

RECOMENDAÇÕES NA ÁREA DA GEOTECNIA

ESPECIALIZAÇÃO EM GEOTECNIA



ORDEM
DOS
ENGENHEIROS

RECOMENDAÇÕES NA ÁREA DA GEOTECNIA

JANEIRO
2020

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	7
PREFÁCIO	9
INTRODUÇÃO	11
RECOMENDAÇÕES A QUE DEVEM OBEDECER OS PROJETOS DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA	15
1. INTRODUÇÃO	15
2. TECNOLOGIAS EXECUTIVAS CORRENTES EM PORTUGAL	17
3. REQUISITOS DE PROJETO	23
4. QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL EXIGÍVEL AOS TÉCNICOS.....	24
5. INSTRUÇÃO DE PROJETOS DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA	25
6. PRINCIPAIS CAUSAS DOS DANOS PROVOCADOS POR OBRAS DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA.....	31
RECOMENDAÇÕES PARA A PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA PARA O PROJETO DE FUNDAÇÕES E ESCAVAÇÕES DE EDIFÍCIOS CORRENTES	33
1. ÂMBITO.....	33
2. CARATERIZAÇÃO GEOTÉCNICA	33
2.1. INTRODUÇÃO	33
2.2. CATEGORIA GEOTÉCNICA.....	33
3. ESTUDOS DE RECONHECIMENTO	34
3.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR	34
3.2. CARACTERIZAÇÃO E PARAMETRIZAÇÃO	34
3.3. MÉTODOS DE RECONHECIMENTO	35
4. PROCEDIMENTOS MÍNIMOS DO RECONHECIMENTO GEOTÉCNICO	40
4.1. ABRANGÊNCIA DO ESTUDO	40
4.2. NÚMERO E LOCALIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE PROSPEÇÃO (SONDAGENS E POÇOS)	41
5. PROFUNDIDADE DA INVESTIGAÇÃO	42
6. RESPONSABILIDADE DA PROSPEÇÃO.....	46
7. RELATÓRIO GEOTÉCNICO	47
ANEXO 1 – FLUXOGRAMAS	49
ANEXO 2 – MÉTODOS DE PROSPEÇÃO	51
RECOMENDAÇÕES PARA A SEGURANÇA NA EXECUÇÃO DE VALAS	53
1. INTRODUÇÃO	53
2. ÂMBITO.....	53
3. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL	54
3.1. ENQUADRAMENTO NO ÂMBITO DA SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO.....	54
3.2. ENQUADRAMENTO NO ÂMBITO DE ESTALEIROS TEMPORÁRIOS OU MÓVEIS.....	54
4. PROJETO DE VALAS.....	55
4.1. ESTUDOS E RECOLHA DE ELEMENTOS DE BASE	55
4.2. CATEGORIAS GEOTÉCNICAS.....	57
4.3. CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO.....	58
4.3.1. Recomendações de dimensionamento.....	58

4.3.2. Recomendações construtivas	61
4.4. PLANEAMENTO.....	64
4.5. PEÇAS DE PROJETO.....	64
4.5.1. Considerações gerais.....	64
4.5.2. Memória descritiva	65
4.5.3. Nota de cálculo	68
4.5.4. Plano de monitorização	69
4.5.5. Gestão dos riscos.....	70
4.5.6. Peças desenhadas	72
4.5.7. Lista de quantidades de trabalho	74
5. EXECUÇÃO E ACOMPANHAMENTO DAS OBRAS	76
6. QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL EXIGÍVEL AOS TÉCNICOS.....	79
ANEXO 1 - LISTA DE VERIFICAÇÃO DOS ASPETOS RELEVANTES PARA A SEGURANÇA DAS ESCAVAÇÕES A NÍVEL DE PROJETO	81
ANEXO 2 - LISTA DE VERIFICAÇÃO DOS ASPETOS RELEVANTES PARA A SEGURANÇA DAS ESCAVAÇÕES A NÍVEL DA EXECUÇÃO	84
REFERÊNCIAS	89

AGRADECIMENTOS

A elaboração de Propostas de Recomendações, a que os membros da Especialização de Geotecnia se têm dedicado desde há cerca de três dezenas de anos, tem tido um impacto assinalável na comunidade geotécnica nacional. A anterior Comissão Executiva considerou que se tornava imperativo fazer em 2019 a atualização da versão de 2004, face aos progressos técnico-científicos ocorridos nos últimos anos e à legislação entretanto publicada.

Este trabalho foi possível graças ao empenhamento e competência de um número muito significativo de colegas, maioritariamente Especialistas em Geotecnia da Ordem dos Engenheiros, de que se destacam como autores desta atualização: António Cristóvão, António Viana da Fonseca, Fernando Ferreira, Gabriel de Almeida, Glória Espírito Santo, José Cupertino, José Mateus de Brito, Miguel Conceição, Paulo Ramos, Rui Freitas, Rui Tomásio e Vitória Rodrigues.

À Ordem dos Engenheiros, através do seu Gabinete de Comunicação pelas facilidades e suporte concedidos, e ao Bastonário, Eng. Carlos Mineiro Aires, pelo estímulo e apoio permanentes dados à Especialização e ao incentivo e apoio a edição desta publicação, agora em formato digital, é devido também um forte agradecimento.

Janeiro de 2020

A Comissão Executiva da Especialização de Geotecnia (triénio 2019-2022): Alexandre Pinto (Coordenador), Ana Quintela (Coordenador adjunto), Maria da Graça Lopes, Paulo Matias Ramos e Pedro Chitas Martins



PREFÁCIO

A atividade na engenharia e a excelência no exercício da profissão decorrem, desde logo, da qualidade da formação académica de base e da aposta na formação continuada, mas sobretudo da experiência profissional e da partilha do conhecimento.

Assim, a elaboração de Recomendações em qualquer área e, no caso vertente, na área da geotecnia, são sempre decisões louváveis, porquanto visam partilhar e transmitir vivências profissionais e alertar e dar a conhecer dificuldades vividas e as melhores soluções encontradas.

Este documento constitui um excelente apoio à atividade daqueles que concebem, executam e acompanham obras desta natureza, independentemente de a exercerem na área pública ou privada, não esquecendo a esfera da Lusofonia, enquanto espaço privilegiado para atuação dos engenheiros portugueses, onde esta publicação, não obstante algumas especificidades legislativas, poderá ter aplicabilidade.

Por isso, felicito a Comissão de Especialização de Geotecnia por esta nova edição da publicação Recomendações na área da Geotecnia, inicialmente lançada em 2004, bem como todos os que estiveram na sua génese e, agora, na atualização deste virtuoso projeto.

O facto de o trabalho ter sido desenvolvido durante um ciclo de crise e de ausência de investimento privado e público, que só recentemente começou a registar sinais que poderão indiciar uma recuperação da atividade para níveis que garantam a sobrevivência da engenharia nacional, ainda mais mérito acrescenta à iniciativa, o que me permite interpretá-la como um sinal de esperança no futuro.

A particular complexidade de que se revestem a maior parte das obras geotécnicas, independentemente da sua função, requer elevado conhecimento e especialização por parte dos seus autores e atores. Concomitantemente pelo elevado risco que comportam e pelo potencial de desvio de custos de execução que lhe estão associados, seria recomendável que os donos de obra também estivessem particularmente sensibilizados e alertados para a sua especificidade, o que muitas vezes não sucede.

A Ordem dos Engenheiros e o país orgulham-se de poderem contar desde sempre com engenheiros, especialistas e empresas de engenharia altamente qualificados nesta área, o que nos granjeou particular reconhecimento dentro e fora das nossas fronteiras territoriais, sendo de recordar o especial conhecimento que foi adquirido em solos com particulares especificidades, como é o caso de obras em determinados locais do continente africano.

A par, o Laboratório Nacional de Engenharia Civil aportou o prestígio de uma grande e histórica instituição estatal, hoje com relevo internacional.

Assim, corroboro a afirmação do Engenheiro José Mateus de Brito, o Coordenador da Comissão de Revisão das Recomendações na Área de Geotecnia, de que esta publicação é muito mais do que um conjunto de regras rígidas e de receitas, devendo ser encarada como instrumento de trabalho sobre as diversas fases em intervenções geotécnicas.

A todos os que apoiaram, participaram e têm permitido esta realização, agradeço e reitero o reconhecimento da Ordem dos Engenheiros, porque também ajudam, de sobremaneira, a fortalecer a nossa imagem e credibilização técnica.

Carlos Mineiro Aires
Bastonário

INTRODUÇÃO

A execução de obras com forte componente geotécnica teve um desenvolvimento muito grande nas últimas quatro décadas nos centros urbanos mais importantes do país, em consequência do crescente desenvolvimento do ambiente urbano e aumento da utilização do espaço subterrâneo e da ocupação de locais outrora julgados como economicamente inviáveis devido a desfavoráveis condições geológicas.

Estas obras levantam, assim, e cada vez mais, importantes desafios em termos de planeamento, projeto e construção, bem como na proteção dos edifícios existentes. Uma das maiores preocupações tem a ver com a minimização dos potenciais danos induzidos pelas obras de escavação e contenção nos edifícios confinantes, nomeadamente nas estruturas históricas e outras estruturas mais sensíveis a deformações.

Neste período, também ocorreu um incremento progressivo, mas muito significativo, do número de técnicos com formação em geotecnia, que acumularam conhecimento e experiência, e o surgimento de novos equipamentos e de novas tecnologias executivas.

No entanto, verifica-se que uma parte dos técnicos que tem responsabilidades na cadeia de decisão na área da geotecnia, nomeadamente ao nível dos projetos e da direção técnica das obras, ainda carecem de orientações acerca dos aspetos que os projetos e a execução das obras geotécnicas devem contemplar.

De facto, se bem que tenham ocorrido, nos últimos anos, avanços inegáveis na qualidade dos projetos, no uso de meios tecnológicos mais modernos e nas metodologias de execução e controlo das obras, ainda subsistem problemas e ocorrem muitos incidentes e acidentes num número significativo de obras com forte componente geotécnica, especialmente em obras de menor dimensão, os quais são incompreensíveis e inaceitáveis pelas consequências dramáticas que, por vezes, têm, com perdas de vidas humanas e elevados prejuízos materiais.

Consciente desta realidade e do papel que a Ordem dos Engenheiros deve ter no enquadramento profissional e na regulamentação da profissão, a Especialização de Geotecnia, dando continuidade ao trabalho anteriormente desenvolvido no Grupo de Trabalho de Geotecnia, fez uma reflexão profunda, quer nas reuniões da

Especialização, quer no seio de grupos de trabalho, quer ainda em ações de formação que tem promovido, de que resultaram as três recomendações que foram incluídas no livro publicado pela Ordem dos Engenheiros em 2004.

Estas recomendações cobrem as áreas críticas dos estudos geológico-geotécnicos de edifícios e da segurança na execução de obras geotécnicas, designadamente de fundações de edifícios e de escavações e contenções periféricas para a execução de caves de edifícios, e de escavações de valas para a execução de redes de infraestruturas e para outros diversos fins decorrentes da atividade da construção.

Foi em 1991 que, correspondendo à solicitação da Câmara Municipal de Lisboa à Ordem dos Engenheiros para a colaboração na elaboração das normas para projetos de escavação de caves de edifícios, em substituição do plano de escavações em vigor na Câmara, se elaborou a primeira versão da “Proposta de Recomendações para Projeto de Escavação e Contenção Periférica”. Esta proposta serviu de base ao Despacho Normativo nº 3/P/92 da Câmara Municipal de Lisboa designado por “Normas de Apresentação do Projeto de Escavação”.

Em 1994, com a publicação do Decreto-Lei nº 250/94, passou a ser obrigatória a entrega do Projeto de Escavação e Contenção Periférica nas Câmaras Municipais.

A proposta de recomendações sofreu, entretanto, algumas alterações, tendo surgido, em 1996, a segunda versão que foi apresentada no 6.º Congresso Nacional de Geotecnia, realizado em Lisboa.

Sentindo a necessidade de divulgação das referidas recomendações, a Especialização de Geotecnia promoveu ações de divulgação em Lisboa (1997 e 1999), em Coimbra, Faro e Porto (1998 e 2001) e em Aveiro (2000).

Finalmente, a terceira versão foi concluída em 2002 e divulgada, neste mesmo ano, em ações realizadas no Porto e em Lisboa, tendo sido também enviada a todos os Municípios.

No conjunto de todas estas ações de divulgação o número total de participantes foi de cerca de 2000.

A “Proposta de Recomendações para a Prospeção Geotécnica para o Projeto de Fundações e Escavações de Edifícios Correntes” surgiu em 2003, depois de dois anos

de reflexão no âmbito da Especialização, tendo sido apresentada em Lisboa, com a presença de 150 participantes.

Estas recomendações visam estabelecer as exigências mínimas e procedimentos aconselháveis para o reconhecimento das características dos locais destinados à construção de edifícios que não envolvam riscos fora do comum, ou condições de terreno e de carregamento invulgares, particularmente difíceis e que possam acarretar, para além de insegurança, revisões de projeto com sérias implicações em custos e prazos.

Após um amplo processo de reflexão e de discussão pelos Especialistas de Geotecnia, surgiu, também em 2003, a “Proposta de Recomendações para a Segurança na Escavação de Valas” que foi apresentada em Lisboa e no Porto, no início de 2004, a um total de cerca de 300 participantes.

A necessidade destas recomendações resultou do reconhecimento de que as escavações de valas são atividades perigosas, envolvendo riscos, não só para os trabalhadores envolvidos na sua execução, como para todas as pessoas que interagem com o meio envolvente dos trabalhos. Neste tipo de obras verificava-se, na altura, um número significativo de acidentes mortais em resultado das escavações serem geralmente executadas sem projetos e sem quaisquer estudos geotécnicos, pelo que se tornava imperativo que, quer o terreno envolvente da zona a escavar, quer a adoção de soluções construtivas de entivação, fossem objeto de estudos a nível de projeto, por forma a garantir uma construção segura.

Com as três recomendações que foram objeto da publicação da OE em 2004, pretendeu a Especialização de Geotecnia divulgar no meio técnico nacional o trabalho desenvolvido e contribuir, quer para a aplicação da legislação em vigor, dando orientações sobre os aspetos que os projetos devem contemplar, quer para a melhoria da segurança, assim como para a qualidade das obras geotécnicas.

A evolução natural da tipologia de obras públicas e dos correspondentes sistemas técnicos e tecnológicos de construção, conjugada com o desenvolvimento de práticas mais evoluídas de dimensionamento e da nova legislação, levou a Especialização de Geotecnia a considerar oportuna a atualização das recomendações, de forma a adequá-las à realidade atual das obras públicas e privadas, as quais envolvem a elaboração de projetos cada vez mais exigentes e complexos.

Surge, assim, uma nova versão das recomendações, agora num novo formato digital com uma apresentação gráfica que se procurou ser mais apelativa.

Da legislação publicada é de salientar a publicação, em 2010, do Eurocódigo 7, parte 1 (NP EN 1997-1, Eurocódigo 7 - Projeto geotécnico. Parte 1 – Regras gerais) e do Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação de Lisboa (RMUEL), em 2013, bem como da Portaria n.º 701-H/2008 e das Leis n.ºs 102/2009 e 40/2015.

Esta publicação pretende ser, mais do que um conjunto de regras rígidas, um instrumento de trabalho atual sobre os procedimentos de reconhecimento geotécnico, a caracterização geotécnica, os requisitos do projeto geotécnico, o faseamento de execução, a observação do comportamento e o acompanhamento da execução das obras geotécnicas e a qualificação dos técnicos envolvidos em todo o processo.

Janeiro de 2020

José A. Mateus de Brito
(Coordenador da Comissão de Revisão das Recomendações da Área de Geotecnia)

RECOMENDAÇÕES A QUE DEVEM OBEDECER OS PROJETOS DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

1. INTRODUÇÃO

A execução de escavações para a construção de pisos enterrados de novos edifícios em áreas públicas tornou-se cada vez mais frequente nas últimas décadas, em especial nos centros urbanos mais importantes, progressivamente com maiores profundidades de escavação e com condições geológico-geotécnicas mais desfavoráveis.

Verifica-se que um número significativo dessas obras continua ainda a ocasionar incidentes, embora com menor frequência, em alguns casos com perdas de vidas humanas e prejuízos materiais extremamente elevados.



Figura 1 - Colapso de uma parede de contenção tipo Berlim ancorada, na década de 1980, em Lisboa

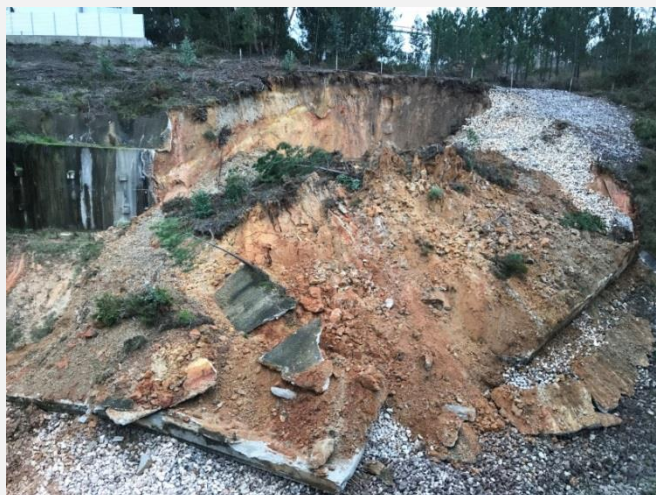


Figura 2 - Colapso de uma contenção tipo Berlim de suporte de um talude de autoestrada



Figura 3 - Afluência de água sob pressão na base de uma contenção tipo Berlim que originou o colapso e inundação total do recinto de escavação

Só no início da década de 80 surgiram as primeiras normas sobre esta matéria publicadas pela Câmara Municipal de Lisboa (CML). Estas foram posteriormente aperfeiçoadas em 1992, tendo contribuído de forma positiva para reduzir os acidentes e a sua gravidade, não obstante o grande incremento que tais obras conheceram desde então.

O regime jurídico referente ao licenciamento de obras particulares, a que se refere o Decreto-Lei n.º 250/94, estabeleceu, pela primeira vez, a obrigatoriedade de submeter à apreciação das Câmaras Municipais o Projeto de Escavação e de Contenção Periférica (PECP), após a aprovação do Projeto de Arquitetura.

Em 2004, constatando-se que uma boa parte dos técnicos das Câmaras e dos projetistas careciam ainda de orientações acerca dos aspetos que tais projetos deviam contemplar, a Ordem dos Engenheiros, através da Especialização de Geotecnia, editou as Recomendações na Área da Geotecnia, destinadas às Câmaras Municipais, em grande parte inspiradas nos normativos em vigor na CML e no EC7-1,

procurando assim contribuir para a melhoria da segurança e da qualidade destas obras.

Atualmente, em empreitadas abrangidas pelo código dos contratos públicos, os requisitos a serem contemplados no PECP são os estabelecidos na Portaria n.º 701-H/2008 (procedimentos e normas a adotar na elaboração e faseamento de projetos de obras públicas, e classificação de obras por categorias) e as exigências de qualificação profissional dos técnicos, quer envolvidos no projeto, quer na execução das obras, são objeto da Lei n.º 40/2015.

2. TECNOLOGIAS EXECUTIVAS CORRENTES EM PORTUGAL

Apresentam-se neste capítulo, a título indicativo, algumas das soluções de escavação e contenção periférica que são utilizadas em Portugal.

As principais condicionantes da escolha das soluções construtivas, a ter em conta em cada caso concreto, são as seguintes:

- Natureza e características mecânicas dos terrenos (solo ou rocha) a suportar e de fundação e sua variabilidade espacial;
- Posição e variações do nível freático e viabilidade do seu controlo durante a construção;
- Condições de vizinhança (como o espaço disponível na envolvente e a existência e importância de edifícios e de infraestruturas na periferia da escavação);
- Outros fatores técnicos e económicos.

A escolha da técnica construtiva implica:

- O conhecimento das diversas técnicas de execução de contenções e escavações e respetivos domínios de aplicação (tecnologias mais recentes, perturbações associadas aos equipamentos, sistema de suporte);
- A definição das deformações máximas admissíveis por forma a assegurar o adequado comportamento das estruturas e das infraestruturas das edificações confinantes (dimensionamento em relação ao estado limite de utilização, controlo dos deslocamentos e das distorções);
- A garantia das condições de segurança das pessoas e dos bens.

A ocorrência de água no local influencia diretamente não só as soluções e os métodos construtivos a adotar e o dimensionamento das estruturas provisórias e definitivas, bem como os prazos de execução e os custos da obra. A ocorrência de água no terreno pode ser devida ao escoamento superficial ou ao escoamento subterrâneo através de terrenos permeáveis alimentados por aquíferos, por linhas de água ou pelo mar. As variações das condições hidrogeológicas, em particular da permeabilidade, quer na horizontal, quer na vertical, e a existência de camadas permeáveis e impermeáveis intercaladas provocam variações no escoamento da água subterrânea e podem ser responsáveis por níveis artesianos com pressão de água em excesso.

A solução de contenção com perfis de aço verticais e entivações de pranchas de madeira (tipo Berlim) ou com painéis de betão armado, executada de cima para baixo à medida que avança a escavação, muito utilizada em Portugal, exigem um controlo executivo muito rigoroso face ao inerente faseamento executivo. Não deve ser adotada em terrenos brandos que não tenham consistência ou compacidade suficientes para permitir a estabilidade da escavação durante o período necessário para a execução dos painéis ou quando ocorre água nas frentes dos painéis em execução.



Figura 4 - Contenção tipo Berlim com 4 caves na Rua Barata Salgueiro, Lisboa, 2017

Em solos de menor resistência e em solos com a presença do nível freático é inevitável o recurso a soluções que consistem na execução prévia das paredes de contenção periférica.

Os principais tipos de soluções incluem estacas de betão armado contíguas ou com reduzido afastamento, painéis de parede moldada, colunas de *jet grouting* armadas ou painéis de *deep mixing* armados.

Após a execução das paredes e à medida que se procede à escavação, são colocados os elementos de suporte provisórios, constituídos por escoras metálicas ou por ancoragens pré-esforçadas. Estes elementos são posteriormente removidos ou desativados à medida que se executa a estrutura definitiva de baixo para cima.



Figura 5 - Contenção com painéis de parede moldada, com espessura de 0,60 m, escorados em 6 níveis em edifício de habitação, na Calçada Marquês de Abrantes, Lisboa, 2018



Figura 6 - Contenção com painéis de parede moldada, com espessura de 0,50 m, ancorados em 6 níveis em edifício de escritórios em Luanda, 2005

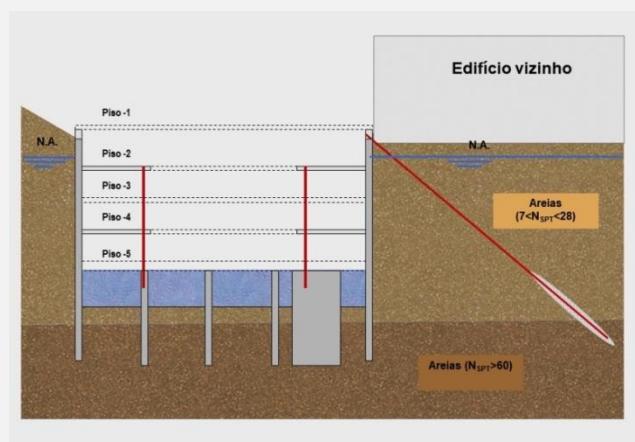


Figura 7 - Perfil transversal de uma contenção de 5 pisos com painéis de parede moldada, escorados pelas lajes dos pisos, no edifício Baía, Luanda, 2018



Figura 8 - Contenção de 5 pisos com painéis de parede moldada, escorados pelas lajes dos pisos, no edifício Baía, Luanda, 2018



Figura 9 - Contenção de estacas moldadas com 0,60 m de diâmetro afastadas de 1,20 m ancoradas em 5 níveis de vigas de ancoragem na Estação do Metro de Moscavide, Lisboa, 2009



Figura 10 - Contenção de estacas moldadas secantes com 0,60 m de diâmetro ancoradas em 7 níveis na sede do Golf Bank, Argel, 2015



Figura 11 - Contenção de estacas moldadas secantes com 0,60 m de diâmetro, dotadas de quatro níveis de travamento através de vigas de distribuição ancoradas, para execução das caves de um edifício na Praça D. João II, Porto, 2017

Em solos consistentes ou compactos ou em maciços rochosos alterados e fraturados, em que seja possível controlar eficazmente o nível freático, pode recorrer-se a soluções mais ligeiras de muros pregados, executadas por faixas horizontais à medida que prossegue a escavação.

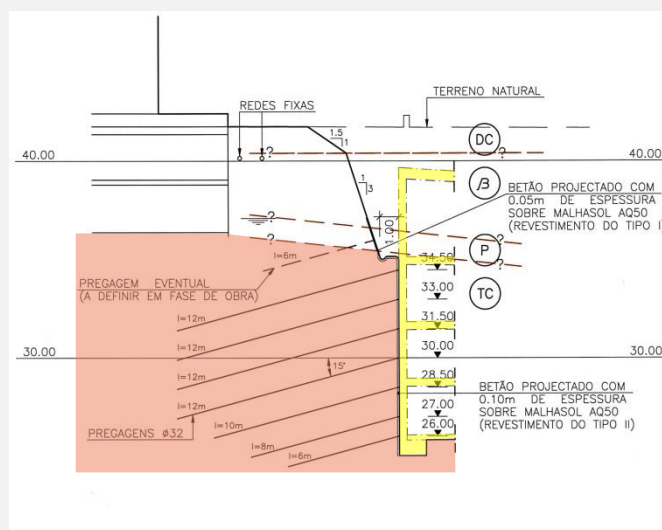


Figura 12 - Perfil transversal de uma contenção com revestimento de betão projetado pregado no Parque de Estacionamento de Miraflores, 2000



Figura 13 - Contenção com revestimento de betão projetado pregado no Parque de Estacionamento de Miraflores, 2000

Estas técnicas executivas, quer dos elementos verticais ou subverticais de suporte do terreno, quer dos elementos de suporte horizontais ou inclinados, podem ser combinadas tirando partido das condições de aplicabilidade e versatilidade de cada técnica, por forma a reduzir os prazos e os custos.

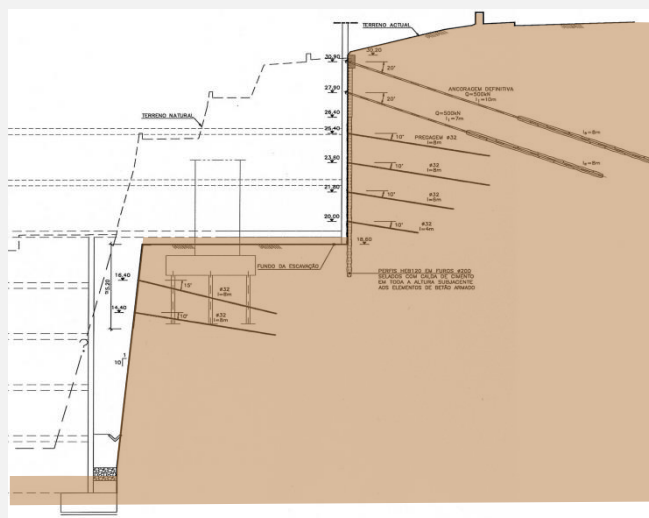


Figura 14 - Perfil transversal de uma contenção com ancoragens e pregagens definitivas e revestimento de betão projetado em formações de tufos muito compactos no Hotel Savoy Royal, Funchal, 1999



Figura 15 - Contenção com ancoragens e pregagens definitivas e revestimento de betão projetado em formações de tufos muito compactos no Hotel Savoy Royal, Funchal, 1999

3. REQUISITOS DE PROJETO

Os requisitos de um PECP decorrem das exigências resultantes da classificação atribuída às características geotécnicas da intervenção, conforme exposto no Capítulo 2.1 do EC7-1, referente às bases do projeto geotécnico.

Além do estipulado neste documento, sempre que aplicável, deverão cumprir-se as imposições expostas na regulamentação em vigor, salientando-se:

- **Regulamentos Municipais**

Funcionam como diretrizes dos requisitos necessários para a aprovação de um PECP pelas entidades licenciadoras;

De acordo com o estipulado no Plano Diretor Municipal (PDM), deverão ser observados os requisitos especiais definidos para intervenções em locais classificados como Zonas Sensíveis (zonas de elevada sensibilidade sísmica, zonas suscetíveis de ser afetadas pela ação de tsunamis, etc.).

A título exemplificativo, poderá ser consultado o artigo 104º do Regulamento Municipal de Urbanização e Edificação de Lisboa (RMUEL), que se enquadra neste âmbito.

- **Projetos abrangidos pelo Código de Contratos Públicos**

Sempre que aplicável, deverão ser respeitados os requisitos e as instruções referentes a projetos de obras públicas, explicitados na Portaria n.º 701-H/2008.

- **Outra Regulamentação e Documentação Técnica aplicável**

Os projetos deverão também observar o definido nas normas e nos regulamentos específicos que regem e definem as ações atuantes ou as partes estruturais integrantes da solução de estabilização da contenção, destacando-se as seguintes Eurocódigos e normas europeias: EC0, EC1, EC2, EC3, EC7, EC8, NP EN 1537, EN 1536, EN 1538, EN 12716, EN 14199, EN 14490 e EN 14679.

Além dos requisitos de projeto expressos na regulamentação e na documentação referida, o PECP poderá ainda ter que cumprir requisitos particulares, adicionais, contemplados no Caderno de Encargos.

4. QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL EXIGÍVEL AOS TÉCNICOS

Recomenda-se que os técnicos intervenientes em todo o processo (autor de projeto, revisor de projeto, diretor de fiscalização e diretor de obra) tenham uma formação académica de base nas áreas de engenharia civil ou de engenharia geológica, com experiência comprovada em projetos de estruturas geotécnicas.

A Lei n.º 40/2015 estabelece a qualificação profissional exigível aos técnicos responsáveis pela elaboração e subscrição de projetos, coordenação de projetos, direção de obra pública ou particular, condução da execução dos trabalhos e de direção de fiscalização de obras públicas ou particulares.

Contudo, face ao carácter generalista deste diploma em vigor e atendendo à elevada complexidade e especificidade dos trabalhos de escavação e contenção periférica, propõe-se um refinamento dos níveis de qualificação dos técnicos intervenientes, atendendo à divisão em Categorias Geotécnicas do EC7:

- **Categoria Geotécnica 1**

- O autor de projeto, o diretor da fiscalização e a direção de obra deverão ser técnicos com a qualificação profissional mínima compatível com a Categoria I da Portaria n.º 701-H/2008 e com experiência comprovada em PECP de pelo menos 2 anos;

- O revisor de projeto deverá ser um técnico com a qualificação profissional igual ou superior à exigida ao autor de projeto e com experiência comprovada em PECP de pelo menos 5 anos;

- **Categoria Geotécnica 2**

- O autor de projeto, o director da fiscalização e a direção de obra deverão ser técnicos com a qualificação profissional mínima compatível com as Categoria II e III da Portaria n.º 701-H/2008 e com experiência comprovada em PECP de pelo menos 5 anos;

- O revisor de projeto deverá ser um técnico com as habilitações académicas iguais ou superiores às exigidas ao autor de projeto, Especialista em Geotecnia pela Ordem dos Engenheiros e com experiência comprovada em PECP de pelo menos 10 anos;

- **Categoria Geotécnica 3**

- O autor de projeto, o director da fiscalização e a direcção de obra deverão ser técnicos com a qualificação profissional mínima compatível com a Categoria IV da Portaria n.º 701-H/2008, Especialista em Geotecnia pela Ordem dos Engenheiros, e com experiência comprovada em PECP da Categoria Geotécnica 2 de pelo menos 10 anos;

- O revisor de projeto deverá ser um técnico com as habilitações académicas iguais ou superiores às exigidas ao autor de projeto, Especialista em Geotecnia pela Ordem dos Engenheiros e com experiência comprovada em PECP da Categoria Geotécnica 3 de pelo menos 10 anos.

Além das habilitações académicas exigidas pela legislação e das propostas do presente documento, poderá ser necessário observar requisitos particulares que estejam contemplados no Caderno de Encargos do projeto.

5. INSTRUÇÃO DE PROJETOS DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

Os PECP devem ser instruídos por um conjunto de elementos, integrando peças escritas e peças desenhadas, que deverão incluir uma adequada descrição e justificação das soluções a implementar, bem como uma definição com detalhe suficiente para permitir a realização dos trabalhos.

No **Quadro 1** são listadas as peças documentais que devem constituir o PECP.

Quadro 1 - Documentos que devem instruir um PECP

Documentos	Observações
Estudo Geológico-Geotécnico	Desejavelmente concebido e acompanhado pelo projetista do PECP, embora deva ser realizado numa fase prévia ao desenvolvimento do projeto, do qual deverá constituir um anexo
Memória Descritiva	-
Nota de Cálculo	Pode ser incorporada na Memória Descritiva
Plano de Instrumentação e de Monitorização	Deverá incluir a instrumentação e a monitorização do comportamento da estrutura de contenção, do terreno e de eventuais estruturas contíguas. Pode ser incorporado na Memória Descritiva
Peças Desenhadas	-
Especificações Técnicas	

Em função das especificidades de cada projeto, em particular nos casos de obras da Categoria Geotécnica 3 e com especial incidência no caso de escavações a realizar em meios densamente urbanizados, pode ser importante incluir documentos que avaliam e

lidam com os riscos potencialmente criados pelos trabalhos a executar. No **Quadro 2** são listados estes documentos.

Quadro 2 - Documentos adicionais que devem completar um PECP no caso de obras da Categoria Geotécnica 3 ou sempre que se justifique

Documentos	Observações
Análise do Risco de Danos	Danos em estruturas e infraestruturas contíguas. Fundamental para escavações importantes com edifícios a grande proximidade
Plano de Gestão dos Riscos	Importante nos casos em que os riscos impliquem consequências graves

Descreve-se de seguida o conteúdo de cada um dos documentos referidos nos **Quadros 1 e 2**.

No que respeita à Memória Descritiva, recomenda-se que esta contemple, no mínimo, os seguintes temas principais:

- A descrição geral da obra a realizar, tão desenvolvida quanto o projeto o exigir;
- A descrição e análise exaustiva de toda a informação geológica e geotécnica existente;
- A descrição da solução proposta;
- A descrição do faseamento executivo.

No **Quadro 3** apresentam-se recomendações de aspetos a desenvolver em cada um destes temas.

Quadro 3 - Aspetos a desenvolver na Memória Descritiva de um PECP

Descrição geral da obra	Enquadramento geral e descrição da obra
	Identificação e caracterização das principais interferências à superfície
	Identificação e caracterização de infraestruturas localizadas na área de interferência da escavação
	Listagem dos elementos de base
Geologia e geotecnia	Descrição geológica dos terrenos interessados
	Identificação de eventuais condicionamentos geológicos existentes na envolvente
	Análise crítica do Estudo Geológico-Geotécnico
	Definição e justificação de um zonamento geotécnico

	Definição e justificação dos parâmetros a considerar para cada zona geotécnica admitida
	Definição das condições hidrogeológicas locais
	Análise do impacto da escavação e da contenção periférica nas condições hidrogeológicas da zona e definição das precauções ou medidas a adotar para a mitigação ou controlo do seu efeito
	Indicação da eventual necessidade de prospeção complementar para a fase de execução
Descrição da solução proposta	Principais condicionamentos à conceção da solução
	Descrição e justificação da solução concebida
Metodologia executiva	Descrição das principais fases de escavação
	Descrição dos aspetos particulares a considerar no faseamento executivo
	Descrição das regras de boa execução dos elementos críticos para o sucesso da solução adotada
Especificações técnicas	Especificação das exigências a respeitar nos trabalhos especiais associados ao PECP

No caso da designada Nota de Cálculo, a qual pode surgir integrada no corpo da Memória Descritiva, recomenda-se que esta inclua, no mínimo, a apresentação de todas as hipóteses admitidas no dimensionamento da solução, bem como os resultados da sua aplicação na mesma e em todos os elementos estruturais que a constituem, de forma a justificar que todos os requisitos exigidos foram verificados e são cumpridos. No **Quadro 4** apresentam-se recomendações de aspetos que deverão ser explicitados neste documento.

Quadro 4 - Aspetos a incluir na Nota de Cálculo de um PECP

Hipóteses de cálculo	Descrição geral da solução
	Normas e regulamentos aplicados
	Definição dos materiais a utilizar
	Definição das características dos elementos de suporte aplicados
	Definição das ações e combinações de cálculo aplicadas
	Definição de todos os elementos estruturais verificados
	Identificação dos mecanismos de rotura relevantes

	Descrição das metodologias de cálculo aplicadas
Justificação das soluções	Descrição e fundamentação dos modelos utilizados
	Apresentação e análise dos resultados obtidos
	Verificação da segurança geotécnica de todos os elementos
	Verificação da segurança estrutural de todos os elementos
	Análise da estabilidade geotécnica dos mecanismos de rotura identificados
	Verificação da estabilidade de obras acessórias
	Estimativa dos deslocamentos da estrutura de contenção periférica
	Estimativa dos deslocamentos impostos à superfície e/ou estruturas e infraestruturas adjacentes
	Considerações sobre outros potenciais fenómenos, de curto ou de longo prazo, que possam afetar as infraestruturas existentes; definição de eventuais medidas adicionais

Em muitas obras, nomeadamente quando a presença de água é determinante, a laje de fundo ou o sistema drenante do fundo da escavação têm que ser concebidos e dimensionados em conjunto com as obras de contenção.

O dimensionamento às ações sísmicas das obras de escavação e contenção periférica definitivas deverá ser feito de acordo com o EC8-5.

O dimensionamento às ações sísmicas das obras de escavação e contenção periférica provisórias não é, em geral, relevante. Com efeito, sendo o respetivo período de construção muito reduzido (inferior a 2 anos), verifica-se, de acordo com o EC8-5, que o correspondente valor da aceleração de dimensionamento é inferior a 0.04 g na maioria dos casos correntes, mesmo para as zonas sísmicas do país mais desfavoráveis. Este valor da aceleração é geralmente aceite como sendo aquele abaixo do qual é dispensável o dimensionamento sísmico.

No entanto, em determinados perfis de terreno muito desfavoráveis e obras de Classe de Importância III ou IV (ver EC8-1), enquadráveis na Categoria Geotécnica 3, a aceleração de dimensionamento poderá ser mais elevada, devendo considerar-se o dimensionamento da contenção às ações sísmicas.

O Plano de Monitorização é uma peça fundamental de um PECP pois permite avaliar a boa aplicabilidade dos métodos e dos faseamentos construtivos previstos às condições reais dos terrenos, bem como a eficácia das estruturas projetadas. Trata-se de uma ferramenta que permite confrontar, no decorrer da obra, os modelos de dimensionamento com a realidade e, em resultado dessa análise, sustentar eventuais

adaptações do projeto para a melhoria da segurança final da obra. No **Quadro 5** apresentam-se recomendações de aspetos que deverão ser definidos neste documento, o qual deverá ainda ser complementado com as peças desenhadas associadas, indicadas no **Quadro 8**.

Quadro 5 - Aspetos a incluir no Plano de Monitorização de um PECP

Definição de grandeza a observar
Definição dos dispositivos a instalar
Definição da frequência de leitura de todos os instrumentos
Definição e justificação dos deslocamentos/grandezas a considerar para cada instrumento
Definição dos limites de alerta (atenção e alarme)
Recomendações para o acompanhamento da obra
Descrição de eventuais medidas de reforço passíveis de ser adotadas

Dada a fenomenologia associada ao processo de escavação, é praticamente inevitável a ocorrência de deslocamentos à superfície na zona envolvente das escavações a realizar. Assim, para as obras de Categoria Geotécnica 3, ou seja, obras de maior complexidade muitas vezes associadas a escavações importantes realizadas em meio urbano e com edificações contíguas, recomenda-se o desenvolvimento de um estudo das consequências destes deslocamentos, o qual deve ter por base uma análise do risco da ocorrência de danos (COST, 2003). No **Quadro 6** apresentam-se recomendações de aspetos que deverão ser incluídos nesta análise.

Quadro 6 - Aspetos a incluir na Análise do Risco de Danos em estruturas e infraestruturas contíguas

Definição da metodologia de análise
Previsão do campo de deslocamentos
Definição das curvas de subsidência do terreno
Definição e caracterização das estruturas e/ou infraestruturas na área de influência
Avaliação da categoria dos danos potenciais nas estruturas e/ou infraestruturas
Recomendações para escavação e proposta de eventuais medidas de reforço das estruturas e/ou infraestruturas

Com um desenvolvimento adequado do PECP, através da análise tão exaustiva quanto possível de todos os aspetos indicados acima, procura garantir-se que as soluções de projeto cumprem todos os requisitos de segurança necessários face aos vários cenários suscetíveis de se produzirem.

Não obstante, tendo em consideração a natureza e a complexidade dos trabalhos normalmente associados a obras de escavação e contenção periférica da Categoria Geotécnica 3, é recomendável, nestes casos, admitir a possibilidade de ocorrerem

imponderáveis, para os quais se deve estar preparado e ter capacidade de gerir de forma imediata.

A análise destes possíveis imponderáveis e o estabelecimento das medidas a prever para a sua gestão eficaz podem ser resumidas num documento designado por Plano de Gestão dos Riscos. No **Quadro 7** apresentam-se recomendações de aspetos que poderão ser incluídos neste documento.

Quadro 7 - Aspetos a incluir no Plano de Gestão dos Riscos

Avaliação dos potenciais riscos
Medidas adicionais e recursos permanentes a alocar à obra
Recomendações para a execução dos trabalhos

Em complemento às peças escritas descritas anteriormente, devem, em cada caso, ser apresentados os desenhos indispensáveis à completa definição da estrutura projetada e do seu modo de execução. Dada a importância que o faseamento construtivo assume neste tipo de obras, considera-se fundamental que estas peças desenhadas incluam elementos de representação gráfica que estabeleçam de forma clara a sequência de operações construtivas projetadas. A lista apresentada no **Quadro 8** tem carácter indicativo, devendo ser adaptada a cada caso específico.

Quadro 8 - Peças Desenhadas tipo a incluir no PECP

Planta de localização à escala 1:1000 ou 1:2000
Planta com levantamento topográfico atualizado à escala 1:100 ou 1:200, evidenciando pontos notáveis e as confrontações e edifícios existentes
Planta de localização dos trabalhos de prospeção e cortes geológico-geotécnicos interpretativos
Planta de escavação geral com representação sintética dos elementos da estrutura de contenção e definição de todas as interferências à superfície
Planta de implantação de todos os elementos da estrutura de contenção a executar a partir da superfície
Cortes transversais e longitudinais contendo os elementos necessários à compreensão da solução preconizada, com representação do zonamento geotécnico e referência a estruturas/infraestruturas vizinhas
Alçados desenvolvidos contendo a definição/implantação de todos os elementos da estrutura de contenção, com representação do zonamento geotécnico
Definição dos elementos constituintes da parede de contenção (paredes moldadas, estacas, perfis metálicos, etc.)
Plantas de definição geométrica para os vários níveis de instalação dos elementos de suporte
Definição e pormenores de todos os elementos de suporte
Definição e pormenores de elementos de betão armado

Faseamento executivo geral e pormenorizado (eventual)

Definição e pormenores de obras acessórias

Definição e pormenores de eventuais sistemas de drenagem

Planta de localização dos dispositivos de observação, com indicação das frequências das leituras e dos critérios de alerta

6. PRINCIPAIS CAUSAS DOS DANOS PROVOCADOS POR OBRAS DE ESCAVAÇÃO E CONTENÇÃO PERIFÉRICA

A experiência tem mostrado que as principais causas de rotura associadas a obras de escavação e de contenção são as seguintes (COST, 2003):

- Condições do terreno não expectáveis;
- Rotura do sistema de ancoragem (ancoragens muito curtas ou com insuficiente comprimento de selagem);
- Rotura do sistema de escoramento (encurvadura ou deficiente ligação às paredes);
- Não cumprimento da sequência construtiva projetada (especialmente no que respeita às profundidades da escavação).

Em particular, a estabilidade das contenções é muito sensível às condições do solo (comportamento mecânico e erodibilidade) e às condições hidráulicas na zona de encastramento da parede.

As principais causas de danos induzidos pelas obras de escavação e de contenção são:

- Insuficiente ou inadequada investigação geotécnica (o insuficiente conhecimento das condições geológicas, geotécnicas e hidrogeológicas é uma das principais causas das dificuldades construtivas associadas aos atrasos e aos danos nas estruturas vizinhas);
- Projeto inadequado;
- Falta de comunicação entre os intervenientes na obra;
- Utilização de técnicas de execução pouco evoluídas ou desajustadas às condições da obra.

Em zonas urbanas com uma grande densidade de ocupação do solo, as deformações excessivas no terreno suportado pela parede de contenção, devidas ao alívio de tensões e à descarga provocada pelos movimentos lateral e vertical da parede, têm que ser devidamente controladas com a adequada conceção e dimensionamento do PECP e o estrito controlo das operações de construção e de monitorização.

As deformações são altamente dependentes do método e da sequência executiva, nomeadamente da altura de cada fase de escavação, da proporção do rebaixamento do nível freático e do intervalo de tempo entre a execução da escavação e a colocação e pré-esforço das ancoragens e das escoras.

Boa parte dos problemas associados a este tipo de obras estão ligados às operações de rebaixamento do nível freático, especialmente quando há arraste de partículas mais finas do solo ou quando se geram forças de levantamento hidráulico do fundo da escavação.

Por outro lado, a execução de ancoragens ou de pregagens também pode originar danos nos edifícios adjacentes, devendo o método de instalação ser devidamente ponderado, utilizando técnicas que não provoquem arraste significativo de finos na água de furação e que não induzam vibrações prejudiciais ou pressões excessivas nos bolbos de selagem das ancoragens.

Lisboa, janeiro de 2020

Grupo de trabalho para a atualização da “Proposta de Recomendações a que devem obedecer os Projectos de Escavação e Contenção Periférica (PECP)” constituído pelos Dr.^s Gabriel de Almeida e Glória Santo e pelos Eng.^{os} José Mateus de Brito, Miguel Conceição, Paulo Ramos e Rui Tomásio.

Agradece-se à JetSJ, à Teixeira Duarte e à TPF a amável cedência das fotos.

RECOMENDAÇÕES PARA A PROSPEÇÃO GEOTÉCNICA PARA O PROJETO DE FUNDAÇÕES E ESCAVAÇÕES DE EDIFÍCIOS CORRENTES

1. ÂMBITO

O presente documento visa estabelecer as exigências mínimas e procedimentos aconselháveis para o reconhecimento das características geotécnicas dos locais destinados à construção de edifícios e dos parâmetros a considerar na elaboração de projetos geotécnicos das estruturas enquadráveis na Categoria Geotécnica 2, a seguir definida.

Esta especificação resulta diretamente de uma interpretação particular do EC7-1, e a ele deve ser sempre referenciada.

2. CARATERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

2.1. INTRODUÇÃO

Segundo a norma EC7-1 “os estudos de caracterização geotécnica devem fornecer todos os dados relativos ao terreno e à água subterrânea, no local da obra e na sua vizinhança, que sejam necessários para uma descrição apropriada das principais propriedades do terreno e para uma avaliação fiável dos valores característicos dos parâmetros a usar nos cálculos de dimensionamento”.

2.2. CATEGORIA GEOTÉCNICA

Nos termos da norma EC7-1 constituem-se na Categoria Geotécnica 2 todos os “tipos convencionais de estruturas que não envolvam riscos fora do comum ou condições do terreno e de carregamento invulgares, particularmente difíceis”.

Incluem-se nesta categoria estruturas ou partes de estruturas como:

- Fundações superficiais;
- Ensoleiramentos gerais;
- Fundações profundas;
- Escavações;
- Muros e outras estruturas de contenção ou suporte de terreno;
- Ancoragens ou outros sistemas de apoio de estruturas de contenção.

Outras obras mais específicas não fazem parte do âmbito do presente documento.

3. ESTUDOS DE RECONHECIMENTO

3.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR

A análise preliminar do local afetado pela estrutura (ou parte da estrutura) a projetar deverá incluir o seguinte:

- Avaliar a adequabilidade do local, incluindo a eventual comparação com locais alternativos;
- Estimar o impacto ambiental da intervenção, incluindo a identificação dos locais de vazadouro e empréstimo;
- Planear os estudos geotécnicos para o dimensionamento e para o controlo do comportamento da estrutura e da sua vizinhança (por exemplo, a monitorização das implicações nas estruturas e serventias adjacentes);
- Identificar zonas de empréstimo de materiais naturais, nomeadamente solos para aterros, materiais pétreos para enrocamentos e proteções, britas, areias e agregados.

O reconhecimento preliminar já deverá conter informação sobre a topografia, hidrogeologia e características de estruturas e escavação vizinhas, que influam com o desenvolvimento do projeto. Este estudo deverá recolher a informação aplicável de cartas geológicas e geotécnicas disponíveis, bem como, se possível, de estudos de caracterização geológica e geotécnica (sondagens, etc.) anteriores e experiência de construções na vizinhança.

3.2. CARACTERIZAÇÃO E PARAMETRIZAÇÃO

Os estudos de caracterização geotécnica deverão garantir a informação necessária quer para o dimensionamento adequado, em termos técnicos e económicos, tanto das obras temporárias (como são exemplo as escavações para execução de caves de edifícios urbanos) como das definitivas, quer para avaliar todas as implicações na definição correta do método construtivo.

O reconhecimento geotécnico deve incluir métodos que permitam definir fiavelmente a disposição e as propriedades de todos os terrenos interessados pela estrutura

projetada ou afetados pelos trabalhos propostos e identificar quaisquer dificuldades que possam surgir durante a construção.

Sendo assim, após a definição lito-estratigráfica e hidrogeológica dos maciços, os estudos devem permitir definir com o desejado rigor as propriedades de resistência e de deformabilidade desses terrenos.

Nestes estudos deve prestar-se atenção a algumas particularidades, como a ocorrência de cavidades (naturais ou antrópicas), as rochas alteradas, os solos e aterros de fracas características, condições hidrogeológicas adversas, falhas, diaclases ou descontinuidades, maciços de elevada fluência, colapsíveis ou expansíveis e resíduos ou materiais manufaturados.

3.3. MÉTODOS DE RECONHECIMENTO

A caracterização geotécnica dos terrenos deve ser realizada por combinação de métodos de reconhecimento consagrados, realizados segundo normas reconhecidas.

A distância entre os pontos de prospeção, bem como a profundidade a atingir, devem ser escolhidas com base na informação sobre a geologia da área, as condições do terreno, as dimensões e o tipo de estrutura.

As sondagens, mecânicas de furação, por permitirem a recolha de amostras representativas dos maciços atravessados devem constituir a base referencial da prospeção geotécnica. Preferencialmente deverão ser executadas à rotação, destrutiva ou não, com trado oco ou amostrador contínuo, consoante a natureza mais terrosa ou rochosa do terreno envolvido.



Figura 1 - Sondagens mecânicas de furação

Em situações em que a área a reconhecer o permita (edifícios de grande área de implantação) e exista adequado contraste de propriedades, as sondagens mecânicas de furação podem ser complementadas por métodos indiretos de prospecção, nomeadamente ensaios geofísicos (sísmica de refração, resistividade elétrica e radar de superfície GPR). Estes métodos são particularmente úteis na identificação de níveis freáticos, na avaliação da espessura dos solos de cobertura, na previsão das condições de escavabilidade dos terrenos, na identificação de cavidades e na determinação das características elásticas dinâmicas dos terrenos.

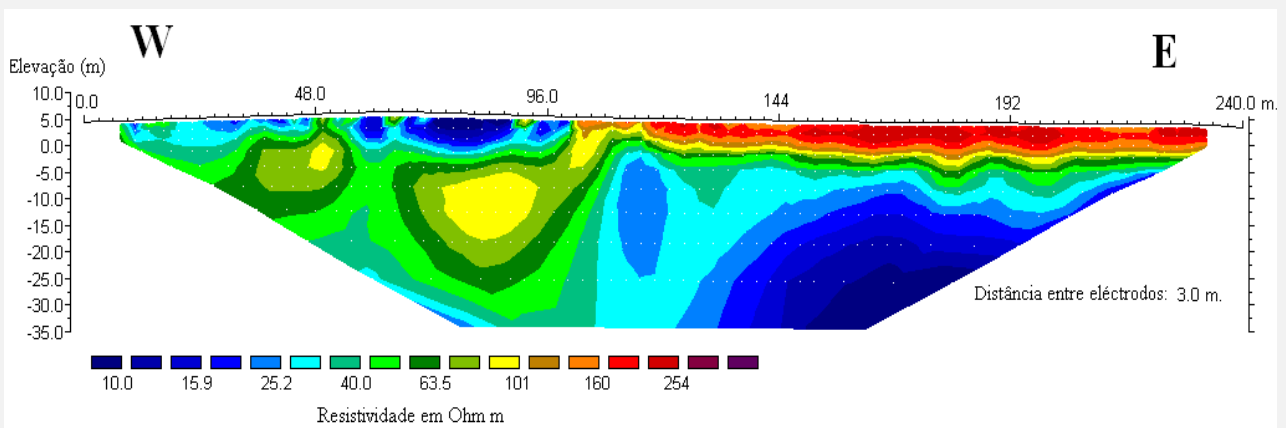


Figura 2 - Ensaios geofísicos por resistividade elétrica. Perfil de resistividade e equipamento



Figura 3 - Ensaio geofísicos pelo método das ondas superficiais

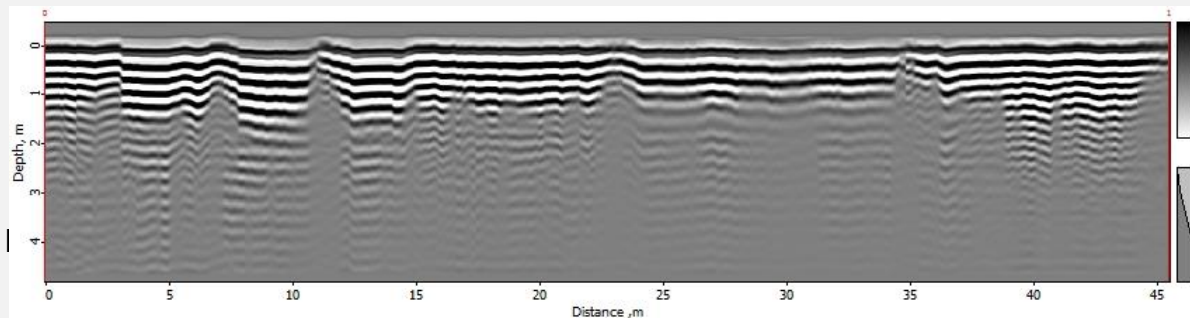


Figura 4 - Ensaio geofísicos por radar GPR. Equipamento e registo da informação

A realização de ensaios penetrométricos permite avaliar as características geomecânicas dos terrenos em contínuo e em profundidade, que também são de grande utilidade como complemento à realização das sondagens. Pela sua versatilidade referem-se os ensaios PDL, DPSH e CPT.

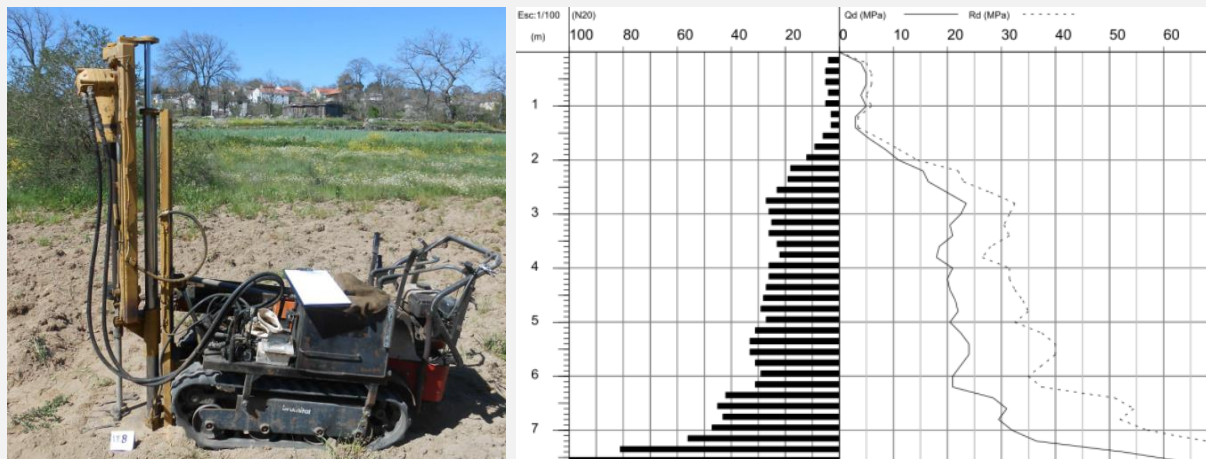


Figura 5 - Penetrômetro Dinâmico Super Pesado (DPSH). Equipamento e informação obtida

Alguns desses métodos apresentam, frequentemente, em seu abono, a vantagem de lhes estar associado um ensaio com potencialidades de definição paramétrica. De toda a forma, as sondagens devem sempre que possível incluir ensaios de penetração normalizados nos horizontes mais terrosos (ensaios SPT) e amostragem contínua nos rochosos, não esquecendo a identificação da posição do nível freático e, sempre que se justifique, a sua variação. A interpretação desta amostragem permitirá a derivação de parâmetros para o projeto geotécnico.

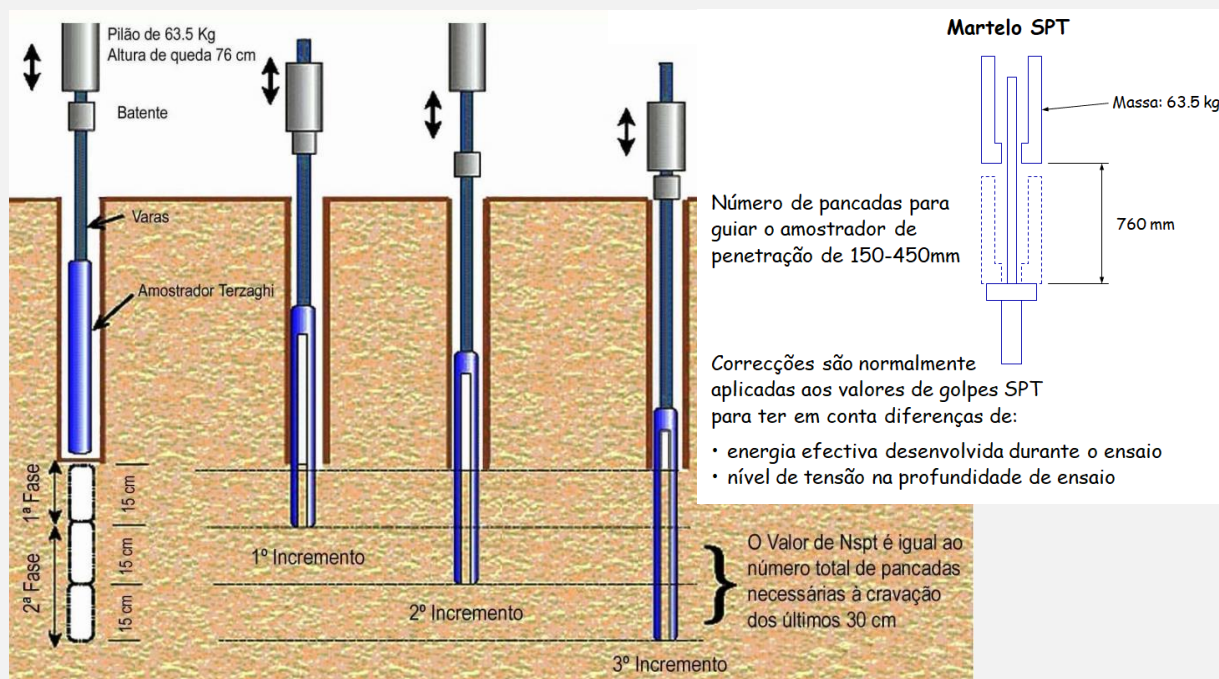


Figura 6 - Esquema de realização do ensaio SPT (EN ISO 22476-3 2005)

Referem-se ainda os ensaios CPT e CPTU que permitem caracterizar com maior detalhe a variabilidade das propriedades geomecânicas dos solos de baixa a média compactidade ou consistência. A partir dos resultados destes ensaios é possível classificar os solos e estimar as propriedades geotécnicas por correlações avançadas e unificadas, assim como índices diversos de risco geotécnico.

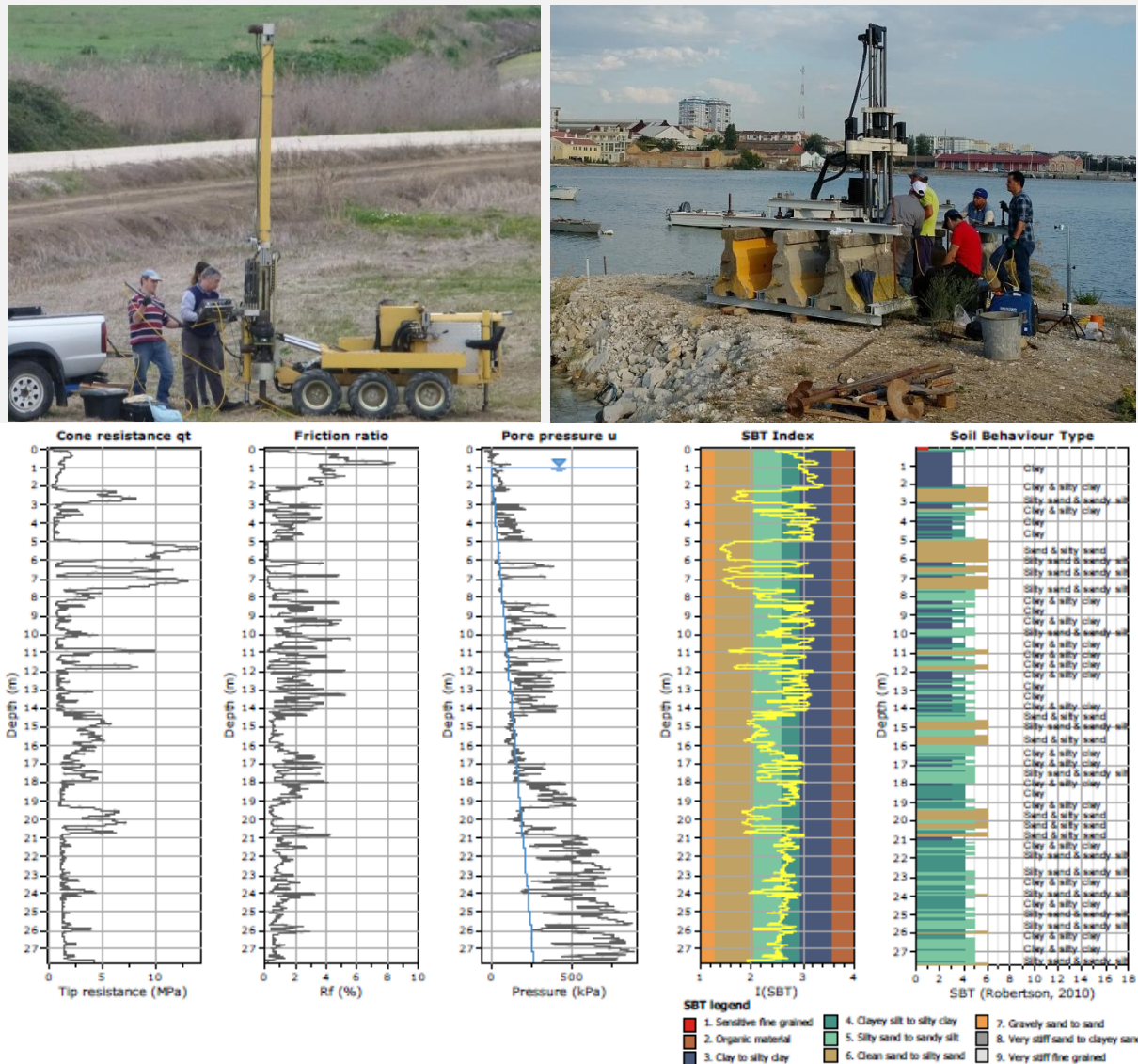


Figura 7 - Ensaio CPTu e registo da informação

Para a observação das condições *in situ*, a pouca profundidade, dos solos e dos maciços rochosos muito degradados é recomendável a abertura de poços manuais ou com retroescavadora e/ou a realização de trados manuais ou mecanizados. Com estes meios de reconhecimento é, ainda, possível a recolha de grande quantidade de amostras remexidas para posterior caracterização laboratorial.



Figura 8 - Sondagens a trado, amostradores manuais e poço de reconhecimento

Os ensaios *in situ* e em laboratório sobre amostras representativas dos horizontes interessados pela estrutura (ou parte da estrutura) a projetar – integrais ou indeformadas – deverão ser sempre considerados se o projetista considerar insuficiente a informação recolhida nos trabalhos antes referidos.

As amostras para laboratório serão provenientes das sondagens ou de poços de reconhecimento, abertos manualmente ou com meios de escavação mecanizada), ou, ainda, se for determinante para o projeto, por amostradores que permitam recolher amostras indeformadas.

4. PROCEDIMENTOS MÍNIMOS DO RECONHECIMENTO GEOTÉCNICO

4.1. ABRANGÊNCIA DO ESTUDO

Os estudos de caracterização geotécnica devem abranger pelo menos as formações que se considerem relevantes para o projeto e, abaixo das quais, o terreno não tem uma influência significativa no comportamento da estrutura, parte da estrutura, ou nas estruturas afetadas pelo empreendimento em projeto.

A distância em planta entre os pontos de prospeção e de ensaio, bem como a profundidade a atingir, devem ser escolhidos com base na informação sobre a geologia da área, as condições do terreno, a área do terreno envolvida e o tipo de estrutura.

4.2. NÚMERO E LOCALIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE PROSPEÇÃO (SONDAGENS E POÇOS)

De acordo com a antiga norma LNEC: E217-1968¹, a “disposição e o espaçamento de poços e sondagens, ou outras operações de prospeção, devem ser tais que permitam revelar qualquer modificação importante na espessura, profundidade, estrutura ou propriedades das formações interessadas. O número e o tipo das operações de prospeção necessárias variarão com as dimensões e a natureza da estrutura a fundar, as características do terreno e a existência ou não de adequados registos geológicos. É geralmente difícil dar indicações definitivas sobre a prospeção a realizar, e por isso o plano de trabalhos deve ser flexível e permitir modificações à medida que se forem colhendo informações...”.

Esse documento recomenda para quantidades e profundidades mínimas os valores que se encontram na tabela seguinte.

Quadro 1 – Número máximo e profundidade das sondagens

NÚMERO MÍNIMO DE SONDAGENS			
PROJEÇÃO HORIZONTAL DA ÁREA DE CONSTRUÇÃO			
Até 200m ²	De 200 a 400 m ²	De 400 a 2400 m ²	Acima de 2400 m ²
2 furos de sondagem	3 furos de sondagem	3 furos de sondagem mais um furo adicional por cada 400m ² excedendo os 400m ²	A definir para cada caso em particular
PROFUNDIDADE DAS SONDAGENS			
Até à obtenção de 3-4 ensaios consecutivos com N (SPT) ≥ 50 a 60 pancadas e no mínimo 4 a 5 metros abaixo da cota da última cave no caso de projeto de escavação e contenção periférica.			

Em geral, os pontos de reconhecimento devem ser localizados de tal forma que se possam definir perfis suficientes da estratigrafia tridimensional dos maciços com informação suficiente para o reconhecimento detalhado de características mecânicas dos solos e rochas e das condições dos níveis aquíferos. Informação mais detalhada deve ser obtida em elementos singulares das estruturas, muito particularmente em pontos de dificuldades ou importância especiais em termos de engenharia, ou quando as condições do maciço forem complexas ou heterogéneas.

O EC7 estabelece que “para os estudos de caracterização geotécnica de obras da Categoria Geotécnica 2 aplica-se o seguinte:

- **Obras que cobrem uma grande área**

Os pontos de prospeção podem ser dispostos segundo uma malha. A distância entre pontos deve normalmente situar-se entre os 20 e os 40 m. Em terrenos

¹ E 217 (1968). “Fundações Diretas Correntes. Recomendações”. Especificação do LNEC, Lisboa.

uniformes os furos ou poços de sondagem podem ser parcialmente substituídos por ensaios de penetração ou sondagens geofísicas.

- **Sapatas isoladas ou corridas**

A profundidade das sondagens abaixo do nível previsto para a fundação deve estar normalmente compreendida entre 1 e 3 vezes a largura dos elementos da fundação. Em alguns dos pontos de prospeção poderá ser necessário atingir profundidades superiores, com o intuito de avaliar condições relativas a assentamentos e a eventuais problemas envolvendo águas subterrâneas.

- **Ensoleiramentos**

As profundidades dos ensaios de campo e dos furos de sondagem devem ser normalmente superiores ou iguais à largura da fundação, a menos que se encontrem formações de elevada capacidade resistente a menor profundidade.

- **Obras de aterro**

Identificar os estratos compressíveis suscetíveis de contribuir para o assentamento, sendo recomendável que a distância entre pontos de prospeção se encontre entre 100 e 200 m.

- **Fundações por estacas**

Devem ser normalmente realizados furos de sondagem e ensaios de penetração e outros ensaios de campo por forma a determinar as condições do terreno até uma profundidade que garanta a segurança, *o que normalmente significa 5 vezes o diâmetro da estaca. No entanto, há casos em que se torna necessário levar a prospeção até profundidades substancialmente maiores. Constitui também um requisito que a profundidade da prospeção seja maior do que o lado menor do retângulo que circunscreve o grupo de estacas que forma a fundação, ao nível das respetivas pontas.*” (sic)

Embora não se possam estabelecer regras mais rígidas, expeditas e genéricas, para definir o espaçamento entre pontos de sondagens e as profundidades a atingir, considera-se, para os objetivos deste documento, que as recomendações que se seguem objetivam estes requisitos mínimos.

5. PROFUNDIDADE DA INVESTIGAÇÃO

A profundidade da prospeção é comandada pela zona do maciço que pode vir a ser afetada pela obra em termos de estado de tensão-deformação e de condições hidrogeológicas.

A este propósito reconhece-se classicamente que as sondagens deveriam ser conduzidas até profundidades onde o solo não seja significativamente solicitado pelas cargas estruturais, fixando-se como critério a profundidade para a qual o acréscimo de tensão no solo, devido às cargas estruturais aplicadas, seja inferior a 10% da tensão geostática efetiva.

O EC7 propõe um conjunto de recomendações para o afastamento e a profundidade de reconhecimento que se baseia na natureza e tipo de obra a construir.

(1) O seguinte afastamento entre pontos de investigação deve ser usado como orientação:

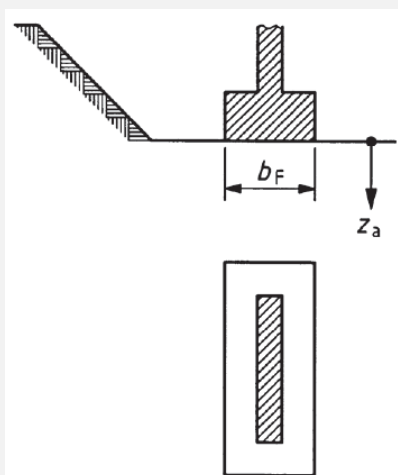
- Para edifícios altos e estruturas industriais, uma malha com pontos a uma distância de 15 m a 40 m;
- Para estruturas de grande área, uma malha com pontos a uma distância não superior a 60 m;
- Para estruturas lineares (estradas, caminhos-de-ferro, canais, oleodutos, diques, túneis, muros de contenção), um espaçamento de 20 m a 200 m;
- Para estruturas especiais (por exemplo: pontes, pilhas, fundações de máquinas), dois a seis pontos de investigação por fundação;
- Para barragens e represas/açudes, 25 m a 75 m de distância, ao longo de seções verticais.

(2) Para a profundidade de investigação Z_a , os seguintes valores devem ser usados como orientação. (O nível de referência para Z_a é o ponto mais baixo da fundação da estrutura ou elemento estrutural, ou da base de escavação.) Onde for especificada mais de uma alternativa para estabelecer Z_a , deve ser aplicada aquela que originar o maior valor.

(3) Devem ser seleccionadas maiores profundidades de investigação sempre que sejam expectáveis condições geológicas desfavoráveis, tais como estratos fracos ou compressíveis subjacentes a estratos de maior capacidade de carga.

(4) Quando as estruturas nos casos (5) a (8) e (12) são construídas em estratos competentes, a profundidade de investigação pode ser reduzida para $Z_a = 2$ m, a menos que a geologia seja indistinta, caso em que pelo menos um furo deve ser levado até um mínimo de $Z_a = 5$ m. Se uma formação rochosa for encontrada na base proposta da estrutura, esta deve ser considerada como o nível de referência para Z_a . Caso contrário, Z_a refere-se à superfície da formação rochosa.

(5) Para estruturas de grande altura e projetos de engenharia civil, deve ser aplicado o maior valor das seguintes condições:

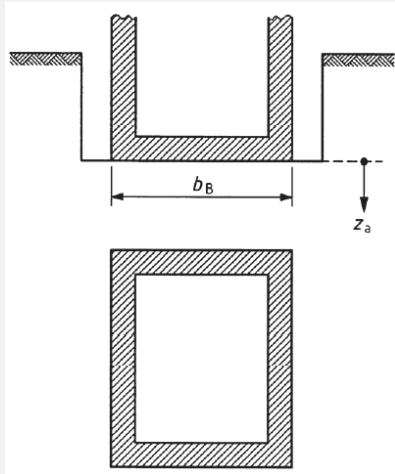


$$Z_a \geq 6 \text{ m}$$

$$Z_a \geq 3 b_F$$

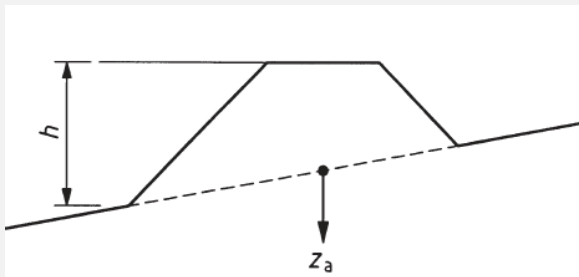
onde b_F é o comprimento do menor lado da fundação.

(6) Para fundações de ensoleiramento e estruturas com vários elementos de fundação cujos efeitos em camadas mais profundas são sobrepostos uns aos outros:

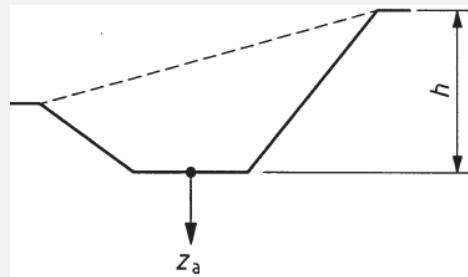


$Z_a \geq 1,5 b_B$
onde b_B é o menor lado da fundação.

(7) Terraplenos e cortes, deve ser utilizado o maior valor das seguintes condições:

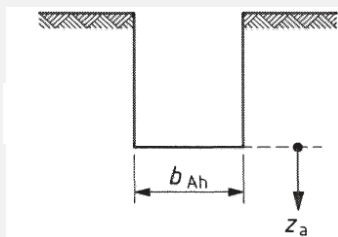


Para Terraplenos:
 $0,8h < Z_a < 1,2 h$
 $Z_a \geq 6 \text{ m}$
onde h é a altura do terrapleno.



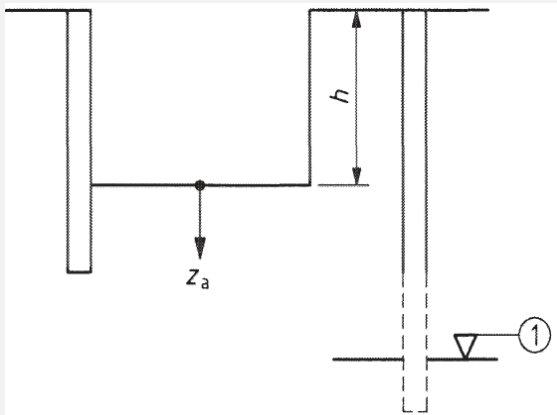
Para Cortes:
 $Z_a \geq 2 \text{ m}$
 $Z_a \geq 0,4 h$
onde h é a altura do talude ou a profundidade do corte.

(8) Estruturas lineares, do tipo vala, deve ser utilizado o maior valor das seguintes condições:



$Z_a \geq 2 \text{ m}$ abaixo do nível invertido
 $Z_a \geq 1,5 b_{Ah}$
onde b_{Ah} é a largura da escavação.

(9) Escavações

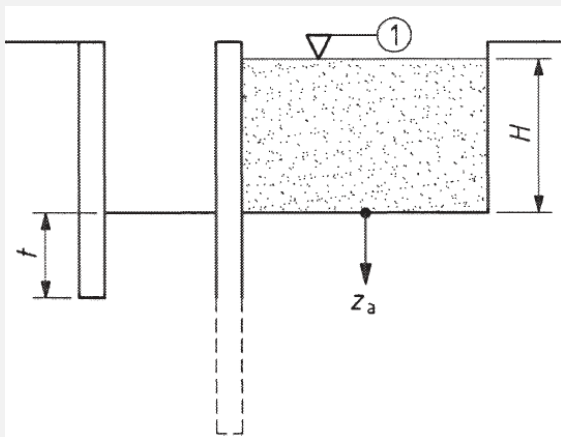


- a) onde a superfície piezométrica e os níveis freáticos estão abaixo da base de escavação, deve ser atendido o maior valor das seguintes condições:

$$Z_a \geq 0,4 h$$

$$Z_a \geq (t + 2) \text{ m}$$

onde t é o comprimento de encastramento do suporte e h é a profundidade de escavação.



- b) onde a superfície piezométrica e os níveis freáticos estão acima da base de escavação, deve ser atendido o maior valor das seguintes condições:

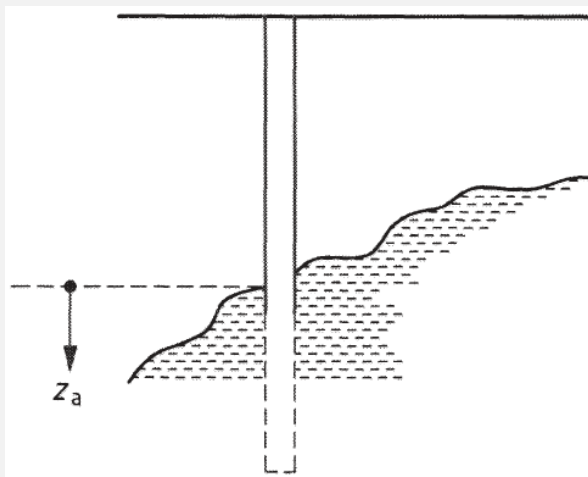
$$Z_a \geq (H + 2) \text{ m}$$

$$Z_a \geq (t + 2) \text{ m}$$

onde H é a altura do nível freático acima da base da escavação e t é o comprimento de encastramento do suporte.

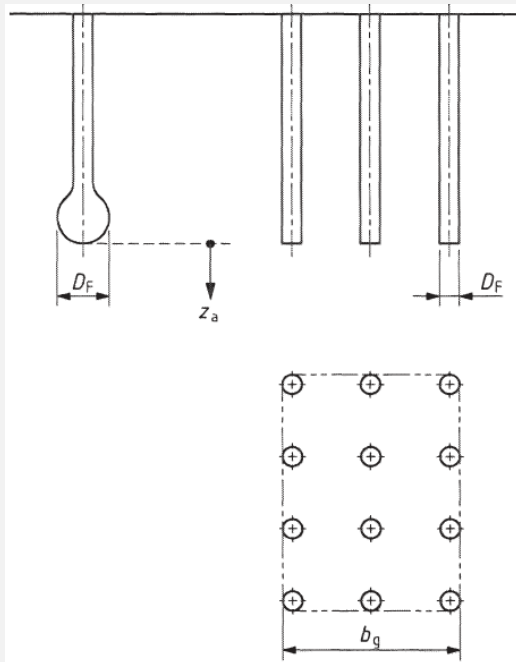
(10) Para estruturas de retenção de água, Z_a deve ser especificada em função do nível de água retida proposto, das condições hidrogeológicas e do método de construção.

(11) Para paredes corta-águas



$Z_a \geq 2$ m abaixo da superfície do estrato impermeável ao nível freático.

(12) Para estacas, devem ser atendidas as três condições seguintes:



$$Z_a \geq 1 b_g$$

$$Z_a \geq 5 \text{ m}$$

$$Z_a \geq 3 D_F$$

onde D_F é o diâmetro da base da estaca;
e b_g é o menor lado do retângulo
circunscrevendo o grupo de estacas que
forma a fundação ao nível da base da
estaca.

Citando ainda a Norma Inglesa (BS 5390): “em geral, a profundidade de prospeção deve ser conduzida abaixo de todos os depósitos que não são adotados para propósitos de fundação (solos moles muito compressíveis), mesmo quando têm sobrejacente uma camada de mais elevada capacidade de carga. Esta prospeção deve envolver todos os estratos mais compressíveis em profundidade se estiverem sujeitos a tensões induzidas significativas que, deformando-se, possam ter reflexos nos assentamentos à superfície. Se se encontrar rocha a penetração deve ser de pelo menos 3m em mais do que uma sondagem para garantir que não se está perante um bloco, a menos que a geologia local seja conhecida. Essa penetração pode ser maior em casos de rochas não brandas. Note-se que estas indicações assumem mais especificidades e são mais detalhadas em documentos mais direcionados (por ex., para edifícios ou obras de escavações).” Os termos mais específicos para fundações diretas e indiretas são apresentados em anexo dessa norma.

6. RESPONSABILIDADE DA PROSPEÇÃO

Nos termos lavrados no documento do LNEC (E217-1968), que se reproduzem “dada a interdependência dos projetos de estruturas e das características do terreno, é indispensável que os trabalhos de prospeção sejam orientados pelo projetista da obra ou com o seu acordo. Quando o projetista não conduzir diretamente a prospeção, a responsabilidade da sua condução, de acordo com os objetivos a que ao projetista compete definir, será da entidade ou entidades dela encarregadas”.

7. RELATÓRIO GEOTÉCNICO

Segundo a norma EC7-1 “os resultados dos estudos de caracterização geotécnica devem ser compilados num Relatório da Caracterização Geotécnica que serve de base ao Relatório do Projeto Geotécnico-Estrutural”. Este Relatório deve apresentar a informação geotécnica disponível, incluindo aspetos geológicos e outros dados relevantes e avaliar, do ponto de vista geotécnico, a informação disponível, indicando as hipóteses feitas para a determinação dos parâmetros geotécnicos.

Aquela norma recomenda ainda que o relatório inclua a seguinte informação, caso tal seja relevante:

- Objetivo e âmbito dos estudos de caracterização geotécnica;
- Breve descrição da obra a que se destina o relatório geotécnico;
- Datas e condições climáticas do início e da conclusão dos trabalhos de campo;
- Procedimentos utilizados para amostragem, transporte e armazenagem;
- Tipos de equipamento de campo utilizados e registos de velocidades efetivas de avanço da furação nos vários horizontes atravessados;
- Reconhecimento geral de toda a área de implantação da obra, incidindo designadamente em:
 - Evidência de água subterrânea;
 - Comportamentos singulares de obras vizinhas;
 - Existência de falhas;
 - Áreas expostas, em pedreiras e zonas de empréstimo;
 - Áreas de instabilidade;
 - Dificuldades durante a realização de escavações (incluindo as realizadas para abertura de poços);
- História e geologia do local;
- Informação obtida a partir de fotografias áreas disponíveis;
- Informação sobre a sismicidade da área;
- Mapa de quantidades dos trabalhos de campo e de laboratório bem como os comentários feitos pelo pessoal que supervisionou os trabalhos de prospeção;
- Informação sobre as flutuações do nível freático ao longo do tempo nos furos de sondagem durante a execução dos trabalhos de campo, e em piezómetros depois de finalizado o trabalho de campo;
- A compilação dos registos das sondagens, incluindo fotografias das amostras de terreno, com descrição das formações encontradas tendo em conta as evidências de campo e os resultados de ensaios laboratoriais;
- Apresentação, em anexos, dos resultados dos ensaios laboratoriais e de campo.

O mesmo documento normativo refere ainda que a apreciação e a interpretação da informação geotécnica devem incluir, quando tal for relevante:

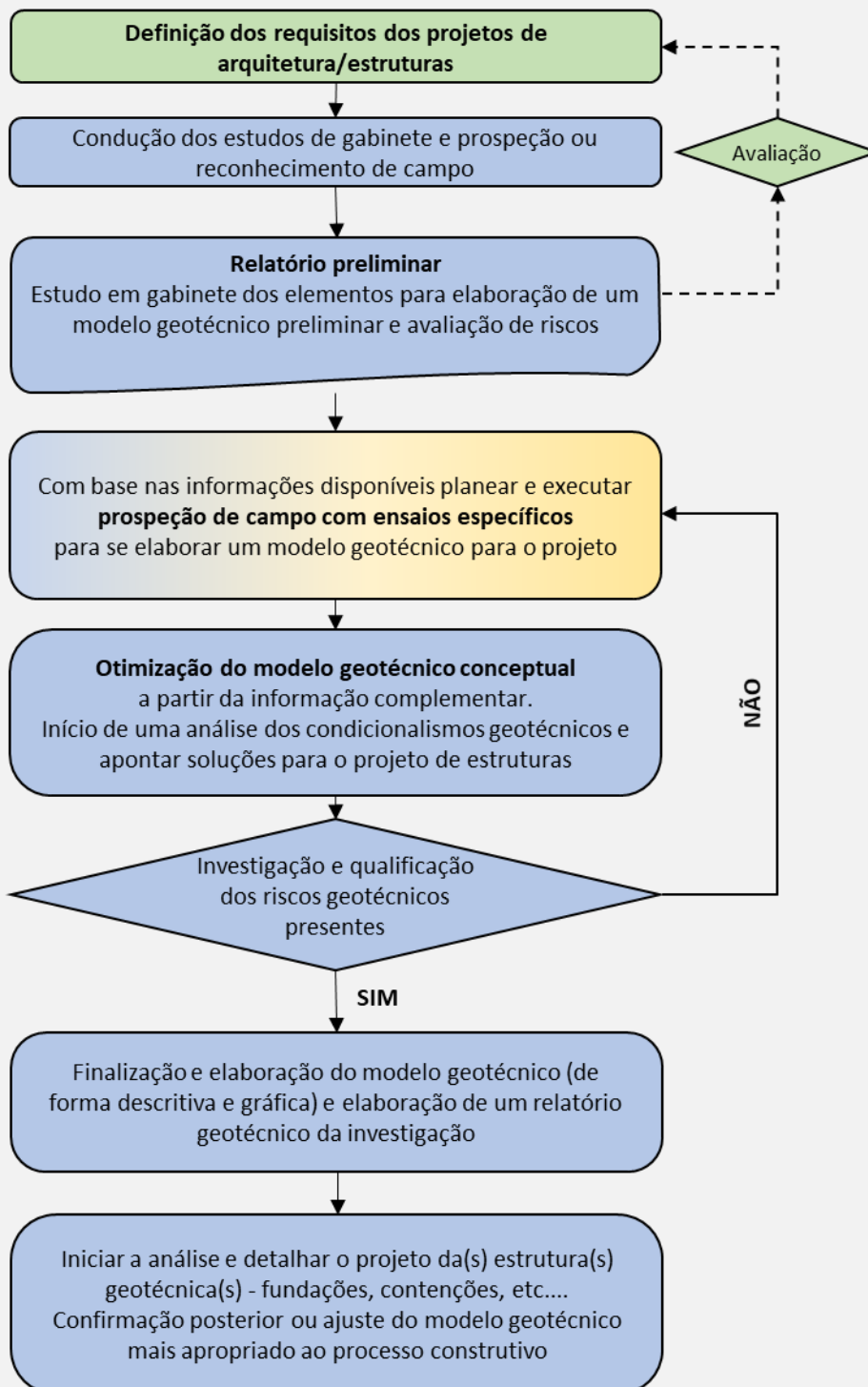
- A apresentação, sob forma de tabelas e gráficos, dos resultados dos ensaios de campo e de laboratório em relação com os requisitos da obra e ainda, se tal for julgado necessário, histogramas ilustrativos da distribuição e da gama de valores dos dados mais significativos;
- A determinação da profundidade do nível freático e as suas flutuações sazonais;
- Perfis interpretativos do terreno com a diferenciação das várias formações; descrição detalhada de todas as formações ocorrentes, incluindo as suas propriedades físicas e características de deformabilidade e de resistência; comentários relativos a irregularidades (bolsadas e cavidades);
- A apresentação da gama de valores dos dados geotécnicos para cada estrato; esta apresentação deve ser tão completa quanto possível, por forma a permitir uma escolha adequada dos valores dos parâmetros a usar no dimensionamento.

Lisboa, janeiro de 2020

Grupo de trabalho para a elaboração de “Proposta de Recomendações para a Prospeção Geotécnica de Fundações e Escavações de Edifícios Correntes” constituído pelos Eng^{os} António Viana da Fonseca e Fernando Ferreira e pelo Dr. Rui Freitas.

ANEXO 1 – FLUXOGRAMAS

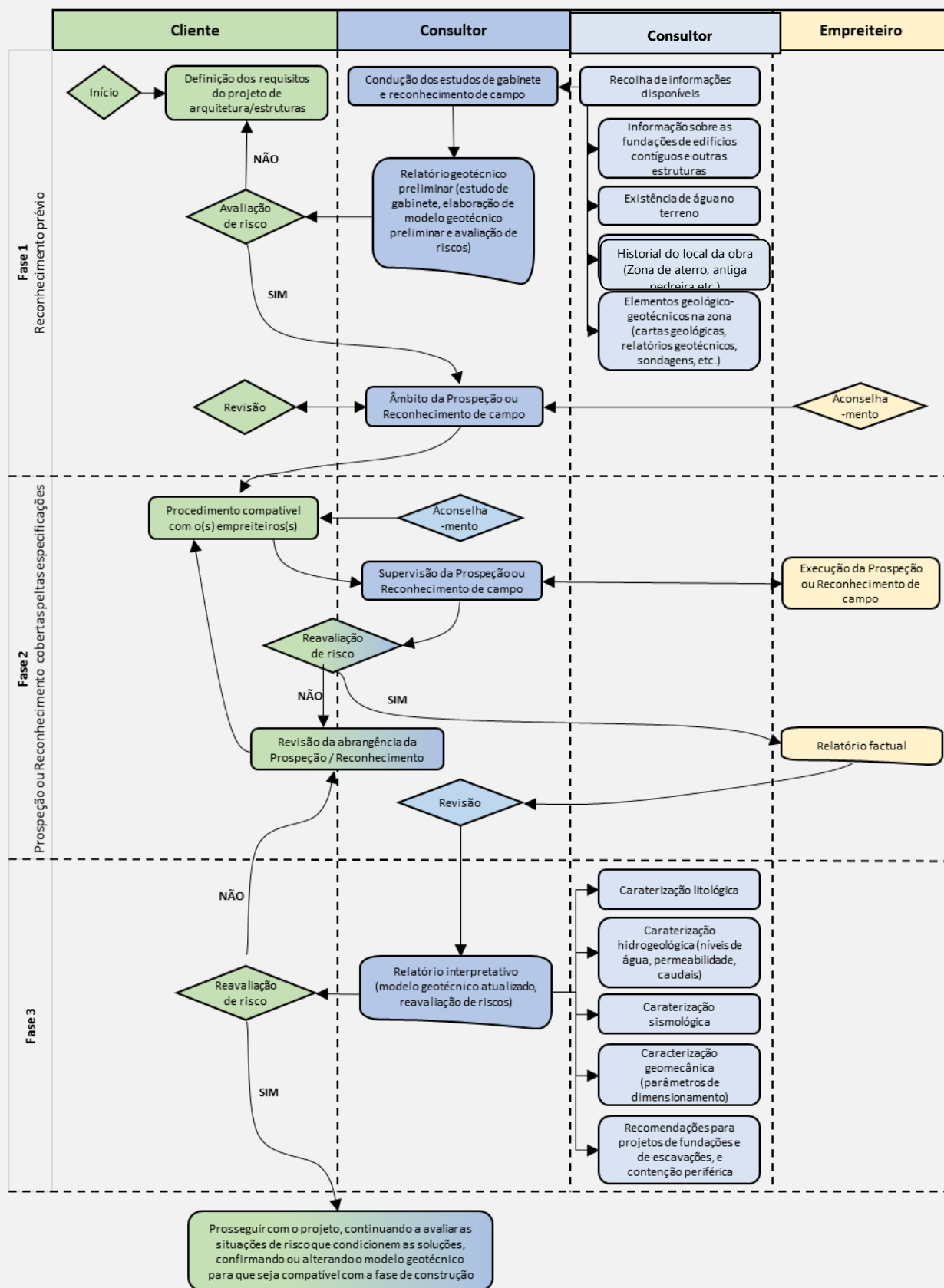
Fases de investigação de campo para projetos de pequena dimensão



Tarefas associadas aos seguintes intervenientes:

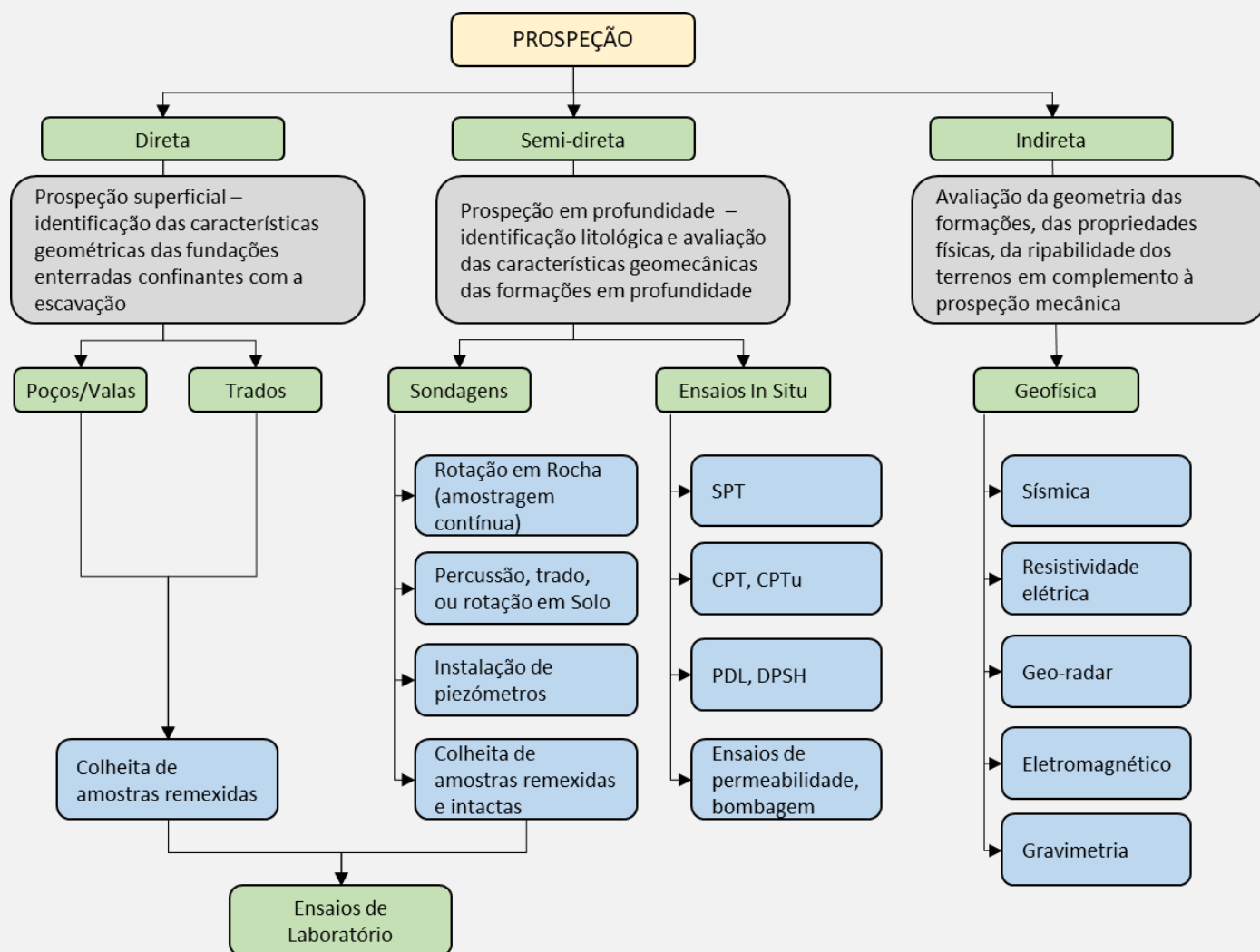
Cliente
 Consultor
 Empreiteiro

Fases de investigação de campo para projetos de média a grande dimensão



Tarefas associadas aos seguintes intervenientes:
■ Cliente ■ Consultor ■ Empreiteiro

ANEXO 2 – MÉTODOS DE PROSPEÇÃO



RECOMENDAÇÕES PARA A SEGURANÇA NA EXECUÇÃO DE VALAS

1. INTRODUÇÃO

Os trabalhos em valas são atividades que envolvem riscos, não só para os trabalhadores que os executam, como para as pessoas e infraestruturas que coexistem na zona envolvente aos mesmos.

Apesar da legislação publicada e das ações desenvolvidas nas duas últimas décadas para sensibilizar os agentes envolvidos nestas atividades, nomeadamente as desenvolvidas pela Ordem dos Engenheiros, com a publicação das “Recomendações para a segurança na escavação de valas” em 2004, e com a organização de seminários sobre boas práticas de segurança na escavação de valas por todo o país, verifica-se que se continuam a registar acidentes de trabalho mortais por soterramento neste tipo de obras, em resultado destas serem, muitas vezes, executadas sem qualquer tipo de preparação, planeamento ou acompanhamento.

Parece, assim, verificar-se que os técnicos envolvidos neste tipo de obras (Donos de Obra, Projetistas e Revisores de Projeto, Entidades Executantes e Fiscalização), continuam a carecer de orientações acerca dos aspetos que estas devem atender, o que motivou a Especialização em Geotecnia a promover a atualização do documento publicado em 2004, por forma a contribuir para a melhoria da segurança destas obras.

2. ÂMBITO

Entende-se por uma vala uma escavação longa, com largura livre do fundo (L) e profundidade do fundo (P) variáveis.

As presentes recomendações dizem respeito a valas:

- Realizadas em vários setores de atividade, como construção/manutenção de infraestruturas, prospeção arqueológica, outros.
- Com $P \leq 6,0 \text{ m}$ e $0,80 \text{ m} \leq L < 2/3P$.

3. LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

3.1. ENQUADRAMENTO NO ÂMBITO DA SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO

A [Lei n.º 102/2009](#) classifica, na alínea a) do artigo 79.º, os trabalhos em obras de construção, escavação, movimentação de terras e com risco de soterramento, entre outros, como trabalhos de *risco elevado*, o que implica que apenas podem ser desenvolvidos por trabalhadores com aptidão e formação adequadas, pelo tempo mínimo necessário (ponto 5 do artigo 15.º) e com formação adequada no domínio da segurança e saúde no trabalho, tendo em atenção o posto de trabalho (ponto 1 do artigo 20.º).

Por outro lado, o artigo 15.º deste diploma apresenta os princípios gerais de prevenção que devem reger toda a atividade de prevenção de riscos profissionais.

3.2. ENQUADRAMENTO NO ÂMBITO DE ESTALEIROS TEMPORÁRIOS OU MÓVEIS

Os artigos 66.º a 85.º do título V do capítulo I do [Decreto n.º 41 821](#) respeitam aos trabalhos de escavações, nos quais se incluem as valas.

Salienta-se o artigo 67.º desse diploma, que preconiza que é indispensável a entivação do solo nas frentes de escavação (independentemente da profundidade das mesmas), excetuando-se apenas as escavações em rochas e argilas duras². Refere ainda que o tipo de entivação deverá ser o mais adequado à natureza e constituição do solo, profundidade da escavação, teor em água e sobrecargas acidentais, estáticas e dinâmicas, a suportar pelas superfícies dos terrenos adjacentes.

A alínea a) do artigo 7.º do [Decreto-Lei n.º 273/2003](#) classifica os trabalhos que expõem os trabalhadores ao risco de soterramento como trabalhos com *risco especial*, para os quais devem ser elaboradas Fichas de Procedimentos de Segurança (caso não exista projeto ou não seja obrigatória a Comunicação Prévia da Abertura de Estaleiro) ou um Plano de Segurança e Saúde (caso exista projeto ou seja obrigatória a Comunicação Prévia da Abertura de Estaleiro).

É também definido, neste diploma, que ambos os documentos devem prever medidas adequadas para prevenir este risco, entre outros, para a segurança e saúde dos trabalhadores e devem integrar as características geológicas, hidrológicas e geotécnicas do terreno, as redes técnicas aéreas ou subterrâneas, as atividades que

² Considerando como “argilas duras” as “argilas rijas” com $N_{SPT} > 30$ pancadas e q_u (resistência à compressão simples) $> 400 \text{ kPa}$ (Terzaghi e Peck, 1967).

eventualmente decorram no local, ou na sua proximidade, e outros elementos envolventes que possam ter implicações na execução dos trabalhos.

O artigo 2.º, no seu n.º 4, da [Portaria n.º 101/96](#), preconiza que os postos de trabalho situados em pontos profundos devem ter estabilidade e solidez de acordo com o número de trabalhadores que os ocupam, as cargas máximas que poderão ter de suportar, bem como a sua repartição pelas superfícies e as influências externas a que possam estar sujeitos.

4. PROJETO DE VALAS

4.1. ESTUDOS E RECOLHA DE ELEMENTOS DE BASE

Ao nível da preparação e planeamento dos trabalhos na fase de projeto há a referir a necessidade de serem desenvolvidos estudos e de ser efetuado o projeto da escavação e/ou da entivação.

Recomenda-se que um Projeto de Execução de Valas (PEV) seja iniciado pela recolha de elementos de base (levantamentos de superfície, realização de trabalhos de prospeção geotécnica, levantamento de infraestruturas existentes, etc.) por forma a serem identificadas as condições locais que podem constituir perigo e a expressão que as mesmas apresentam na zona de intervenção (**Quadro 1**).

Considera-se que a classe de expressão das condições locais “significativa” é atingida assim que se verifique, pelo menos, um dos respetivos requisitos.

É de referir que apesar de no artigo 67.º do [Decreto n.º 41 821](#), ser definido que é dispensável a entivação do solo nas frentes de escavação em rochas e argilas duras, considera-se que deverá ser sempre analisada a compartimentação do maciço rochoso ou a existência de superfícies de fraqueza nas argilas ou de intercalações de materiais de piores características, por forma a ser avaliada a necessidade de definição de medidas de proteção e/ou consolidação em zonas localizadas.

No **Anexo 1** apresenta-se uma lista de verificação de aspetos relevantes a serem considerados a nível do projeto.

Quadro 1 - Avaliação das condições locais na fase de projeto

CONDIÇÕES LOCAIS	EXPRESSÃO DAS CONDIÇÕES LOCAIS	
	Pouco significativa	Significativa
Natureza do terreno/ Geologia ocorrente	Terrenos competentes (rochas, argilas duras ³)	Terrenos pouco a muito pouco competentes (solos arenosos, solos finos, solos argilo-lodosos)
Terrenos contaminados	Inexistente	Existente ou ocorrência provável
Presença de água / Nível freático	Inexistente	Existente, ao nível ou acima do fundo da escavação
	1,0 m abaixo do fundo da escavação	Proximidade de linhas ou fontes de água
Vegetação de grande porte/Construções/ (Infra)estrutura(s)/Sobrecargas existente(s) nas imediações da vala ⁴	Inexistente	Existente
	Distância à vala (a) $> 1,5P$ (Figura 1 e Figura 2)	Distância à vala (a) $\leq 1,5P$ (Figura 1 e Figura 2)
Fonte de vibrações nas imediações da vala	Prof. da fundação $> P$	Prof. da fundação $\leq P$
	Inexistente	Existente

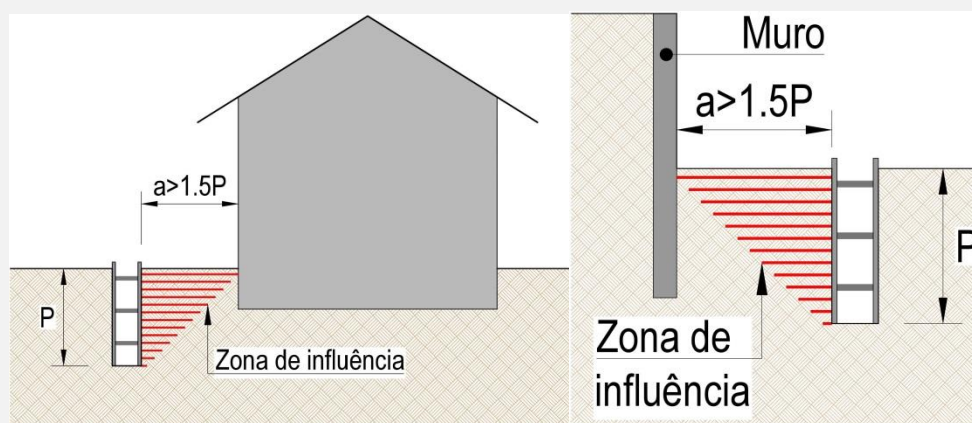


Figura 1 - Zona de influência da escavação na proximidade de edificações e estruturas de suporte

³ Considerando como “argilas duras” as “argilas rijas” com $N_{SPT} > 30$ pancadas e q_u (resistência à compressão simples) > 400 kPa (Terzaghi e Peck, 1967).

⁴ O afastamento à vala depende do tipo de solo e de (infra)estrutura, tendo sido considerado um valor de referência de $1,5P$ (sendo P a profundidade da vala).

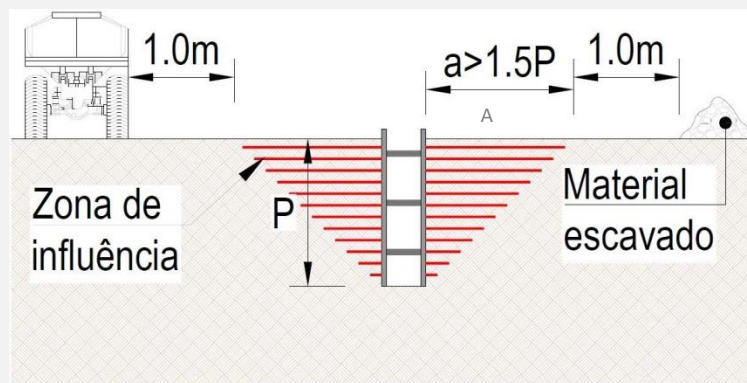


Figura 2 - Zona de influência de cargas permanentes e temporárias na zona de escavação

4.2. CATEGORIAS GEOTÉCNICAS

Às Categorias Geotécnicas previstas no EC7-1 ([NP EN 1997-1](#)) associaram-se os seguintes tipos de obras:

- Categoria Geotécnica 1: valas não entivadas (**Figura 3**);



Figura 3 - Escavação de vala à custa de taludes

- Categoria Geotécnica 2: valas entivadas (**Figura 4**).



Figura 4 - Escavação de vala à custa de taludes

A decisão de se uma vala deve ser entivada ou não deverá resultar da análise conjunta das condições locais com a profundidade e largura da escavação a realizar.

As soluções a implementar em projeto deverão ser definidas e detalhadas em função do grau de desenvolvimento indicado no [EC7-1](#) para cada uma das categorias acima definidas.

Nos capítulos seguintes apresenta-se o grau de desenvolvimento dos projetos de valas, em função da sua Categoria Geotécnica.

4.3. CONCEÇÃO E DIMENSIONAMENTO

4.3.1. Recomendações de dimensionamento

Deverão ser devidamente acauteladas no processo de conceção e dimensionamento dos taludes de escavação e/ou sistemas de entivação e escoramento de valas as recomendações que se apresentam de seguida.

Para obras da Categoria Geotécnica 1, em condições locais pouco significativas, recomenda-se:

- Executar a escavação da vala à custa de taludes com inclinações apropriadas. Nesta situação, os seguintes aspetos devem ser ponderados:
 - Custo da escavação com geometria adequada (inclinação/banquetas);
 - Custo da reposição do material;
 - Duração da escavação, reposição e compactação adicionais;
 - Efeito da variabilidade do terreno.

- A inclinação dos taludes deverá ser compatível com as características dos terrenos interessadas pela obra, sendo para tal recomendável a verificação aos estados limites últimos de estabilidade global conforme preconizado no [EC7-1](#). Os principais modos de rotura associados a taludes de escavação apresentam-se na (**figura 5**).

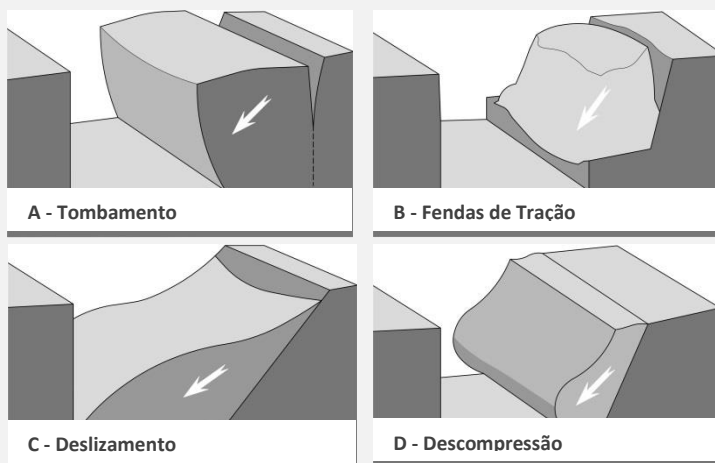


Figura 5 – Principais modos de rotura de taludes de escavação

- Na eventualidade de o processo construtivo prever a materialização de banquetas intercalares, importará definir as respetivas dimensões e inclinações dos taludes laterais e frontais;
- Deverá inferir-se sobre o comportamento dos taludes perante a existência ou variação do nível freático bem como da alteração das condições de humidade dos solos.

Em obras de Categoria Geotécnica 1, em condições locais significativas, adicionalmente às recomendações já apresentadas, deve-se ainda atender que:

- Deverão ser definidas medidas específicas para os trabalhos em terrenos contaminados;
- Deverá ser previsto um sistema de drenagem, com a descrição e dimensionamento geral dos sistemas a implementar;
- Caso a escavação em condições a seco exija a necessidade de adoção de sistemas de rebaixamento do nível aquífero (ex. poços de rebaixamento ou rebaixamento por vácuo com recurso a agulhas filtrantes), este deverá ser alvo de projeto específico. Nestes casos, recomenda-se que a curva de rebaixamento teórica se posicione pelo menos 1,0 m abaixo da cota de fundo. Qualquer sistema de rebaixamento deverá ser redundante, garantindo que a escavação se mantém em condições secas durante todo o período de operacionalidade da obra;
- A definição da inclinação dos taludes deverá ter em consideração as cargas e sobrecargas de caráter permanente e temporário que se posicionem na envolvente da escavação, com $a < 1,5P$ ou que intersetem a

cunha ativa da escavação;

- A profundidade e geometria da escavação deverá atender à verificação da estabilidade à rotura de fundo (**Figura 6**);
- Deverão ser devidamente analisadas as possíveis consequências das vibrações existentes na estabilidade da escavação.

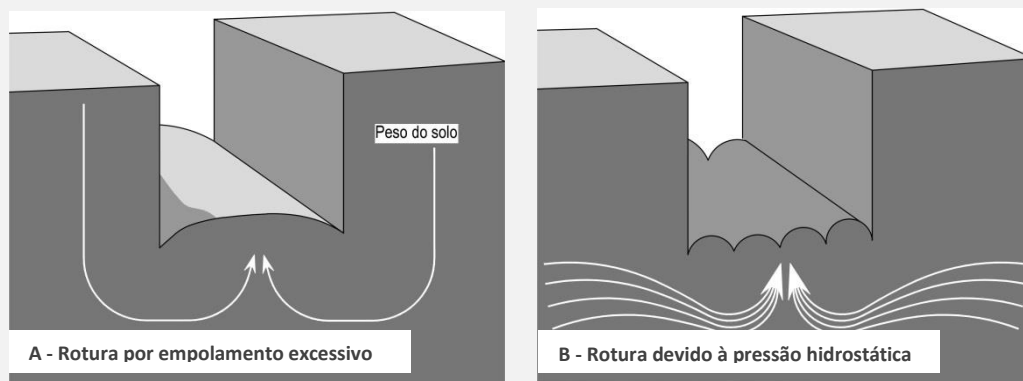


Figura 6 – Principais modos de rotura de fundo de escavação

Para obras da Categoria Geotécnica 2 recomenda-se que o dimensionamento das soluções contemple:

- A definição dos elementos estruturais de entivação tendo em conta a estrutura geral da obra a construir, incluindo o posicionamento de todos os elementos estruturais interessados e respetivos esforços;
- A definição das ações tidas em consideração e respetivas combinações, assim como dos coeficientes de segurança adotados, tendo em consideração a natureza temporária da obra;
- O dimensionamento das paredes, escoras e elementos verticais eventualmente utilizados no sistema de entivação, tendo em atenção o seu caráter temporário, incluindo a justificação e a definição de:
 - Diagramas de pressões que se exercem sobre a entivação, considerando, sempre que necessário, o incremento de tensões devido à ação hidrostática e sobrecargas de caráter permanente ou temporário. Qualquer sobrecarga (permanente ou temporária) existente numa largura de influência correspondente a pelo menos 1,5P do limite da vala, deverá ser contemplada no dimensionamento da entivação;
 - Esforços atuantes nas paredes da entivação;
 - Características das escoras e respetivos sistemas de apoio, de travamento e de aperto e de centragem das cargas (localização, cargas, etc.). Os elementos de escoramento deverão ser devidamente dimensionados, acautelando, em qualquer cenário, possíveis fenómenos de encurvadura por compressão;
 - A avaliação da necessidade de dimensionamento de eventuais reforços de fundações em estruturas vizinhas, incluindo muros de suporte de terras, assegurando o seu adequado desempenho.
- Consideração do efeito da água, quer como ação, quer como fator condicionador da resposta mecânica dos terrenos em causa.

4.3.2. Recomendações construtivas

Deverão ser devidamente acauteladas, no processo construtivo dos sistemas de escavação, entivação e de escoramento de valas, as seguintes recomendações.

Para obras da Categoria Geotécnica 1 recomenda-se:

- A realização de trabalhos de movimentação de terras deve atender à existência de redes de infraestruturas previamente identificadas em cadastro (cabos elétricos, pluviais, saneamento, comunicações, outras), tendo em conta a sua efetiva localização;
- A obra deve obedecer às fases de trabalho e modo de execução, quer das escavações, quer dos elementos estruturais de entivação definidos em fase de projeto;
- As valas devem ser abertas por extensões tão curtas quanto seja compatível com um bom rendimento dos trabalhos, devendo o seu aterro ser feito com compactação adequada;
- Não devem colocar-se sobrecargas nas proximidades da escavação, nem permitir a circulação de equipamentos e tráfego pesado junto a esta, para além daqueles estritamente necessários à execução dos trabalhos;
- Os materiais resultantes da escavação deverão ser depositados a uma distância superior a $1.5P$ em relação à crista de talude;
- Para além do topo da escavação, a boca da escavação deve ser rodeada de plinto de 0.15 m de altura e de berma de, pelo menos, 1,0 m de largura (**Figura 7**). Anote-se que o [Decreto nº 41 821](#) refere o valor de 0,60 m;

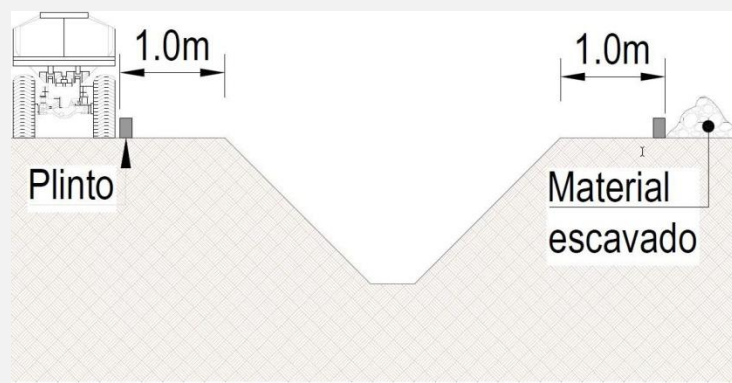


Figura 7 – Limites de berma na envolvente de valas não entivadas

- Deve garantir-se a instalação de passadiços com guarda-corpos para os trabalhadores poderem transpor a vala sempre que esta tiver largura superior a 0,40 m e de pontos de acesso ao fundo da vala, por escadas munidas de corrimão;
- Os trabalhadores nunca deverão posicionar-se sob cargas em suspensão;
- Se no fundo da vala afluir água, ela deve ser bombeada fazendo furos localizados fora da zona de trabalho e aplicando aí chupadouros das

bombas que devem ser de potência apropriada (**Figura 8**).

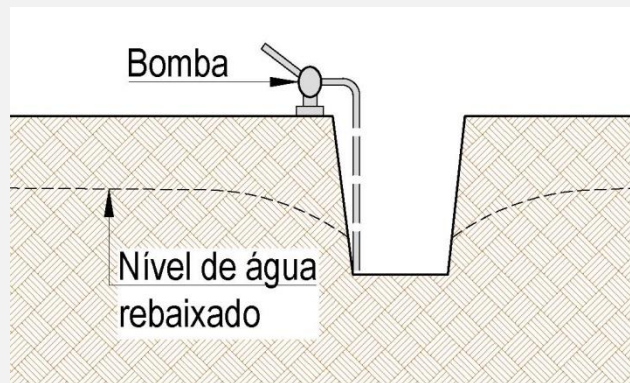


Figura 8 – Esquema tipo de sistema de captação direta de águas

Deve haver um número suficiente de bombas de reserva, em função dos riscos inerentes à obra. No caso de grandes caudais pode ser necessário construir um sistema de rebaixamento do nível freático, eventualmente na vizinhança da vala, mas fora dela (**Figura 9**);

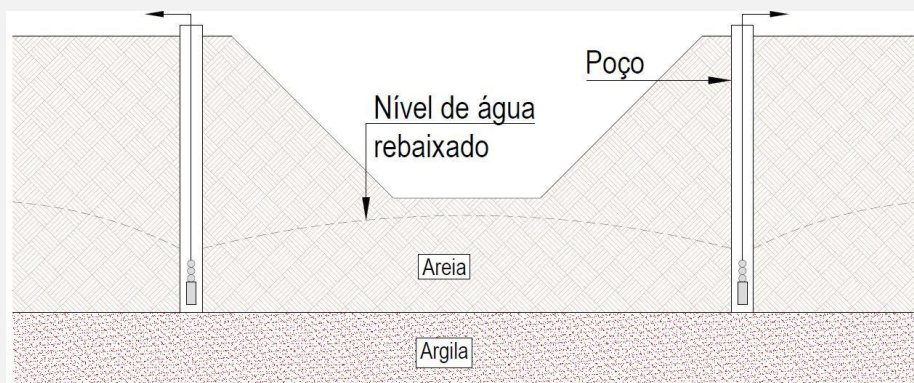


Figura 9 – Esquema tipo de sistema de rebaixamento de nível freático com agulhas filtrantes

- Quando necessário, as escavações realizadas em talude devem ser dotadas de dispositivos de impermeabilização e drenagem que impeçam a erosão superficial.

Para obras da Categoria Geotécnica 2 recomenda-se que:

- A escolha do tipo de entivação e do material a utilizar deve atender à natureza do terreno, à densidade de obstáculos que se prevê encontrar e ao tipo de trabalhos a executar. Qualquer sistema de entivação deve satisfazer aos requisitos seguintes:
 - Dever poder ser instalada sem expor os executantes a riscos de desmoronamentos;
 - Deve ser suficientemente resistente para se opor “sem” deformação, ou risco de rotura, às pressões das terras e da água sobre a parede; sobrecargas (ex. produtos resultantes da escavação, equipamentos) de caráter permanente ou temporário, em especial, caso se posicionem

numa largura de influência correspondente a pelo menos $1.5P$ do limite da vala;

- Deve ser concebida de modo a constituir um conjunto que não se desloque sob ação de um impulso inclinado em relação à parede da escavação. A verificação desta condição supõe que todos os elementos constituintes da entivação (pranchas, longarinas e travessas), estão ligados entre eles e constituem um conjunto monolítico.
- Independentemente das características da vala ou dos terrenos a conter, recomenda-se que a entivação contemple a colocação de escoras até uma distância não superior a $0,50\text{ m}$ em relação ao topo da vala. No caso dos painéis, é ainda recomendável que estes se prolonguem $0,50\text{ m}$ acima da escavação e possuam, sempre que possível, uma ficha mínima de $0,20\text{ m}$ (**Figura 10**);

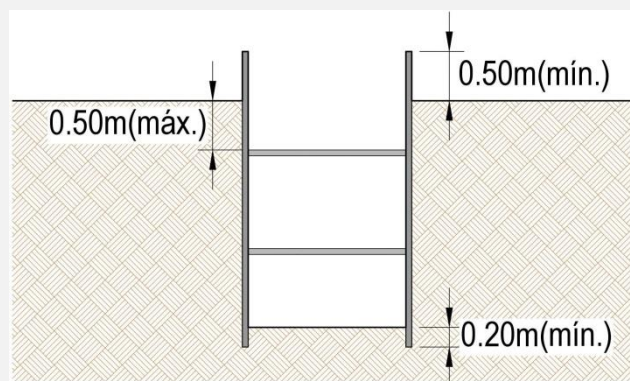


Figura 10 – Disposições construtivas a observar em valas entivadas

- Caso exista, a frente de escavação não entivada deverá contemplar taludes com inclinações compatíveis com as características dos terrenos intersetados;
- Deve garantir-se a instalação de passadiços com guarda-corpos para os trabalhadores poderem transpor a vala sempre que esta tiver largura superior a $0,40\text{ m}$ e de pontos de acesso ao fundo da vala, por escadas munidas de corrimão;
- Os trabalhadores nunca deverão posicionar-se sob cargas em suspensão (**Figura 11**);

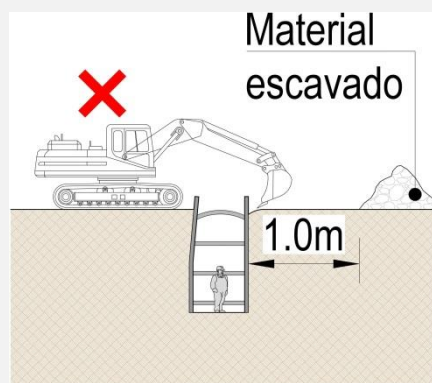


Figura 11 – Sobrecarga lateral da entivação, com risco de rotura desta

- Para além do topo da escavação, a boca da escavação deve ser rodeada de plinto de 0.15 m de altura e de berma de, pelo menos, 1,0 m de largura (**Figura 12**). Anote-se que o Decreto nº 41 821 refere o valor de 0,60 m.

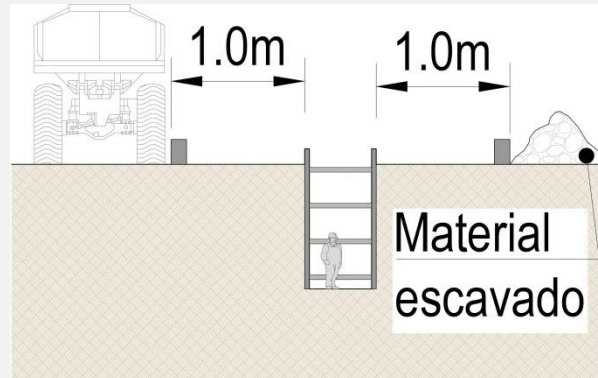


Figura 12 – Limites de berma na envolvente de valas entivadas

4.4. PLANEAMENTO

É importante que cada trabalho seja planeado com o máximo cuidado, quer a nível de projeto, quer de execução. Muitos dos acidentes resultam diretamente de planeamento desadequado.

O plano de trabalhos da obra deverá incluir os cronogramas de equipamento e de mão-de-obra, atendendo quer à sequência das operações, quer à eventual sobreposição das mesmas.

Este planeamento deverá ser incorporado no (Desenvolvimento Prático do) Plano de Segurança e Saúde ou constituir peça anexa às Fichas de Procedimentos de Segurança, por forma a ser perceptível a duração dos trabalhos ao longo da extensão da(s) vala(s) e a interligação entre tarefas a desenvolver nas mesmas.

4.5. PEÇAS DE PROJETO

4.5.1. Considerações gerais

Independentemente da categoria geotécnica ou dos condicionamentos locais onde a obra se insere, a execução de valas deverá ser precedida de um projeto devidamente instruído por um conjunto de peças escritas e desenhadas que garantam o cumprimento dos necessários requisitos de estabilidade e de segurança da obra. As peças escritas e desenhadas, partes integrantes do projeto, devem apresentar uma adequada descrição e justificação das soluções de escavação e entivação adotadas, permitindo a sua correta implementação na fase de realização dos trabalhos.

O projeto deverá ainda incluir, salvo em casos específicos devidamente justificados, lista de trabalhos e estimativa orçamental.

Apresentam-se no **Quadro** os documentos que devem instruir um Projeto de Execução de Valas (PEV).

Quadro 2 – Documentos que devem instruir um PEV

Documentos	CATEGORIAS GEOTÉCNICAS	
	CG1	CG2
Memória Descritiva	Obrigatório	Obrigatório
Nota de Cálculo	Obrigatório	Obrigatório
Plano de Monitorização	Eventual	Obrigatório
Análise de riscos	Eventual	Obrigatório
Peças Desenhadas	Obrigatório	Obrigatório
Mapa de Quantidades e Estimativa Orçamental	Obrigatório	Obrigatório

4.5.2. Memória descritiva

A Memória Descritiva deverá compreender:

- A descrição geral da obra, tão desenvolvida quanto o projeto o exigir;
- A análise de toda a informação geológica e geotécnica existente;
- A descrição da solução;
- A descrição da metodologia executiva e respetivo faseamento.

Apresentam-se no **Quadro 3** os conteúdos a desenvolver na Memória Descritiva.

Quadro 3 – Conteúdos a desenvolver na Memória Descritiva de um PEV

Descrição geral da obra	Enquadramento geral e descrição da obra, incluindo informação relativa à geometria da escavação e seu desenvolvimento.
	Características particulares da obra, incluindo caracterização de elementos relativos às estruturas contíguas ou vizinhas, fazendo referência a: <ul style="list-style-type: none">• Às vias à superfície vizinhas da obra e ao tipo de tráfego respetivo;• Às sobrecargas suscetíveis de existirem na envolvente da escavação (zonas de armazenamento de materiais, construções existentes);• Identificação e caracterização dos principais condicionamentos, incluindo interferências à superfície e/ou enterradas na zona da obra, como a localização de redes de infraestruturas de abastecimento de água, esgotos, eletricidade (baixa e alta tensão), comunicações e gás;• À existência de aterros ou escavações recentes, assim como desmontes a fogo na vizinhança;• Ações impostas pela circulação de equipamentos na zona de influência da vala.
	Apresentação dos aspetos condicionantes na conceção das soluções de escavação e/ou de entivação.
	Listagem dos elementos de base, incluindo bases cadastrais.
	Referência aos documentos que serviram de base ao projeto.
Análise de informação geológica e geotécnica existente ⁵	Enquadramento geológico (Análise bibliográfica, como cartografia geológica e reconhecimento de superfície - afloramentos e taludes naturais existentes, escorregamentos, afluências de água, etc.)
	Trabalhos de prospeção realizados: de campo (poços / valas de reconhecimento ou sondagens, ensaios SPT e FVT nas sondagens, ensaios DPL a DPSH, etc.) e de laboratório (sobre amostras de solo/rocha colhidas nos trabalhos de campo). NOTA: Segundo o EC7-2 (NP EN 1997-2), para uma vala podem ser considerados trabalhos de prospeção de campo espaçados de 20 a 200 m, dependendo da extensão da mesma. A profundidade do reconhecimento abaixo do fundo da vala (za) deve ser no mínimo de 2 m, numa proporção de $z_a \geq 1,5 L$ (L, largura do fundo da vala).

⁵ Existindo um Estudo Geológico-Geotécnico em documento independente, o Projetista deverá efetuar uma análise crítica do mesmo e extrair a informação necessária para o desenvolvimento do PEV.

	Descrição litológica dos terrenos interessados pela escavação.
	Identificação de eventuais condicionamentos geológicos existentes na envoltória.
	Definição e justificação de um zonamento geotécnico.
	Definição e justificação dos parâmetros a considerar para cada zona geotécnica admitida (parâmetros de resistência e de deformabilidade, sensibilidade à água, estratificação e inclinação dos estratos, entre outros).
	Definição das condições hidrogeológicas locais, identificando as águas freáticas ou cativas e, se possível, a ordem de grandeza de caudais.
	Indicação da eventual necessidade de prospeção complementar para a fase de execução (para confirmação dos pressupostos de projeto).
Descrição da solução	Descrição das soluções concebidas, incluindo elementos considerados necessários para a compreensão do processo e metodologia adotados.
	O período do ano em que se prevê realizar os trabalhos com indicação de eventuais cuidados suplementares a adotar em condições atmosféricas adversas.
	Referência à necessidade de eventuais sistemas de bombagem ou de rebaixamento do nível freático, salvaguardando a segurança da escavação e das estruturas e infraestruturas vizinhas (fenómenos de erosão interna e levantamento hidráulico).
Metodologia executiva / Faseamento	Descrição das principais fases de escavação.
	Descrição das principais fases de progressão da colocação de elementos de entivação*.
	Descrição dos aspetos particulares a considerar no faseamento executivo.
	Descrição de eventuais sistemas de bombagem ou de rebaixamento do nível freático.

	Descrição das regras de boa execução dos elementos críticos para o sucesso da solução preconizada.
--	--

* Aplicável apenas a obras de Categoria Geotécnica 2.

4.5.3. Nota de cálculo

A Nota de Cálculo, elemento estruturante de um PEV, poderá ser integrada no corpo da Memória Descritiva. Deverá apresentar de forma concisa as hipóteses de dimensionamento que suportam a validade técnica da solução, nomeadamente, atestando o cumprimento das verificações de segurança regulamentares aplicáveis.

No **Quadro 4** apresentam-se os aspetos que deverão ser tidos em consideração na elaboração deste documento.

Quadro 4 – Conteúdos a desenvolver na Nota de Cálculo de um PEV

Hipóteses de Cálculo	Descrição geral da solução.
	Normas e regulamentos aplicados.
	Definição e identificação das características geométricas e de resistência / deformabilidade dos materiais a utilizar, incluindo elementos de suporte aplicados (de proteção, consolidação, entivação e escoramento, conforme aplicável).
	Definição das ações e combinações de cálculo aplicadas*.
	Descrição dos possíveis mecanismos de rotura.
	Descrição das metodologias de cálculo aplicadas.
	Descrição de eventuais sistemas de bombagem ou de rebaixamento do nível freático.
Justificação das soluções	Descrição e fundamentação dos modelos utilizados.
	Resultados obtidos.
	Verificação geotécnica de todos os elementos.
	Verificação estrutural de todos os elementos.

	Análise da estabilidade geotécnica para os diferentes mecanismos de rotura associados à escavação.
	Verificação da estabilidade de obras acessórias próximas à escavação.
	Estimativa dos deslocamentos da estrutura de entivação*.
	Estimativa dos deslocamentos em estruturas e infraestruturas adjacentes que possam derivar da proximidade à escavação.
	Aferição de caudais de bombagem e validação do dimensionamento do sistema de bombagem ou de rebaixamento do nível freático, quando aplicável.
	Considerações sobre outros potenciais fenómenos, de curto ou de longo prazo, que possam afetar as infraestruturas existentes, com definição de eventuais medidas adicionais.

* Aplicável apenas a obras de Categoria Geotécnica 2.

4.5.4. Plano de monitorização

O Plano de monitorização (instrumentação e observação) tem por objetivo garantir, em condições de segurança e de economia, a realização dos trabalhos inerentes à abertura e escavação de valas.

Atendendo à realidade particular de cada obra e sua envolvente, deverá ser prevista a monitorização e análise do comportamento dos taludes e/ou das estruturas de entivação e de escoramento ainda como de estruturas envolventes à obra que possam vir a ser afetadas pelos trabalhos.

No **Quadro 5** apresentam-se os aspetos que deverão ser tidos em consideração na elaboração deste documento.

Quadro 5 – Conteúdos a desenvolver no Plano de Monitorização de um PEV

Plano de Monitorização	Descrição geral da solução, incluindo informação relativa à geometria da escavação e seu desenvolvimento.
	Referência à necessidade de eventuais sistemas de bombagem ou de rebaixamento do nível freático.
	Identificação de infraestruturas enterradas e estruturas na proximidade da obra que possam vir a ser afetadas pelos trabalhos.
	Definição das grandezas a medir.
	Tipologia e características dos aparelhos a instalar (ex.: marcas topográficas; alvos topográficos, piezómetros; inclinómetros; clinómetros; células de carga; fissurómetros, entre outros).
	Quantificação e localização dos aparelhos.
	Definição da frequência de leituras.
	Definição dos limites de alerta e de alarme.
	Definição de medidas corretivas caso se excedam os limites de alerta e de alarme.

4.5.5. Gestão dos riscos

A equipa de projeto deve ter em conta os princípios gerais de prevenção de riscos profissionais consagrados na [Lei n.º 102/2009](#):

- Evitar os riscos:
 - Identificação dos riscos previsíveis;
 - Combate aos riscos na origem (eliminar ou reduzir a exposição e aumentar os níveis de proteção);
 - Assegurar que a exposição aos agentes químicos, físicos, biológicos e psicossociais não constituem risco;
 - Substituição do que é perigoso pelo que é isento de perigo ou menos perigoso;
- Planificar a prevenção:

- Implementar um sistema coerente que integre a evolução técnica, a organização do trabalho, as condições de trabalho, as relações sociais e a influência dos fatores ambientais;
- Adaptar o trabalho:
 - Ao homem;
 - Ao estado de evolução da técnica;
- Adotar medidas adequadas de proteção, com a priorização das medidas de proteção coletiva em relação às medidas de proteção individual;
- Elaborar e divulgar instruções compreensíveis e adequadas aos trabalhadores.

Entende-se, assim, que todos os intervenientes durante todo o processo de promoção, preparação/planeamento e execução/acompanhamento dos trabalhos em valas devem procurar seguindo a seguinte metodologia (**Figura 13**):

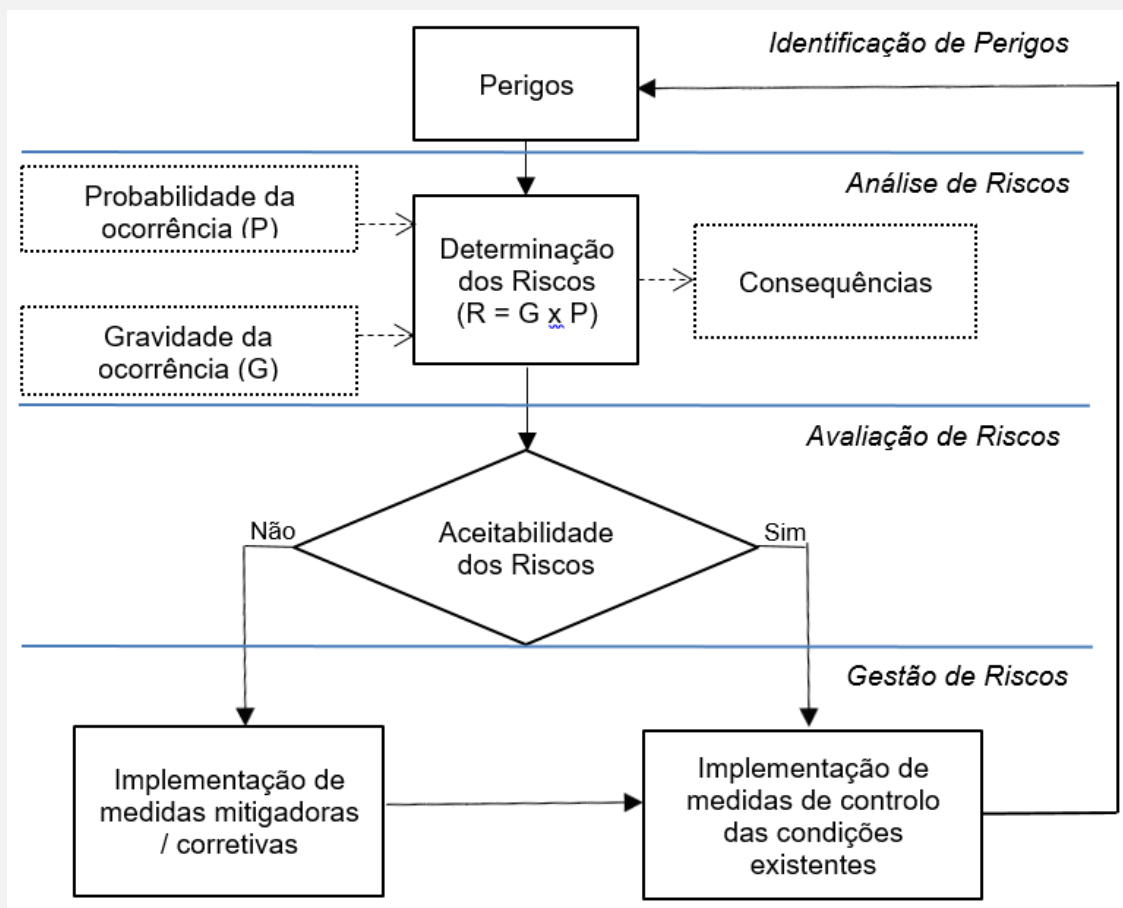


Figura 13 – Gestão dos Riscos

- *Identificação de perigos* que podem levar à ocorrência de acidentes.
- *Análise de riscos* para cada perigo, procedendo-se à avaliação e combinação da probabilidade com a gravidade de uma potencial ocorrência, determinando-se o grau de risco da mesma. Em resultado identificam-se a(s) consequência(s). Esta análise pode ser efetuada com recurso a diversas metodologias, qualitativas ou quantitativas.
- *Avaliação de riscos*, para cada grau de risco, procedendo-se à avaliação de se “é aceitável” ou “não aceitável”, em função das consequências potenciais identificadas.
- *Gestão de riscos*, consoante a aceitabilidade, procedendo-se à definição de medidas de controlo ou mitigação.

O risco potencial, independentemente da probabilidade da sua ocorrência, pode ser graduado nos seguintes níveis, de acordo com a perda de vidas humanas e de bens materiais:

- **Baixo** - o trabalhador só entra na vala após esta estar devidamente estabilizada ou entivada, ou nem necessita de lá entrar, sendo os custos humanos e materiais resultantes do acidente são inexistentes ou muito reduzidos. Enquadram-se neste tipo, por exemplo, o recurso a microtuneladora e a sistemas hidráulicos controlados a partir da superfície;
- **Significativo** - o trabalhador entra na vala para completar a estabilização da escavação ou a entivação (para instalar o escoramento) sendo os custos materiais resultantes do acidente são pouco significativos;
- **Elevado** - o trabalhador entra na vala sem esta estar devidamente estabilizada ou entivada sendo os custos humanos e materiais resultantes do acidente elevados, devido a condicionamentos existentes (terreno pouco coerente, afluências de água, existência de infraestruturas, tráfego, etc.).

O projeto deverá indicar o grau de risco que entende “aceitável” para a obra em questão, a justificação da escolha e as medidas implementadas.

Ressalva-se que a concretização dos perigos, dos riscos e das medidas associadas a trabalhos em valas deverá ser efetuada no Plano de Segurança e Saúde ou nas Fichas de Procedimentos de Segurança da obra. No entanto, entende-se que a gestão dos riscos deve ser iniciada durante a fase de projeto.

4.5.6. Peças desenhadas

Devem ser apresentadas as peças desenhadas indispensáveis à completa definição da obra e do seu modo de execução.

Dada a importância que o faseamento construtivo assume neste tipo de obra, devem as peças desenhadas de execução, nomeadamente as plantas, alçados e cortes

referentes à escavação e/ou entivação, incluir elementos de representação gráfica, bem como elementos escritos, que estabeleçam de forma clara a sequência de operações construtivas projetadas. As peças desenhadas deverão ainda representar a localização dos dispositivos de instrumentação a utilizar na obra e sua envolvente.

No **Quadro 6** indicam-se, a título de referência, os principais aspetos e conteúdos que deverão integrar as peças desenhadas.

Quadro 6 – Peças Desenhadas de um PEV

Peças desenhadas	Planta de localização à escala 1/1.000 ou 1/2.000, situando o local com referência aos arruamentos vizinhos.
	Planta com levantamento topográfico atualizado à escala 1/100 ou 1/200, evidenciando pontos notáveis, as confrontações e as estruturas existentes.
	Planta de localização dos trabalhos de prospeção geotécnica e cortes geológico-geotécnicos interpretativos.
	Planta com soluções de escavação, de entivação ou de fundações (conforme categoria geotécnica aplicável) indicando cotas, inclinações de taludes, banquetas, entre outros.
	Cortes transversais, longitudinais e alçados contendo os elementos necessários à compreensão da solução preconizada e referência às estruturas vizinhas, em particular no subsolo.
	Plantas, alçados e cortes, com indicação dos elementos de entivação nas escalas mais adequadas, nomeadamente constando*: <ul style="list-style-type: none">• Planta indicando o posicionamento das escoras e perfis verticais, e faseamento de execução (1/200 ou 1/100);• Alçados das paredes das entivações, níveis de escavação, escoramentos, perfis verticais (1/200 ou 1/100);• Cortes, com indicação das formações geológicas, secções da entivação, características das escoras, (1/20, 1/25 ou 1/50);• Desenhos de pormenor de apoio das escoras (1/10 ou 1/20);• Definição de materiais;• Definições eventuais dos dispositivos de drenagem.
	Planta de localização e cortes transversais com localização e posicionamento dos dispositivos de monitorização, incluindo indicação dos critérios de alerta e de alarme.

* Aplicável apenas a obras de Categoria Geotécnica 2.

4.5.7. Lista de quantidades de trabalho

A lista de quantidades de trabalho deve ser elaborada de forma a tornar visível todos os trabalhos, separando as escavações das entivações, e devem contemplar todas as medidas de segurança que seja necessário implementar.

As medições das escavações deverão ser separadas em função das condições de escavabilidade dos terrenos ocorrentes (meios mecânicos correntes – escavadora por lâmina ou balde / meios mecânicos potentes - *ripper* / meios mecânicos muito potentes – martelo pneumático / explosivos).

As medições das entivações deverão contemplar todos os elementos constituintes como painéis em madeira, painéis metálicos modulares, cortinas de (micro) estacas, colunas de “jet-grouting”, paredes moldadas, paredes tipo Berlim e/ou escoramento.

Quando relevante, as medições das escavações e das entivações também deverão ser feitas em função da profundidade.

Deverão ainda constar, sempre que possível, os trabalhos complementares inerentes à estabilidade da escavação (incluindo rebaixamento do nível freático, bombagem de águas afluentes à vala, etc.), bem como à manutenção da integridade e do desempenho das estruturas vizinhas que possam ser afetadas pela escavação.

As medições deverão ainda diferenciar os trabalhos inerentes ao aterro, incluindo a compactação dos respectivos materiais, para além dos trabalhos/materiais a colocar na vala (dependendo da infraestrutura a que ela respeita).

Os critérios de medição deverão ter em conta as condições executivas e deverão basear-se nas peças desenhadas e escritas do projeto.

No **Quadro 7** apresenta-se um exemplo de uma lista de quantidades de trabalho para as atividades de escavação e/ou entivação de valas:

Quadro 7 - Exemplo de lista de quantidades de trabalho de um PEV

ARTº	DESIGNAÇÃO	UN.	QUANTIDADE
1	Escavação em vala:		
1.x	Em solo / com recurso a meios manuais.	m ³	
1.x	Em solo / com recurso a meios mecânicos do tipo escavadora por lâmina ou balde.	m ³	
1.x	Em rocha branda / com recurso a meios mecânicos do tipo ripper.	m ³	
1.x	Em rocha dura / com recurso a meios mecânicos do tipo martelo pneumático ou demolidor / com recurso a explosivos.	m ³	
2	Entivação completa através de:		
2.x	Pranchões, travessas e escoras de madeira.	m ²	
2.x	Módulos metálicos compostos por painéis de chapa de aço e escoras extensíveis metálicas.	m ²	
2.x	Cortinas de microestacas, ...	m	
2.x	Cortinas de estacas, ...	m	
2.x	Colunas de "jet-grouting", ...	m	
2.x	Paredes moldadas, ...	m ²	
2.x	Paredes "tipo Berlim" ...	m ²	
3	Aterro de vala com recurso a:		
3.x	Meios manuais, incluindo compactação.	m ³	
3.x	Meios mecânicos do tipo escavadora, incluindo compactação.	m ³	
4	Desvio das águas afluentes à escavação com recurso a:		
4.x	Valetas de drenagem no topo da vala.	m	
4.x	Transporte, colocação em obra e remoção de bomba para rebaixamento do nível freático.	un	
4.x	Rebaixamento do nível freático com bomba auto-aspirante, para um caudal de xm ³ /h.	h	

5. EXECUÇÃO E ACOMPANHAMENTO DAS OBRAS

Tal como durante a promoção e preparação/planeamento dos trabalhos em valas, também durante a execução e acompanhamento destes trabalhos os responsáveis devem atender aos princípios gerais de prevenção de riscos profissionais.

Ao nível da preparação da execução e acompanhamento da obra há a referir a necessidade de serem implementadas as medidas de segurança adequadas e de ser assegurada a formação dos trabalhadores que desenvolvem os trabalhos.

Recomenda-se, assim, que em fase de obra o acompanhamento dos trabalhos seja permanente, por forma a se proceder à confirmação/aferição das condições locais e de operação, bem como da expressão que as mesmas apresentam na zona de intervenção (**Quadro 8**).

Quadro 8 - Avaliação das condições locais na fase de obra

CONDIÇÕES LOCAIS	EXPRESSÃO DAS CONDIÇÕES LOCAIS / DE OPERAÇÃO	
	Pouco significativa	Significativa
Coordenação/ Acompanhamento dos trabalhos por “pessoa competente ⁶ ”	Existente	Inexistente
Natureza do terreno/ Geologia ocorrente	A geologia encontrada é a prevista em projeto	A geologia encontrada não é a prevista em projeto
Terrenos contaminados	Inexistente / Existente e de acordo com o previsto no projeto	Existente e mais gravoso do que previsto em projeto
Presença de água / Nível freático	Inexistente / Existente e de acordo com o previsto no projeto	Existente e acima do previsto em projeto
Vegetação de grande porte/Construções/ (Infra)estrutura(s)/ Sobrecargas existente(s) nas imediações da vala ⁷	Inexistente / Existente e de acordo com o previsto no projeto	Existente e mais gravosa do que previsto em projeto
Fonte de vibrações nas imediações da vala	Inexistente / Existente e de acordo com o previsto no projeto	Existente e mais gravosa do que previsto em projeto
Condições atmosféricas /	Inexistente	Existente

⁶ «Pessoa competente», a pessoa que tenha ou, no caso de ser pessoa coletiva, para a qual trabalhe pessoa com formação ou qualificação teórico-prática ou experiência no tipo de trabalhos a desenvolver, sendo capaz de identificar, avaliar e definir medidas de controlo dos riscos.

⁷ O afastamento à vala depende do tipo de solo e de (infra)estrutura, tendo sido considerado um valor de referência de 1,5P (sendo P a profundidade da vala).

CONDIÇÕES LOCAIS	EXPRESSÃO DAS CONDIÇÕES LOCAIS / DE OPERAÇÃO	
	Pouco significativa	Significativa
Catástrofes naturais (sismo, liquefação, etc.)		
Planeamento (sobreposição de tarefas, excedência do tempo de abertura da vala, etc.)	Existente e implementado	Inexistente / Existente mas não detalhado
Execução	Trabalhos a ser executados por “pessoas competentes”	Trabalhos a ser executados por “pessoas não competentes”
	Trabalhos a serem executados de acordo com o projeto	Trabalhos a não serem executados de acordo com o projeto
	Geometria adequada à geologia ocorrente (aplicação a talude inclinado, sem entivação)	Geometria não adequada à geologia ocorrente (aplicação a talude inclinado, sem entivação)
	Verificação diária da estabilidade dos taludes e da zona envolvente	Não há verificação diária da estabilidade dos taludes e da zona envolvente
	Existe zona de segurança ⁸ e/ou “zona de reserva” ⁹	Não existe zona de segurança e/ou “zona de reserva”
	Há o acondicionamento adequado do material na envoltória da vala	Não há o acondicionamento adequado do material na envoltória da vala
	O interior da vala encontra-se isento de obstáculos não necessários	O interior da vala não se encontra isento de obstáculos não necessários
	Não existem trabalhadores na vala, durante a escavação	Existem trabalhadores na vala, durante a escavação
Ambiente perigoso ¹⁰ / Espaço confinado ¹¹	A vala não apresenta “ambiente perigoso”	A vala apresenta “ambiente perigoso”
Entivações	Está a ser executada de acordo com o projeto	Não está a ser executada de acordo com o projeto
	Está a ser colocada à medida da escavação	Não está a ser colocada à medida da escavação
	Apresenta resistência suficiente face às condições locais	Não apresenta resistência suficiente face às condições locais
	Não são observadas deformações anormais ou excessivas / Não está danificada	São observadas deformações anormais ou excessivas / Está danificada

⁸ Zona sem sobrecargas devido à circulação de equipamentos ou à deposição/acondicionamento de material.

⁹ Zona de 1,0 m de largura, para além da zona de segurança ou do limite de escavação.

¹⁰ Entende-se por “ambiente perigosos” sempre que se encontre ou seja possível encontrar gases (CH₄, H₂S, etc.), fumos (CO, CO₂, etc.), fugas de infraestruturas existentes e/ou terrenos contaminados, em valas com P > 4 m.

¹¹ Uma vala pode constituir um espaço confinado aberto: “Um espaço com vias de acesso que permitam com facilidade a entrada e saída de trabalhadores e equipamentos, mas que, devido à presença de gases ou substâncias perigosas, à ventilação natural deficiente, à sua configuração, à sua extensão, à natureza dos trabalhos e ao tipo de equipamentos utilizados, apresente perigos para o trabalhador, é considerado um espaço confinado aberto”

CONDIÇÕES LOCAIS	EXPRESSÃO DAS CONDIÇÕES LOCAIS / DE OPERAÇÃO	
	Pouco significativa	Significativa
	Desmontagem em terreno pouco coeso efetuada com os trabalhadores fora da zona de perigo	Desmontagem em terreno pouco coeso efetuada com os trabalhadores na zona de perigo
Segurança e Saúde	Existe Plano de Segurança e Saúde ou Fichas de Procedimentos de Segurança	Não existe Plano de Segurança e Saúde ou Fichas de Procedimentos de Segurança
	A organização do estaleiro consegue evitar sobrecarga estáticas e dinâmicas na zona envolvente à escavação	A organização do estaleiro não consegue evitar sobrecarga estáticas e dinâmicas na zona envolvente à escavação
	Os equipamentos utilizados são controlados dando cumprimento ao Decreto-Lei nº 50/2005	Os equipamentos utilizados não são controlados dando cumprimento ao Decreto-Lei nº 50/2005
	Os equipamentos são utilizados por “pessoas competentes” (habilitadas)	Os equipamentos são utilizados por “pessoas não competentes” (não habilitadas)
	Os trabalhadores sabem como proceder quando da operação dos equipamentos	Os trabalhadores não sabem como proceder quando da operação dos equipamentos
	Os trabalhadores executam os trabalhos, dentro da vala, a distâncias seguras uns dos outros	Os trabalhadores não executam os trabalhos, dentro da vala, a distâncias seguras uns dos outros
	A vala está delimitada / sinalizada	A vala não está delimitada / sinalizada
	Há passadiços pedonais (se aplicável)	Não há passadiços pedonais (se aplicável)
	Existem escadas de mão ou rampas de acesso (se aplicável)	Não existem escadas de mão nem rampas de acesso (se aplicável)
	Existem passadiços para veículos (se aplicável)	Não existem passadiços para veículos (se aplicável)

CONDIÇÕES LOCAIS	EXPRESSÃO DAS CONDIÇÕES LOCAIS / DE OPERAÇÃO	
	Pouco significativa	Significativa
	Existem e estão implementados planos de proteções coletiva e individual	Não existem / Existem e não estão implementados planos de proteções coletiva e individual
	Existe um plano de emergência e resgate / sistema de alerta	Não existe um plano de emergência e resgate / sistema de alerta
	Foi dada (in)formação específica aos trabalhadores	Não foi dada qualquer (in)formação aos trabalhadores / Foi dada (in)formação generalista aos trabalhadores

Considera-se que uma classe de “expressão das condições locais/ de operação” é atingida assim que se verifique, pelo menos, um dos requisitos.

As medidas a implementar em obra deverão ser definidas e detalhadas em função da necessidade de adoção de medidas de:

- Controlo ou monitorização da integridade da solução adotada, no caso de a expressão das condições locais / de operação ser “pouco significativa”;
- Reformulação / reforço da solução adotada por forma a assegurar a segurança dos trabalhos em curso, no caso de a expressão das condições locais / de operação ser “significativa”.

No Anexo 2 apresenta-se uma lista de verificação de aspetos relevantes a serem verificados a nível da execução (construção e da fiscalização) da obra.

6. QUALIFICAÇÃO PROFISSIONAL EXIGÍVEL AOS TÉCNICOS

Tendo em consideração a especificidade dos trabalhos de escavação e/ou contenção em valas, os técnicos intervenientes em todo o processo (Autor e Revisor de Projeto, Diretor de Fiscalização e Diretor de Obra) deverão ter uma formação académica de base nas áreas da engenharia civil ou geológica ou de minas ou geotécnica, com experiência comprovada em projetos desta natureza.

Face ao carácter generalista da legislação em vigor e atendendo à complexidade que os trabalhos de escavação e/ou contenção em valas podem ter atendendo aos condicionamentos locais onde são executadas, considera-se que deverá ser proposta uma maior restrição das competências dos técnicos intervenientes, atendendo às Categorias Geotécnicas previstas no [EC7-1](#), nomeadamente:

- **Categoria Geotécnica 1:**
 - O autor de projeto, o diretor de fiscalização e o diretor de obra deverão ser técnicos com a qualificação profissional mínima definida na legislação em vigor e com experiência comprovada em projetos de escavação e/ou contenção de valas de pelo menos 2 anos;
 - O revisor de projeto deverá ser um técnico com a qualificação profissional igual ou superior à exigida ao autor de projeto e com experiência comprovada em projetos de escavação e/ou contenção de valas de pelo menos 5 anos.
- **Categoria Geotécnica 2:**
 - O autor de projeto, o diretor de fiscalização e o diretor de obra deverão ser técnicos com a qualificação profissional mínima definida na legislação em vigor e com experiência comprovada em projetos de escavação e contenção de valas de pelo menos 5 anos;
 - O revisor de projeto deverá ser um técnico com a qualificação profissional igual ou superior à exigida ao autor de projeto, com experiência comprovada em projetos de escavação e contenção em valas de pelo menos 10 anos.

É de salientar que devido aos trabalhos de escavação e/ou contenção em valas constituírem trabalhos com risco especiais, é obrigatória (segundo o [Decreto-Lei n.º 273/2003](#)) a nomeação de um Coordenador de Segurança em Projeto, que se recomenda que seja um Técnico Superior de Segurança no Trabalho, com Título Profissional válido e com experiência idêntica à acima referida para os restantes intervenientes, em cada Categoria Geotécnica.

Além dos técnicos referidos, para a aplicação dos princípios de prevenção e a execução das atividades de segurança e saúde no trabalho em obra, os trabalhos de escavação e/ou contenção em valas devem ser acompanhados por profissionais de Segurança no Trabalho detentores de formação acreditada, com Título Profissional válido, com uma experiência comprovada em trabalhos da mesma natureza de, pelo menos:

- 3 anos em obras da Categoria Geotécnica 1, sendo a equipa de segurança constituída por Técnico ou Técnico Superior;
- 5 anos em obras da Categoria Geotécnica 2, sendo a equipa de segurança constituída por Técnico e Técnico Superior.

Lisboa, janeiro de 2020

Grupo de trabalho para a atualização da “Proposta de Recomendações para a Segurança na Escavação de Valas” constituído pelos Engenheiros Vitória da Conceição Rodrigues, António Cristóvão e José Cupertino Carneiro.

ANEXO 1 - LISTA DE VERIFICAÇÃO DOS ASPETOS RELEVANTES PARA A SEGURANÇA DAS ESCAVAÇÕES A NÍVEL DE PROJETO¹²

Natureza do terreno / Geologia ocorrente	Sim	Não	NA
Foi avaliada a geologia ocorrente (existência e espessura de terra vegetal, aterros, solos, rocha, etc.)?			
Foram efetuados trabalhos de prospeção que permitam a caracterização dos materiais a escavar?			
Foi definida a metodologia de escavação a utilizar por tipo de terreno ocorrente (meios manuais, mecânicos e/ou explosivos)?			
Terrenos contaminados	Sim	Não	NA
Foram identificados terrenos contaminados?			
Se não, é provável a sua ocorrência?			
Presença de água / Nível freático	Sim	Não	NA
Foram analisadas as condições hidrogeológicas ocorrentes (nível freático, afluências de água, escorrências superficiais)?			
Existe nível freático?			
É necessário rebaixamento do nível freático?			
Se sim, é possível definir e implementar um método?			
Se sim, deverá a escavação fazer-se dentro de água para impedir a erosão interna?			
São possíveis escoamentos superficiais?			
Se sim, verifica-se a necessidade de drenagem?			
Se sim, é possível definir sistema de drenagem?			
Existe o risco de inundação (proximidade a zonas de água, zona baixa, etc.)?			
Se sim, é necessário um sistema de retenção/desvio das águas?			
Infraestrutura(s) existente(s) nas imediações da vala	Sim	Não	NA
Existe vegetação:			
· arbustiva?			
· arbórea?			
Existem redes de infraestruturas vizinhas (condutas de água, gás, óleo, alimentações hidráulicas, esgotos domésticos, esgotos pluviais, condutas de águas industriais e sarjetas, cabos de eletricidade e telefone)?			
São possíveis fugas das canalizações vizinhas (água ou gás)?			
Foram analisados os comprimentos das tubagens, diâmetros e fundações das infraestruturas vizinhas?			
São conhecidos trabalhos anteriores no local da obra?			
Existem (infra)estruturas vizinhas a menos de 1,5P (P = profundidade da vala)?			
Foram analisados os condicionalismos devidos à proximidade de estruturas vizinhas existentes, tais como:			
· sobrecargas?			
· outros?			
Foram verificadas as condições das estruturas vizinhas existentes (apresentam fendas, etc.)?			
Fonte de vibrações nas imediações da vala	Sim	Não	NA
Os trabalhos decorrem:			
· na proximidade de estradas?			
· em terreno livre?			
Foram identificadas outras fontes de vibrações?			

¹² Adaptado de: TRADA / NEW ZELAND GOVERNMENT / (ACT-Portugal).

Condições atmosféricas	Sim	Não	NA
Sabe-se se irão os trabalhos decorrer com condições atmosféricas adversas?			
Se irão, é possível definir medidas de segurança e soluções que garantam a segurança dos trabalhos?			
Execução	Sim	Não	NA
É possível executar a vala ao abrigo de taludes estáveis (sem entivação)?			
Se sem entivação, poderão formar-se fendas de tração (permitindo a entrada de água ou a queda de blocos/desplacamentos de solos)?			
Foi definida a metodologia de escavação em função dos condicionismos locais (meios manuais, mecânicos e/ou explosivos)?			
É necessário e possível definir uma zona de segurança ¹³ nas imediações da vala?			
Está previsto reutilizar o terreno escavado no aterro da vala (há necessidade de efetuar o depósito do material escavado na proximidade da vala)?			
Está previsto um método de compactação para o aterro da vala?			
Entivações	Sim	Não	NA
Está a entivação adequada às condições existentes?			
A entivação está dimensionada ou é reforçada em todos os locais expostos a vibrações de tráfego ou onde existe o risco desmoronamentos, derrube de estruturas ou de vegetação de grande porte?			
A entivação está a ser dimensionada para sobrecargas como:			
· a subida do nível freático?			
· a deposição de solos escavados secos ou saturados?			
· equipamentos necessários à execução dos trabalhos?			
Categoria geotécnica	Sim	Não	NA
Foi aplicada a metodologia proposta nestas recomendações para a definição da Categoria Geotécnica?			
Foi definido o sistema de contenção (natural ou por entivação) usando a metodologia proposta nestas recomendações?			
Segurança e Saúde			
Está a ser elaborado Plano de Segurança e Saúde ou Fichas de Procedimentos de Segurança?			
Se sim, estão a ser definidas as medidas de segurança adequadas para assegurar o controlo dos riscos identificados?			
Estão a ser definidas limitações à zona de trabalhos (acesso, direito de circulação, etc.)?			
Estão contemplados todos os planos de proteções coletivas e individuais necessários e adequados a cada fase da execução da obra?			
Foi definida uma "zona de reserva" ¹⁴ ?			

¹³ Zona sem sobrecargas devido à circulação de equipamentos ou à deposição/acondicionamento de material.

¹⁴ Zona de 1 m de largura, para além da zona de segurança ou do limite de escavação.

ANEXO 2 - LISTA DE VERIFICAÇÃO DOS ASPETOS RELEVANTES PARA A SEGURANÇA DAS ESCAVAÇÕES A NÍVEL DA EXECUÇÃO¹⁵

Coordenação / Acompanhamento dos trabalhos	Sim	Não	NA
Os trabalhos são coordenados e acompanhados por “pessoa competente ¹⁶ ”?			
As escavações e os sistemas de proteção, incluindo entivações caso existam, são inspecionados diariamente, por “pessoa competente”, antes do início dos trabalhos?			
Existe uma “pessoa competente” com autoridade para remover imediatamente os trabalhadores da escavação no caso de as condições de segurança não estarem asseguradas?			
Natureza do terreno / Geologia ocorrente	Sim	Não	NA
Está a ser encontrada a geologia ocorrente (existência e espessura de terra vegetal, aterros, solos, rocha, etc.) prevista em projeto? (Se não, os trabalhos apenas podem avançar mediante indicações de “pessoa competente”)			
Terrenos contaminados	Sim	Não	NA
Foram identificados terrenos contaminados?			
Se sim, está definido em projeto como proceder à escavação, ao acondicionamento dos materiais e às medidas de segurança a adotar? (Se não, não avançar com os trabalhos)			
Presença de água / Nível freático	Sim	Não	NA
Existe nível freático?			
Se sim, é a cota do nível freático a prevista no projeto?			
Se não, é o nível freático detetado mais desfavorável?			
Se sim, existe mais do que um nível freático?			
É necessário rebaixamento do nível freático?			
Se sim, foi o método definido em projeto?			
Se sim, é o método escolhido em projeto o mais adequado?			
Se sim, deverá a escavação fazer-se dentro de água para impedir a erosão interna?			
São possíveis escoamentos superficiais?			
Se sim, foi definido em projeto um sistema de drenagem?			
Se sim, é o sistema de drenagem escolhido em projeto, o mais adequado?			
Existe o risco de inundação (chuvadas intensas, proximidade a zonas de água, zona baixa, etc.)?			
Se sim, é necessário um sistema de retenção/desvio das águas?			
Existem bombas de reserva para evacuação das águas?			
Permite o sistema de bombagem evitar a extração de materiais atrás da entivação?			
(Infra)estrutura(s) existente(s) nas imediações da vala	Sim	Não	NA
Existe vegetação arbórea?			
Se sim, o projeto acautelou a sua existência na definição do processo executivo da escavação e/ou entivação? (Se não, não avançar com os trabalhos ou avançar com medidas definidas apenas por pessoa competente)			
Existem redes de infraestruturas vizinhas (condutas de água, gás, óleo, alimentações hidráulicas, esgotos domésticos, esgotos pluviais, condutas de águas industriais e sarjetas, cabos de eletricidade e telefone, etc.)?			
Se sim, conhece-se o seu desenvolvimento e características comprimentos das tubagens, diâmetros e fundações)?			
Se sim, foram contactados os concessionários dessas redes?			
Se sim, foram desviados, desativados ou protegidos?			

¹⁵ Adaptado de: TRADA / NEW ZELAND GOVERNMENT / (ACT-Portugal).

¹⁶ «Pessoa competente», a pessoa que tenha ou, no caso de ser pessoa coletiva, para a qual trabalhe pessoa com formação ou qualificação teórico-prática ou experiência no tipo de trabalhos a desenvolver, sendo capaz de identificar, avaliar e definir medidas de controlo dos riscos.

São possíveis fugas das canalizações vizinhas (água ou gás)?			
Foram reconhecidos trabalhos anteriores no local da obra?			
Existem (infra)estruturas vizinhas a menos de 1,5P (P = profundidade da vala)?			
Foram analisados os condicionalismos devidos à proximidade de estruturas vizinhas existentes, tais como:			
sobrecargas?			
outros?			
Foram verificadas as condições das estruturas vizinhas existentes (apresentam fendas, etc.)?			
As escavações efetuadas em locais com infraestruturas são executadas de forma cuidada? (Com meios mecânicos até 1 m das condutas, com martelos pneumáticos até 0,50 m das condutas e, a menos de 0,5 m, com ferramentas manuais)			
Encontram-se protegidas, suportadas ou removidas as infraestruturas subterrâneas?			
Fonte de vibrações nas imediações da vala	Sim	Não	NA
Os trabalhos decorrem:			
· na proximidade de estradas?			
· em terreno livre?			
Foram identificadas outras fontes de vibrações?			
Se sim, as vibrações induzidas potenciam desmoronamentos?			
Condições atmosféricas / Catástrofes naturais	Sim	Não	NA
Estão ou está previsto os trabalhos decorrerem em condições atmosféricas adversas?			
Se sim, estão a ser definidas e implementadas, por pessoa competente, medidas de segurança adequadas ao risco?			
Foi feita uma inspeção depois de um evento de condições atmosféricas adversas / catástrofes naturais?			
Planeamento	Sim	Não	NA
Existe planeamento específico para os trabalhos a desenvolver dentro da vala?			
Existe planeamento específico para os trabalhos a desenvolver fora da vala e a sua interligação/sobreposição com os trabalhos a desenvolver dentro da vala?			
Foi o tempo previsto para a realização destes trabalhos, o mínimo possível?			
Encontra-se a vala aberta mais tempo do que o previsto?			
Execução	Sim	Não	NA
Estão os trabalhos a ser executados por "pessoas competentes"?			
O projeto diferenciou métodos de escavação de acordo com os terrenos ocorrentes (solos, rocha branda, rocha, etc...)?			
Se sim, as escavações de acordo com o método definido em projeto?			
Se não, as escavações/entivações foram definidas e estão a ser realizadas por pessoa competente, de acordo com os terrenos ocorrentes?			
Verifica-se a estabilidade dos taludes e da zona envolvente diariamente, antes dos trabalhos?			
Se a escavação é realizada ao abrigo de taludes estáveis:			
Está a ser cumprida a geometria da vala definida em projeto?			
São identificadas fendas ou heterogeneidades (que correspondem a indícios de entrada de água, de individualização de blocos rochosos ou de deslizamento de solo para dentro da vala)?			
Sabe-se se o projeto da escavação / entivação contemplou sobrecargas relacionadas com a circulação de equipamentos e acondicionamento de materiais?			

Se não, foram criadas as “zona de segurança ¹⁷ ” e “zona de reserva ¹⁸ ”?			
Se sim, foi criada a “zona de reserva”?			
Está a ser assegurado que não são acondicionados/colocados outros materiais ou equipamentos entre a zona de depósito de material escavado e a vala?			
Existem condicionamentos em obra que condicionem a criação das “zona de segurança” e “zona de reserva”?			
Em caso de a vala ser executada em terreno inclinado (o topo de uma parede da vala é mais baixo do que o outro) está o material a ser depositado no lado mais baixo?			
Se não, foi assegurado que não existe risco de queda de material da vala para o interior da mesma?			
Se não, foi assegurado que não existe risco de colapso do talude da vala para o interior da mesma (foi criada uma “zona de segurança”)?			
Está previsto reutilizar o terreno escavado no aterro da vala (há necessidade de efetuar o depósito do material escavado na proximidade da vala)?			
É o método de compactação adequado para o aterro da vala?			
Encontra-se impedida a deposição/acondicionamento de material sobre infraestruturas existentes?			
Está o interior da vala isento de obstáculos não necessários ou possível de remover (limpo de tubagens, tijolos, calhaus, ferramentas, etc.)?			
Fica a vala sem trabalhadores no seu interior enquanto decorrem os trabalhos de escavação?			
Ambiente perigoso¹⁹ / Espaço confinado²⁰	Sim	Não	NA
A profundidade/largura da vala e meios humanos e materiais permitem uma ventilação adequada dentro da mesma? (Ao nível dos trabalhadores, a velocidade de ar não deve ser inferior a 0,5 m/s)			
É a atmosfera testada para a possibilidade de deficiência de oxigénio ou de aparecimento de gases perigosos?			
Se sim, é o teor em oxigénio entre 19,5 e 22%?			
Se sim, é a concentração de gás inflamável no ar <10%?			
Existe ventilação para impedir a acumulação de gases inflamáveis, garantindo-se uma concentração de gases < 10% do limite inferior de inflamabilidade (ou explosividade) – LII/LIE?			
Existem odores ou poeiras não previstas na zona de trabalho?			
Estão os trabalhadores que operar na vala seguros em relação a gases tóxicos provenientes de máquinas trabalhando nas proximidades?			
Entivações	Sim	Não	NA
A entivação está a ser executada de acordo com o definido no projeto?			
Se não, a alteração foi validada por escrito por “pessoa competente”?			
A entivação está a ser colocada à medida da escavação?			
Apresenta a entivação resistência suficiente face às condições locais encontradas?			
Está a entivação assente em base estável e suportando o terreno?			
Existem vazios entre as tábuas de entivação e o terreno? (Se sim, situação incorreta)			
A entivação é feita com madeira?			

¹⁷ Zona sem sobrecargas devido à circulação de equipamentos ou à deposição/acondicionamento de material.

¹⁸ Zona de 1,0 m de largura, para além da zona de segurança ou do limite de escavação.

¹⁹ Entende-se por “ambiente perigosos” sempre que se encontre ou seja possível encontrar gases (CH₄, H₂S, etc.), fumos (CO, CO₂, etc.), fugas de infraestruturas existentes e/ou terrenos contaminados, em valas com P > 4 m.

²⁰ Uma vala pode constituir um espaço confinado aberto: “Um espaço com vias de acesso que permitam com facilidade a entrada e saída de trabalhadores e equipamentos, mas que, devido à presença de gases ou substâncias perigosas, à ventilação natural deficiente, à sua configuração, à sua extensão, à natureza dos trabalhos e ao tipo de equipamentos utilizados, apresente perigos para o trabalhador, é considerado um espaço confinado aberto”

Se sim, as madeiras usadas nas entivações e escoramentos são de boa qualidade, isentas de nós e fissuras e com secção suficiente?			
A entivação prolonga-se acima do terreno em pelo menos 20 cm?			
Se não, foram colocados batentes laterais à vala?			
As tábuas estão bem apertadas por cunhas contra os prumos e as cintas?			
São observadas deformações anormais ou excessivas / Está danificada? (Se sim, suspender os trabalhos e criar zona de segurança dentro e fora da vala, de imediato)			
A desmontagem das entivações em terreno pouco coeso é efetuada com os trabalhadores fora da zona de perigo?			
Na desmontagem, as peças são atadas com cordas/cabos adequados e puxadas de fora da zona que vai ficar desprotegida?			
Segurança e Saúde			
Existe Plano de Segurança e Saúde ou Fichas de Procedimentos de Segurança?			
Se sim, estão a ser cumpridas as suas prescrições, decorrendo os trabalhos com o controlo dos riscos pela implementação de medidas de segurança adequadas?			
A organização do estaleiro consegue evitar sobrecarga estáticas e dinâmicas na zona envolvente à escavação?			
Os equipamentos utilizados são controlados dando cumprimento ao Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de fevereiro?			
Os equipamentos são utilizados por “pessoas competentes” (habilitadas)?			
É evitada a aproximação de pessoas quando a operação dos equipamentos de terraplenagem?			
Os trabalhadores executam os trabalhos, dentro da vala, a distâncias seguras uns dos outros? (Nas escavações com ferramentas manuais, os trabalhadores devem manter entre si uma distância mínima de 3,60 m)			
Estão os trabalhadores proibidos de trabalhar ou de andar sob cargas suspensas?			
Estão os trabalhadores proibidos de operar nos taludes ou nas paredes das escavações acima de outros trabalhadores?			
Existem limitações de trabalhadores/outros à zona de trabalhos (acesso, direito de circulação, etc.)?			
É assegurado que não se verifica a circulação de pessoas e veículos a menos de 0,60 m do bordo superior da vala?			
Está assegurada a delimitação da vala?			
Está o trabalho a ser corretamente vedado e sinalizado:			
a. durante o dia?			
b. durante a noite?			
Há passadiços pedonais, em número adequado, para transpor a vala e a serem utilizados (se aplicável)?			
Se sim, esses passadiços têm guarda-corpos resistentes, a altura de 90 cm, proteção intermédia a 45 cm e rodapé?			
Se vala com P >1,0 m há escadas de mão ou rampas de acesso ²¹ disponíveis e a serem utilizadas? (Em valas ou trincheiras com profundidade superior a 1,50 m devem ser instaladas escadas de acesso, e não rampas, espaçadas entre si de 15 m, no máximo)			
Se sim, as escadas encontram-se: bem fixas? bem assentes na base? o seu comprimento fica, pelo menos, 0,90 m acima do topo da vala?			
É assegurado que ninguém sobe pela entivação?			
Existem passadiços para veículos?			
Se sim, têm estrutura própria (dissociada da entivação caso exista), sobre o terreno e estão protegidos com barrotos?			
Se sim, têm largura mínima de 3,60 m?			

²¹ Rampas com inclinação máxima de 6V/1H com travessas e/ou inclinação máxima de 4V/1H sem travessas.

Foram previstos os planos de proteções coletiva e individual necessários e adequados a cada fase da execução da obra?			
Se sim, estão disponíveis e a ser utilizados os equipamentos de proteção coletiva?			
Se sim, estão disponíveis e a ser utilizados os equipamentos de proteção individual?			
Existe um plano de emergência e resgate / sistema de alerta?			
Se sim, está implementado na zona de trabalhos (Existe equipamento de emergência e pessoal prontamente disponível)?			
Foram os trabalhadores treinados para a emergência (têm conhecimento do procedimento a adotar)?			
Se sim, fizeram simulacros?			

REFERÊNCIAS

LEGISLAÇÃO E NORMAS

Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro (Conforme republicada pela Lei n.º 3/2014, de 28 de janeiro)

Estabelece o regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho.
<https://dre.pt/application/conteudo/571052>

Decreto n.º 41 821 de 1958, de 11 de agosto

Aprova o Regulamento de Segurança no Trabalho da Construção Civil.
<https://dre.pt/application/conteudo/352090>

Decreto-Lei n.º 273/2003, de 29 de outubro

Procede à revisão da regulamentação das condições de segurança e de saúde no trabalho em estaleiros temporários ou móveis, constante do Decreto-Lei n.º 155/95, de 1 de Julho (revogando-o), mantendo as prescrições mínimas de segurança e saúde no trabalho estabelecidas pela Directiva n.º [92/57/CEE](#), do Conselho, de 24 de junho
<https://dre.pt/application/conteudo/466181>

Portaria n.º 101/96, de 3 de abril

Regulamenta as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho dos estaleiros temporários ou móveis
<https://dre.pt/application/conteudo/558993>

Decreto-Lei nº 50/2005, de 25 de fevereiro

Transpõe para a ordem jurídica interna a Diretiva n.º 2001/45/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 27 de Junho, relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para a utilização pelos trabalhadores de equipamentos de trabalho, e revoga o Decreto-Lei n.º 82/99, de 16 de março
<https://dre.pt/application/conteudo/584397>

AUTORIDADE PARA AS CONDIÇÕES DO TRABALHO (ACT-Portugal):

Lista de Verificação – Soterramento

[http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/ListasVerificacao/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/ListasVerificacao/Paginas/default.aspx)

Lista de Verificação – Trabalhos de escavação

[http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/ListasVerificacao/Paginas/default.aspx](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/ListasVerificacao/Paginas/default.aspx)

Decreto n.º 73/73 de 28 de fevereiro:

Define os preceitos a que deve obedecer a qualificação dos técnicos responsáveis pelos projetos de obras sujeitas a licenciamento municipal

<https://dre.pt/application/conteudo/684616>

Decreto-Lei n.º 250/1994 de 15 de outubro:

Altera o Decreto-Lei n.º 445/91, de 20 de novembro (estabelece o regime jurídico do licenciamento municipal de obras particulares)

<https://dre.pt/application/conteudo/618126>

Decreto-Lei n.º 177/2001 de 4 de junho:

Altera o Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de Dezembro, que estabelece o regime jurídico da urbanização e da edificação

<https://dre.pt/application/conteudo/331257>

Portaria n.º 701-H/2008 de 29 de julho:

Aprova o conteúdo obrigatório do programa e do projeto de execução, bem como os procedimentos e normas a adotar na elaboração e faseamento de projetos de obras públicas, designados «Instruções para a elaboração de projetos de obras», e a classificação de obras por categorias Lei n.º 102/2009 de 10 de setembro;

<https://dre.pt/application/conteudo/575341>

<https://dre.pt/pesquisa//search/490009/details/maximized>

Lei n.º 40/2015 de 1 de junho:

Estabelece a qualificação profissional exigível aos técnicos responsáveis pela elaboração e subscrição de projetos, coordenação de projetos, direção de obra pública ou particular, condução da execução dos trabalhos das diferentes especialidades nas obras particulares de classe 6 ou superior e de direção de fiscalização de obras públicas ou particulares, procedendo à primeira alteração à [Lei n.º 31/2009](#), de 3 de julho

<https://dre.pt/application/conteudo/67356985>

Lei n.º 41/2015 de 3 de junho;

Estabelece o regime jurídico aplicável ao exercício da atividade da construção, e revoga o Decreto-Lei n.º 12/2004 de 9 de janeiro

https://dre.pt/home//dre/67377968/details/maximized?p_auth=6SbCxFdK

LNEC (E217-1968). Fundações diretas correntes

NP EN 1998-1, 2010. Eurocódigo 8 - Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios

NP EN 1997-1

Eurocódigo 7 - Projecto geotécnico Parte 1: Regras gerais

<http://www1.ipq.pt/PT/site/clientes/pages/pesquisarnormas.aspx>

NP EN 1997-2

Eurocode 7 - Geotechnical design Part 2: Ground investigation and testing

<http://www1.ipq.pt/PT/site/clientes/pages/pesquisarnormas.aspx>

NP EN 1998-5: 2010. Eurocódigo 8 - Projeto de estruturas para resistência aos sismos. Parte 5 - Fundações, estruturas de suporte e aspetos geotécnicos

NP EN 1537:2013 - Execução de Obras Geotécnicas Especiais – Ancoragens no terreno

EN 12063:1999 - Execution of special geotechnical works. Sheet pile walls.

EN 12699:2015 - Execution of special geotechnical works. Displacement piles

EN 12715:2000 - Execution of special geotechnical work. Grouting

EN 12716:2001 - Execution of special geotechnical works. Jet grouting

EN 14199:2015 - Execution of special geotechnical works. Micropiles

EN 14475:2006 - Execution of special geotechnical works. Reinforced fill

EN 14490:2010 - Execution of special geotechnical works. Soil nailing

EN 14679:2005 - Execution of special geotechnical works. Deep mixing

EN 14731:2005 - Execution of special geotechnical works. Ground treatment by deep vibration

EN 15237:2007 - Execution of special geotechnical works. Vertical drainage

EN 1536:2010+A1:2015 - Execution of special geotechnical work. Bored piles

EN 1538:2010+A1:2015 - Execution of special geotechnical works. Diaphragm walls

LIVROS

COST, 2003. Avoiding Damage Caused by Soil-structure Interaction: Lessons Learnt from Case Histories. Edited by R. Kastner, O. Kjekstad and J.R. Standing. Thomas Telford. 2003

NEW ZELAND GOVERNMENT: WorkSafe – Publicação Excavation Safety, July 2016

<https://worksafe.govt.nz/topic-and-industry/excavation/excavation-safety-gpg/>

TRADA: Timber in excavations, 3rd Edition (1990), Thomas Telford Ltd., London (UK)

<https://epdf.pub/timber-in-excavations.html>

Terzaghi, K. and Peck, R.B., 1967. Soil Mechanics in Engineering Practice. John Wiley and Sons

LINKS

BS 5930 (1981). “Code of Practice for Site Investigation”. British Standards Institution, Londres.

<http://www.ordemengenheiros.pt/pt/a-ordem/especializacoes/horizontais/geotecnia/>

http://www.ordemengenheiros.pt/fotos/editor2/regulamento_admissao_qualificacao_dr_13042017.pdf

<http://www.cm-lisboa.pt/fileadmin/VIVER/Urbanismo/urbanismo/planeamento/pdm/novo0ut2013/ea/RMUEL.pdf>