



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de Engenharia civil

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

Estágio Profissional

Contenções Periféricas em Edifícios

Caso de Estudo: Execução de um Edifício multiuso na avenida Julius Nyerere

Autor
Mapangane, Maldine Tomás

Supervisor
Engº Salomão Nguenha

Maputo, Dezembro de 2023



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE

FACULDADE DE ENGENHARIA

Departamento de Engenharia Civil

CURSO DE LICENCIATURA EM ENGENHARIA CIVIL

Estágio Profissional

Contenções Periféricas em Edifícios

Caso de Estudo: Execução de um Edifício Multiuso na avenida Julius Nyerere

Maputo, Dezembro de 2023

Relatório de Estágio Profissional, Apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane para Obtenção do Grau de Licenciatura em Engenharia Civil

Autor:

(Maldine Mapangane)

Supervisor:

(Eng^o Salomão Nguenha)

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **Maldine, Mapangane**, declaro por minha honra, que este trabalho é resultado da minha investigação com recurso a bibliografia com referência devidamente citada ao longo do relatório que é submetido para obtenção do grau de licenciatura em Engenharia Civil, pela faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane.

Autor:

(Maldine Mapangane)

TERMO DE ENTREGA

Declaro que o estudante Mapangane, Maldine entregou (02) cópias do relatório do seu Estágio profissional com referência:

Chefe da Secretaria

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida, e por proporcionar-me a realização deste grande sonho e por ter me dado forças para superar os obstáculos vividos no decorrer da minha vida até aqui.

Neste momento, agradeço ao meu supervisor Eng^o Salomão Nguenha pela sua disponibilidade em orientar-me, interesse e acompanhamento durante o desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores do departamento do curso de Engenharia civil pelos ensinamentos que me proporcionaram um grande crescimento e amadurecimento profissional.

Um agradecimento a minha Esposa Nafissa Guilande, com amor, pelo permanente incentivo e preocupação com que sempre acompanhou a minha trajetória acadêmica.

Os meus Pais, Filipe Tomás Mapangane e Arlete Djedje por tudo que me ensinaram, pelos conselhos verdadeiros e sinceros que moldaram a pessoa que hoje sou, e aos meus irmãos Nelsa, Tomás, Letini, Berta, Allan, e Sasha.

Aos meus Tios, Carlos Djedje e Etelvina Djedje duas pessoas que mesmo longe sempre me incentivaram, apoiaram e sempre estiveram em todos momentos difíceis.

Aos meus ancestrais Dambuza Mapangane, Alberto Tovela, Samson Djedje, e avós Tomás Dambuza Mapangane, Berta Muhate, António Djedje, Rita tovela ("In memoriam") pela inspiração de suas historias de superação.

Um agradecimento também aos meus colegas Alberto Chichava, Benicio Nhantumbo, Celso Vasco, Derceu Mate, Ermelinda Mandlate, Fernando Cavele, e Tinkler Nhantumbo, pela motivação, companhia e partilha de conhecimento.

Agradecer ao Sr Vissel pela oportunidade que me concedeu para a realização do estagio na Toprak aproveitando para endereçar o meu muito obrigado a Eng^a Ábida Mussa e todos os colaboradores que sempre estiveram disponíveis para sanar qualquer duvida durante o processo.

A todos vós, o meu muito obrigado!

Resumo

A crescente necessidade de se ocupar cada vez mais o subsolo, principalmente em meios urbanos, aliado à evolução das técnicas de contenção periférica, faz com que este tema tenha muita importância na vida profissional do Engenheiro civil.

O presente relatório foi desenvolvido na empresa Toprak, teve como caso de estudo a execução de um edifício multiuso, com o projeto de 22 pisos destinados para apartamentos e 6 pisos subterrâneos para estacionamento na avenida Julius Nyerere, com foco na fase de escavação e execução da contenção periférica.

Inicialmente fez-se referência à importância que as contenções periféricas têm para a realização de construções no subsolo o seu objectivo e sua função.

Assim sendo, para que as escavações sejam efectuadas em segurança, é necessário executar determinados trabalhos e estudos preliminares, onde os mais importantes são: o estudo da envolvente à construção que se pretende efectuar, no qual se fará o levantamento de todas as construções vizinhas, tais como edifícios, vias de comunicação entre outros, o reconhecimento geotécnico do solo, este que serve para identificar e caracterizar os tipos de solos que se vão encontrar na escavação. Estes trabalhos e estudos preliminares, são importantes, pois ajudam a determinar o tipo de contenção mais adequada.

Deste modo, prossegue-se para o estudo de quatro dos métodos mais comuns na execução de contenções periféricas: Paredes moldadas, Paredes tipo Berlim, Cortinas de estacas-pranchas e Cortinas de estacas moldadas, onde se descrevem os campos de aplicação e os processos construtivos. Também se faz referência a algumas estruturas auxiliares às contenções, tais como escoramentos e ancoragens.

Por fim apresenta-se um método de escolha de contenção periférica mais adequado, tendo em conta os diversos parâmetros abordados anteriormente.

Palavras chave: Contenções periféricas, cortinas de estaca, escavação, meio urbano.

ÍNDICE

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1. GENERALIDADES..... | 1 |
| 1.2. OBJECTIVOS..... | 1 |
| 1.2.1. Objectivo Geral..... | 1 |
| 1.2.2. Objectivo específico..... | 1 |
| 1.3. METODOLOGIA..... | 2 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 3 |
| 2.1. Contenção periférica..... | 3 |
| 2.1.1. Importância..... | 3 |
| 2.1.2. Objectivo..... | 3 |
| 2.1.3. Trabalho e estudos preliminares..... | 3 |
| 2.1.4. Movimentos de terras..... | 13 |
| 2.1.5. Técnicas de Melhoramento de Solo..... | 20 |
| 2.1.6. Tipos de Contenções..... | 22 |
| 2.1.7. Método de Escolha da Contenção..... | 35 |
| 3. ESTUDO DE CASO: EXECUÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIUSO..... | 38 |
| 3.1. GENERALIDADES..... | 38 |
| 3.2. LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO..... | 38 |
| 3.3. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO..... | 38 |
| 3.3.1. Infraestrutura..... | 38 |
| 3.3.2. Superestrutura..... | 39 |
| 3.3.3. Descrição da arquitetura do edifício..... | 39 |
| 3.4. Trabalhos iniciais..... | 40 |
| 3.5. Recobrimentos e características dos materiais..... | 41 |
| 4. EXECUÇÃO DO EDIFÍCIO..... | 42 |
| 4.1. Descrição das atividades..... | 42 |
| 4.1.1. Execução das cortinas de estacas moldadas em betão..... | 42 |
| 4.1.2. Escavação..... | 44 |
| 4.1.3. Fundação..... | 45 |
| 5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES..... | 49 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 50 |
| ANEXOS..... | 51 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Ensaio de penetração dinamica com penetrómetro ligeiro (Fonte: Mesquita, 2013)..... | 7 |
| Figura 2 Ensaio SPT a) amostrador SPT; b) vista do amostrador desmontado; c) realizacao do ensaio (Fonte: Mesquita, 2013) | 7 |
| Figura 3 Penetrómetro estatico (Fonte: Mesquita, 2013) | 10 |
| Figura 4 Equipamento para ensaio de corte rotativo-molinete (Fonte: Mesquita, 2013)..... | 10 |
| Figura 5 Pressiométrico (Fonte: Ménard, 1962) | 11 |
| Figura 6 Acção de gruas escavadoras hidráulicas (Fonte: Autor)..... | 13 |
| Figura 7 Panorama de uma escavacao contida por estacas de cortinas moldadas | 15 |
| Figura 8 Retirada da terra no interior das paredes..... | 16 |
| Figura 9 Retirada gradual da terra sobranete | 17 |
| Figura 10 Representação de um escoramento de uma contenção(fonte: DDN Fiscalização, 2020) | 19 |
| Figura 11 Cabo de ancoragem e armadura do maciço(Fonte: Autor)..... | 20 |
| Figura 12 Execução de coluna de Jet Grouting (Fonte: sociedade portuguesa de fundações)..... | 22 |
| Figura 13 Paredes tipo Berlim (Fonte: INDUBEL, 2020). | 23 |
| Figura 14 Exemplo de paredes moldadas (Fonte: Sousa, 2006). | 24 |
| Figura 15 Problema de execução das paredes moldadas (Fonte: Borrego Aldeias, 2011) | 25 |
| Figura 16 Cortinas de estacas moldadas (Fonte: Autor). | 27 |
| Figura 17 Esquema de cortina de estacas espaçadas (Fonte: Manuel Gamboa, in slides PCEd)..... | 28 |
| Figura 18 Esquema de cortina de estacas contíguas (Fonte: Manuel Gamboa, in slides PCEd) | 29 |
| Figura 19 Esquema de cortina de estacas secantes (Fonte: Manuel Gamboa, in slides PCEd) | 29 |
| Figura 20 Execução de muros-guia (Fonte: Bessa Meireles, 2006)..... | 31 |
| Figura 21 Esquema da execução de estacas com trado contínuo (Fonte: Bessa Meireles, 2006)..... | 32 |
| Figura 22 Esquema de execução de estacas com tubo moldador recuperável (Fonte: Bessa Meireles, 2006) | 33 |
| Figura 23 Esquema de execução de estacas com lamas bentoníticas (Fonte: Bessa Meireles, 2006) | 34 |
| Figura 24 Imagem do Local da obra (Fonte: Google Earth)..... | 38 |
| Figura 25 Projeto 3D..... | 39 |
| Figura 26 Planta tipo 1 ate ao 22 andar | 40 |
| Figura 27 Motor do macaco hidráulico e cabeça do macaco hidraulico(Fonte: Autor)..... | 43 |
| Figura 28 Maquina de perfuração(Fonte: Autor) | 43 |
| Figura 29 Medição do alongamento e ancoragem concluída(Fonte: Autor) | 44 |
| Figura 30 Processo de escavação(Fonte: Autor) | 44 |
| Figura 31 Descarga da terra na caçamba(Fonte: Autor) | 45 |
| Figura 32 Marcação do nível com Dump Lever e Mira (Fonte: Autor)..... | 46 |
| Figura 33 Betão de limpeza(Fonte: Autor) | 46 |
| Figura 34 Colocação da armadura inferior(Fonte: Autor) | |
| Figura 37.b – Armação da base da caixa de elevador | 47 |
| Figura 35 Amarração dos cavaletes (Fonte: Autor) | |
| Figura 38.b – Amarração da malha superior(Fonte: Autor) | 47 |
| Figura 36 Estação Total (Fonte: Autor) | |
| Figura 36.b – Pontos do pilar marcado(Fonte: Autor) | 48 |
| Figura 37 Pilares posicionados apos a marcação de pontos (Fonte: Autor) | 48 |
| Figura 38 Colocação de betão (Fonte: Autor) | 48 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 Ensaio SPT : índices de resistência à penetração e respectivas designações (Terzaghi e Peck) | 8 |
| Tabela 2 Classificação de solos incoerentes quanto a compactidade relativa [LNEC E219] | 11 |
| Tabela 3 Classificação de solos coerentes quanto à consistência [LNEC E219] | 12 |
| Tabela 4 Vantagens e desvantagens das cortinas de estacas moldadas | 35 |
| Tabela 5 Solo incoerente sem nível freático | 36 |
| Tabela 6 Solo Incoerente Com Nível Freático | 36 |
| Tabela 7 Solo Coerente Sem Nível Freático | 37 |
| Tabela 8 Solo Coerente Com Nível Freático | 37 |
| Tabela 9 Características dos materiais e recobrimentos | 42 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

kPa - Quilo Pascais

Kgf – quilograma força

B20 - Classe de betão com tensão característica de ruptura de um provete cúbico à compressão de 20 Mpa

B25 - Classe de betão com tensão característica de rotura de um provete cúbico à compressão de 25 Mpa

R/C - Rés do Chão

Reg. - Regularização

ESTRUTURA DO RELATÓRIO

Capítulo 1: Este capítulo faz uma breve introdução dos tópicos tratados no relatório, esclarecendo a metodologia usada para alcançar os objetivos geral e específicos.

Capítulo 2: É dedicado a revisão bibliográfica, na qual, primeiro validou-se a necessidade da realização do presente trabalho com base em obras já desenvolvidas sobre a questão de pesquisa, em seguida foi abordado os condicionantes para a melhor seleção do método de contenção.

Capítulo 3: Estudo de caso: execução do edifício multiuso, onde foi desenvolvida as actividades em obra executadas como cravação das estacas, colocacao das ancoragens, escavação e fundação.

Capítulo 4: Faz alusão as conclusões, recomendações;

Capítulo 5: Referências bibliográficas.

1. INTRODUÇÃO

1.1. GENERALIDADES

A necessidade de estacionamentos nas grandes cidades implica a execução de escavações em profundidade para a construção de caves com essa finalidade. Para que as escavações e as fundações sejam realizadas em segurança, do ponto de vista da estabilidade dos terrenos escavados, e das construções envolventes, é necessário realizar contenções periféricas, que também garantem a segurança dos trabalhadores, caso os solos tenham características que possam provocar a instabilidade dos mesmos. Existem distintos tipos de contenções periféricas, onde as principais diferenças entre eles encontram-se no processo construtivo, no tipo de material utilizado, na flexibilidade e rigidez da parede. A viabilidade de qualquer dos métodos construtivos utilizados depende em grande extensão do tipo de terreno e da posição do nível freático e também dos equipamentos disponíveis e da competência dos técnicos envolvidos.

Há vários fatores que irão influenciar o tipo de estrutura de contenção a utilizar, como por exemplo as características do terreno em causa, a necessidade ou não de impermeabilização, as limitações construtivas tais como as construções vizinhas e as circulações de trânsito a considerar.

O presente relatório refere-se à estrutura de contenção periférica realizada para suporte das escavações na obra de construção de um edifício localizado na Av. Julius Nyerere, cidade de Maputo.

1.2. OBJECTIVOS

1.2.1. Objectivo Geral

Estudar e acompanhar os processos construtivos com enfoque na execução da estrutura de contenção periférica do edifício.

1.2.2. Objectivo específico

Para atingir o objectivo geral estabeleceram-se os seguintes objectivos específicos:

- Participar dos processos de execução das diferentes actividades que constituem o projecto;

- Identificar os tipos de solos, fazendo a sua caracterização e classificação quanto às suas propriedades com influência e relação no tipo de contenção;
- Estudar as condicionantes que a envolvente implica na realização das contenções periféricas, nomeadamente a localização da obra, os acessos e espaço disponível para estaleiro e as características das construções adjacentes;
- Estabelecer uma matriz, que em função das variáveis estudadas, possa ajudar na identificação do tipo de contenção mais aconselhável atendendo aos condicionamentos.

1.3. METODOLOGIA

- Acompanhamento das actividades desenvolvidas no campo;
- Entrevista;
- Pesquisas bibliográficas.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Contenção periférica

O aumento das construções subterrâneas tem vindo a adquirir uma importância crescente na construção de edifícios, pois cada vez mais as obras são realizadas com maior volumetria, quer em altura quer em profundidade. Estas obras em profundidade são realizadas para diversos fins, mas principalmente para caves de estacionamento, de habitações, de hospitais, de centros comerciais entre outros, podendo por outro lado, as caves serem utilizadas para a colocação de equipamentos mecânicos necessários ao funcionamento do edifício. (Couto,2014).

Sendo assim, para a realização de obras no subsolo, é necessário efectuar a escavação em segurança e posteriormente a construção da infraestrutura também. É necessário que se efectuem obras de contenção em terrenos escavados, sendo para isso necessária a construção de estruturas que suportem os impulsos e absorvam as deformações a que o solo irá estar sujeito aquando da escavação. Este tipo de estrutura designa-se por contenção periférica.

2.1.1. Importância

Permitem a realização de trabalhos de escavação e de construção de infraestruturas dos edifícios em segurança, podendo em alguns casos fazer parte da própria estrutura do edifício.

2.1.2. Objetivo

Suportar os impulsos que o terreno vai provocar durante a escavação e a construção da infraestrutura dos edifícios.

2.1.3. Trabalho e estudos preliminares

No caso das contenções periféricas de solos, tem de se ter em conta os seguintes passos:

- Prospecção Geológico-Geotécnica, que corresponde a um conjunto de atividades com vista a constatar o tipo, a constituição, a caracterização mecânica e outras propriedades do solo e do subsolo dos locais de interesse;
- Levantamento dos tipos de métodos construtivos existentes e estudo das suas restrições técnicas;
- Análise do espaço e acessos disponíveis para o estaleiro;
- Estudo da envolvente, incluindo a afetação de trânsito e serviços existentes durante o período de duração da obra;
- Estudo económico, com análise de todas as opções viáveis para o projeto tendo como base o limite financeiro estipulado pelo dono de obra;
- Planeamento da obra, fazendo a compatibilização dos prazos parciais dos métodos tecnicamente possíveis, com os prazos finais de projecto e do dono de obra.

2.1.3.1. Reconhecimento Geotécnico

O reconhecimento geotécnico poderá abranger uma grande quantidade de elementos informativos do terreno, sendo os mais importantes os seguintes fatores:

- Características topográficas gerais do local;
- Levantamento das estruturas vizinhas quanto ao tipo de construção e anotações exaustivas de eventuais danos nos mesmos;
- Nível freático no subsolo, sendo possível recolher esses dados através da criação de poços ou escavações, de forma sazonal de preferência;
- Ocorrência de afloramentos rochosos;
- Colheita de amostras representativas e levantamento fotográfico.

Outra fonte útil de informação para se dar início aos trabalhos é a documentação oficial da zona onde se vai implantar a obra, incidindo sobre:

- Cartas topográficas, geológicas, sísmicas e de solos;
- Relatórios e artigos relacionados com a prospeção e geologia dos locais e suas vizinhanças;
- Registos hidrológicos;

- Fotografias aéreas;
- Casos históricos

2.1.3.2. Prospeção Geotécnica

A realização dos trabalhos de prospecção e posteriormente a interpretação dos resultados nela obtidos são geralmente feitos por empresas que se dedicam a trabalhos nesta especialidades. Elas orientam-se pela normalização existente para a prospecção geotécnica. (Matos Fernandes, 1995)

Esse conjunto de actividades que as empresas realizam durante a elaboração desse estudo tem como finalidade a elaboração de perfis geológicos do terreno onde estão presentes informações sobre os materiais que constituem o solo, as propriedades físicas do mesmo, níveis freáticos, percolação, entre outros. (Couto, 2014)

A realização dos projetos geotécnicos têm como principal base para a sua execução, ensaios de campo e ensaios laboratoriais.

E importante reconhecer a prospecção geotécnica como um instrumento fundamental integrado na lógica de um correcto dimensionamento da estrutura e garantia de segurança durante a execução da obra.

2.1.3.2.1. Ensaio de Prospeção

É a partir dos ensaios de prospecção que se obtém informação mais concreta do estado e do tipo do terreno, servindo essa informação para fazer um correcto dimensionamento e posteriormente uma correcta execução da contenção. A informação que normalmente é fornecida pelos ensaios de prospecção, é importante em diversos aspectos para a execução de obras de contenção periférica, pois permite identificar sobretudo:

- Profundidade e espessura das formações interessadas;
- Propriedades físicas e sua quantificação;
- Presença da água.

Na prospecção geotécnica, para efeitos de dimensionamento os ensaios são utilizados para determinar as seguintes propriedades do solo:

- Natureza mineralógica, granulometria, consistência e seus limites;
- Coesão;
- Módulo de deformabilidade do terreno;
- Resistência ao corte.

Sendo estes três últimos obtidos através de correlações.

Os ensaios que são mais utilizados para a realização deste tipo de estudo e posteriormente a classificação do solo são os seguintes:

- Penetrómetro dinâmico leve (DPL) e Penetrómetro dinâmico pesado (DPH);
- Penetrómetro dinâmico normalizado (SPT);
- Penetrómetro estático (CPT) e com o piezocone CPTu;
- Molinete de corte rotativo (Field Vane-test);
- Pressiométrico

No entanto, o ensaio que é mais utilizado é o ensaio do penetrómetro dinâmico normalizado (SPT) e é através deste que se procederá à classificação dos solos neste trabalho. Sendo assim, este será o ensaio que se descreverá com mais pormenor.

2.1.3.2.1.1. Penetrómetro dinâmico leve (DPL)

Segundo Mesquita, o ensaio do penetrómetro dinâmico leve, consiste na cravação de um cone no terreno a ensaiar. Essa ponteira, de dimensões e peso normalizados, é ligada a uma haste de varas. A cravação do cone é realizada através da aplicação de pancadas provocadas por um sistema automático de elevação e queda de um pilão, cuja altura é normalizada e corresponde a 0,50 m. Os dados que são registados neste ensaio são as pancadas que é necessário efectuar pelo pilão para que o cone tenha uma penetração de 10cm no terreno para a realização deste ensaio não é necessário efectuar abertura de furo para se fazer a sondagem, permite obter informações quase em contínuo.

Este tipo de ensaio não pode ser realizado em terrenos compactos, pois nestes tipos de terreno o equipamento utilizado não é capaz de aplicar a energia necessária para efectuar a cravação do cone.



Figura 1 Ensaio de penetração dinâmica com penetrómetro ligeiro (Fonte: Mesquita, 2013)

2.1.3.2.1.2. Penetrómetro dinâmico normalizado (SPT)

É o ensaio de utilização mais recorrente em quase todos os países do mundo. Trata-se de um ensaio de penetração dinâmico que consiste em cravar no fundo de um furo de sondagem um amostrador normalizado, por meio de pancadas de um pilão de 63,5 kgf de peso que cai de uma altura de 76 cm. (Mesquita, 2013)



Figura 2 Ensaio SPT a) amostrador SPT; b) vista do amostrador desmontado; c) realização do ensaio (Fonte: Mesquita, 2013)

O ensaio SPT realiza-se em duas fases:

- Conta-se o número de pancadas para fazer penetrar o amostrador 15 cm no terreno (devido às perturbações impostas pela própria furação no terreno, este primeiro valor é normalmente desprezado);
- Na fase seguinte conta-se o número de pancadas para fazer o amostrador penetrar um total de 30 cm, sendo o número de pancadas correspondente, N , considerado o resultado do ensaio;

- Em alternativa suspende-se o ensaio quando se excedem os 60 golpes para avançar um tramo de 30 cm (caso de terrenos muito resistentes em que a penetração é muito difícil).

As vantagens do ensaio SPT devem-se, principalmente, às seguintes razões:

- Baixo custo;
- Facilidade de execução (mesmo em locais de acesso difícil);
- Permite uma amostragem contínua em profundidade;
- O valor do índice de resistência obtido é correlacionável com a compacidade e consistência do solo;
- Possibilita a determinação do nível freático.

Ainda que o ensaio de resistência à penetração não possa ser considerado como um método preciso de investigação, os valores de SPT obtidos dão uma indicação preliminar bastante útil da consistência (solos argilosos) ou estado de compacidade (solos arenosos) das camadas do solo investigadas, como se pode ver na Tabela 1.

| Solo | Índice de resistência à penetração (N) | Designação |
|---------|--|-----------------------|
| Areias | 0-4 | Muito solta |
| | 5-10 | Solta |
| | 11-30 | Medianamente compacta |
| | 31-50 | Densa |
| | >50 | Muito densa |
| Argilas | ≤ 2 | Muito mole |
| | 3-4 | Mole |
| | 5-8 | Média |
| | 9-15 | Semidura |
| | 16-30 | Dura |
| | >30 | Rija |

Tabela 1 Ensaio SPT : índices de resistência à penetração e respectivas designações (Terzaghi e Peck)

Apesar dos pontos positivos do ensaio SPT enumerados, há que salientar que a sua utilização é reduzida, no caso dos solos argilosos moles, devido à sua inexatidão na determinação da resistência ao corte de uma argila. Em contrapartida, no caso dos solos arenosos, a principal utilidade deste ensaio consiste na possibilidade de determinar as suas propriedades mecânicas.

2.1.3.2.1.3. Penetrómetro estático (CPT)

O ensaio do penetrómetro estático ilustrado na figura 3, consiste na cravação no terreno de uma ponteira cónica, com um ângulo de abertura de 60° a uma velocidade constante de 20mm/s, tendo a secção transversal do cone uma área de 10cm². Este ensaio permite medir a resistência de ponta e a resistência lateral que o terreno vai exercer na ponteira cónica.

A metodologia do ensaio consiste na cravação de uma vara, na vertical, à profundidade desejada com o cone de ensaio devidamente preso na ponta da vara, fazendo-se de seguida a perfuração do solo através do cone, sendo esta provocada por um sistema de pressão de ar. Por fim, regista-se as características do solo que este ensaio permite medir, que são a resistência de ponta e lateral.

É através das resistências de ponta e lateral que se pode determinar o grau de compactação relativo das areias e a coesão com bastante precisão.

Como todos os ensaios, este também possui limitações, pois não permite a recolha de amostras de solo, a cravação tem de ser feita na vertical, é um ensaio “cego”, pois não se sabe se a cravação está a ser feita verticalmente. O ensaio dá-se como terminado quando for encontrado material muito resistente, portanto, pode-se concluir que a utilização deste ensaio não é possível em qualquer tipo de solo, dado que apenas permite

estudar solos todos os solos com pouca ou média resistência. (Mesquita,2013)



Figura 3 Penetrômetro estatico (Fonte: Mesquita, 2013)

2.1.3.2.1.4. Ensaio de corte rotativo ou molinete

O ensaio de corte rotativo ou molinete consiste em introduzir um molinete no terreno, isto é, um conjunto de quatro lâminas retangulares soldadas a uma vara central. A vara central é ligada à superfície do terreno por varas de posicionamento. Instalado o aparelho à profundidade desejada comunica-se, através das varas, um momento torsor que o obriga a rodar. Esse movimento de rotação forma um cilindro de solo que se destaca do terreno envolvente. Utiliza-se em solos coesivos moles de baixa permeabilidade pelo que o corte (ou cisalhamento) decorre em condições não drenadas (c_u). (Mesquita, 2013).

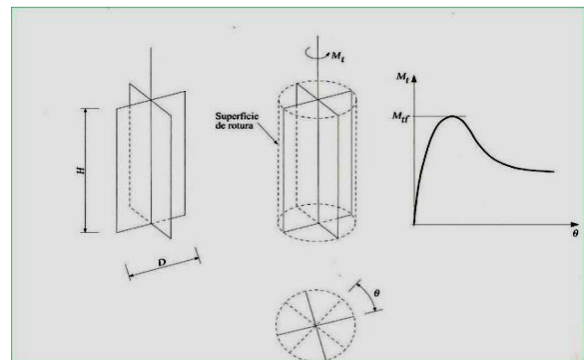


Figura 4 Equipamento para ensaio de corte rotativo-molinete (Fonte: Mesquita, 2013)

2.1.3.2.1.5. Ensaio pressiométrico

O ensaio do Pressiométrico, consiste na introdução de uma sonda de medição num furo previamente aberto para a realização do ensaio. A sonda de medição tem a forma de um cilindro, sendo constituída nas duas extremidades, por células rígidas e na zona central por uma célula de pressão.

Depois do devido posicionamento do aparelho, procede-se ao ensaio do solo, que consiste em insuflar a célula de pressão da zona central da sonda de medição.



Figura 5 Pressiométrico (Fonte: Ménard, 1962)

2.1.3.3. Classificação do solo

Portanto, após se proceder à normalização dos valores obtidos no ensaio e de acordo com a especificação LNEC E219 “Prospecção geotécnica de terrenos – Vocabulário”, é possível classificar o solo incoerente quanto à sua compacidade relativa (Tabela 2) e como coerente quanto à sua consistência e resistência (Tabela 3).

| Ensaio de penetração SPT | Classificação do Solo | | | | |
|--------------------------|-----------------------|-------|---------------------|----------|----------------|
| | Muito Mole | Solto | Mediamente Compacto | Compacto | Muito Compacto |
| Nº de Pancadas | 0-4 | 4-10 | 10-30 | 30-50 | >50 |

Tabela 2 Classificação de solos incoerentes quanto a compacidade relativa [LNEC E219]

| Ensaio de penetração SPT | Classificação do Solo | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------|---------------------|-----------|----------------|-------|
| | Muito Mole | Solto | Mediamente Compacto | Compacto | Muito Compacto | Rijo |
| Nº de Pancadas | 0-4 | 4-10 | 10-30 | 30-50 | >50 | >30 |
| Tensão de Ruptura kgf/cm ² | 0-0.25 | 0.25-0.50 | 0.50-1.00 | 1.00-2.00 | 2.00-4.00 | >4.00 |

Tabela 3 Classificação de solos coerentes quanto à consistência [LNEC E219]

2.1.3.4. Estudo da envolvente

Antes de se proceder à escolha de um determinado tipo de contenção periférica, deve-se fazer o levantamento de todas as condicionantes que a envolvente à obra possa revelar (Gomes, 2006).

- Acessos a obra;
- Existência de edificações junto ao local;
- Espaço disponível para estaleiro da obra.

A escolha de uma contenção periférica prende-se com a utilização de determinados equipamentos para a execução da mesma. Existem contenções onde os equipamentos utilizados são de grande porte e outras onde os equipamentos têm pequeno porte, por isso é importante fazer o estudo dos acessos à obra, pois estes influenciam em muito a escolha da contenção periférica. Se os acessos tiverem pouca capacidade resistente para as acções provocadas pelos equipamentos e forem de dimensões que não permitam a passagem dos equipamentos de grande porte, a escolha de contenção na qual o método construtivo seja baseado nesses mesmos equipamentos vai estar fora de questão.

Outra condicionante que se prende com os equipamentos é o espaço existente em estaleiro, pois existem tipos de contenção que necessitam de muito espaço em estaleiro, para as manobras e posicionamento dos equipamentos. Exemplos disso são as guias

utilizadas nas paredes moldadas, os equipamentos de produção e reciclagem das lamas bentoníticas, as áreas que se tem de ter em estaleiro para a armação das armaduras, entre outras situações.

A existência de edifícios ou outro tipo de construções na periferia da zona da obra prende-se com os equipamentos a utilizar para determinadas contenções, pois se existirem edifícios na periferia da obra e se fizer a escolha de uma contenção onde os equipamentos a utilizar sejam muito pesados e produzam ruídos e vibrações no solo, ocorrendo estes sobretudo na cravação de estacas-prancha, quando esta se realiza por percussão ou vibração. Se se pretender realizar estes trabalhos sem vibrações nem ruídos, deve-se recorrer a equipamentos de cravação de estacas por prensagem, sendo esta realizada por macacos hidráulicas que exercem pressão na cabeça da estaca. (Gomes, 2006)

2.1.4. Movimentos de terras

Os processos ligados ao movimento de terras podem ser entendidos como um "conjunto de operações de escavação, carga, transporte, descarga, compactação e acabamentos executados a fim de passar-se de um terreno no estado natural para uma nova conformação topográfica desejada" (Cardão, 1969).



Figura 6 Acção de guas escavadoras (Fonte: Autor)

No âmbito do presente trabalho, estas operações estão associados aos trabalhos de escavação no intradorso das estruturas de contenção. A sua importância é de tal forma relevante, que implica muitas vezes a elaboração de um verdadeiro projecto de movimento de terras, o qual, neste contexto, é influenciado pelos seguintes factores:

- Sondagens do terreno: as sondagens proporcionam informações valiosas sobre a natureza do terreno que irá receber a edificação (características do solo, espessuras das camadas, posição do nível freático), além de fornecerem informações sobre o tipo de equipamentos a serem utilizados para a escavação e para retirada do solo;
- Cota do fundo da escavação: é um parâmetro de projecto, já que define o momento em que finaliza a escavação; para que tal seja possível, é necessário conhecer a cota do piso mais baixo, o tipo de fundação a ser utilizada e ainda as características das estruturas de transmissão de cargas do edifício para as fundações;
- Concepção da sequência executiva do edifício: para que se possam definir as frentes de trabalho para a realização das escavações e para a execução das contenções;
- Condições da vizinhança: esta informação, juntamente com as sondagens, permitem identificar o nível de interferência do movimento de terras com as construções vizinhas, e ainda as possíveis contenções a serem utilizadas;
- Projecto de estaleiro: deve-se compatibilizar as necessidades do estaleiro (posição de rampas de acesso, instalação de alojamentos sanitários, etc.) com as necessidades de escavação (posição de taludes, rampas, entrada de equipamentos, etc.), para que não haja interferências.

2.1.4.1. Tipos de Escavação

Como já referido, numa obra de escavação o principal objectivo é retirar solo de um dado terreno, de modo a se atingir a cota ou a profundidade desejada para a execução de uma determinada construção, sendo a escavação caracterizada pelos seguintes aspectos:

- Quantidade de solo a ser removido;

- Localização da escavação;
- Dimensões da escavação;
- Tipo de solo a ser escavado;
- Destino dado ao material retirado.

Tendo em conta estes diferentes parâmetros, pode-se dividir as escavações no intradorso de estruturas de contenção de edifícios em duas grandes categorias:

- Escavações de grandes volumes em áreas limitadas;
- Escavações verticais em áreas limitadas.

2.1.4.1.1. Escavações de grandes volumes de solos em áreas limitadas

Este tipo de escavação, comum na construção de edifícios, atinge usualmente profundidades superiores a 10 m (construção de, pelo menos, dois pisos subterrâneos). A técnica mais comum neste caso consiste na colocação do próprio equipamento de escavação dentro da área a ser escavada, realizando a escavação do solo do centro para os limites da área escavada.

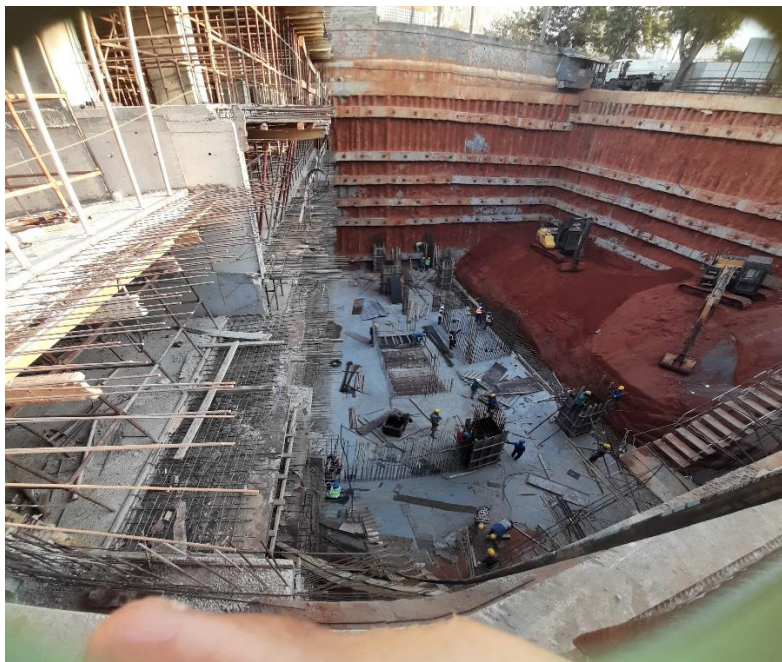


Figura 7 Panorama de uma escavação contida por estacas de cortinas moldadas(Fonte: Autor)

Em função da vasta área de escavação existente, os equipamentos deslocam-se para o interior da cortina por intermédio de rampas, de forma a retirarem o material escavado. Estas rampas são geralmente em terra e apresentam inclinações variáveis, dependendo da área de escavação. Caso se trate de uma obra de grande profundidade, que exija equipamentos muito pesados e de grandes dimensões, é construída uma rampa em estrutura metálica propositadamente para o efeito.

A escavação do intradorso de uma parede de contenção processa-se então, por níveis de profundidade, os quais são executados de forma faseada. Devido ao elevado volume de terras a remover e ao facto de a altura de corte ultrapassar o alcance das escavadoras, ou seja, quando se trata de escavações de altura equivalente a vários pisos subterrâneos, trabalha-se em degraus, com alturas de ataque de, no mínimo, 1,50 m por degrau.

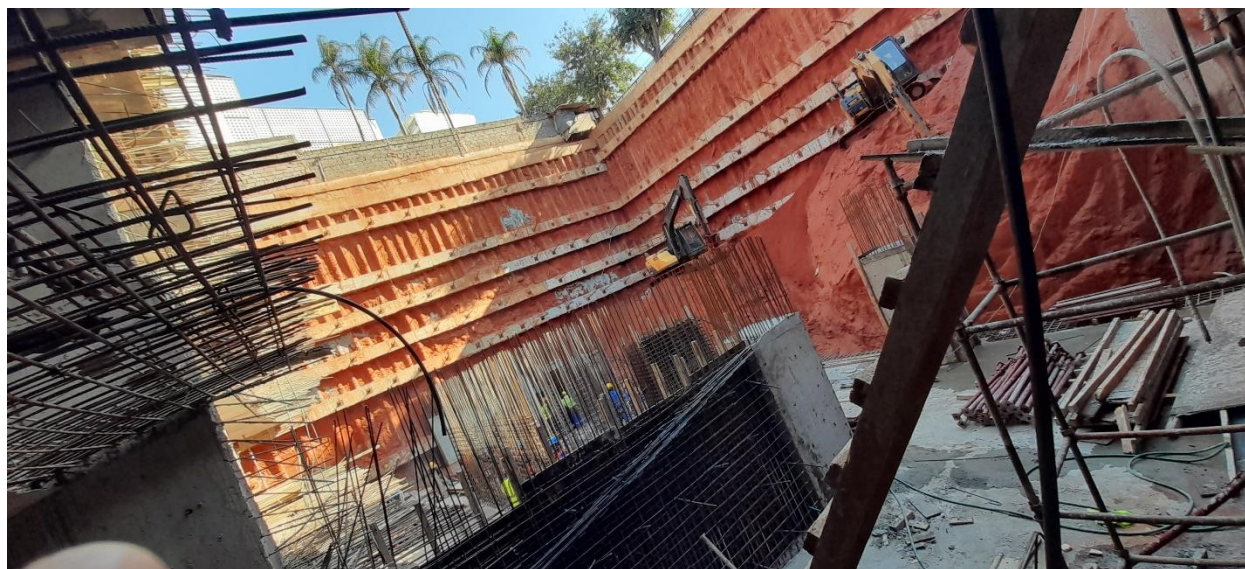


Figura 8 Retirada da terra no interior das paredes (Fonte: Autor)

Ao se atingir o nível correspondente à plataforma inferior, deve-se forçar o trajecto das unidades de transporte por ele, contribuindo para a compactação do subsolo. As equipas de escavação em degraus diferentes devem ser independentes, com as unidades de transporte nunca servindo mais do que uma escavadora. Por fim, iniciam-se os trabalhos relativos à limpeza e escavação das fundações do edifício, e simultaneamente à retirada

gradual das terras sobrantes.

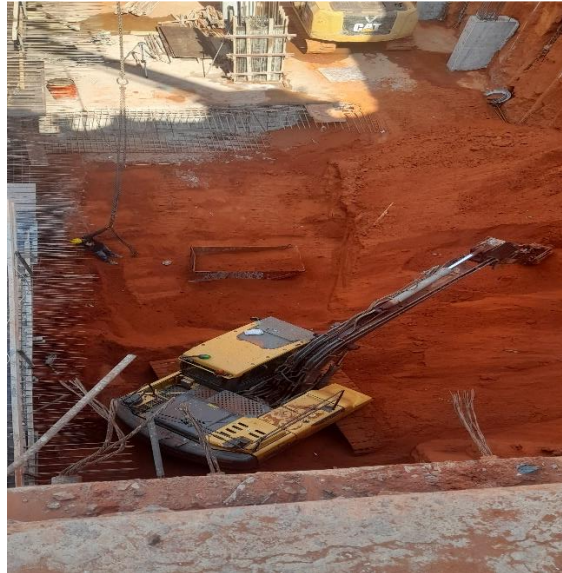


Figura 9 Retirada gradual da terra sobrante (Fonte: Autor)

Realizadas as furações e escavações necessárias para as fundações, procede-se então ao desmantelamento da rampa de acesso para os equipamentos de escavação e transporte de terras. A partir desta altura, o acesso dos trabalhadores ao interior da escavação é estabelecido por intermédio de andaimes e os equipamentos são colocados na zona escavada através de guias.

2.1.4.1.2. Escavações verticais em áreas limitadas

As escavações verticais em áreas limitadas são cada vez mais comuns nos espaços urbanos. Neste tipo de escavações, o equipamento fica preferencialmente colocado ao lado da área escavada, de modo a apoiar num terreno mais resistente, e vai-se retirando o material verticalmente. Assim, as escavadoras com balde de maxilas e as guias escavadoras hidráulicas tornam-se os equipamentos específicos para este tipo de trabalhos.

2.1.4.2. Sistemas de Suporte de Escavações

Normalmente, com a construção de contenções periféricas, fica subentendido que, conjuntamente com este tipo de construções, são executados elementos auxiliares, com o objectivo de absorver os impulsos exercidos pelos solos. Esses elementos são, nomeadamente, os escoramentos, e as ancoragens.

2.1.4.2.1. Escoramentos

Os escoramentos são normalmente, estruturas de carácter provisório, removidas quando a estrutura escorada tiver capacidade suficiente para se auto-sustentar.

São constituídas por um conjunto de peças que se conectam entre si, e posteriormente desmontáveis. São elementos de madeira, metálicos ou de betão, de forma a terem as seguintes funções:

- Direcção/Absorção das tensões do terreno a conter, do peso da própria estrutura e de cargas resultantes dos equipamentos, durante as fases da obra;
- Apoio provisório para os materiais, equipamentos ou peças estruturais;
- Controlo de deformações.

Em certos casos, particularmente em situações em que o controlo dos movimentos de solos nos terrenos circundantes seja mais exigente, ou seja, quando existem edifícios muito próximos da zona da obra e que poderão vir a ser afectados com esses movimentos, recorre-se a escoramentos pré-esforçados.

Em geral, é uma solução mais económica, relativamente à solução das ancoragens. É preferencialmente escolhida para sustentar estruturas em cantos ou entre paredes opostas muito próximas.



Figura 10 Representação de um escoramento de uma contenção(fonte: DDN Fiscalização, 2020)

2.1.4.2.2. Ancoragens

As ancoragens, têm carácter provisório ou carácter definitivo. Considera-se que uma ancoragem tem carácter definitivo quando esta é projetada para ter uma vida útil superior a dois anos, tendo, por isso maiores exigências relativamente às ancoragens provisórias. Essas exigências constituem um tratamento anti-corrosão adequado, a instalação de equipamentos de instrumentação, como por exemplo para se fazerem verificações periódicas das cargas de serviço e bons acessos que permitam fazer o retensionamento e/ou substituição dos cabos que se encontram na ancoragem. Por outro lado, a ancoragem tem carácter provisório quando é projetada para períodos de vida útil inferiores a dois anos, portanto não é necessário ter tantos cuidados com os aspectos referidos anteriormente para as ancoragens definitivas.

A utilização de ancoragens, constitui, em muitos casos, uma solução ideal, pois estas têm um impacto positivo, quer no avanço dos trabalhos, quer na qualidade da construção. As ancoragens são utilizadas para diversas situações, por exemplo para o suporte de estruturas relativamente flexíveis verticais ou sub-verticais de contenção de solos, na estabilidade de taludes e na amarração de lajes de fundo. (Cardão, 1969)



Figura 11 Cabo de ancoragem e armadura do maciço(Fonte: Autor)

A construção das ancoragens tem de ser um processo bem programado e realizado por profissionais experientes e qualificados, o seu processo construtivo consiste na realização de um furo no terreno através de um trado contínuo ou por roto-percussão, através de varas, procedendo-se de seguida à colocação do cabo da ancoragem no furo realizado, fazendo-se de seguida a injeção de caldas de cimento para se fazer a selagem dos cabos da ancoragem, sendo também criado um bolbo de selagem no final da ancoragem. Por fim, faz-se o tensionamento dos cabos recorrendo-se a macacos hidráulicos.

Um dos aspectos importantes que se devem ter em conta no dimensionamento de ancoragens é o comprimento que esta deve ter, pois é importante que o bolbo de selagem seja efectuado fora da zona de rotura do solo que está a suportar, para garantir maior segurança da estrutura.

2.1.5. Técnicas de Melhoramento de Solo

Na actualidade, a existência de um grande número de técnicas de melhoramento dos solos permite que se possa executar estruturas em meios que não são considerados aptos para a realização deste tipo de projecto (Machado, 2011).

Assim, e com o objectivo de melhorar as propriedades do terreno, nomeadamente, a sua deformabilidade, resistência ao corte e permeabilidade, de forma a favorecer a utilização de contenções periféricas, que antes desse tratamento não era possível que fossem utilizadas, podemos usar as técnicas de melhoramento do terreno *in situ*, sendo algumas delas as seguintes:

- Tratamento por injeções de caldas de cimento;
- Tratamentos térmicos;
- Tratamento por vibroflutuação.

No entanto, as técnicas mais utilizadas para o melhoramento do terreno são a de tratamento por injeções de caldas de cimento, sendo elas as seguintes:

- Jet Grouting;
- Deep Mixing.

2.1.5.1. Jet Grouting

O Jet Grouting é uma técnica de tratamento *in situ*, tendo como finalidade a melhoria dos solos. Esta técnica é executada diretamente no interior dos terrenos, não sendo para isso necessário efectuar escavação prévia. Na superfície realiza-se um furo de pequeno diâmetro, que serve para a introdução de uma vara, através da qual se irá conduzir a calda de cimento que será aplicada no terreno, através de jatos horizontais a grande velocidade, jatos na ordem dos 200-250 m/s. Estas velocidades a que a calda é aplicada provocam a degradação da matriz sólida inicial do terreno, este facto deve-se à elevada energia cinética que a calda possui e ao entrar em contacto com o solo provoca essa degradação. Este processo origina uma mistura entre as partículas sólidas do terreno e a calda de cimento injetada, provocando assim o melhoramento do solo. (Carreto,2000)

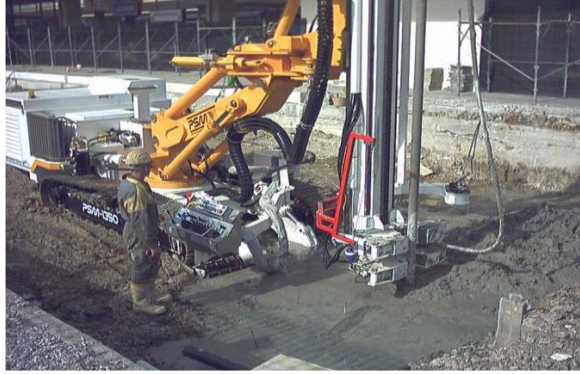


Figura 12 Execução de coluna de Jet Grouting (Fonte: sociedade portuguesa de fundações)

2.1.5.2. Deep Mixing

Tal como o Jet Grouting, o Deep Mixing também é uma técnica de melhoramento de solos *in situ*, consistindo na realização de uma mistura de solo-cimento com recurso a ferramentas de agitação de eixo vertical (Deep Soil Mixing, DSM) ou horizontal (Cutter Soil Mixing, CSM). A utilização desta técnica faz aumentar a capacidade de carga dos terrenos de fundação e torna-se uma estrutura muito pouco permeável à água, podendo esta servir como contenção periférica em escavações, onde ocorra a intercepção do nível freático. Esta técnica, e por aquilo que foi dito, pode ser considerada uma variante mecânica do Jet Grouting. (Carreto,2000)

2.1.6. Tipos de Contenções

As contenções periféricas, como referido anteriormente neste trabalho, têm a função de suportar os impulsos dos solos quando se estão a executar trabalhos de escavação, garantindo assim a segurança, tanto dos trabalhadores como dos equipamentos. Para isso recorre-se a três tipos distintos de contenção, diferindo estes principalmente no processo construtivo:

- Paredes Moldadas;
- Paredes tipo Berlim;
- Cortinas de estaca-prancha;
- Cortinas de Estacas Moldadas.

No entanto, a Cortina de estacas moldadas é a técnica de contenção usada na execução do edifício em estudo, sendo assim, esta será o tipo de contenção que será descrito com maior detalhe.

2.1.6.1. Paredes tipo Berlim

As paredes tipo Berlim são estruturas de contenção periférica de edifícios que possuem uma estrutura de execução fácil e económica, que não necessita de mão-de-obra e equipamento muito especializados, fazendo assim, com que não seja necessário haver um grande espaço de estaleiro.

Este tipo de contenção periférica, perpendicularmente ao seu plano é pouco rígida, recorrendo, assim, à cravação de perfis metálicos no solo na vertical, estes perfis são normalmente em I ou H, cravados com a função de transmitir ao solo as acções verticais, conferem também alguma resistência da estrutura à flexão quando não são utilizadas ancoragens ou escoramentos em todo o perímetro da contenção. (Wittke, 1997)



Figura 13 Paredes tipo Berlim (Fonte: INDUBEL, 2020).

2.1.6.1.1. Campo de aplicação

Normalmente, os projetos de contenção periférica que envolvem a execução de paredes tipo Berlim são muito frequentes em meios urbanos, onde:

- Os solos possuam alguma coesão;
- A presença da água nos solos não seja significativa;
- Na periferia da contenção não existam edifícios susceptíveis a assentamentos;
- A área de implantação seja pequena.

2.1.6.2. Paredes moldadas

Definem-se como paredes moldadas os elementos estruturais, do tipo lajes verticais, fabricados em betão armado, construídos *in situ* através de escavação de valas (Barros, 2005).

As paredes moldadas usam uma técnica versátil que possibilita a realização de escavação em meio urbano, na proximidade de outras estruturas e de arruamentos, a instalação no terreno, prévia à execução da escavação geral pretendida, procurando perturbar o mínimo possível o meio envolvente.

Esse tipo de contenção é constituído por painéis de betão armado, recorrendo-se, para tal, ao uso de lamas bentoníticas, que são inseridas à medida que a escavação vai avançando e depois substituídas por betão armado, sendo muitas vezes utilizado o recurso de pontos intermédios de apoio, nomeadamente feitos por ancoragens pré-esforçadas e/ou escoramentos.

Durante a execução da escavação geral do terreno são aplicados vários níveis de escoras, com o intuito de controlar a sua deformação face aos movimentos do maciço, conforme se vê na Figura 14 (Sousa, 2006).

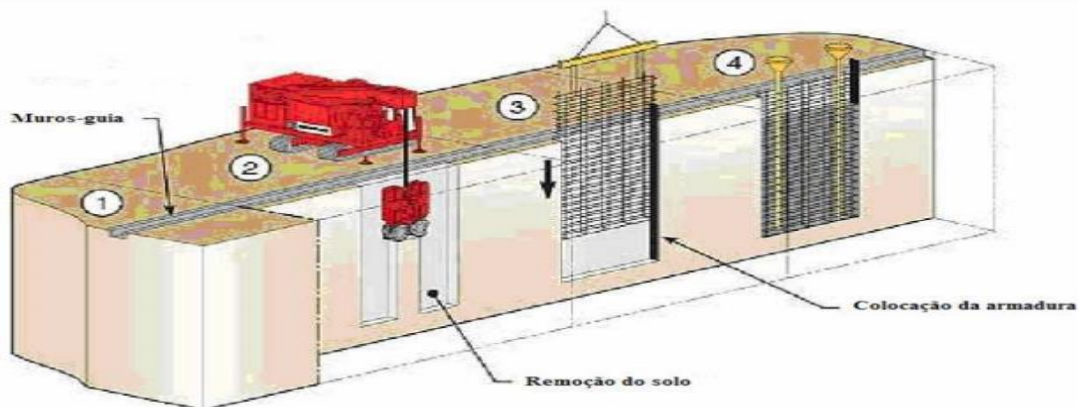


Figura 14 Exemplo de paredes moldadas (Fonte: Sousa, 2006).

2.1.6.2.1. Problemas de Execução

É normal que durante o processo de execução das paredes moldadas existam alguns problemas:

- Ocorrência de um deficiente recobrimento das armaduras;
- Aparecimento de fissurações;
- As paredes podem ficar irregulares;
- As juntas podem ser menos impermeáveis (Figura 15).



Figura 15 Problema de execução das paredes moldadas (Fonte: Borrego Aldeias, 2011)

2.1.6.3. Cortinas de estacas-prancha

As cortinas de estacas-prancha já são utilizadas há mais de mil anos. Eram construídas em madeira ou ferro fundido.

Actualmente, as estacas-prancha são metálicas podendo também ser de betão armado, ou mais recentemente em vinil. Estas têm pouca rigidez no seu plano, tornando assim as cortinas de estacas-prancha como uma solução muito competitiva em diversas obras de contenção. O aumento de rigidez no seu plano, pode ser aumentada com a utilização de secções quebradas em vez de secções planas.

A ligação dos diversos painéis que constituem as cortinas de estacas-prancha, e sobretudo nas estacas-prancha metálicas, é realizado através das próprias estacas que têm a ligação do tipo “macho-femea”.

2.1.6.3.1. Campo de aplicação

- Na execução das fundações de estruturas nos leitos de rios ou no mar;

- Na construção de obras de vias de comunicação, podendo ser estas na construção de túneis, de passagens de nível, no encontro de pontes e em muros de suporte de terras.

2.1.6.4. Cortinas de estacas moldadas em betão

As cortinas de estacas moldadas como projecto de contenção periférica de terreno, têm vindo a ganhar popularidade ao longo dos anos devido à sua facilidade e rapidez de execução, face a outras soluções alternativas. (Cardoso A.)

Esta solução consiste fundamentalmente na construção de uma parede de estacas, que podem estar distanciadas ou intersectadas, tendo na constituição destas paredes os seguintes elementos que se interligam:

- As estacas, o elemento principal neste tipo de contenção;
- As vigas de coroamento, com a função de fazer a distribuição dos esforços ao longo das estacas que constituem a cortina, dando assim a garantia de uma maior rigidez ao topo da estrutura, geralmente são feitas em betão armado;
- As vigas de solidarização ou de distribuição têm as mesmas funções que as vigas de coroamento, mas estas estão ao longo do fuste das estacas e o número destes elementos depende das características do solo e do tipo de projecto, servindo estas de apoio para as ancoragens;
- As ancoragens e/ou escoramentos são colocados com o objectivo de ajudar as estacas no suporte do terreno, dado que aqueles garantem uma maior rigidez à estrutura, evitando, assim, a ocorrência de deslocamentos.

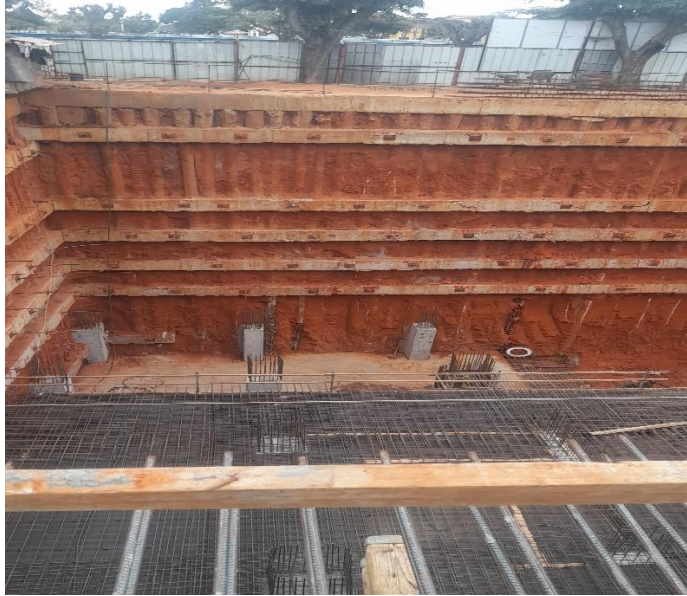


Figura 16 Cortinas de estacas moldadas (Fonte: Autor).

2.1.6.4.1. Campo de aplicação

Os projectos onde as cortinas de estacas moldadas são aplicadas são os seguintes:

- Construções subterrâneas próximas de vias de comunicação e de edifícios de médio e grande porte, com fundações pouco profundas, não muito susceptíveis a deformações;
- Utilização como obras de apoio para a construção de túneis em zonas urbanas;
- Utilização como suporte de taludes verticais.

Normalmente, este tipo de contenção periférica não tem só a função de suportar os solos, podendo ser adaptada para servir como fundação da estrutura final, sendo assim torna-se uma construção com dupla funcionalidade: mais económica e mais rápida, visto que está a construir-se em simultâneo, a contenção e as fundações laterais da estrutura que se vai instalar no local.

2.1.6.4.2. Tipos de cortinas de estacas moldadas

A realização de cortinas de estacas moldadas pode ser de três tipos diferentes, sendo estas classificadas a partir do espaçamento que vai existir entre as estacas que a constituem. Distinguem-se, segundo este critério, as cortinas de estacas espaçadas, as cortinas de estacas contíguas ou tangentes e as cortinas de estacas secantes.

- **Cortinas de estacas espaçadas**

As cortinas de estacas espaçadas consiste na execução de um conjunto de estacas alinhadas, afastadas entre si com uma distância que pode chegar até cerca de 1,5m, realizando-se a contenção do solo desse espaço à medida que se vai realizando a escavação, através da colocação de betão projetado incorporando, no seu interior, uma rede de aço eletrossoldada, formando, assim, abóbodas de betão armado.

Ao ser adoptado este tipo de solução, deve ter-se em conta a existência do efeito de arco que o solo vai criar, entre duas estacas. Como todas as soluções, esta também tem as suas limitações, como a de não garantir a impermeabilização da contenção e a de ser menos resistente aos impulsos por metro linear de extensão, tendo como comparação os outros tipos de cortinas, que serão apresentados em seguida.

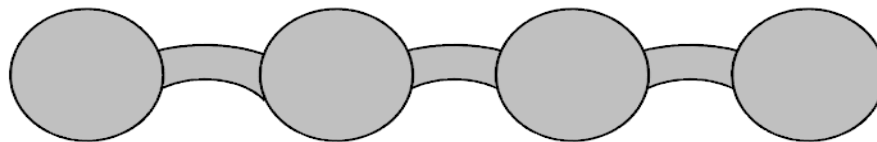


Figura 17 Esquema de cortina de estacas espaçadas (Fonte: Manuel Gamboa, in slides PCEd)

- **Cortinas de estacas contíguas**

As cortinas de estacas contíguas ou tangentes consiste na execução de um grupo de estacas alinhadas entre si com pequenos afastamentos, na ordem dos 75 a 100mm, pois executar estacas mesmo tangentes é extremamente difícil. A esta solução é exigida que sejam executadas com um bom controlo de posicionamento das estacas e que o processo de furação seja executado o mais verticalmente possível. Devido a este pequeno intervalo, esta solução não pode ser utilizada facilmente em estruturas de

contenção em que exista a intersecção de nível freático por parte destas. Sendo completadas com sistemas de impermeabilização não garantem os requisitos mínimos para este tipo de situação. A sua utilização é frequente em solos argilosos onde a afluência da água não constitui um problema imediato, apesar de também poder ser usada em materiais granulares.

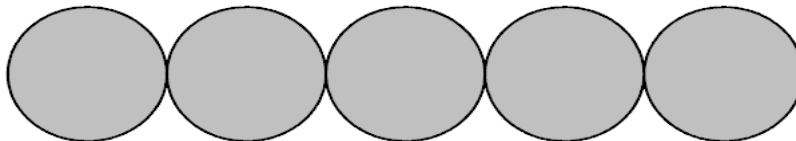


Figura 18 Esquema de cortina de estacas contíguas (Fonte: Manuel Gamboa, in slides PCEd)

- **Cortinas de estacas secantes**

As cortinas de estacas secantes, consiste na construção de um grupo de estacas alinhadas entre si, intersectando-se cada estaca com estacas alternadas ao longo da linha da cortina, deixando-se entre elas um espaço livre de menos de um diâmetro. Este conjunto de estacas é designado por estacas fêmeas, podendo estas conter, no interior, um perfil metálico, para garantir maior resistência à estaca, pois esta vai ser realizada com betões pobres para que seja mais fácil executar as estacas intermédias, designadas por estacas macho, que interceptam as estacas fêmea adjacentes. Estas estacas são armadas com armaduras tradicionais. Este tipo de cortina de estacas relativamente à impermeabilização da contenção é a que dá melhores garantias, mas se ocorrer uma falha na intersecção de alguma estaca, isso fará com que a parede se torne permeável.

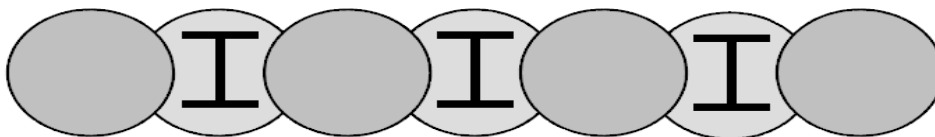


Figura 19 Esquema de cortina de estacas secantes (Fonte: Manuel Gamboa, in slides PCEd)

Para que a escolha da solução seja a mais correcta é necessário ter-se em conta vários fatores, nomeadamente:

- A presença de nível freático, que impossibilita a escolha de estacas espaçadas e as contíguas, devido à necessidade de impermeabilização;
- A coesão apresentada pelo solo, quanto maior for a coesão, mais fácil se torna a realização de estacas moldadas, pois permite efetuar as estacas sem se recorrer ao tubo moldador;
- Os prazos a cumprir para a realização da obra e os custos inerentes. (As cortinas de estacas espaçadas são as mais baratas e de maior rapidez de execução);
- A quantidade de estacas que se pretende realizar.

2.1.6.4.3. Processo construtivo

Para se dar início à construção das cortinas de estacas moldadas é necessário que se faça a preparação do terreno a intervir, e de seguida a implantação do estaleiro da obra. Após isso, dá-se início à construção da cortina de estacas moldada, com a execução dos muros-guia. A realização destes muros-guia prende-se com o facto de se precisar de garantir o correto posicionamento das estacas, definindo-se assim as secções que as estacas vão ter em todo o perímetro. Normalmente, estes muros-guia têm uma altura mínima de 0,80m e de afastamento entre si igual ao diâmetro da estaca, mas acrescido em cerca de 5cm. A construção dos muros-guia deverá ser realizada, no mínimo, 1,50m acima do nível freático e a sua betonagem é feita contra o terreno. Estes muros-guia tendem a ganhar importância na construção de cortinas de estacas secantes, onde são indispensáveis, pois é necessário que o posicionamento do topo das estacas seja feito com alguma precisão, para assim se garantir que a intersecção das estacas da cortina seja efetuada corretamente.



Figura 20 Execução de muros-guia (Fonte: Bessa Meireles, 2006)

Após conclusão dos muros-guia, procede-se ao rebaixamento do nível freático, caso seja necessário. A realização deste passo prende-se com a necessidade da realização dos trabalhos em boas condições e evitar o aparecimento de água no fundo da escavação. O rebaixamento do nível freático pode ser feito através de diversas técnicas, das quais destaco as mais importantes:

- Extração da água por bombagem, durante a fase da obra;
- Criação de uma rede de poços de drenagem (como câmaras de visita provisória) ao longo da parte exterior da cortina, equipados no fundo com bombas que garantam o rebaixamento desejado do nível freático a cotas inferiores;

Depois de concluído este passo, começa-se a construção das cortinas de estacas moldadas, sendo para tal necessário proceder à execução de estacas, que podem ser realizadas de três maneiras distintas:

- Com trado contínuo;
- Com tubo moldador;
- Com recurso a lamas bentoníticas.

Execução de estacas recorrendo ao trado contínuo

- Escolhe-se um trado contínuo, com as dimensões desejadas para a estaca, diâmetro e comprimento, e faz-se o furo;
- Faz-se a betonagem da estaca, através da parte oca do trado. Dependendo da velocidade a que se consegue bombear o betão, retira-se o trado do furo;
- Vibra-se os três primeiros metros da estaca;

- Coloca-se a armadura antes que o betão ganhe presa;
- Faz-se o saneamento da cabeça da estaca após ter obtido presa, de forma a retirar o betão contaminado.

2.1.6.4.3.1. Problemas potenciais da técnica de trado contínuo

Existem alguns problemas que podem ocorrer durante a execução de estacas moldadas com trado contínuo, tais como:

- Colunas de estacas cortadas – problema associado a extração incorrecta do trado durante a betonagem sendo, como tal necessário um controle ajustado que assegure uma velocidade de extração do trado igual ao ritmo de escoamento do betão;
- Redução da capacidade da estaca - a perfuração pode provocar descompressões em excesso no solo que envolve a estaca, pelo que deve ser realizada com o maior cuidado possível. Quanto mais potência a ponteira do trado tiver, mais descompressões pode causar. A descompressão causa uma redução da força de atrito lateral, na ordem de 60 a 75% da força obtida para estacas cravadas;
- Dificuldades na introdução da armadura – o betão tem tendência a perder fluidez, pelo facto de a água que o constitui se infiltrar no terreno circundante.

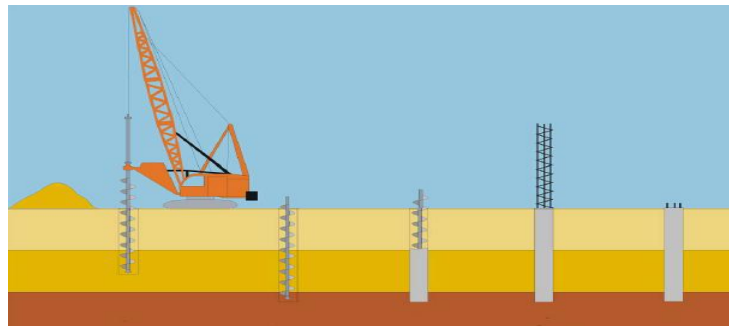


Figura 21 Esquema da execução de estacas com trado contínuo (Fonte: Bessa Meireles, 2006)

Execução de estacas recorrendo a tubo moldador recuperável

- Faz-se uma escavação prévia no solo (2 a 4 metros de profundidade e diâmetro do tubo moldador), fazendo-se de seguida a colocação do primeiro troço deste;

- Inicia-se a escavação através de um trado ou de um balde suspenso no mastro da máquina;
- Coloca-se a armadura, com os respectivos espaçadores para se garantir o recobrimento;
- Faz-se a betonagem do furo através de uma coluna de betonagem, retirando-se o tubo moldador conforme for decorrendo a betonagem;
- Faz-se a vibração do betão, podendo ser feita através da retirada do próprio tubo com vibroextração;
- Realiza-se, por fim, o saneamento da cabeça da estaca.

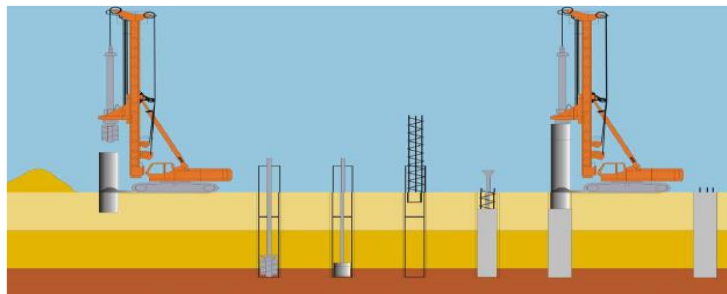


Figura 22 Esquema de execução de estacas com tubo moldador recuperável (Fonte: Bessa Meireles, 2006)

Execução de estacas recorrendo a lamas bentoníticas

- Executam-se os muros-guia para que não ocorra a contaminação nem perda de lamas bentoníticas para o terreno;
- Inicia-se a escavação, através do trado suspenso, fazendo-se a substituição do solo por lamas bentoníticas;
- Faz-se a betonagem através de uma coluna de betonagem, sendo esta efectuada no sentido ascendente (betão é colocado de baixo para cima), possibilitando assim a recolha das lamas;
- Colocam-se as armaduras;
- Efectua-se o saneamento da cabeça da estaca.

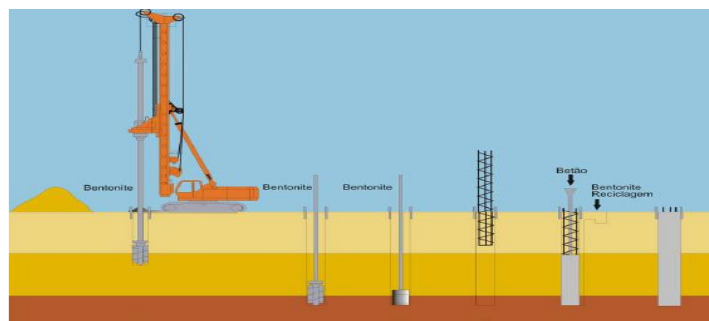


Figura 23 Esquema de execução de estacas com lamas bentoníticas (Fonte: Bessa Meireles, 2006)

Depois de executada a cortina e de efectuados todos os saneamentos em todas as estacas, procede-se à construção da viga de coroamento, fazendo a amarração das armaduras longitudinais destas vigas com a das estacas da cortina. Tendo esta viga a finalidade de distribuir os esforços pelas estacas. Quando está prevista a implantação de ancoragens na viga de coroamento, é necessário prever os negativos necessários para a realização da ancoragem, antes de se efectuar a betonagem.

Após a viga de coroamento estar executada, procede-se à execução das ancoragens e/ou escoramentos.

Terminada a construção de toda a estrutura da cortina e de se ter realizado a escavação no interior da contenção, pode dar-se início à construção das fundações da superestrutura, realizando-se esta de baixo para cima, devendo proceder-se às amarrações necessárias entre a cortina de estacas e a superestrutura.

| Cortinas de estacas moldadas | |
|------------------------------|---|
| Vantagens | <ul style="list-style-type: none"> • A execução não origina ruído ou vibração significativa dos solos; • Afetam pouco as condições iniciais do terreno; • A amostragem do terreno permite ter um controlo sobre as características dos solos atravessados e atingidos; |
| Desvantagens | <ul style="list-style-type: none"> • Possibilitam desvios de verticalidade da armadura e arrastamentos do betão durante a presa; |

| | |
|--|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> • Pode existir descompressão nos solos arenosos, localizados entre estacas; • Não da completas garantias relativamente a não existência de defeitos ao longo da superfície lateral da estaca; |
|--|--|

Tabela 4 Vantagens e desvantagens das cortinas de estacas moldadas

2.1.7. Método de Escolha da Contenção

Na sequência da análise desenvolvida nos capítulos anteriores e tendo como base a interligação de três variáveis, que são importantes para a realização deste tipo de estudo: a geologia do local, as condicionantes presentes na obra e na envolvente desta e o tipo de contenção que se pretende utilizar. Procurar-se-á estabelecer uma metodologia que permita, numa primeira observação e em função das variáveis em presença identificar o tipo de contenção mais aconselhável.

As condicionantes variáveis a considerar são:

Impermeabilização da cortina, sendo a existência de nível freático acima da cota de escavação.

As construções vizinhas, a condição mais desfavorável verifica-se quando existem edifícios ou outros tipos de construções que possam ser afectados.

O custo da realização da contenção: pretende-se sempre que a solução seja a mais económica possível.

O prazo de execução da contenção.

Definiu-se uma classificação qualitativa de maneira a poder-se avaliar qual a solução mais indicada:

B – Boa;

R – Razoável;

M – Má.

Nestes termos, considerando por um lado os tipos de contenção descritos, e por outro as características e estado do solo que se indicam de seguida:

Solo incoerente sem nível freático (Tabela 5);

Solo incoerente com nível freático (Tabela 6);

Solo coerente sem nível freático (Tabela 7);

Solo coerente com nível freático (Tabela 8).

Podemos estabelecer as matrizes que se apresentam, em função do tipo do solo.

| Tipo de contenção | | Condicionantes | | | |
|------------------------------|-----------|-------------------------------------|----------------------|-------|---------|
| | | impermeabilização | Construções vizinhas | Custo | Rapidez |
| Paredes moldadas | | B | B | R | R |
| Paredes tipo Berlim | | Pouco aconselhável de ser utilizada | | | |
| Cortinas de estacas moldadas | Espaçadas | Pouco aconselhável de ser utilizada | | | |
| | Tangentes | B | B | B | B |
| | Secantes | B | B | B | B |

Tabela 5 Solo incoerente sem nível freático

Comentário tabela 5

As cortinas de estacas moldadas tangentes ou secantes podem ser eficazes para fornecer contenção e estabilidade.

| Tipo de contenção | | Condicionantes | | | |
|------------------------------|-----------|-------------------------------------|----------------------|-------|---------|
| | | impermeabilização | Construções vizinhas | Custo | Rapidez |
| Paredes moldadas | | B | B | R | R |
| Paredes tipo Berlim | | Pouco aconselhável de ser utilizada | | | |
| Cortinas de estacas moldadas | Espaçadas | Pouco aconselhável de ser utilizada | | | |
| | Tangentes | B | B | B | B |
| | Secantes | B | B | B | B |

Tabela 6 Solo Incoerente Com Nível Freático

Comentário tabela 6

Em solos incoerentes com nível freático as cortinas de estacas moldadas secantes surgem como a melhor opção devido a impermeabilização eficiente, contenção robusta, adaptação a solos incoerentes, controle de nível freático e rapidez de execução, e evitam

os deslocamento lateral do solo.

| Tipo de contenção | | Condicionantes | | | |
|------------------------------|-----------|-------------------|----------------------|-------|---------|
| | | impermeabilização | Construções vizinhas | Custo | Rapidez |
| Paredes moldadas | | B | B | R | R |
| Paredes tipo Berlim | | B | M | B | B |
| Cortinas de estacas moldadas | Espaçadas | B | B | B | B |
| | Tangentes | B | B | B | B |
| | Secantes | B | B | B | B |

Tabela 7 Solo Coerente Sem Nível Freático

Comentário tabela 7

As paredes tipo Berlim são as mais utilizadas neste tipo de terreno, mas tem de se ter atenção a existência de construções vizinhas que possam ser afectadas.

| Tipo de contenção | | Condicionantes | | | |
|------------------------------|-----------|-------------------|----------------------|-------|---------|
| | | impermeabilização | Construções vizinhas | Custo | Rapidez |
| Paredes moldadas | | B | B | M | R |
| Paredes tipo Berlim | | M | M | B | R |
| Cortinas de estacas moldadas | Espaçadas | M | B | B | B |
| | Tangentes | B | B | B | B |
| | Secantes | B | B | B | B |

Tabela 8 Solo Coerente Com Nível Freático

Comentário tabela 8

Tanto as paredes moldadas como as estacas prancha são adequadas para a contenção neste tipo de solos com presença de nível freático. Também pode ser aplicada as cortinas de estacas moldadas secantes, as paredes tipo Berlim em solos com nível freático não tem condições para serem aplicadas.

3. ESTUDO DE CASO: EXECUÇÃO DE UM EDIFÍCIO MULTIUSO

3.1. GENERALIDADES

O estágio incluiu essencialmente o acompanhamento e controle das atividades realizadas no campo na construção do edifício, que foram as seguintes: escavação, perfuração e ancoragem do solo, marcação de pontos, armação de elementos estruturais e betonagem. Sendo este um projeto longo e de grande investimento, apenas é feita referência aos trabalhos realizados até ao fim do período de estágio.

3.2. LOCALIZAÇÃO DO EDIFÍCIO

O empreendimento localiza-se na Av. Julius Nyerere, precisamente nas seguintes coordenadas 25°58'16.9"S e 32°35'43.9"E, cidade de Maputo, Moçambique.

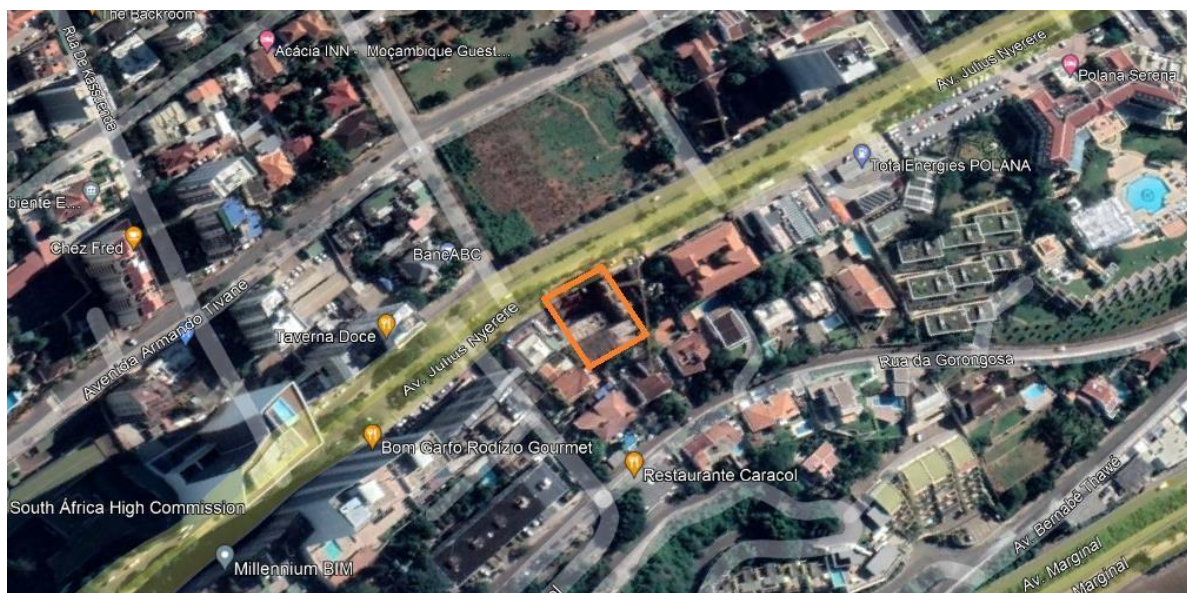


Figura 24 Imagem do Local da obra (Fonte: Google Earth)

3.3. DESCRIÇÃO DO EDIFÍCIO EM ESTUDO

3.3.1. Infraestrutura

- Admitiu-se uma solução em fundações diretas constituída por uma laje de ensoleiramento geral de betão armado com espessura de 1,5m.

3.3.2. Superestrutura

- O edifício será concebido em lajes fungiformes maciças em betão armado com 23cm de espessura apoiadas diretamente nos pilares, possuindo bandas de reforço moldadas no local.
- Todos os elementos da estrutura em betão armado serão moldados em obra por forma a garantir a continuidade e uma perfeita ligação dos elementos.
- Os pilares são em betão armado com afastamento máximo de 7m, com dimensões adequadas aos esforços a suportar e de acordo com a implantação prevista no projeto.
- As paredes da caixa de elevador, da caixa de escadas assim como da rampa também são em betão armado com 20cm de espessura.

3.3.3. Descrição da arquitetura do edifício

O edifício implantado possui 22 pisos acima do solo e 6 pisos enterrados, 21 pisos destinados a habitação e 1 piso térreo para escritórios.



Figura 25 Projeto 3D

Cada piso possui 4 apartamentos de diferentes tipologias cuja as áreas variam de 80m² a 160m².

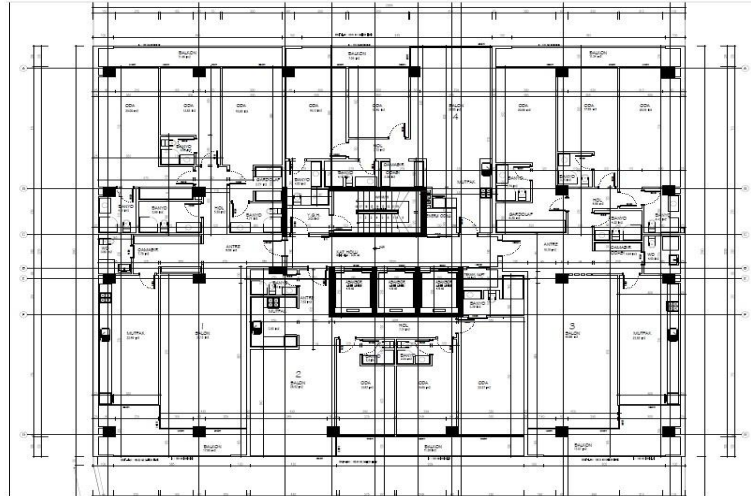


Figura 26 Planta tipo 1 ate ao 22 andar

Materiais

Betão

Os elementos estruturais constituintes do edifício serão construídos, de acordo com o REBAP, por;

- Betão de limpeza B15 (C12/15)
- Betão B25 (C20/25)

Aço

O aço em varão para betão armado de acordo com as especificações do REBAP é:

- Aço A400NR – Armaduras ordinárias

3.4. Trabalhos iniciais

O terreno onde decorre a obra era um local habitado sendo necessário fazer demolições antes de se iniciar com o estudo do solo. Após isso foi feita uma sondagem do solo, onde foi possível constatar que não seria possível executar uma fundação em estacas por ter-se encontrado estratos de areia fina amarela e constatado que a zona firme para implantação das estacas encontrava-se à grandes profundidades, tornando a solução

antieconómica o que culminou na alteração da solução de fundação para ensoleiramento geral. Para a contenção dos solos foi utilizado sistema de cortinas de estacas moldadas em betão, que consiste em executar sucessivas estacas no perímetro a ser escavado, com vigas de ancoragem, pelo facto da obra ser próxima a uma via rodoviária com um fluxo médio.

3.5. Recobrimentos e características dos materiais

Os recobrimentos foram definidos de maneira a proteger as armaduras em relação ao ataque de agentes ambientais e de modo a garantirem a aderência entre o aço e o betão.

| Quadro de características de matérias e recobrimentos | | | |
|---|---------------------------------|-----------------|-------------------------|
| ELEMENTOS ESTRUTURAIS EM GERAL | Classe de resistência do betão | | B25 |
| | Classe de exposição ambiental | | Moderadamente Agressivo |
| | Classe de teor de cloretos | | CL 0,20 |
| | Dimensão máxima do agregado | | 25 |
| | Classe de consistência do betão | | S4 |
| | RECOBRIMENTO | Lajes | 30 |
| | | Vigas | 30 |
| | | Pilares e muros | 30 |
| | | Paredes | 30 |
| | | Escadas | 30 |
| ELEMENTOS EM CONTACTO COM O SOLO | Classe de resistência do betão | | B20 |
| | Classe de exposição ambiental | | Muito Agressivos |
| | Classe de teor de cloretos | | CL 0,40 |
| | Dimensão máxima do agregado | | 30 |
| | Classe de consistência do betão | | S4 |
| | RECOBRIMENTO | Estacas | 40 |
| Maciços | | 50 | |

| | |
|---------------------------|------|
| Aço em varão | A400 |
| Regularização da fundação | B15 |

Tabela 9 Características dos materiais e recobrimentos

4. EXECUÇÃO DO EDIFÍCIO

4.1. Descrição das atividades

As atividades acompanhadas pelo estagiário foram: escavação, execução das vigas de ancoragem, marcação de pontos, colocação do betão de limpeza na fundação, armação dos elementos estruturais (fundação, pilares, caixa de escadas e elevador). Neste capítulo a descrição das atividades será feita com uma abordagem teórico-prática.

4.1.1. Execução das cortinas de estacas moldadas em betão

As cortinas de estacas em betão são um tipo de contenção periférica de solos em que os elementos principais desta estrutura, as estacas, são executadas diretamente no interior do solo, mesmo antes de se realizar a escavação da cavidade. Este tipo de solução tem sido muito usada devido à facilidade e rapidez de execução, comparativamente às soluções alternativas, assim como o desenvolvimento progressivo dos equipamentos para sua execução.

Caso da obra

A solução escolhida em obra para contenção dos solos, foi a cortina de estacas moldadas contíguas junto com ancoragens com cabos pré-esforçados, ancoradas no maciço ou viga, e a inclinação das ancoragens não foram fixas para todas, porém foi respeitado o mínimo de 15°. O seu processo construtivo consiste na realização de um furo no terreno através de um trado contínuo, procedendo-se de seguida à colocação do cabo de ancoragem no furo realizado, fazendo-se de seguida a injeção de caldas de cimento para se fazer a selagem dos cabos da ancoragem, sendo também criado um bolbo de selagem no final da ancoragem e por fim faz-se o tensionamento dos cabos com auxílio de um macaco hidráulico.



Figura 27 Motor do macaco hidráulico e cabeça do macaco hidráulico(Fonte: Autor)

A perfuração foi feita em fases devido a profundidade e pelo facto do trado não possuir o comprimento desejado, foi necessário acrescentar trados a medida que a profundidade foi aumentando.

Após atingir a profundidade e inclinação desejada, foi posicionada a ancoragem em cabo de aço de pré-esforço com 5 cordões e injeção de uma calda de cimento que leva 7 dias para alcançar a trabalhabilidade, após os 7 dias e betonagem do maciço é auferida uma tensão de 150 kPa ao cabo de pré-esforço por meio de um macaco hidráulico.

A injeção da calda de cimento que é aplicada envolvendo o tirante e formando o bolbo de ancoragem, pode ser feita em estágio único ou estágios múltiplos, e na obra foi feita em estágio único injetados em um fator de água/cimento de 0,5. O betão usado para o maciço foi B20.



Figura 28 Máquina de perfuração(Fonte: Autor)

Para auferir tensão aos cabos de ancoragem foram necessários 3 elementos: macaco hidráulico, placa metálica e cabeça do tirante.

Ao encaixar a cabeça do macaco hidráulico na cabeça do tirante, a tensão é auferida ao mesmo de forma faseada onde primeiro sujeita-se o cabo uma tensão de 50kPa e verifica-se o alongamento, depois de 15 min o cabo é sujeito a mais 50kPa seguindo o processo até que sejam alcançados os 150kPa desejados. Se por acaso o alongamento no início e depois dos 15 min for diferente em qualquer das fases o processo é reiniciado.

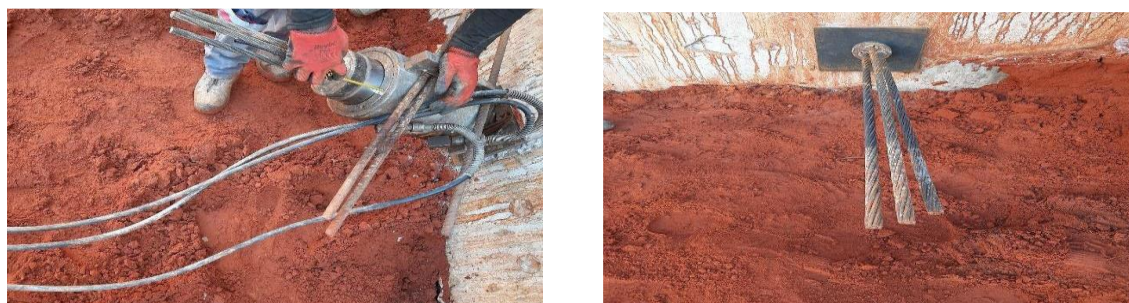


Figura 29 Medição do alongamento e ancoragem concluída(Fonte: Autor)

4.1.2. Escavação

As escavações visam a retirada do solo de um dado terreno a fim de se atingir a profundidade ou a cota necessária para execução da construção.

Caso da obra

As escavações eram feitas com o auxílio de três retroescavadoras: duas na área de escavação e uma ao nível da estrada para descarregar a areia no camião basculante. As duas retroescavadoras no nível mais baixo retiram a areia para o canto, próximo à terceira máquina, até um nível em que a máquina é capaz de retirar a areia e levá-la para o camião basculante que transporta a areia para fora do local de obra.



Figura 30 Processo de escavação(Fonte: Autor)

Após alcançar níveis de areia onde a solução torna-se inviável a areia será retirada da seguinte forma:

- A grua levará uma caçamba no local de obra para a zona a ser escavada;
- As máquinas escavadoras encherão a caçamba;
- A caçamba será fixa na grua-fixa;
- Com auxílio da grua-fixa a areia será descarregada no caminhão basculante retirada da obra.

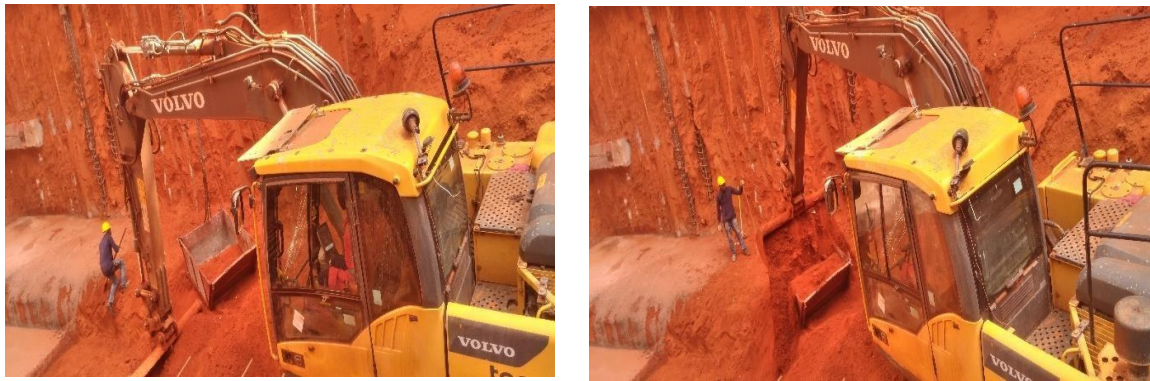


Figura 31 Descarga da terra na caçamba(Fonte: Autor)

4.1.3. Fundação

Entende-se como fundações o conjunto de elementos estruturais das construções, cuja finalidade é a de transmitir as cargas da superestrutura ao solo de fundação, considerando as características mecânicas envolvidas.

O tipo de fundação escolhida foi o ensoleiramento geral que é uma fundação superficial executada em betão armado e recebe todas as cargas através dos pilares ou alvenaria da edificação, distribuindo as cargas de forma uniforme sobre o solo, que tem como campo de aplicação:

- Solo com características mecânicas elevadas a grandes profundidades;
- Solo superficial fraco, mas suscetível de receber cargas;
- Superestrutura extremamente sensível a assentamentos diferenciais;
- Carregamentos muito elevados na totalidade ou em parte significativa da fundação;

Caso da Obra

Após a escavação e limpeza, para a armação da fundação foram marcados os níveis do betão de limpeza com auxílio ao dispositivo *Dump leveler* (dispositivo usado para a marcação de níveis).



Figura 32 Marcação do nível com Dump Lever e Mira (Fonte: Autor)

Para a marcação do nível, em primeiro lugar foram espalhadas, na área a nivelar, bitolas de aço de modo a facilitar marcação do nível desejado entre os vários pontos da superfície. Após o posicionamento das bitolas, com o auxílio da mira por cima das bitolas, um ajudante e do *Dump leveler*, o topógrafo determinou o nível que o betão de limpeza deveria estar para a armação da fundação.



Figura 33 Betão de limpeza(Fonte: Autor)

Após a colocação do betão de limpeza foi iniciado o trabalho dos ferreiros (armação da fundação), que teve como primeiro passo a colocação de blocos cerâmicos para garantir o recobrimento inferior da laje de pavimento e logo em seguida foi colocada a armadura inferior por cima dos mesmos, que é unida a estrutura existente por meio dos varões de espera com um arranque de 1m. Foi usado o mesmo processo para a base da caixa de elevador.

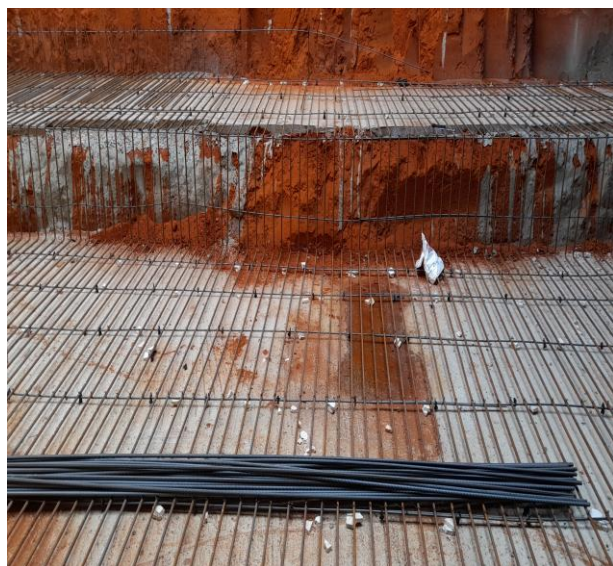


Figura 34 Colocação da armadura inferior(Fonte: Autor)

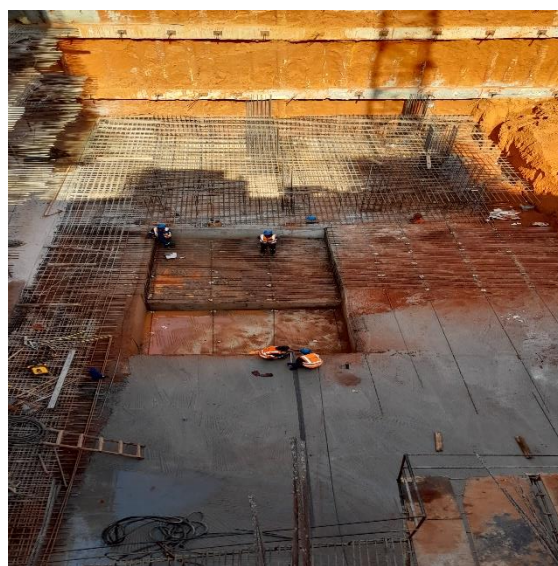


Figura 37.b – Armação da base da caixa de elevador

Para a colocação da armadura superior foram colocados cavaletes, que são elementos metálicos que garantem a espessura da laje e assentamento seguro da armadura superior.

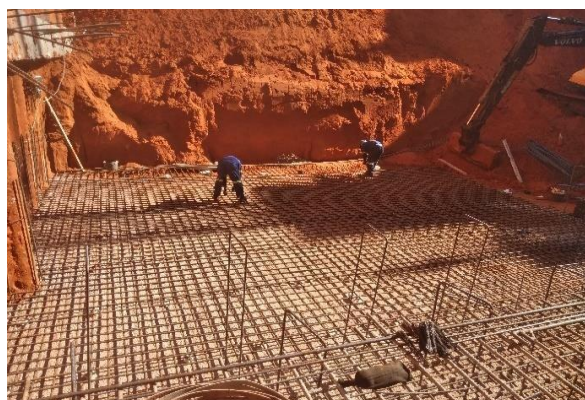


Figura 35 Amarração dos cavaletes (Fonte: Autor)



Figura 38.b – Amarração da malha superior(Fonte: Autor)

Os pilares são em betão armado, com dimensões adequadas aos esforços a suportar e de acordo com a implantação prevista no projecto de arquitectura. No geral, os pilares são de secção transversal rectangular, dispostos em eixo de malha rectangular.

Para a implantação dos pilares fez-se a instalação das coordenadas dos pilares no dispositivo de estação total, onde de seguida foram marcados os pontos de referência para poder iniciar com o trabalho de marcação dos pontos dos pilares.



Figura 36 Estação Total (Fonte: Autor)



Figura 36.b – Pontos do pilar marcado (Fonte: Autor)

Marcados os pontos dos pilares, estes foram armados com um arranque de 50 cm para posterior empalme após a betonagem da fundação.



Figura 37 Pilares posicionados após a marcação de pontos (Fonte: Autor)



Após todos os processos descritos finalizados procedeu-se com a betonagem da fundação.

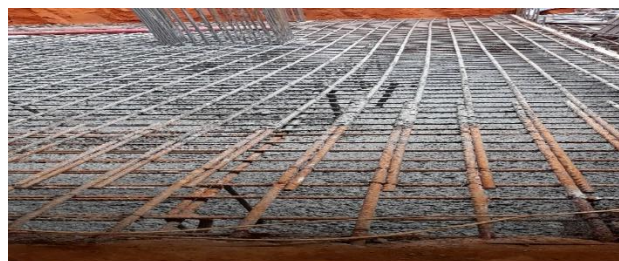


Figura 38 Colocação de betão (Fonte: Autor)

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Finalizado o relatório, é possível afirmar que os principais objetivos traçados foram atingidos de forma satisfatória. Foi desenvolvido o tema previsto e realizada a análise que pretende ser um contributo para ressaltar a necessidade de se ter um projeto bem elaborado e que leve em conta todos os fatores geotécnicos e urbanos envolvidos em obras de contenções periféricas.

Primeiramente foi realizada uma breve revisão bibliográfica em que se abordaram aspetos relacionados com as estruturas de contenção periférica, realçando as cortinas de estacas moldadas em betão por ser a solução a que se recorreu na obra em estudo, ficou também, evidenciado que cada método construtivo possui uma finalidade específica de acordo com o tipo de solo e que é possível numa única construção usar diversos procedimentos geotécnicos. Por último, pode-se perceber que a escolha de um método geotécnico construtivo em uma obra de contenção periférica, deve-se basear, na viabilidade técnica, económica e de segurança.

Recomenda-se, a partir do aprendizado que o estagiário teve em obra, em relação ao planeamento, a verificação das atividades planejadas e executadas para que se tenha bastante atenção, de modo a se obter resultados satisfatórios á primeira, isto é, para que as atividades sejam executadas com a qualidade e excelência, é essencial uma constante verificação.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrade, H. M. (2011). Caracterização de Edifícios Antigos. Edifícios "Gaioleiros". Tese de Mestrado. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa.
- Brito, J. d. (2002). Paredes tipo Munique. cadeira de Tecnologia de Contenções e Fundações. IST.
- Cardoso A., Estacas, Porto, FEUP
- Carvalho, M. d. (2009). Ancoragens Pré-esforçadas em Obras Geotécnicas - Construção, ensaios e análise comportamental. Teses e Programas de Investigação LNEC. LNEC.
- Costa, António. s.d. "Anomalias e Mecanismos de Deterioração". Instituto Superior Técnico.
- Costa, P. A. (2015). Soluções de escavação e contenção periférica com preservação de fachadas centenárias. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa.
- Couto, Pedro Miguel Ferreira. 2014. "Estudo de soluções de contenção periférica em função das condicionantes de execução". Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- GOMES, Coelho António - O Valor Acrescentado da Geologia nos Estudos Geotécnicos em Áreas Urbanas. Lisboa: Coba, 2006.
- MACHADO, Rui - Microestacas. Lisboa: Instituto Superior Técnico, 2011. [Consult. 12 set. 2020].
- MATOS FERNANDES, M. Estruturas de suporte de terras, FEUP, Porto, 1995.
- MÉNARD, L.; ROSSEAU, J. - L'évaluation des tassements, tendances nouvelles. Sols Soils. 1 (1962) 13–30.
- MESQUITA, Carlos - Patologia das Fundações. Métodos de Inspeção, Monitorização e Ensaios In Situ. Curso de Reforço de Fundações. Lisboa, FUNDEC, 18 e 19 de novembro de 2013.

ANEXOS

