


Universidade Federal do Espírito Santo
 Centro Tecnológico
 Departamento de Engenharia Civil
 Tecnologia da Construção Civil I

Fundações Indiretas

Profa. Geilma Lima Vieira
geilma.vieira@gmail.com

• **Tipos de fundações**

Fundações diretas rasas	Blocos e alicerces		
	Sapatas	Corrida	
		Isolada	
Associada			
	Alavancada		
	Radiers		
Fundações diretas profundas	Tubulões	Céu aberto	
		Ar comprimido	
Fundações indiretas	Brocas		
	Estacas de madeira		
	Estacas metálicas		
	Estacas de concreto pré moldada		
	Estacas de concreto moldadas <i>in loco</i>	Strauss	
		Franki	
		Raiz	
Barrete/Estação			

Tipos de Fundações

fundações diretas

- transferem as cargas por efeito de atrito lateral do elemento estrutural com o solo e por efeito de ponta

fundações indiretas

- são sempre profundas, devido às dimensões das peças estruturais

Fundações Indiretas

• **Estacas pré-moldadas de concreto:**





Fundações Indiretas

- Estacas pré-moldadas de concreto:



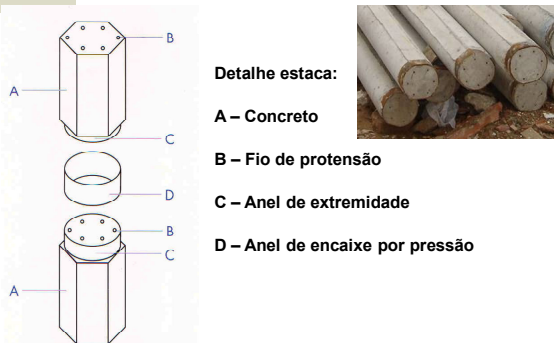
Fundações Indiretas

- Estacas pré-moldadas de concreto:



Fundações Indiretas

- Estacas pré-moldadas de concreto:



Fundações Indiretas

- Estacas pré-moldadas de concreto:



Topo do elemento após a cravação



Fundações Indiretas

- Estacas pré-moldadas de concreto:



Topo do elemento após a cravação

Anel de encaixe por pressão

Fundações Indiretas

- Estacas pré-moldadas de concreto:



Anel de encaixe por pressão

Posicionamento do elemento superior

Fundações Indiretas

- Estacas pré-moldadas de concreto:



Conexão de encaixe por pressão concluída

Fundações Indiretas

- Estacas de concreto moldadas in loco:

Tem a vantagem de serem executadas com o comprimento estritamente necessário. Podem ser executadas de várias formas, principalmente com hélices (contínuas ou descontínuas), que são chamadas também de estacas rotativas, que perfuram o solo até uma cota pré-determinada em projeto pelo engenheiro de fundações, com o auxílio dos perfis de sondagem, já executados em etapas anteriores do processo de construção.

Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas de concreto moldadas in loco:

Fundações Indiretas – moldadas in loco

Estacas tipo Franki: usa um tubo de revestimento cravado dinamicamente com a ponta fechada por meio de bucha e recuperado após a concretagem da estaca. O concreto usado na execução da estaca é relativamente seco com baixa relação água/cimento, de modo a permitir o forte apiloamento previsto no método executivo

Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki:

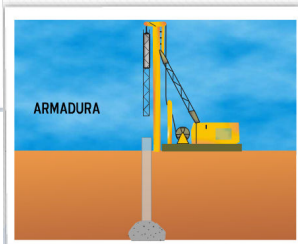
Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki:



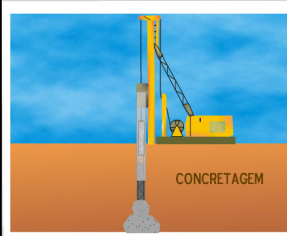
Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki:



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki:

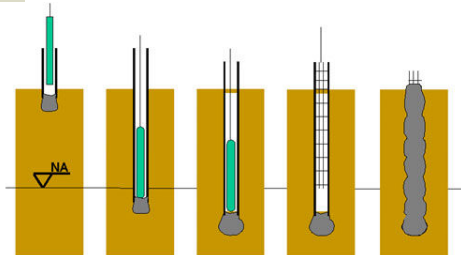


Concretagem com retirada simultânea do tubo



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki:



1ª fase
preparação
da ponteira
(bucha seca)

2ª fase
cravação

3ª fase
confeção
do bulbo

4ª fase
armadura

5ª fase
concretagem
e retirada
do tubo

Execução de estaca tipo franki



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki:

ESTACA TIPO FRANKI	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Grande área da base, fornecendo grande resistência de ponta;	Grande vibração durante a cravação;
Superfície do fuste (lateral) muito rugosa, fornecendo grande resistência lateral devido a boa ancoragem do fuste no solo;	Demora no tempo de execução;
Devido a sua execução o terreno fica fortemente comprimido;	Custo elevado da mão - de - obra;
Pode ser executada em grandes profundidades;	Capacidade de carga do concreto de aproximadamente 60 kg/cm ² .
Suporta grande capacidade de carga;	



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki:



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki: preparação do tubo



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki: preparação da armadura



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki: colocação da armadura





Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki: colocação da armadura



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki: concretagem da estaca



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki: estacas prontas



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Franki: blocos de estacas prontas

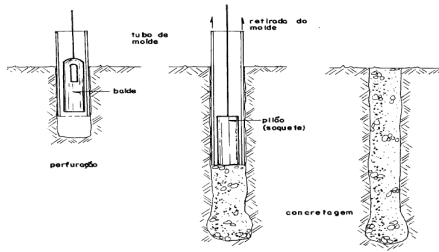




Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Strauss:

Executada utilizando equipamento mecanizado recuperável, composto por um tripé, guincho, soquete (pilão) e a sonda (balde).



Fundações Indiretas – moldadas in loco

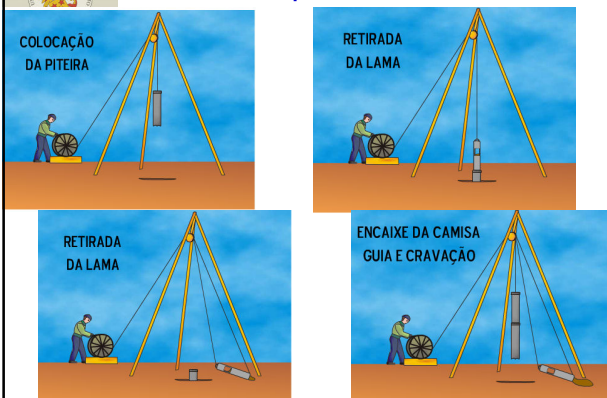
- Estacas tipo Strauss:

Pode ser utilizada em locais confinados ou terrenos acidentados;
Sua execução não causa vibrações;
Possui capacidade de carga menor que a estaca Franki e pré-moldadas de concreto;
Possui limitação devido ao nível do lençol freático;
Profundidade de perfuração de 20 a 25 metros;



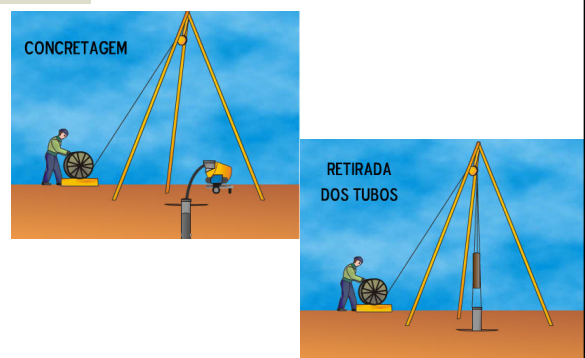
Fundações Indiretas – moldadas in loco

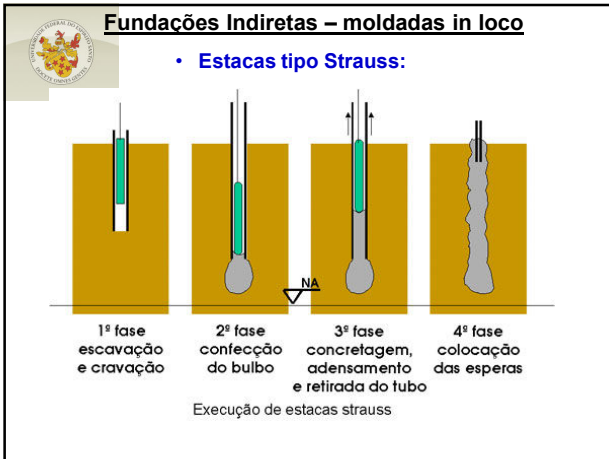
- Estacas tipo Strauss:



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas tipo Strauss:





- Fundações Indiretas – moldadas in loco**
- Estacas tipo Strauss – controle de execução**
- Profundidade de escavação
 - verticalidade da camisa metálica
 - velocidade de retirada da camisa
 - tipo de solo encontrado
 - cota de arrasamento das estacas
 - armadura, quando for o caso
 - apiloamento do concreto para garantir a continuidade do fuste





Fundações Indiretas – moldadas in loco

Estacas tipo Strauss

ESTACA TIPO STRAUSS	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Pouca vibração durante a execução;	Difícil execução abaixo do nível da água;
Custo relativamente baixo;	Capacidade de carga pequena;
Fácil execução em solo acima do nível da água.	Difícil cravação em solo resistente



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Estacas raiz

Década de 50 – Itália
 1970 – apresentada internacionalmente
 Reforço de fundações inicialmente

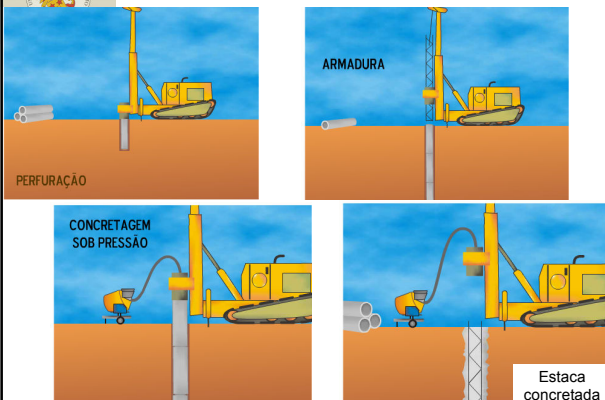
Estaca de pequeno diâmetro concretada in loco, cuja perfuração é realizada por rotação em direção vertical ou inclinada
 Esta perfuração se dá com um tubo de revestimento e o material escavado é eliminado por uma corrente fluida (lama bentonítica ou ar) que reflui pelo espaço entre o tubo e o terreno

Bentonita = mineral predominante é a montmorilonita. Jazidas no Brasil (Bahia e Rio Grande do Norte)



Fundações Indiretas – moldadas in loco

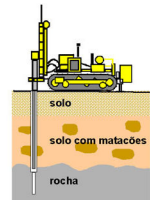
• Estacas raiz



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Estacas raiz: utilização

- Em áreas de dimensões reduzidas;
- Em locais de difícil acesso;
- Em solos com presença de matacões, rocha ou concreto;
- Em solos onde existem “vazios”;
- Para contenção lateral de escavações;
- Em locais onde haja necessidade de ausência de ruídos ou de vibrações;



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas raiz: perfuração em solo



solo
solo com matacões
rocha

Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas raiz



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas raiz



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas raiz: Vantagens

Perfuração sem barulho, sem vibrações danosas

- furo sempre revestido, sem descompressão do terreno



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Barrete e estacão

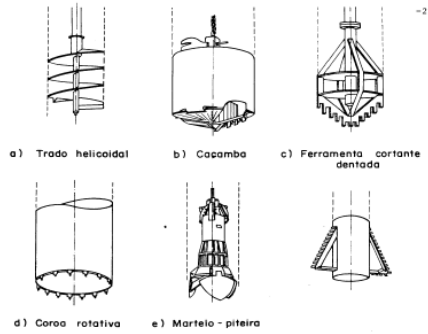
Escavação do terreno com preenchimento da perfuração com lama bentonítica, colocação da armadura e concretagem submersa. Possui seção circular, executada por escavação mecânica com equipamento rotativo.

Lama bentonítica possui função de estabilizar as pressões hidrostáticas do interior da escavação exercidas pelo lençol freático, impedindo o desmoronamento.



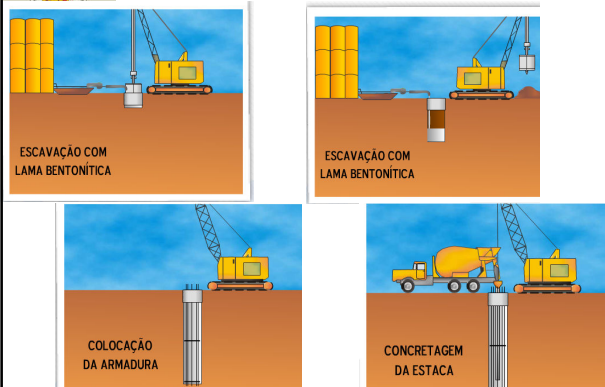
Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Barrete e estacão - equipamentos



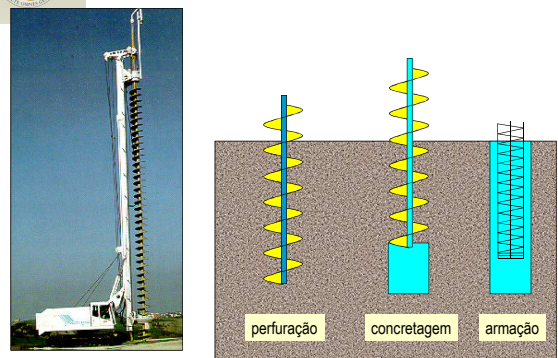
Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Barrete e estacão - equipamentos



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Estacas de Hélice Contínua – Sequência executiva



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• **Estacas de Hélice Contínua – de última geração**

Perfuração: é executada mediante a introdução no terreno de uma hélice contínua por rotação com perfuratriz de alto torque até a profundidade determinada em projeto (h = 30 metros)

Perfuração + concretagem + armação



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• **Estacas de Hélice Contínua**

Perfuração: Ao chegar à cota prevista em projeto, o equipamento de perfuração é recolhido ao mesmo tempo em que realiza a concretagem da estaca. Por fim, a armação é posicionada após o preenchimento do furo com concreto



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• **Estacas de Hélice Contínua**

Concretagem: O concreto é bombeado através do tubo central da hélice, simultaneamente a sua extração. Alcançada a cota de assentamento inicia-se a concretagem da estaca por bombeamento de concreto pela haste tubular sob pressão constante. Durante a remoção da haste um limpador mecânico retira o solo que está aderente entre as pás da hélice contínua.

Armadura: imediatamente após o término da concretagem é inserido dentro do concreto, por gravidade ou com o auxílio de um vibrador, a armação.

Fundações Indiretas – moldadas in loco

• **Estacas de Hélice Contínua**



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas de Hélice Contínua

Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas de Hélice Contínua

Custos/Prazos

Para implantar um pilar que sustente 4 mil toneladas	
Estacas pré-moldadas	Hélice contínua monitorada
R\$ 400 mil – 60 dias	R\$ 190 mil – 21 dias
50 metros de estaca/dia	120 metros de estaca/dia

Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas de Hélice Contínua

ESTACA HÉLICE CONTÍNUA	
VANTAGENS	DESVANTAGENS
Os equipamentos permitem atravessar camada de solo com SPT = 50;	Custo relativamente elevado;
Os equipamentos permitem executar estaca inclinada de 14° até profundidade de 15m;	
Os equipamentos permitem executar estaca inclinada de 11° até profundidade entre 16m e 25m;	
Os equipamentos são dotados de instrumentos que monitoram continuamente toda execução das estacas;	Número de equipamentos limitados no Brasil;
Não há desconfinamento lateral do solo;	
Como o concreto é bombeado sob pressão ele preenche continuamente o volume escavado, fornecendo uma maior resistência por atrito lateral da estaca;	
Devido o monitoramento eletrônico é permitido um controle contínuo da qualidade de execução da estaca;	
Permite a execução de cerca de 200m a 300m de estaca por dia em condições normais de terreno.	

Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas Hélice Contínua



Fundações Indiretas – moldadas in loco
Estacas Hélice Contínua



Fundações Indiretas – moldadas in loco
Estacas Hélice Contínua - empregos



Fundações Indiretas – moldadas in loco
Estacas Hélice Contínua



Obra na usina de pelotização - CVRD



Fundações Indiretas – moldadas in loco
Estacas Hélice Contínua





Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Estacas Ômega:

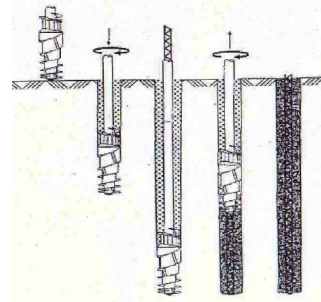
- Evolução da estaca hélice contínua
- com deslocamento lateral do terreno, sem o transporte de solo à superfície, resultando numa melhora do atrito lateral
- Desenvolvido na Bélgica em 1993
- No Brasil, uso a partir de acordo com a FUNDESP em 1996. Para toda América Latina
- Consideradas de última geração



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Estacas Ômega:

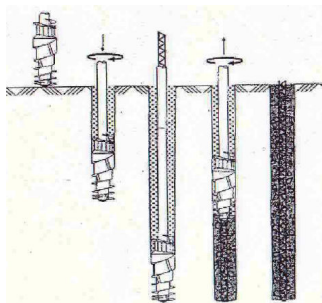
- a) Perfuração: o trado ômega penetra no terreno por rotação, deslocando e compactando lateralmente o solo, sem transportá-lo à superfície.



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Estacas Ômega:

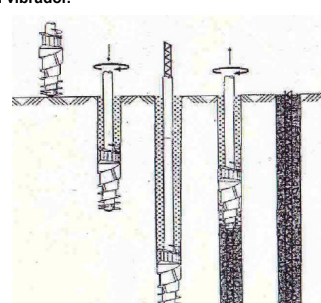
- a) Concretagem: concreto bombeado através do núcleo vazio. Retira-se o trado girando-o no mesmo sentido da perfuração. Concreto auto-adensável.



Fundações Indiretas – moldadas in loco

• Estacas Ômega:

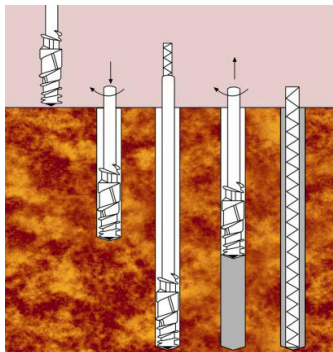
- a) armadura: A armadura em forma de gaiola ou feixe, pode ser introduzida no tubo central do trado antes da concretagem, ou como é mais comum, ao fim da concretagem pela equipe ou com ajuda de um pilão ou vibrador.





Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas Ômega: sequência executiva



Fundações Indiretas – moldadas in loco

- Estacas Ômega: sequência executiva

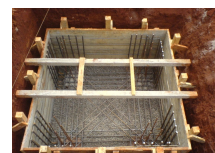
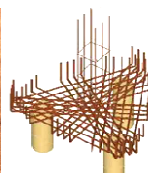
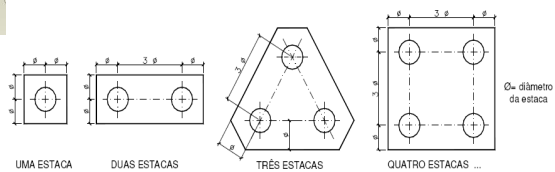
Vídeo (Hélice e Ômega)

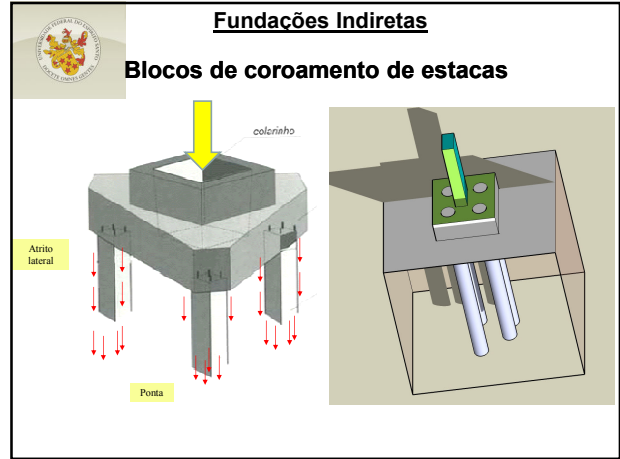
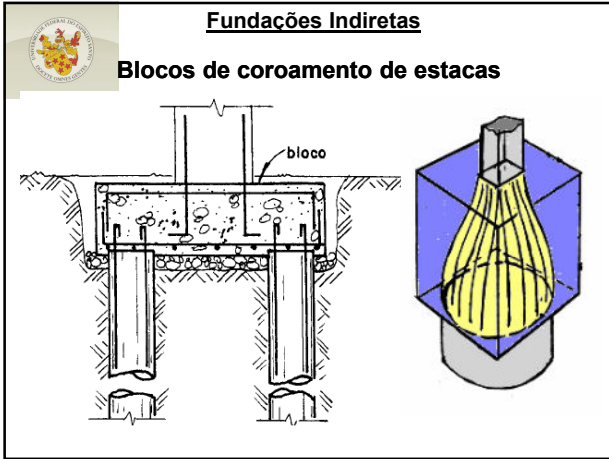


Fundações Indiretas Blocos de coroamento de estacas



Fundações Indiretas Blocos de coroamento de estacas





Fundações Indiretas – moldadas in loco
Cuidados com a durabilidade e utilização

Fundações Indiretas – moldadas in loco
Cuidados com a durabilidade e utilização

Fig. 4.34 Dano em estaca Franki recém-executada pela criação de estaca próxima

Fig. 4.35 Falta de ancoragem da armadura na base alargada Franki, com estaca tracionada projetada considerando a contribuição de alargamento

Fig. 4.37 Aspecto de estacas concretadas em perfurações contendo cavidades deixadas por desmoronamentos

Fundações Indiretas – moldadas in loco
Cuidados com a durabilidade e utilização

Fig. 4.44 Estacas Strauss com concreto de baixa trabalhabilidade, provocando descontinuidade de seção na retirada do revestimento

Fundações Indiretas – moldadas in loco
Cuidados com a durabilidade e utilização

Fig. 4.38 (A) Seccionamento do fuste de estaca moldada no local em razão do desmoronamento de solo causado pela velocidade excessiva de retirada do revestimento (Logeais, 1982); (B) retirada do revestimento com altura interna de concreto insuficiente em solos moles (apud O'Neill e Reese, 1999)



Fundações Indiretas – moldadas in loco
Cuidados com a durabilidade e utilização



Estacas com problemas de integridade



Fundações Indiretas – moldadas in loco
Cuidados com a durabilidade e utilização



Strauss com problemas de integridade



Fundações Indiretas

Blocos de coroamento de estacas



Fundações Indiretas

Blocos de coroamento de estacas



• **Tipos de fundações**

Fundações diretas rasas	Blocos e alicerces	
	Sapatas	Corrida
		Isolada
		Associada
Alavancada		
Radiers		
Fundações diretas profundas	Tubulões	Céu aberto Ar comprimido
Fundações indiretas	Brocas	
	Estacas de madeira	
	Estacas metálicas	
	Estacas de concreto pré moldada	
	Estacas de concreto moldadas <i>in loco</i>	Strauss
		Franki
		Raiz
Barrete/Estacão		

Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Considerem os seguintes tipos de fundações:

- Radier
- Estacas pré-moldadas de concreto
- Estaca metálica
- Estaca Franki
- Estaca Strauss
- Estaca raiz
- Estaca Hélice contínua
- Estaca ômega



Discutir os casos seguintes, definindo duas soluções adequadas para as fundações, justificando as soluções adotadas

Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

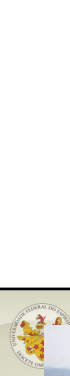
- Sobrado de alvenaria estrutural e 280 m² de área, construído em terreno pantanoso em zona litorânea e padrão médio de acabamento.



Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções:

- Radier inteiramente armado

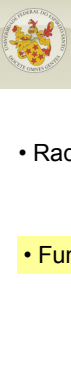


• Radier inteiramente armado



Por ser uma peça inteiriça pode lhe conferir uma alta rigidez, o que muitas vezes evita grandes recalques diferenciais

Resistir, ocasionalmente, a pressões do lençol freático.



Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções:

- Radier inteiramente armado

- Fundação profunda? SIM!



Estaca pré-moldada

Solução provavelmente cara, devido à profundidade de apoio



Estacas pré-moldadas de concreto

Pequenos ou grandes edifícios com CARGAS ELEVADAS





Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções:

- Radier inteiramente armado

Fundação profunda?

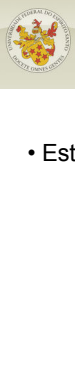
Estaca metálica?

Solução improvável pela posição do lençol freático: durabilidade da estaca



Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

- Edifício residencial de 9 pavimentos, médio padrão, construído em estrutura de concreto armado, sobre um terreno argiloso, com nível do lençol freático a 4 metros. A vizinhança é limitadora (ruído) e o prazo para execução é curto.



Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções: Fundação profunda

- Estacas pré-moldadas? NÃO!!!!!!

Grandes vibrações e barulho com a cravação da estaca

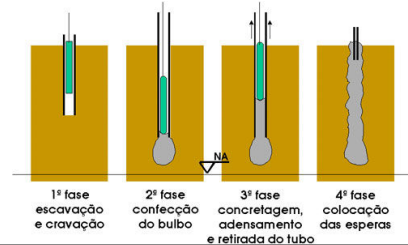


Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções: Fundação profunda

- Estaca Strauss? NÃO!!!!

Limitação devido ao nível do lençol freático



Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções: Fundação profunda

- Estaca Franki? NÃO!!!!

Grandes vibrações, demora no tempo de execução


ESTACA TIPO FRANKI	
VANTAGENS	DESvantagens
Grande área da base, fornecendo grande resistência de ponta;	Grande vibração durante a cravação;
Superfície do fuste (lateral) muito rugosa, fornecendo grande resistência lateral devido a boa ancoragem do fuste no solo;	Demora no tempo de execução;
Devido a sua execução o terreno fica fortemente comprimido;	Custo elevado da mão - de - obra;
Pode ser executada em grandes profundidades;	Capacidade de carga do concreto de aproximadamente 60 kg/cm2.
Suporta grande capacidade de carga;	

Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções: Fundação profunda

- Estaca raiz? SIM!!!!!!

Ausência de vibrações, barulho, dimensões reduzidas



Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções: Fundação profunda

- Estaca Hélice Contínua? SIM!!!!

Boa produtividade, melhor custo benefício

Para implantar um pilar que sustente 4 mil toneladas	
Estacas pré-moldadas	Hélice contínua monitorada
R\$ 400 mil - 60 dias	R\$ 190 mil - 21 dias
50 metros de estaca/dia	120 metros de estaca/dia




Exercícios sobre a escolha de fundações para edifícios

Soluções: Fundação profunda

- Estaca Ômega? SIM!!!!

Boa produtividade, melhor custo benefício

