

Obra: Unidade de Cuidados Continuados e Paliativos e Desenvolvimento de Tecnologias na Saúde

Local: Granjal, Santa Clara, Coimbra

Dono da Obra: Beautiful Angels Lda. - Pedro Parreira

Projeto: Fundações, Contenções e Estruturas

Fase: Projeto de EXECUÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

1. Descrição da obra. Considerações iniciais

Refere-se a presente memória ao Projeto de Estabilidade de **“Fundações, contenções e estruturas”**, relativa à construção do edifício que constitui a **“Unidade de cuidados continuados e paliativos e desenvolvimento de tecnologias de saúde”** sito em Granjal, Santa Clara, Coimbra.

Trata-se de um edifício de serviços de saúde, com alojamento para utentes e serviço de refeições, cuidados continuados e paliativos, consultas médicas, fisioterapia, reabilitação e desenvolvimento de tecnologias inovadoras de saúde.

O edifício é subdividido em três corpos principais A (A1 e A2), B (B1 e B2) e C (C1 e C2), separados entre si por 7 juntas de dilatação (3 longitudinais e 4 transversais) e com os seguintes níveis, de baixo para cima:

- Piso -1 – semienterrado e destinado a aparcamentos, lavandaria, zonas técnicas, vestiários e balneários, refeitório para o pessoal, salas de formação e compartimentos para os geradores.
- Piso 0 – destinado a salas de estar e de refeições, piscina, ginásio e fisioterapia, gabinetes médicos, quartos de recobro, cozinha e economato.
- Piso 1 – destinado a alojamento dos utentes: quartos instalações, sanitárias e sala de estar.

Relativamente às dimensões em planta o edifício no seu conjunto tem uma configuração retangular com cerca de 62,50 m de comprimento e 52,50 m de largura média.

Do ponto de vista da solução estrutural, pretende-se uma estrutura robusta, sólida, com resposta eficaz às solicitações mais gravosas (ventos e sismos), com deformações minimizadas e aquém dos limites regulamentares, com manutenção reduzida, capacidade para interligar e suportar os restantes elementos construtivos e também os sistemas de infraestruturas necessários ao funcionamento do edifício.

Pretendem-se soluções correntes, robustas, baratas e de fácil execução em obra.

2. Fundações e contenções

Para o projeto das fundações e contenções foi considerado o Relatório Geotécnico elaborado sobre a campanha de sondagens efetuada.

Geotecnia e sondagens

A empresa Riasonda – Sondagens e consultoria unipessoal, Lda., realizou em abril de 2014, no terreno da obra 5 sondagens penetrométricas dinâmicas superpesadas (DPSH) para caracterização dos solos que interessam ao projeto de fundações e contenções.

Na sequência dos trabalhos de campo, elaboraram o “Relatório Geotécnico” da responsabilidade da eng^a. Carminda Sardo.

Posteriormente e já em janeiro de 2025, a eng^a. Carminda Sardo, a pedido do responsável do Projeto de Fundações, contenções e estruturas apresentou uma adenda ao referido Relatório Geotécnico, pelo fato de agora e face ao Projeto de Arquitetura, se conhecer com rigor a implantação do edifício, nomeadamente no que se refere aos pisos enterrados e, portanto, ao atravessamento das camadas geológicas sondadas.

Foi com base nesse relatório que a equipa projetista estudou e desenvolveu a solução para as fundações dos elementos estruturais e as contenções periféricas do tipo muros gravíticos em betão armado.

Caracterização dos solos

As sondagens foram realizadas a cotas distintas e terminaram quando se atingiu um número de pancadas próximo ou igual a 100, significando que se atingiu um substrato duro impenetrável. Esta camada dura com boa resistência aparece a profundidades variáveis, entre 3,4 e 10,0 metros, tal como se verifica nos perfis das sondagens.

Temos uma camada superficial de terra vegetal que se sobrepõe a terrenos arenosos: são arenitos ou saibros de tom claro e rosa, cimentado em profundidade, com seixos rolados de várias dimensões e que podem atingir mais de 20 cm.

Nível freático

O Relatório Geotécnico refere que *“durante a realização das sondagens e nesta altura do ano, o nível freático não foi detetado, no entanto verificou-se que na sondagem DPSH 2 as varas apresentavam-se húmidas a uma profundidade de 4,2 metros”*.

Análise dos resultados

Com base nos resultados das sondagens e segundo o Relatório Geotécnico e a adenda atual, verifica-se a viabilidade para as fundações diretas por sapatas implantadas no mínimo a 2,5 metros de profundidade a partir da superfície actual do terreno.

Os assentamentos totais máximos e os assentamento diferenciais previsíveis são admissíveis para qualquer geometria das sapatas, para uma tensão admissível de 300 kPa.

Devido às heterogeneidades verificadas nas sondagens relativamente à resistência dos solos e à distância entre os locais prospetados, à existência de camadas com seixos e à escavação com alturas muito diferentes para a implantação da obra, não se deverão considerar tensões admissíveis do solo superiores a 300 kPa.

Releva-se que na altura de execução da obra e das escavações propriamente ditas, se deverá **confirmar as condições geotécnicas** aqui indicadas, tendo em atenção se em algum local os solos se apresentam mais deformáveis que o espetável.

Contenções

As contenções serão realizadas através de muros gravíticos em betão armado.

Drenagens exteriores

Foi considerado um sistema de drenagem exterior, constituído por dois geodrenos enterrados; um à profundidade de 1,50 m que vai recolher as águas pluviais de infiltração imediata e outro, mais profundo, junto às sapatas dos muros de suporte perimetrais para evitar que as circulações e percolações de águas mais profundas possam repassar para o interior das caves.

3. Estruturas elevadas

Movimentos de terra. Escavações

Sendo 141,00 a cota de limpo do piso -1 (a confirmar pelo Projeto de Arquitetura), a escavação geral para a execução da plataforma geral de trabalho e posterior abertura de caboucos para implantação das sapatas, deverá atingir a cota 140,50.

Poderá ser realizada com recurso a meios tradicionais de terraplenagem: máquina giratória e balde, prevendo-se reduzida dificuldade de desmonte.

Solução estrutural

A estrutura que constituirá o edifício e em particular os corpos A, B e C foi concebida de modo a que se mantenha apta para os fins a que se destina, com elevado nível de durabilidade e segurança.

Foram tidos em conta os princípios funcionais, os pressupostos arquitetónicos, os requisitos técnicos inerentes às instalações especiais e também os aspetos económicos e estéticos da construção, as características dos materiais constituintes, as condições ambientais, as características dos terrenos de fundação e os processos construtivos a adotar.

A solução estrutural de um edifício de serviços deste tipo é sempre condicionada pelo desenho arquitetónico que pode limitar o posicionamento dos elementos estruturais principais, bem como as suas dimensões. Também aspetos relacionados com facilidade construtiva e a montagem das redes de infra-estruturas: eletricidade, telecomunicações, climatização, águas, esgotos, etc. conduziram-nos para um sistema estrutural em que os pavimentos são constituídos por lajes fungiformes maciças apoiadas diretamente sobre pilares ou núcleos maciços (caixas de elevadores e courettes).

PerifERICAMENTE criámos vigas com secções obrigadas pelo desenho de arquitetura que controlam as deformações (sempre indesejáveis) do bordo da laje e constituem também as padieiras dos vãos inferiores.

Para implantação dos elementos principais de suporte (pilares e núcleos maciços) tentamos criar uma malha o mais regular possível, em que os pilares ficassem preferencialmente alinhados e paralelos uns em relação aos outros.

A estrutura será em betão armado: betão e aço das classes C25/30 e A500 NR. Admite-se que todo o betão a aplicar seja do tipo "betão pronto", fornecido por empresa que se pretende certificada.

Deverá ser uma constante preocupação do diretor da obra o controlo rigoroso das qualidades e características técnicas do betão e aço aplicados.

Categoria de vida útil 4 (50 anos).

Muros gravíticos

Os muros gravíticos em betão armado são os muros MA1, MA2, MA3, MA3.1, MA4, MA5, MA6, MA7 no corpo A; MB1, MB2, MB3, MB4, MB5, MB6, MB7, MB8, MB9, MB10, MB11, MB12, MB13 e MB14 no corpo B; MC1, MC2, MC3, MC4, MC5, MC6, MC7 e MC8 no corpo C; têm espessura de 0,30 m.

Está previsto que os paramentos em contacto com o solo sejam tratados com um barramento de emulsão betuminosa do tipo Flintcoat, em duas demãos cruzadas, para evitar a entrada de água pela parede.

Pilares

Os pilares são todos em betão armado e de secção retangular. Fez-se uma standardização das dimensões e optámos genericamente por secções 30x60 e pontualmente 40x60 e Ø50.

Também os arranques enterrados dos pilares, em contacto com o solo, serão tratados com um barramento de emulsão betuminosa do tipo Flintcoat, em duas demãos cruzadas.

Núcleos verticais maciços. Caixas de elevadores e courettes

Foram criados núcleos verticais de grande inércia para melhorar a resposta e o desempenho sísmico do edifício: as caixas de elevadores e ainda as courettes.

Existem no total 24 núcleos para todo o edifício, sendo 3 caixas de elevadores para os 3 corpos A, B e C e 21 em courettes.

As paredes têm todas elas uma espessura de 0,20 m e foram garantidas as aberturas para portas ou outros vãos, previstas no projeto de arquitetura.

Neste ponto, chamamos a atenção para a necessária confirmação prévia das dimensões no tosco dos vãos, nomeadamente com as empresas que fornecerão os elevadores e as portas corta fogo para que, se necessário, se façam os necessários ajustes antes das betonagens, evitando posteriores cortes ou roços nas paredes estruturais em betão armado.

As caixas de elevadores, ao nível do piso -1 deverão ter uma laje de fundo que está à profundidade de -1,00 m abaixo da cota do limpo do piso -1 (segundo informação do projeto de arquitetura e a confirmar previamente pelo projeto de elevadores). Neste contexto, também durante a obra de fundações, a face superior das sapatas deverá estar à profundidade mínima necessária para garantir o fosso dos elevadores.

Também os arranques enterrados das caixas de elevadores e das courettes, em contacto com o solo, serão tratados com um barramento de emulsão betuminosa do tipo Flintcoat, em duas demãos cruzadas,

Lajes de pavimentos e lajes de escadas

Todas as lajes que constituem os pavimentos são fungiformes maciças, maioritariamente com espessuras de 0,25 m e pontualmente com 0,30 m, apoiadas diretamente sobre os pilares e núcleos maciços e, pontualmente em vigas.

A intenção é que os tetos fiquem sempre que possível sem vigas aparentes para que não haja atravancamento na montagem das infraestruturas de AVAC, redes de águas e esgotos, instalações elétricas e outras.

Assim, para resolver estruturalmente a questão do punçoamento, optámos pela montagem de armaduras metálicas dentro das lajes, sobre os pilares e núcleos maciços.

No bordo periférico das lajes, nos diferentes pisos, existem vigas de secção retangular e dimensões obrigadas pelo desenho de arquitetura que também criam grandes benefícios no controlo das deformações e funcionam como padieiras dos vãos envidraçados abaixo.

A laje do pavimento do piso -1 (laje térrea) será acabada com afagamento mecânico direto, na fase avançada de presa do betão. Está previsto também o seu esquartelamento na modelação indicada nas peças desenhadas.

As lajes de escada e patamares têm uma espessura genérica de 0,18 m e são apoiadas em vigas e diretamente nas lajes dos pavimentos.

Vigas

Todas as vigas são em betão armado, com secção retangular de 30x50, 30x65, 30x95, 30x100 e 30x120.

As vigas periféricas têm a altura ajustada de modo a constituírem as padieiras dos vãos inferiores.

Caraterização dos materiais. Controlo da resistência.

O betão deve ter as dosagens de cimento PORTLAND, água e inertes por m³ de betão posto em obra, conforme a NP EN 206 e a execução das estruturas de betão feita de acordo com a NP EN 13670.

As características do betão deverão ser garantidas conforme indicações do decreto-lei 90/2021 de 5 de novembro.

Os materiais que constituem as estruturas de betão armado são:

- Betão C16/20 – Betão de limpeza em fundações
- Betão C25/30 – Todos os restantes elementos de betão armado
- Aço A500NR – Armaduras Ordinárias

Recobrimentos:

- Pilares e Vigas..... 30 mm
- Lajes..... 30 mm
- Paredes resistentes..... 30 mm
- Muros de suporte de terras..... 30 mm
- Elementos enterrados 50 mm

Classes de exposição:

Foram consideradas as seguintes classes de exposição

- Betão de regularização na base das sapatas – XC0
- Betão nos elementos enterrados ou em contacto com o terreno – XC2
- Betão nos restantes elementos estruturais – XC1

Estruturas sismo-resistentes

Pretende-se que o sistema estrutural do edifício tenha um elevado desempenho sísmico, garantido que, com a ocorrência de um fenómeno deste tipo se mantenham operacionais as suas funções principais, que os danos provocados nos utentes e equipamentos sejam minimizados e

que o custo da estrutura seja coerente com o padrão de qualidade requerido para este tipo de construções.

O estudo do comportamento sísmico das estruturas foi efetuado por métodos de análise dinâmica sobre modelos tridimensionais, com recurso a programas de análise estrutural de reconhecida fiabilidade na área da engenharia de estruturas, tendo por base a regulamentação em vigor: o Eurocódigo 8 - Projeto de Estruturas Sismo-Resistentes.

Além dos pilares, foram localizados em planta elementos estruturais de grande inércia – núcleos maciços (caixas de elevadores e courettes) que garantem uma significativa melhoria na resposta sísmica da estrutura. Devido ao desenho de arquitetura não foi possível localizar estes elementos mais perto do centro de inércia dos blocos e, por isso, teremos indesejáveis esforços de torção.

Assim, foram consideradas no projeto de estruturas as seguintes diretrizes:

- Simplicidade estrutural, caracterizada pela existência de um sistema claro e direto de transmissão das ações sísmicas, através das lajes, aos elementos de resistência vertical.
- Resistência e rigidez às forças horizontais asseguradas a partir das características geométricas e mecânicas dos elementos estruturais, dispostos dentro do possível segundo uma malha estrutural próxima da ortogonalidade.
- Resistência e rigidez à torção asseguradas com a disposição dos principais elementos resistentes na periferia e cantos.

Courettes e negativos

O Projeto das estruturas elevadas inclui a informação sobre a localização das courettes e negativos nas lajes dos pavimentos. Essa informação, recebida diretamente do Projeto de Arquitetura, inclui as necessidades de atravessamento das instalações dos restantes Projetos de Especialidades.

Antes da betonagem de todas as peças estruturais (principalmente as lajes), deverá o empreiteiro confirmar a localização de todos os negativos pelos respetivos Projetos de Especialidades de modo a que, os necessárias negativos para atravessamento das condutas, fiquem desde logo executados.

Salienta-se que, depois de betonadas, não será permitido o roço, corte ou danificação de qualquer peça estrutural, nomeadamente lajes, pilares e vigas.

Ações e cálculo estrutural

As ações utilizadas para o dimensionamento dos elementos estruturais são as previstas no Eurocódigo 1.

Critérios de verificação da segurança

Foram respeitados os critérios de verificação de segurança definidos no Eurocódigo 1 tendo sido calculados os Estados Limites Últimos (ELU) e os Estados Limites de Utilização (SLS).

Das combinações de ações consideradas, destacam-se as seguintes:

- Sendo a sobrecarga a ação de base: $S_d = 1,5 \cdot SG + 1,5 \cdot (SQ + 0,6 \cdot SW)$
- Sendo o vento a ação de base: $S_d = 1,5 \cdot SG + 1,5 \cdot (SW + 0,7 \cdot SQ)$
- Sendo o sismo a ação de base: $S_d = SG + 1,5 \cdot SE + 0,4 \cdot SQ$

Correspondendo o índice G a ações permanentes, índice Q a sobrecarga, índice W ao vento e índice E ao sismo.

Ações permanentes

Foram consideradas as seguintes ações permanentes:

- Peso específico do betão armado – 25 kN/m³
- Betão leve de enchimento – 20 kN/m³
- Terra vegetal molhada em logradouros exteriores – 19 kN/m³
- Areia de enchimento ou assentamento – 18 kN/m³
- Terreno natural no tardo de muros de contenção – 18 kN/m³
- Pavê em betão – 1,3 kN/m²
- Complexo impermeabilizante – 0,15 kN/m²
- Revestimento e acabamento em pavimentos habitacionais – 3,6 kN/m²
- Instalações suspensas em tetos em pavimentos habitacionais – 0,7 kN/m²
- Paredes divisórias (pladur) em pavimentos habitacionais – 0,80 kN/m²
- Paredes exteriores duplas em alvenaria de tijolo cerâmico, com capoto – 6,10 kN/m
- Tetos falsos – 0,30 kN/m²
- Enchimento e camada de forma na cobertura – 4,0 kN/m²
- Revestimento na cobertura (placas de betão poroso) – 0,54 kN/m²
- Equipamentos de AVAC na cobertura – 4,7 kN/m²

Sobrecargas de utilização

Foram consideradas as seguintes sobrecargas:

- Pavimentos elevados habitacionais – 3,00 kN/m²
- Varandas em zonas habitacionais – 5,0 kN/m²
- Escadas – 3 kN/m²
- Piso de cobertura (não acessível) - 0,4 kN/m²
- Acesso de veículos à zona da cozinha no piso 0 – 5,0 kN/m²

Vento

A construção encontrar-se localizada na zona eólica A, sendo considerado terreno da categoria III.

Sismo

A construção encontrar-se localizada nas zonas sísmicas tipo 1.6 e 2.4, sendo considerado solo tipo C e classe de importância II. Coeficiente de amortecimento estrutural igual 5% do amortecimento crítico e a estrutura com ductilidade normal a que corresponde um coeficiente de 2,50.

Deformações

O controlo das deformações dos elementos estruturais, principalmente as flechas de lajes e vigas é de fundamental importância para a qualidade do edifício no seu todo, evitando patologias graves em elementos secundários, nomeadamente paredes exteriores e interiores.

As ações consideradas foram as preconizadas na regulamentação em vigor, tendo-se efetuado as necessárias verificações aos estados limites de utilização: flechas e abertura de fendas.

Foram verificadas as deformações em todos os elementos estruturais principais – lajes e vigas e confirmado que os valores encontrados são inferiores aos indicados regulamentarmente.

Nas lajes dos pavimentos habitacionais, as flechas máximas elásticas e instantâneas encontradas, são da ordem de 4, 5 e 7 mm e, portanto, deferindo para longo prazo, cerca de 12, 15 e 21 mm, abaixo dos limites regulamentares.

Métodos e programas de cálculo

Relativamente ao cálculo dos esforços e dimensionamento, utilizou-se um modelo tridimensional, por métodos matriciais de rigidez, com todos os elementos que definem a estrutura: fundações, muros de suporte, pilares, núcleos maciços, vigas e lajes.

Estabeleceu-se a compatibilidade de deformações em todos os nós, considerando 6 graus de liberdade e admitindo-se a hipótese de indeformabilidade dos planos horizontais (lajes de pavimento).

Toda a estrutura foi discretizada em barras e/ou tetraedros e nós, com dimensões adequadas ao tipo de elemento em causa. No caso das lajes, estas foram discretizadas em elementos finitos de dimensão máxima de 25 cm.

Todo o cálculo estrutural foi realizado por via automática com software especializado, nomeadamente: CYPE e SAP2000.

Regulamentação

O desenvolvimento do projeto seguiu os regulamentos e normas aplicáveis, nomeadamente:

Eurocódigo 0 – Bases para o projeto de estruturas

Eurocódigo 1 – Ações em estruturas

Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão

Eurocódigo 3 – Projeto de estruturas de aço

Eurocódigo 7 – Projeto geotécnico

Eurocódigo 8 - Projeto de Estruturas Sismo-Resistentes

NP ENV 206 – Betão – Comportamento, Produção, Colocação e Critérios de Conformidade.

Disposições construtivas

A execução das estruturas de betão armado deve revestir-se de todos os cuidados necessários para a perfeita execução das peças projetadas.

Chama-se atenção especial para os aspetos seguintes:

- Verificação e confirmação exaustiva da implantação correta dos elementos estruturais verticais nomeadamente pilares e núcleos maciços.
- Verificação e confirmação das características dos terrenos de fundação.
Entendemos como absolutamente indispensável a presença no local da obra durante a fase de escavações e abertura de caboucos do geólogo responsável pelo Relatório Geotécnico, para confirmação “in loco” dos parâmetros geotécnicos considerados no projeto, nomeadamente da tensão admissível de 300 kPa.
- Verificação da qualidade do aço e betão empregues.
- Respeitar o recobrimento das armaduras previsto nas peças desenhadas.
- Vibração correta de todas as peças estruturais para evitar segregação dos materiais.
- Escoramento correto das peças estruturais, principalmente das lajes e vigas.

- Verificação prévia de todas as furações e atravessamentos necessários nas lajes para colocação dos respetivos negativos.
- Confirmação prévia, em termos de preparação de obra, com o Projeto de Arquitetura e restantes Projetos de Especialidades das compatibilidades das secções das peças estruturais.

Sempre que se verifiquem divergências entre os projetos de arquitetura, estruturas ou outros, deverão ser consultados os autores dos mesmos para se decidir a forma correta de execução em obra.

O autor do Projeto de Fundações, Contensões e Estruturas elevadas
António Jorge Ramos
Engenheiro civil