2400	9
> 2400	A critério

PROGRAMAÇÃO DOS TRABALHOS DE INVESTIGAÇÃO DO SUBSOLO



RECOMENDAÇÕES GENÉRICAS DE SPT

A profundidade das sondagens depende das características do subsolo, principalmente, quando essas forem desfavoráveis, apresentando, por exemplo, camadas espessas de argilas moles ou areias fofas. Cite-se, como exemplo, regiões onde é frequente a ocorrência de argilas orgânicas moles, atingindo mais de 20m de profundidade. Nestes locais, as sondagens, mesmo para obras de pequeno porte, têm necessariamente que atingir 25 a 30m.

Como ponto de partida para estimativas em locais desconhecidos, pode-se recomendar uma profundidade de 15 a 20m para obras de porte médio, em condições normais de subsolo. Essa profundidade pode ser corrigida, à medida que os primeiros resultados forem sendo conhecidos.

RESULTADOS DO SPT

A posição das sondagens é amarrada topograficamente e apresentada numa planta de locação. O nível da boca do furo de sondagem é referido a uma referência de nível – R.N. – bem definido. As resistências à penetração são indicadas por números à esquerda da vertical da sondagem, nas respectivas cotas de medição. A posição

do nível d'água – N.A. – é também indicada, bem como a data de sua medição fatores ligados ao equipamento empregado:
dimensões e estado de conservação do amostrador ;
peso de bater não calibrado ou sem coxim de madeira ;
uso de hastes de diferentes pesos, etc.

Fatores ligados à execução da sondagem:

má limpeza do furo ;
furo não alargado, suficientemente, para passagem livre do amostrador ;
variação da altura de queda do peso;
erro na contagem do número de golpes, etc.

RESULTADOS DO SPT

Obra:		SPT: 01				
Local:		INÍCIO: / / - TÉRMINO: / / ,				
		COTA: 102,20				
Resistência à Penetração		Número de Golpes	Cota em relação ao R.N.	Amostras	Classificação da Camada	Nível d'água
Amostrador tipo Terzaghi & Peck						
Nº de Golpes						
60 50 40 30 20 10						
		8		1	0,00	Argila arenosa com matéria orgânica vegetal, úmida, marrom.
		9	100	2		Argila arenosa, média, úmida, marrom, amarelo, cinza e vermelha.
		6		3		
		7		4		
		8		5	4,00	
		11		6		Argila arenosa com mica (Rocha Decomposta), média e rija, amarelo, branco e cinza
		10	95	7		
				8		
		12		9		
				10	9,30	Impenetrável à Percussão 1 - Em 9,30m, impenetrável a trado e percussão.
Profundidade do nível D'água		SPT ÚLT. 30cm		Avanço à trado		0,00 a 4,00m
Inicial: 6,00 em 02/12/98		SPT ESTIMADO		Lavagem		4,00 a 9,00m
Final: 5,89 em 03/12/98				Profund. do Revestimento		5,80m
				Lavagem por Tempo (30 min.)		Desenho Nº.: 133-98
				Tempo De Para		Folha Nº.: 1/3
				10 min. 9,25 m 9,28 m		Resp. Téc.
				10 min. 9,28 m 9,29 m		
				10 min. 9,30 m 9,30 m		

RESULTADOS DO SPT

A posição das sondagens é amarrada topograficamente e apresentada numa planta de locação. O nível da boca do furo de sondagem é referido a uma referência de nível – R.N. – bem definido.

As resistências à penetração são indicadas por números à esquerda da vertical da sondagem, nas respectivas cotas de medição. A posição do nível d'água – N.A. – é também indicada, bem como a data de sua medição fatores ligados ao equipamento empregado:

dimensões e estado de conservação do amostrador ;
peso de bater não calibrado ou sem coxim de madeira ;
uso de hastes de diferentes pesos, etc.

Fatores ligados à execução da sondagem

má limpeza do furo ;
furo não alargado, suficientemente, para passagem livre do amostrador ;
variação da altura de queda do peso;
erro na contagem do número de golpes, etc.

CRITÉRIOS DE PARALISAÇÃO DO SPT

Quando encontramos o topo rochoso ou matacão de natureza rochosa;

Quando por 3 trechos consecutivos forem necessários mais de 45 golpes para a cravação de 5,0 cm do barrilete amostrador padrão;

Quando por 30 minutos com o auxílio do trépano ou broca de lavagem, este penetrar somente 5,0 cm.

5

Quais são os Outros Métodos de Investigação?

MÉTODOS INDIRETOS

1º Método sísmico (Sísmica de refração)

Baseia-se no tempo de percurso de ondas sonoras em horizontes de dois tipos de rochas ou solos.

Princípio de funcionamento: $V_1 < V_2 < V_3$

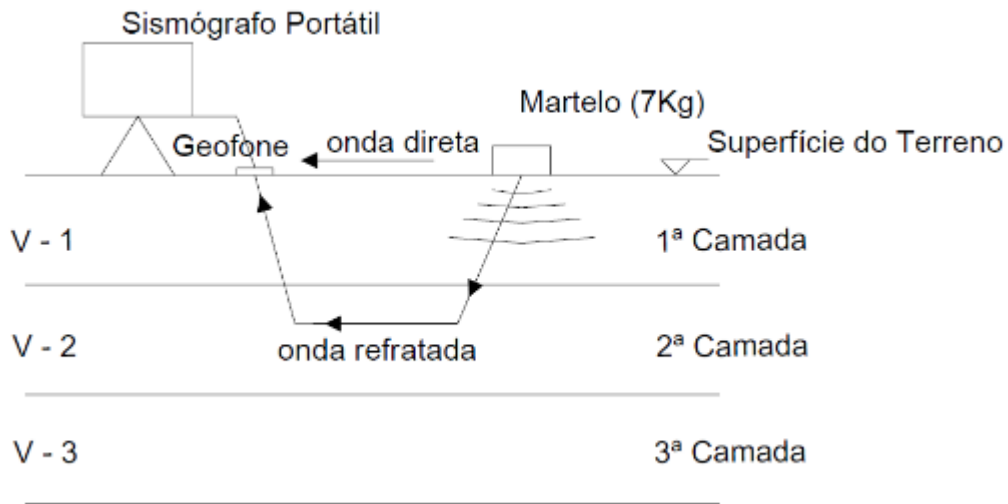
$$\text{VELOCIDADE} = \frac{\text{ESPACO}}{\text{TEMPO}}$$

Determina a velocidade de propagação de ondas.

MÉTODOS INDIRETOS

FUNDAÇÕES E OBRAS DE TERRA- PROFESSOR: DIEGO ARAÚJO 53

1º Método sísmico (Sísmica de refração)



MÉTODOS INDIRETOS

2º Método da Eletroresistividade

O método da eletroresistividade consiste essencialmente em determinar a diferença de potencial elétrico entre dois eletrodos centrais chamados de eletrodos de potencial, conhecendo-se a intensidade de corrente enviada por dois eletrodos laterais denominados de eletrodos de corrente.

MÉTODOS INDIRETOS BASTAM?

NÃO

Os métodos indiretos não eliminam a necessidade de sondagens diretas, devem ser encarados como um auxiliar eficaz e econômico na resolução de problemas específicos, permitindo reduzir bastante o número de sondagens diretas, mais caras e demoradas.

MÉTODOS DIRETOS

1º Trado



MÉTODOS DIRETOS

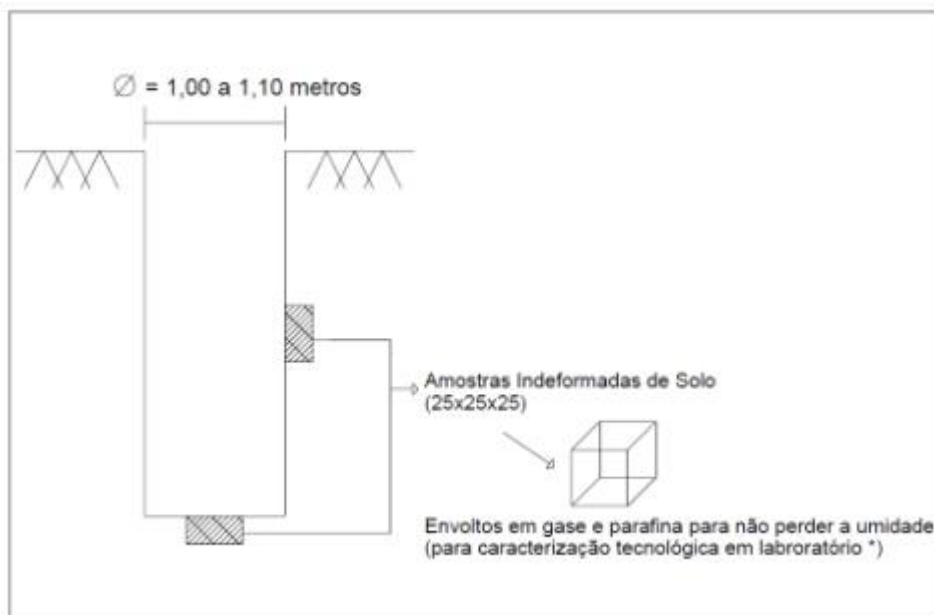
1º Trado

Limitações do método:

- ✓ Retirada de amostras deformadas
- ✓ Só para caracterização expedita
- ✓ Encontro do N.A. do subsolo
- ✓ Desmoronamento das paredes laterais
- ✓ Só para solos coesivos

MÉTODOS DIRETOS

2º Poço de Inspeção



MÉTODOS DIRETOS

2º Poço de Inspeção

Ensaios de: Umidade, granulometria, limite de liquidez, plasticidade, CBR, proctor, resistência ao cisalhamento, etc

Limitações do método:

Encontro do N.A. do subsolo;

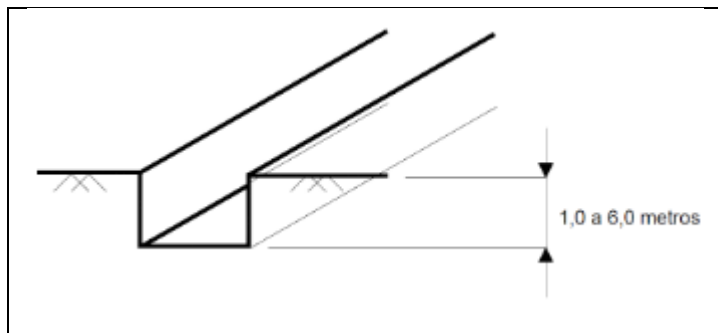
Desmoronamento das paredes laterais;

Só para solos coesivos.

MÉTODOS DIRETOS

3º Trincheiras

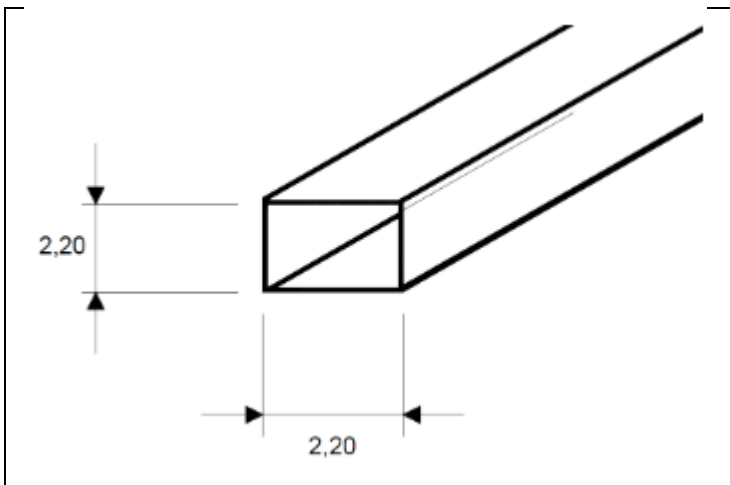
São basicamente valas a céu aberto escavadas manualmente nas quais permitem a retirada de amostras indeformadas de solo para uma caracterização em laboratório, sendo que as limitações do método são as mesmas do poço de inspeção.



MÉTODOS DIRETOS

4º Galerias

São escavações feitas em rocha, podendo o seu desmonte ser feito a “fogo”, com o objetivo de retirada de amostra indeformada para uma posterior classificação geotécnica em laboratório.



ENSAIOS ESPECIAIS

Ensaio de Infiltração:

Tem a finalidade de determinar o coeficiente de permeabilidade do solo (k). *Este ensaio é regulamentado pelo procedimento técnico, publicado pela ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, no ano de 1990.* Com a realização deste, podemos

avaliar o coeficiente de permeabilidade largamente utilizado dentro da mecânica dos solos na aplicação da Lei de Darcy.

Obs:

Lei de Darcy $\rightarrow V = k \times I \times A$

Onde: V = Vazão
 k = Coeficiente de Permeabilidade
 A = Área da seção transversal
 I = Gradiente Hidráulico

* É a maior ou menor facilidade que os solos oferecem à passagem da água através dos seus vazios

ENSAIOS ESPECIAIS

Ensaio de Infiltração:

TABELA PARA AVALIAÇÃO DO COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE (k) SEGUNDO MELLO E TEIXEIRA (1967).

k (cm/s)	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}
SOLO	PEDREGULHO	AREIAS	AREIAS FINAS SILTOSAS E ARGILOSAS, SILTES ARGILOSOS	ARGILAS	

GRAUS DE PERMEABILIDADE SEGUNDO TERZAGHI E PECK (1967)

GRAU DE PERMEABILIDADE	k (cm / s)
ALTA	ACIMA DE 10^{-1}
MÉDIA	10^{-1} A 10^{-3}
BAIXA	10^{-3} A 10^{-5}
MUITO BAIXA	10^{-5} A 10^{-7}
PRATICAMENTE IMPERMEÁVEL	ABAIXO DE 10^{-7}

ENSAIOS ESPECIAIS

S.P.T.T. – Standard Penetration Test com determinação de Torque:

Em 24 de abril de 1955, foi divulgado pelo engenheiro STELVIO M. T. RANZINI, a idéia de o esforço despendido para vencer as tensões no contato face externa do amostrador e o solo. Em resumo, o objetivo é medir com o auxílio de um torquímetro o torque existente entre o barrilete amostrador cravado e o solo (torque = kgf.cm). Portanto este valor corresponde à resistência lateral e poderá ser utilizado para se avaliar a carga lateral de estacas neste solo.



ENSAIOS ESPECIAIS

Sondagem Rotativa e Finalidade: Quando uma sondagem à percussão se torna impenetrável, passamos a utilizar as ferramentas da sondagem rotativa. .

ENSAIOS ESPECIAIS

Sondagem Rotativa:

Objetivos:

Obtenção de testemunhos (cilindros de rocha), amostras indeformadas de rochas.

Identificação das descontinuidades (falhas, fissuras, fraturas, etc.)

Ensaio “IN-SITU”:

a-) Perda d'água ou absorção d'água

b-) % de recuperação

c-) % R.Q.D.

Ensaio mecânicos de laboratório para avaliar a resistência das rochas.

Caracterização tecnológica do maciço rochoso (alteração, fraturamento).

Perfil geológico e geotécnico.

ENSAIOS ESPECIAIS

Sondagem Rotativa:

Equipamentos:

Motor estacionário

Caixa de câmbio

Moto-bomba

Reservatório de água (capacidade 1000 litros)

Haste de revestimento

Barrilete amostrador

Broca ou Coroa

Obs: Podem ser vistos nas fotos ilustrativas

ENSAIOS ESPECIAIS

Sondagem Rotativa:

GRAUS DE RECUPERAÇÃO DE TESTEMUNHOS

(Para avaliação da qualidade da sondagem)

GRAUS DE RECUPERAÇÃO	% DE RECUPERAÇÃO	QUALIDADE DE RECUPERAÇÃO
R1	100 – 90	BOA
R2	90 – 75	REGULAR
R3	< 75	POBRE

GRAUS DE % DE R.Q.D. (Rock Quality Designation)

(Para avaliação da qualidade do maciço rochoso)

Para perfuração em % (Relativo à perfuração com Ø N)

% R.Q.D.	QUALIDADE DO MACIÇO ROCHOSO
0 – 25	MUITO FRACO
25 – 50	FRACO
50 – 75	REGULAR
75 – 90	BOM
90 – 100	EXCELENTE

ENSAIOS ESPECIAIS

Sondagem Rotativa:

DIÂMETROS DE PERFURAÇÃO MAIS UTILIZADOS EM GEOTECNIA

Ø (SÍMBOLO)	DIMENSÕES (mm)
B	42,00
N	54,70
H	76,20

CRITÉRIOS PARA AVALIAÇÃO DE TESTEMUNHOS DE SONDAGEM ROTATIVA PARA ROCHAS ÍGNEAS OU MAGMÁTICAS E METAMÓRFICAS

GRAU DE ALTERAÇÃO	ROCHA	CARACTERÍSTICAS
A1	SÃ OU PRATICAMENTE SÃ	-Macroscopicamente inexistem indícios de alteração física ou química dos minerais -Não se verifica queda de resistência original da rocha típica
A2	MEDIAMENTE ALTERADA	-Alteração marcante dos minerais, resultando em descoloração original da rocha -Diminuição da resistência da rocha em relação à anterior
A3	MUITO ALTERADA	-Minerais alterados que mascaram a cor original da rocha -As bordas dos fragmentos podem ser abatidas por lâminas de aço ou quebradas pela pressão dos dedos -Com lâmina de aço sulca-se acentuadamente a superfície do fragmento

ENSAIOS ESPECIAIS

Sondagem Rotativa:

GRAUS DE FRATURAMENTO

GRAU DE FATURAMENTO	Nº DE FRATURAMENTO / METRO	TERMO DESCRITIVO
F1	0 a 4	POUCO FRATURADA
F2	5 a 10	MEDIAMENTE FRATURADA
F3	11 a 20	MUITO FRATURADA
F4	> 20	EXTREMAMENTE FRATURADA
F5	-	FRAGMENTADA

ENSAIOS ESPECIAIS

Sondagem Rotativa:

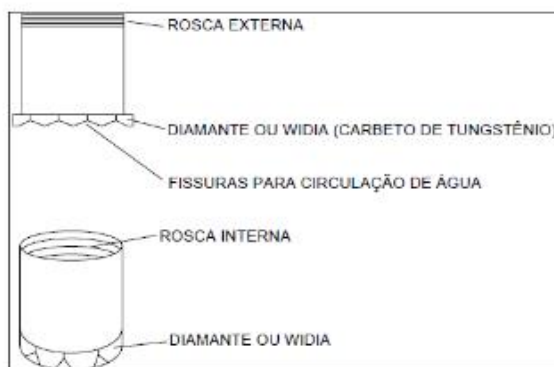


Broca ou coroa diamantada
Para recuperação de testemunhos, do tipo impregnada (vidia + diamante)



Broca ou coroa diamantada
Sem recuperação de testemunhos, do tipo cravada

BROCAS OU COROAS



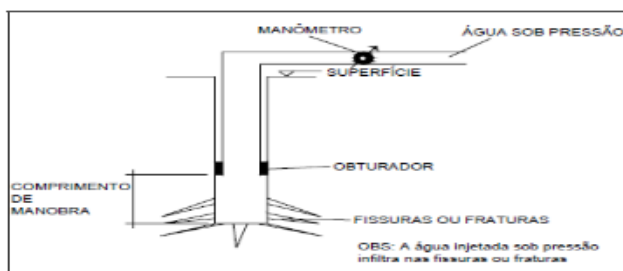
✓ Tipos de Perfuração:

1. Sem recuperação de testemunhos. (para fins de Petróleo)
2. Com recuperação de testemunhos (para geotecnia e mineração)

ENSAIOS ESPECIAIS

✓ Perda de água ou absorção de água:

Tem como objetivo, avaliar a quantidade de descontinuidades que a rocha possui, para uma posterior solidificação das mesmas com uma injeção de nata de cimento na proporção de 1 : 1.



ABSORÇÃO OU PERDA DE ÁGUA =

$$= \frac{\text{LITROS (QUANTIDADE DE ÁGUA INJETADA)}}{\text{COMPRIMENTO DE MANOBRA} \times \text{TEMPO} \times \text{PRESSÃO}}$$

↓
Kgf/cm²

ENSAIOS ESPECIAIS

% R.Q.D.:

% DE RECUPERAÇÃO - % R.Q.D.

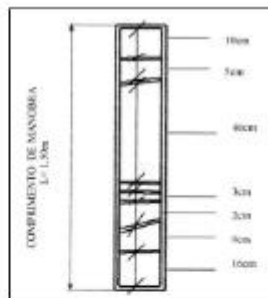
% RECUPERAÇÃO = Avaliação da quantidade da sondagem

% R.Q.D. = Avaliação do maciço rochoso

ENSAIOS ESPECIAIS

% R.Q.D.:

Exemplo:



% RECUPERAÇÃO

$$\% \text{ REC} = \frac{\sum \text{TOTAL DOS TESTEMUNHOS}}{\text{COMPRIMENTO DE MANOBRA}} \times 100$$

% R.Q.D.: (Rock Quality Designation)

$$\% \text{ R.Q.D.} = \frac{\sum \text{DOS TESTEMUNHOS} \geq 10 \text{ cm}}{\text{COMPRIMENTO DE MANOBRA}} \times 100$$

$$\% \text{ REC} = \frac{0,10+0,05+0,40+0,03+0,02+0,09+0,08+0,16}{1,50} \times 100$$

$$\% \text{ REC} = \frac{0,93}{1,50} \times 100 = 62 \%$$

$$\% \text{ R.Q.D.} = \frac{0,10+0,40+0,16}{1,50} \times 100$$

$$\% \text{ R.Q.D.} = \frac{0,66}{1,50} \times 100 = 44 \%$$

MÉTODOS SEMI DIRETOS

1. CPT (CONE DE PENETRAÇÃO ESTÁTICA)
2. Compressão triaxial
3. Vane Test
4. Cone Ambiental

SEGUNDA LIÇÃO

1- DURANTE A EXECUÇÃO DE UMA SONDAGEM:

A- o avanço da perfuração pode ser impedido pela ocorrência de uma obstrução.

B- avanço da perfuração pode ser impedido pela ocorrência de uma obstrução.

C- o avanço da perfuração não pode ser impedido pela ocorrência de uma obstrução.

D- o avanço da profundidade pode ser impedido pela ocorrência de uma obstrução.

2- A PROFUNDIDADE DAS SONDAGENS DEPENDE DAS CARACTERÍSTICAS DO SUBSOLO:

A- nada principalmente, quando essas forem desfavoráveis.

B- principalmente, quando essas forem desfavoráveis.

C- mas principalmente, quando essas forem desfavoráveis.

D- principalmente, quando essas não forem desfavoráveis.

3- O MÉTODO DA ELETRORESISTIVIDADE CONSISTE ESSENCIALMENTE EM DETERMINAR:

A- a diferença de potencial elétrico entre quatro eletrodos centrais chamados de eletrodos de potencial.

B- a diferença de potencial elétrico entre três eletrodos centrais chamados de eletrodos de potencial.

C- a diferença de potencial elétrico entre dois eletrodos centrais chamados de eletrodos de potencial.

D- a diferença de potencial elétrico entre cinco eletrodos centrais chamados de eletrodos de potencial.

4- ESTE ENSAIO É REGULAMENTADO PELO PROCEDIMENTO TÉCNICO:

A- publicado pela ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, no ano de 1991.

B- publicado pela ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, no ano de 1993.

C- publicado pela ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, no ano de 1992.

D- publicado pela ABGE, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia, no ano de 1990.

5- SONDAGEM ROTATIVA E FINALIDADE:

A- Quando uma sondagem à percussão se torna impenetrável, passamos a utilizar as ferramentas da sondagem rotativa.

B- Quando uma sondagem não da percussão se torna impenetrável, passamos a utilizar as ferramentas da sondagem rotativa.

C- Quando uma sondagem à percussão se torna impenetrável, passamos fazer da sondagem rotativa.

D- Quando uma sondagem à percussão não se torna impenetrável, passamos a utilizar as ferramentas da sondagem rotativa.

6

Solos Especiais e Solos Expansivos

TERCEIRA SEMANA

Aumentam de volume ao serem desconfinados e sob ação da umidade.

Métodos para identificação:

1. Mineralogia
2. Ensaio de adensamento
3. CBR
4. Microscopia

QUAL MÉTODO MAIS UTILIZADO PARA IDENTIFICAÇÃO?

R: COLOCA-SE O MATERIAL EM UMA BACIA COM ÁGUA SOLOS ESPECIAIS.

SOLOS COLAPSIVOS – SOLO DE BRASÍLIA

São aqueles que em contato com água recalcam abruptamente.

Como identificar esse solo?

SPTT $T/N = 0,5$ (Solo Colapsivo)

COMO CONSTRUIR USANDO SAPATAS SUPERFICIAIS SOBRE ESSE TIPO DE SOLO?

R: COLAPSAR, RECOMPACTAÇÃO DO MATERIAL, OU APOIA-SE EM OUTRA CAMADA.

ESCOLHA DO TIPO DE FUNDAÇÃO

1. Relativos à superestrutura
2. Características e propriedades mecânicas do solo
3. Posição e característica do nível d'água
4. Aspectos técnicos dos tipos de fundações
5. Edificações na vizinhança
6. Custo
7. Limitações dos tipos de fundações existentes no mercado

ARTIFÍCIOS DE MELHORIA DE CAMADAS SUPERFICIAIS

ARGILA MOLE

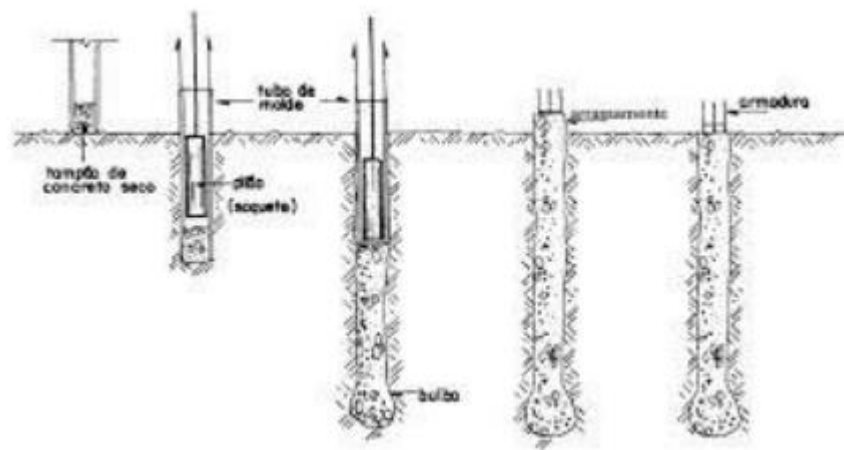
Jet Grout



ARTIFÍCIOS DE MELHORIA DE CAMADAS SUPERFICIAIS

AREIA FOFA

ESTACA DE COMPACTAÇÃO



FUNDAÇÃO SUPERFICIAL

Segundo a NBR 6122:1996, em função da profundidade da cota de apoio, as fundações classificam-se em:

1. Fundação superficial: Elemento de fundação em que a ação é transmitida predominantemente pelas pressões distribuídas sob a base da fundação, e em que a profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior a duas vezes a menor dimensão da fundação. Este tipo de fundação também é chamada de direta ou rasa.
2. Fundação profunda: Elemento de fundação que transmite as ações ao terreno pela base (resistência de ponta), por sua superfície lateral (resistência de fuste) ou por uma combinação das duas e que está assente em profundidade superior ao dobro de sua menor dimensão em planta e no mínimo 3m. Neste tipo de fundação incluem-se as estacas, os tubulões e os caixões.

CLASSIFICAÇÃO DAS SAPATAS

QUANTO À RIGIDEZ

A NBR 6118:2003 classifica as sapatas quanto à rigidez de acordo com as seguintes expressões:

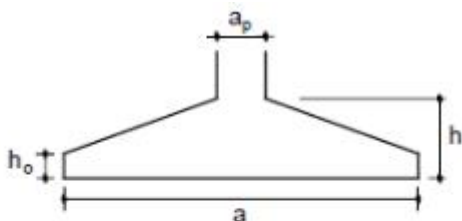


Figura 2.1: Dimensões típicas em sapatas

Se $h \leq \frac{(a - a_p)}{3} \Rightarrow$ sapata flexível

Se $h > \frac{(a - a_p)}{3} \Rightarrow$ sapata rígida

onde

a é a dimensão da sapata na direção analisada;

h é a altura da sapata;

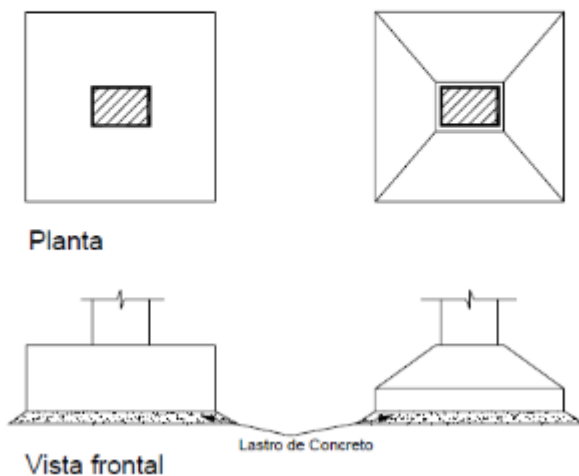
a_p é a dimensão do pilar na direção em questão.

CLASSIFICAÇÃO DAS SAPATAS

QUANTO À POSIÇÃO

Sapatas isoladas

Transmitem ações de um único pilar centrado, com seção não alongada. É o tipo de sapata mais freqüentemente utilizado. Tais sapatas podem apresentar bases quadradas, retangulares ou circulares, com a altura constante ou variando linearmente entre as faces do pilar à extremidade da base.



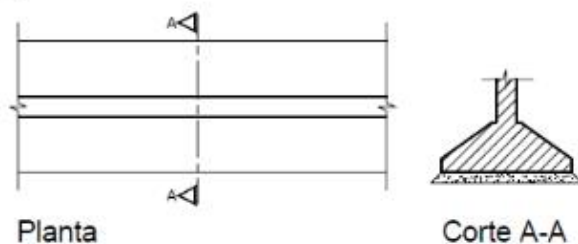
CLASSIFICAÇÃO DAS SAPATAS

QUANTO À POSIÇÃO

Sapatas corridas:

São empregadas para receber as ações verticais de paredes, muros, ou elementos alongados que transmitem carregamento uniformemente distribuído em uma direção.

O dimensionamento deste tipo de sapata é idêntico ao de uma laje armada em uma direção. Por receber ações distribuídas, não é necessária a verificação da punção em sapatas corridas.



CLASSIFICAÇÃO DAS SAPATAS

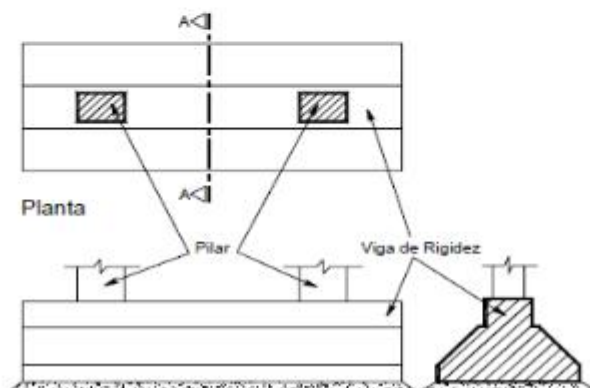
QUANTO À POSIÇÃO

Sapatas associadas ou combinadas

Transmitem as ações de dois ou mais pilares adjacentes. São utilizadas quando não é possível a utilização de sapatas isoladas para cada pilar, por estarem muito próximas entre si, o que provocaria a superposição de suas bases (em planta) ou dos bulbos de pressões. Neste caso, convém empregar uma única sapata para receber as ações de dois ou mais pilares.

O centro de gravidade da sapata normalmente coincide com o centro de aplicação das cargas dos pilares. Para condições de carregamento uniformes e simétricas, as sapatas associadas resultam em uma sapata corrida simples, de base retangular. Entretanto, quando as cargas dos pilares apresentam diferenças relevantes, a imposição de coincidir o centróide da sapata com o centro das cargas dos pilares conduz ou a uma sapata de base trapezoidal (em planta) ou a sapatas retangulares com balanços livres diferentes (em planta).

Usualmente, as sapatas associadas são projetadas com viga de rigidez (enrijecimento), cujo eixo passa pelo centros de cada pilar.

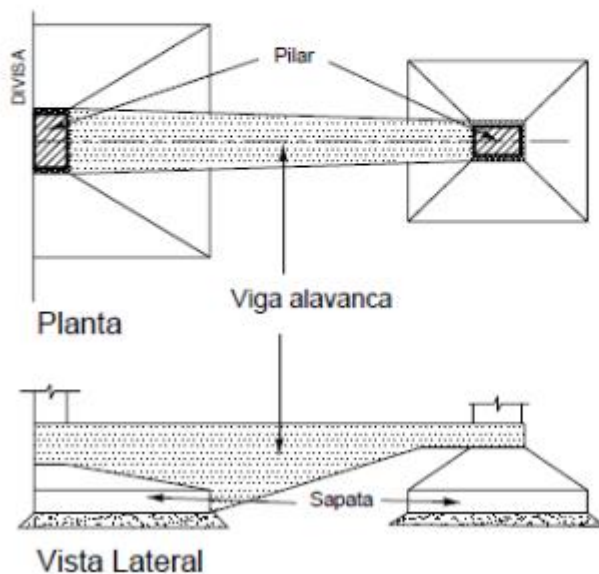


CLASSIFICAÇÃO DAS SAPATAS

QUANTO À POSIÇÃO

Sapatas com vigas de equilíbrio

No caso de pilares posicionados junto à divisa do terreno (figura 2.5), o momento produzido pelo não alinhamento da ação com a reação deve ser absorvido por uma viga, conhecida como viga de equilíbrio ou viga alavanca, apoiada na sapata junto à divisa e na sapata construída para pilar interno. Portanto, a viga de equilíbrio tem a função de transmitir a carga vertical do pilar para o centro de gravidade da sapata de divisa e, ao mesmo tempo, resistir aos momentos fletores produzidos pela excentricidade da carga do pilar em relação ao centro dessa sapata.

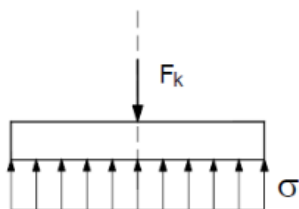


CLASSIFICAÇÃO DAS SAPATAS

QUANTO À SOLICITAÇÃO

Sapatas sob carga centrada:

Ocorre quando a carga vertical do pilar passa pelo centro de gravidade da sapata. Neste caso, admite-se uma distribuição uniforme e constante das tensões do solo na base da sapata, igual à razão entre a carga vertical e a área da sapata (em planta).



$$\sigma = \frac{F_k}{A}$$

onde
 F_k é a ação vertical na sapata
 A é a área da base da sapata

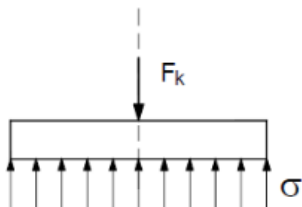
Figura 2.6: Sapata sob carga centrada

CLASSIFICAÇÃO DAS SAPATAS

QUANTO À SOLICITAÇÃO

Sapatas sob carga centrada:

Ocorre quando a carga vertical do pilar passa pelo centro de gravidade da sapata. Neste caso, admite-se uma distribuição uniforme e constante das tensões do solo na base da sapata, igual à razão entre a carga vertical e a área da sapata (em planta).



$$\sigma = \frac{F_k}{A}$$

onde
 F_k é a ação vertical na sapata
 A é a área da base da sapata

Figura 2.6: Sapata sob carga centrada

CLASSIFICAÇÃO DAS SAPATAS

QUANTO À SOLICITAÇÃO

Sapatas sob carga excêntrica:

Em muitas situações práticas, as cargas verticais dos pilares são aplicadas excêntricamente em relação ao centro de gravidade da sapata, gerando momentos nas fundações. Com a obrigatoriedade da consideração das ações do vento, normalmente os pilares transmitem momentos em uma ou nas duas direções principais, gerando na base da sapata solicitações de flexão normal composta ou de flexão oblíqua composta.

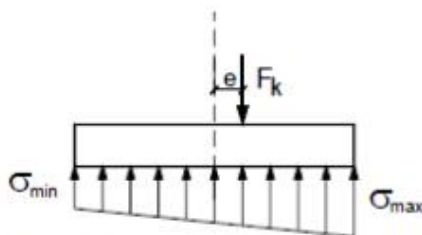


Figura 2.7: Sapata sob carga excêntrica

O valor da tensão máxima do diagrama é obtido a partir das expressões clássicas da Resistência dos Materiais para a flexão composta (ação excêntrica). A distribuição de tensões depende do ponto de aplicação da força vertical em relação a uma região específica da seção, denominada núcleo central. Para forças verticais localizadas em qualquer posição pertencente ao núcleo central, as tensões na sapata serão somente de compressão.

DIMENSIONAMENTO DE SAPATAS

3.1.1 Sapatas Isoladas

Quanto à locação em planta, dois requisitos devem ser atendidos:

- i) O centro de gravidade da sapata deve coincidir com o centro de gravidade do pilar central;
- ii) Deve-se fazer uma estimativa da área da base, supondo a sapata submetida à carga centrada (sem momentos):

$$A = \frac{\alpha \cdot N_k}{\sigma_{\text{solo,adm}}}$$

onde

N_k é a força normal nominal do pilar;

$\sigma_{\text{solo,adm}}$ é a tensão admissível do solo;

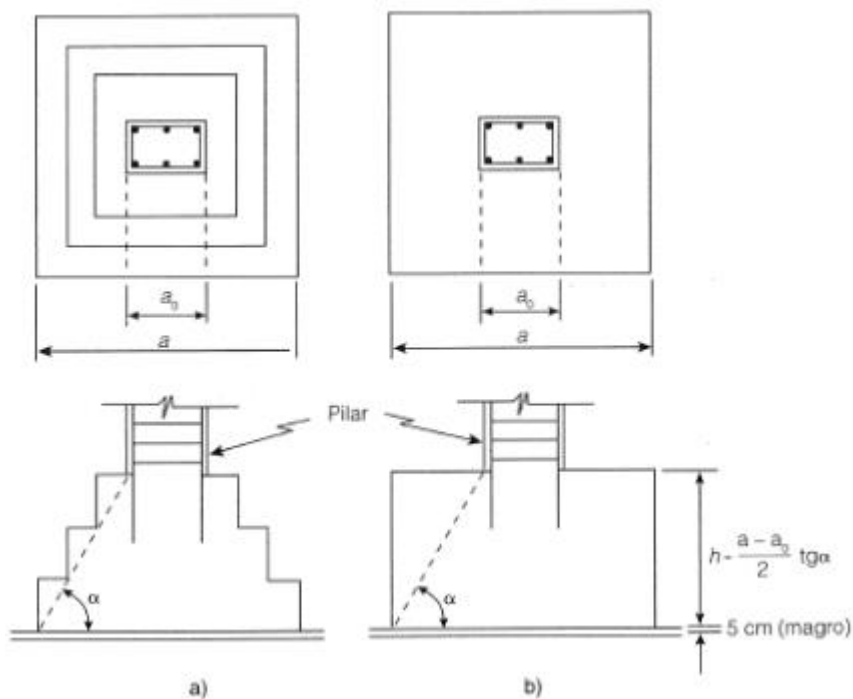
α é um coeficiente que leva em conta o peso próprio da sapata. Pode-se assumir para esse coeficiente um valor de 1,05 nas sapatas flexíveis e 1,10 nas sapatas rígidas.

As dimensões a e b devem ser escolhidas, sempre que possível, de tal forma a resultar em um dimensionamento econômico. A condição econômica nesse caso ocorre quando os balanços livres (distância em planta da face do pilar à extremidade da sapata) forem iguais nas duas direções. Esta condição conduz a taxas de armadura de flexão da sapata aproximadamente iguais nas duas direções ortogonais.

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

BLOCOS

Elementos de grande rigidez executados em concreto simples ou ciclópico (Não Armado)- as tensões produzidas são absorvidas pelo próprio concreto.



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

BLOCOS

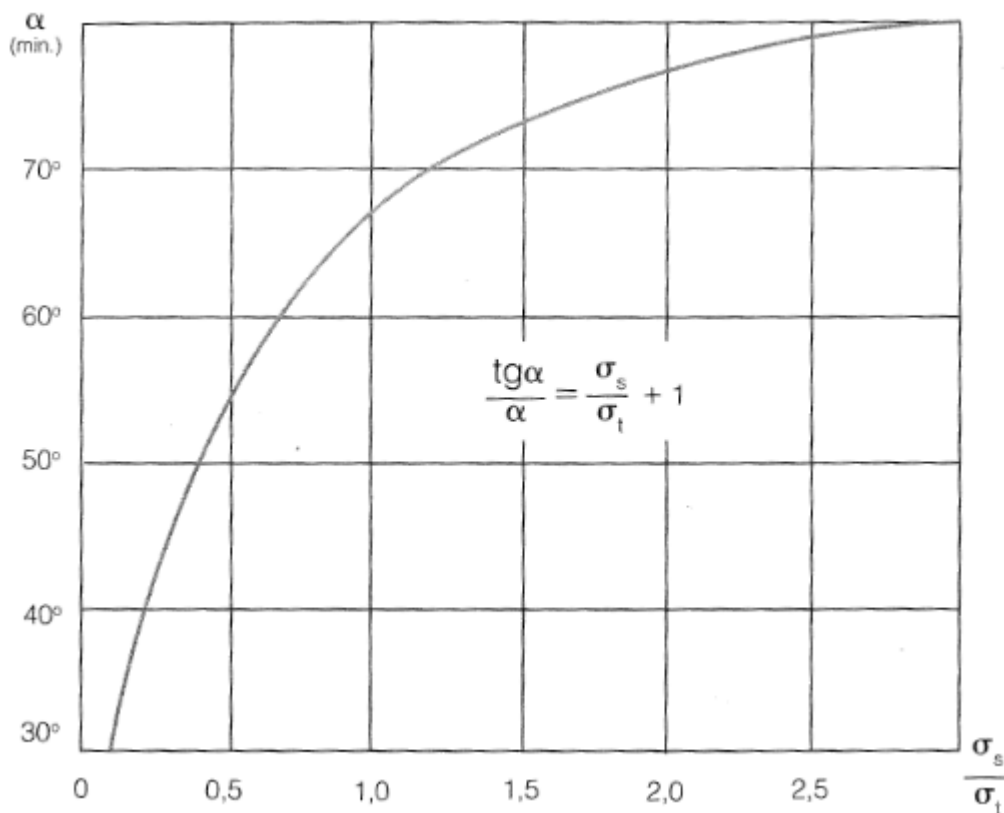
Como definir o ângulo do bloco de fundação?

Encontra a relação entre a tensão aplicada ao solo pelo bloco $((P+pp)/A)$ e a tensão admissível à tração do concreto $(F_{ck}/25)$.

Obs: Não é recomendado utilizar a tensão admissível à tração do concreto superior à 0,8 MPa.

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

BLOCOS



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

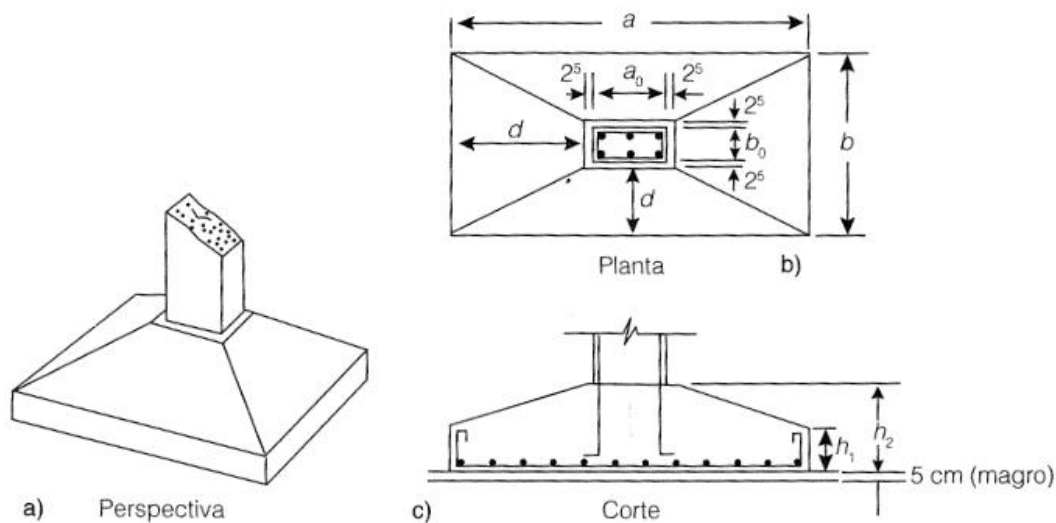
BLOCOS

1.º Exercício: Dimensionar um bloco de fundação confeccionado com concreto $f_{ck} = 15$ MPa, para suportar uma carga de 1 700 kN aplicada por um pilar de 35×60 cm e apoiado num solo com $\sigma_s = 0,4$ MPa.

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Elementos feitos em concreto armado- caracterizados por trabalhar à flexão.



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Elementos feitos em concreto armado- caracterizados por trabalhar à flexão.

$$A = a \times b = \frac{P + pp}{\sigma_s}$$

em que:

P = carga proveniente do pilar;

pp = peso próprio do bloco ou da sapata;

σ_s = tensão admissível do solo.

Conhecida a área A , a escolha do par de valores a e b , para o caso de sapatas isoladas, deve ser feita de modo que:

- 1) O centro de gravidade da sapata deve coincidir com o centro de carga do pilar.
- 2) A sapata não deverá ter nenhuma dimensão menor que 60 cm.
- 3) Sempre que possível, a relação entre os lados a e b deverá ser menor ou, no máximo, igual a 2,5.

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Caso 1- Pilar de seção transversal quadrada ou circular

$$a = \sqrt{\frac{P}{\sigma_s}}$$

2.º Exercício: Dimensionar uma sapata para um pilar de 30×30 cm e carga de 1 500 kN, sendo a taxa admissível no solo igual a 0,3 MPa.

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Caso 3- Pilar de seção transversal L, Z ou U

$$x = \frac{P_2}{P_1 + P_2} d_1$$

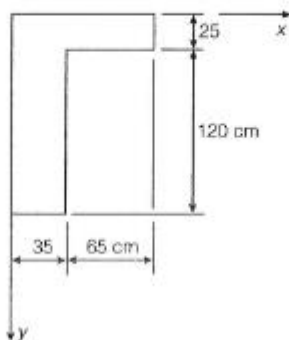
$$y = \frac{P_2}{P_1 + P_2} d_2$$

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Caso 3- Pilar de seção transversal L, Z ou U

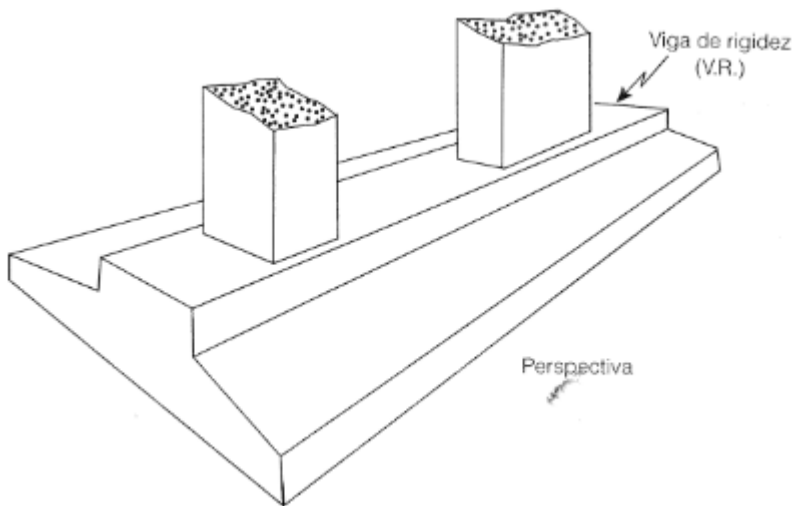
4.º Exercício: Projetar uma sapata para o pilar indicado abaixo, com carga de 3 000 kN e taxa no solo 0,3 MPa.



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

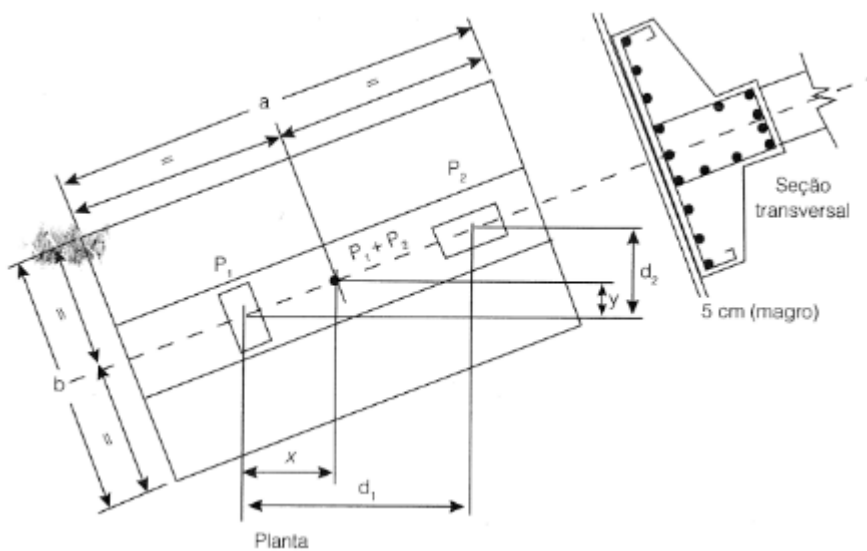
Associadas



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Associadas



$$A = a \times b = \frac{P_1 + P_2}{\sigma_s}$$

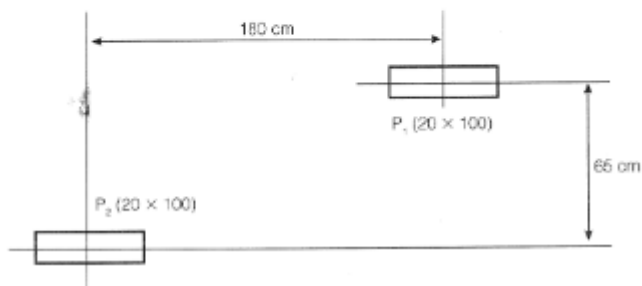
DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Associadas

6.º Exercício: Projetar uma viga de fundação para os pilares P_1 e P_2 indicados abaixo, sendo a taxa no solo $\sigma_s = 0,3$ MPa e para os seguintes casos:

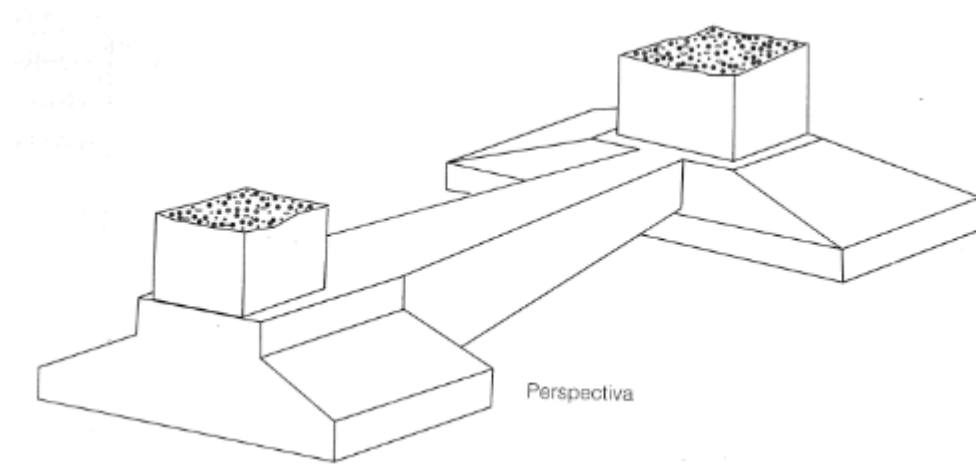
$$P_1 = P_2 = 1600 \text{ kN}$$



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

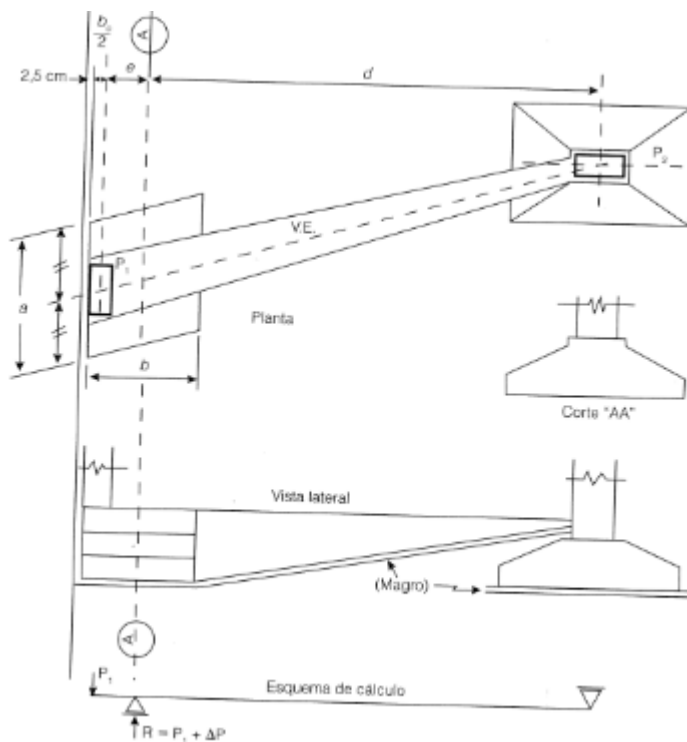
Pilares de Divisa



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Pilares de Divisa



Pilares de Divisa – ROTEIRO DE CÁLCULO

$$R = P_1 + P_1 \frac{e}{d},$$

a) Partir da relação inicial $a = 2b$ e adotar $\Delta P = 0$, ou seja, $R_1 = P_1$.

Neste caso tem-se:

$$A_1 = 2b \times b = \frac{P_1}{\sigma_s} \therefore b = \sqrt{\frac{P_1}{2\sigma_s}}$$

$$e = \frac{b - b_0}{2}$$

$$\Delta P = P_1 \frac{e}{d}$$

$$A = \frac{R}{\sigma_s}$$

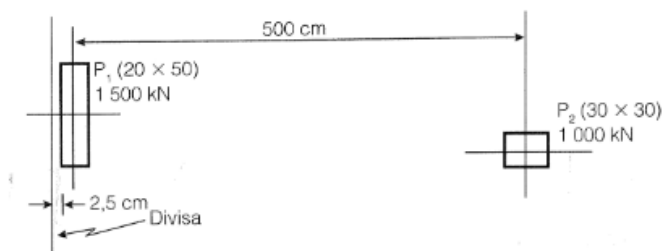
$$a = \frac{A}{b}$$

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Pilares de Divisa – ROTEIRO DE CÁLCULO

7.º Exercício: Dimensionar as sapatas dos pilares P_1 e P_2 indicados abaixo, sendo a taxa no solo $\sigma_s = 0,3 \text{ MPa}$.



DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES RASAS

SAPATAS

Pilares de Divisa – ROTEIRO DE CÁLCULO

1. ENCONTRA A1
2. $A=2b \rightarrow$ Encontra o b
3. Encontra o e
4. Encontra a distância d
5. Encontra o ΔP
6. Encontra o R
7. Encontra a Afinal de P1
8. Encontra a carga de P2
9. Encontra a área de P2 e as dimensões

CAPACIDADE DE CARGA DE FUNDAÇÃO DIRETA

A capacidade de carga de um solo, σ_r , é a pressão que, aplicada ao solo através de uma fundação direta, causa a sua ruptura. Alcançada essa pressão, a ruptura é caracterizada por recalques incessantes, sem que haja aumento da pressão aplicada.

A pressão admissível σ_{adm} de um solo, é obtida dividindo-se a capacidade de carga σ_r por um coeficiente de segurança, η , adequado a cada caso.

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_r}{\eta}$$

CAPACIDADE DE CARGA DE FUNDAÇÃO

DIRETA

A determinação da tensão admissível dos solos é feita através das seguintes formas:

- Pelo cálculo da capacidade de carga, através de fórmula teóricas;
- Pela execução de provas de carga;
- Pelas correlações entre SPT

Os coeficientes de segurança em relação à ruptura, no caso de fundações rasas, situam-se geralmente entre 3 (exigidos em casos de cálculos e estimativas) e 2 (em casos de disponibilidade de provas de carga).

Portanto, no geral:

$H \geq 2 \rightarrow$ provas de carga e $\eta \leq 3 \rightarrow$ fórmula teóricas

A capacidade de carga dos solos varia em função dos seguintes parâmetros:

- Do tipo e do estado do solo (areias e argilas nos vários estados de compactidade e consistência).
- Da dimensão e da forma da sapata (sapatas corridas, retangulares, quadradas ou circulares).
- Da profundidade da fundação (sapata rasa ou profunda).

FÓRMULAS DE CAPACIDADE DE CARGA

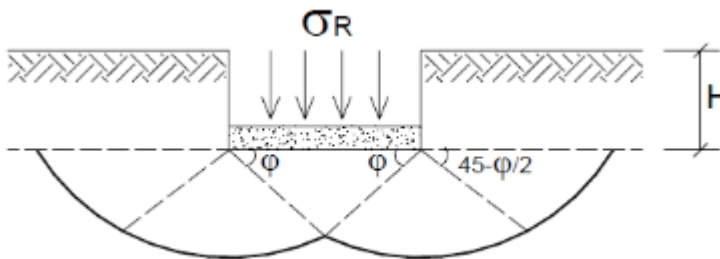
Existem várias fórmulas para o cálculo da capacidade de carga dos solos, todas elas aproximadas, porém de grande utilidade para o engenheiro de fundações, e conduzindo a resultados satisfatórios para o uso geral.

Para a utilização dessas fórmulas, é necessário o conhecimento adequado da resistência ao cisalhamento do solo em estudo, ou seja:

$$S = c + \sigma \operatorname{tg} \phi$$

FÓRMULA GERAL DE TERZAGUI

Terzaghi, em 1943, propôs três fórmulas para a estimativa da capacidade de carga de um solo, abordando os casos de sapatas corridas, quadradas e circulares, apoiadas à pequena abaixo da superfície do terreno ($H < B$).



Introdução de um fator de correção para levar em conta a forma da sapata, as equações de Terzaghi podem ser resumidas em uma só, mais geral.

$$\sigma_r = c N_c S_c + q N_q S_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma S_\gamma$$

coesão sobrecarga atrito

onde:

c coesão do solo.

N_c, N_q, N_γ coeficientes de capacidade de carga $f(\varphi)$

S_c, S_q, S_γ fatores de forma (Shape factors)

$q = \gamma \cdot H$ pressão efetiva de terra à cota de apoio da sapata.

γ peso específico efetivo do solo na cota de apoio da sapata.

B menor dimensão da sapata.

Terzaghi chegou a essa equação através das seguintes considerações:

- Que σ_R depende do tipo e resistência do solo, da fundação e da profundidade de apoio na camada.
- As várias regiões consideradas por Terzaghi são:

PQP' – Zona em equilíbrio (solidária à base da fundação)

PQR – Zona no estado plástico

PRS – Zona no estado elástico

OS COEFICIENTES DA CAPACIDADE

ϕ	RUPTURA GERAL			RUPTURA LOCAL		
	N_c	N_q	N_γ	N'_c	N'_q	N'_γ
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	0,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8

Para solos em que a ruptura pode se aproximar da ruptura local, a equação é modificada para $\sigma_r = c' N'_c S_c + q N'_q S_q + \frac{1}{2} \gamma B N'_\gamma S_\gamma$,

onde:

c' coesão reduzida ($c' = 2/3 c$)

ϕ ângulo de atrito reduzido, dado por $\tan \phi' = 2/3 \tan \phi$

N'_c , N'_q , N'_γ fatores de capacidade de carga reduzida, obtidos a partir de ϕ'

Quadro 2.2 – Fatores de forma.

FORMA DA SAPATA	FATORES DE FORMA		
	S_c	S_q	S_γ
Corrida	1,0	1,0	1,0
Quadrada	1,3	1,0	0,8
Circular	1,3	1,0	0,6

Para sapatas retangulares $\left(\begin{array}{l} L > B \\ L \leq 3B \text{ a } 5B \end{array} \right)$

Pode-se admitir

$$S_c = 1,1$$

$$S_q = 1,0$$

$$S_\gamma = 0,9$$

FÓRMULA DE SKEMPTON (1951) - ARGILAS

Skempton, analisando as teorias para cálculo de capacidade de carga das argilas, a partir de inúmeros casos de ruptura de fundações, propôs em 1951 a seguinte equação para o caso das argilas saturadas

($\phi = 0^\circ$), resistência constante com a profundidade.

$$\sigma_r = c N_c + q$$

onde,

c coesão da argila (ensaio rápido)

N_c coeficiente de capacidade de carga, onde $N_c = f(H/B)$

$c =$, considera-se a relação H/B ,

onde (Quadro 2.3):

H – profundidade de embutimento da sapata.

B – menor dimensão da sapata.

COEFICIENTE DE CAPACIDADE DE CARGA (SKEMPTON)

H / B	N_c	
	QUADRADA OU CIRCULAR	CORRIDA
0	6,2	5,14
0,25	6,7	5,6
0,5	7,1	5,9
0,75	7,4	6,2
1,0	7,7	6,4
1,5	8,1	6,5
2,0	8,4	7,0
2,5	8,6	7,2
3,0	8,8	7,4
4,0	9,0	7,5
> 4,0	9,0	7,5

FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL CONCLUSÃO

Para sapatas retangulares deve-se utilizar a seguinte equação:

$$N_{c(REI)} = \left(1 + 0,2 \frac{B}{L}\right) \times N_{c(corrída)}$$

TERCEIRA LIÇÃO

1- O QUE SÃO SOLOS COLAPSIVOS?

A- São aqueles que em contato com água recalcam abruptamente.

B- São aqueles que não entram em contato com água recalcam abruptamente.

C- São aqueles argilosos.

D- São aqueles de piçarras.

2- O QUE SÃO SAPATAS CORRIDAS?

A- São empregadas para não receber as ações verticais da parede.

B- São empregadas para receber as ações verticais da parede.

C- São empregadas para receber as ações horizontais da parede.

D- São empregadas para não receber as ações horizontais da parede.

3- O QUE SÃO SAPATAS SOBRE CARGA CENTRADA?

A- Ocorre quando a carga horizontal do pilar passa pelo centro de gravidade da sapara.

B- Ocorre quando não ha carga horizontal do pilar passa pelo centro de gravidade da sapara.

C- Ocorre quando a carga vertical do pilar passa pelo centro de gravidade da sapara.

D- Ocorre quando não ha carga vertical do pilar passa pelo centro de gravidade da sapara.

4-Como definir o ângulo do bloco de fundação?

A- Encontra a relação entre a tensão aplicada ao solo pelo bloco $((P+pp)/A)$ e a tensão admissível à tração do concreto $(Fck/22)$.

B- Encontra a relação entre a tensão aplicada ao solo pelo bloco $((P+pp)/A)$ e a tensão admissível à tração do concreto $(Fck/27)$.

C- Encontra a relação entre a tensão aplicada ao solo pelo bloco $((P+pp)/A)$ e a tensão admissível à tração do concreto $(Fck/24)$.

D- Encontra a relação entre a tensão aplicada ao solo pelo bloco $((P+pp)/A)$ e a tensão admissível à tração do concreto $(Fck/25)$.

5- O QUE É CAPACIDADE DE CARGA DE FUNDAÇÃO DIRETA?

A- A capacidade de carga de um solo, σ_r , é a pressão que, aplicada ao solo através de uma fundação direta, causa a sua ruptura.

B- A capacidade de carga de um solo, σ_r , não é a pressão que, aplicada ao solo através de uma fundação direta, causa a sua ruptura.

C- A capacidade de carga de um solo, σ_r , não é a pressão que, aplicada ao solo através de uma fundação direta.

D- A capacidade de carga de um solo, σ_r , é a pressão que, aplicada ao solo através de uma fundação direta.

Referências Bibliográficas

Apostila da Faculdade de Engenharia Civil Conclusão – Ano de 2026 –
Fundações e Geotécnica

LINK DE AULA DE VIDEOS

Conseqüências de Uma Fundação Mal Executada

1º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=OkQnSQbcnq0>

1º AULA VIDEO: https://www.youtube.com/watch?v=mp6W4olrL_U

1º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=el2uWGqic50>

1º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=qJKjPVGvgLI>

1º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=ptrECC0CZ-0>

1º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=gKIPzABplgE>

1º AULA VIDEO: https://www.youtube.com/watch?v=3C_enS5sbu8

1º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=sdWiWCQIQta>

1º AULA VIDEO: https://www.youtube.com/watch?v=p3er_v2-Mwc

1º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=9zylkAWqlao>

Conceitos na Abordagem de um Problema de Fundação

2º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=DM3YRj5socs>

2º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=P0eY2BoowoU>

2º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=PHbonbi6dAU>

2º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=Cwxor71djJ4>

2º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=BLjygP6m8hg>

2º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=cA9ho7yBGX4>

2º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=6rt9oFDjSts>

2º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=45dJA5EYtnE>

Como Definir que Tipo de Fundação Aplicar ao Projeto

3º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=7afGWAiNKVY>

3º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=k1vSOF70AOo>

3º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=0JypEwETkqk>

3º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=NILZG062DCY>

3º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=dj83e08btX0>

3º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=Hq6UyXV9Tvg>

3º AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=mLLlhYloUAE>

3° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=HFdbrH-IH2I>

3° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=UTZojYTmCUw>

3° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=uwotKtQerT4>

3° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=bc7kWVDI77g>

3° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=Gwj pHwg6Njk>

3° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=E7IC5eAWSjc>

3° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=-C5Qz0YdijQ>

3° AULA VIDEO:

<https://www.youtube.com/shorts/koXUyPv1iVA>

3° AULA VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=o8V1agZjy-w>

3° AULA VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=QsR20uyb8P4>

3° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=wNI-MvIBXQM>

Resistência a Penetração

4° AULA VIDEO:

https://www.youtube.com/watch?v=o55puF2tqyM&list=PLnW7e9m8AEokDP7WX__BpIVrUvo0oVBkK

Quais são os Outros Métodos de Investigação?

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=BHmGQOTKYxl>

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=HnuCxyWNQKA>

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=1Lt64z7ZQQU>

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=yWcjvJqRAIE>

5° AULA VIDEO: https://www.youtube.com/watch?v=Mv3AiTQ_LgU

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=CMEfgP4ZRfA>

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=4I7CGwcl9DQ>

5° AULA VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=VGQLtPdI7Us&list=PLzUESXD6fTIGl9MDjBmg07BNGvStaHB2T>

5° AULA VIDEO:

https://www.youtube.com/watch?v=aNCCmP_nLG4&list=PLzUESXD6fTIGl9MDjBmg07BNGvStaHB2T&index=4

5° AULA VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=xIC3DOWZDbU&list=PLzUESXD6fTIGI9MDjBmg07BNGvStaHB2T&index=5>

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=518RDiAAbhU>

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=EwtolfwgZ1I>

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=W0NYr5UFQUs>

5° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=zXQAetrQFwA>

5° AULA VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=jbrgksJ45ek>

Solos Especiais e Solos Expansivos

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=cs-Vbst2MDc>

6° AULA VIDEO: https://www.youtube.com/watch?v=8y06_L1p3Xc

6° AULA VIDEO:

https://www.youtube.com/watch?v=YE8_rVbREc&list=PLxKuPa67B0jKI0ijlrViWnGGOOIEaB7d1

6° AULA VIDEO:

<https://www.youtube.com/watch?v=J02D6nGtzxw&list=PLnW7e9m8AEoIdX0-DnrCQTg-BZ28QcsNI>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=PXXNa04CuzI>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=YpAu-4KoHPI>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=ADERhjgpeKE>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=DCFXsET4ue8>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=t81oTtO19FU>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=RIoL6L7oAHY>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=nIMyWymN2cA>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=2A1teKQoHi4>

6° AULA VIDEO: <https://www.youtube.com/watch?v=XTkO3HhRrN0>