



# ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA

**TIAGO ANDRÉ PEREIRA SANTOS**

novembro de 2022



# ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA

**TIAGO ANDRÉ PEREIRA SANTOS**

Outubro de 2022

# **ANÁLISE E DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE ÁGUA**

TIAGO ANDRÉ PEREIRA SANTOS

Projeto submetido para satisfação parcial dos requisitos do grau de

**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL – RAMO DE INFRAESTRUTURAS**

Orientador: Tiago Sarmento Sabino Domingues

**OUTUBRO DE 2022**

Eu, Tiago André Pereira Santos, estudante n.º 1150222, do Mestrado de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia do Porto, declaro que não fiz plágio nem auto-plágio, pelo que o trabalho intitulado “Análise e Dimensionamento de Reservatório de Água” é original e de minha autoria. Mais declaro que todas as fontes usadas estão citadas, no texto e na bibliografia final, segundo as regras de referência adotadas na instituição.

Porto e ISEP 10/11/2022

*Tiago André Pereira Santos*

# ÍNDICE GERAL

Índice Geral .....	iii
Resumo.....	v
Abstract .....	vii
Agradecimentos .....	ix
Índice de Texto .....	xi
Índice de Figuras.....	xiii
Índice de Tabelas.....	xv
Símbolos .....	xvii
CAPÍTULO 1    Introdução.....	1
CAPÍTULO 2    Tipos e Aspetos dos Reservatórios .....	5
CAPÍTULO 3    Bases Regulamentares para o Projeto .....	9
CAPÍTULO 4    Análise Estrutural.....	29
CAPÍTULO 5    Análise de Resultados .....	33
CAPÍTULO 6    Conclusão .....	53
Referências Bibliográficas .....	55
Anexos .....	57
Índice de Anexos .....	59



## RESUMO

O presente relatório insere-se num projeto de dimensionamento de um reservatório de água, cuja empreitada é designada por “Ampliação da Bombagem, parte da Estação de Tratamento de Água e parte da Rede de Distribuição de Água da Vila do Songo”. A intervenção a realizar no designado Reservatório de Pousada – Gove consta, basicamente, num reservatório de 2 células retangulares em Betão Armado, com funcionamento hidráulico independente, cada uma com dimensões interiores de 9.0x6.85m<sup>2</sup> e pé-direito de 4.30m, e na sua continuação, um pequeno edifício com funções de Câmara de manobras.

Este documento descreve geometricamente a intervenção a realizar, os critérios de cálculo, os dimensionamentos dos principais elementos estruturais, os materiais a serem usados na construção e as normas seguidas.

Apresentam-se, nas peças desenhadas, plantas com a implantação dos 2 reservatórios e câmara de Manobras, assim como cortes exemplificativos, com a definição geométrica de todos os elementos estruturais e toda a informação necessária para a construção.

**Palavras-chave:** Reservatório; Dimensionamento estrutural; Robot Structural Analysis.



## **ABSTRACT**

This report is part of a project for the dimensioning of a water reservoir, whose contract is called “Pumping Expansion, part of the Water Treatment Station and part of the Vila do Songo Water Distribution Network”. The intervention to be carried out in the so-called Pousada Reservoir – Gove basically consists of a reservoir of 2 rectangular cells in reinforced concrete, with independent hydraulic operation, each with interior dimensions of 9.0x6.85m<sup>2</sup> and a ceiling height of 4.30m, and in its continuation, a small building with the functions of a maneuvering chamber.

This document geometrically describes the intervention to be carried out, the calculation criteria, the design of the main structural elements, the materials to be used in the construction and the standards followed.

The drawings show plans with the implantation of the 2 reservoirs and the Maneuvers chamber, as well as exemplary cuts, with the geometric definition of all the structural elements and all the information necessary for the construction.

**Keywords:** Reservoir; Structural design; Robot Structural Analysis.



## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Tiago Sarmiento Sabino Domingues, agradeço todo o apoio disponibilizado, não só na elaboração deste projeto, mas também ao longo do meu percurso académico. Agradeço igualmente a oportunidade de ser orientado por uma pessoa dedicada, profissional e disponível, que sempre me transmitiu conhecimento com naturalidade e boa disposição.

A todos os meus amigos e colegas de curso, pela partilha de experiências e conhecimentos durante todo o meu percurso académico, o meu agradecimento.

Agradeço aos meus Pais, Irmã e restante família que sempre me apoiaram.

Há minha esposa Rita pela paciência, compreensão e carinho que me transmite.

Para a minha filha Matilde.



# ÍNDICE DE TEXTO

CAPÍTULO 1	Introdução.....	1
1.1	Âmbito .....	1
1.2	Objetivos.....	1
1.3	Estrutura .....	1
1.4	Atividades desenvolvidas.....	2
CAPÍTULO 2	Tipos e Aspetos dos Reservatórios .....	5
2.1	Introdução.....	5
2.2	Caso de Estudo.....	7
CAPÍTULO 3	Bases Regulamentares para o Projeto .....	9
3.1	Enquadramento Legislativo e Normativo .....	9
3.2	Durabilidade.....	10
3.3	Materiais .....	10
3.4	Fendilhação .....	11
3.5	Ações.....	11
3.5.1	Ações diretas .....	11
3.5.2	Ações indiretas .....	12
3.6	Combinação de ações .....	23
3.6.1	Estado Limite Último .....	23
3.6.2	Estado Limite de Serviço.....	24
3.6.3	Combinações usadas no dimensionamento.....	25
3.7	Solo de Fundação.....	25
CAPÍTULO 4	Análise Estrutural.....	29

## ÍNDICE DE TEXTO

4.1	Comportamento Estrutural.....	29
4.1.1	Laje de fundo .....	29
4.1.2	Paredes estruturais.....	29
4.1.3	Laje de Cobertura .....	29
4.2	Modelação em Elementos Finitos.....	30
4.3	Notas importantes .....	31
CAPÍTULO 5 Análise de Resultados .....		33
5.1	Laje de Fundo .....	34
5.2	Laje de cobertura do reservatório .....	40
5.3	Paredes do Reservatório.....	42
5.4	Laje de cobertura na zona de manobras.....	49
5.5	Vigas .....	50
5.6	Pilares.....	51
5.7	Muros de Suporte Exteriores: .....	51
CAPÍTULO 6 Conclusão .....		53
6.1	Considerações Finais.....	53
6.2	Desenvolvimentos Futuros .....	53
Anexos .....		57
Anexo I – Caracterização Geotécnica do Solo de Fundação .....		61
Anexo II – Mapa de Quantidades.....		99
Anexos III – Estimativa Orçamental .....		107
Anexo IV – Peças Desenhadas .....		113

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de Reservatórios .....	6
Figura 2 – Quando NA.I - Zona A .....	13
Figura 3 – Quadro NA.II – Zona A .....	13
Figura 4 – Zonamentos Térmicos de Inverno e Verão .....	14
Figura 5 – Corte Construtivo .....	17
Figura 6 – Retração por Secagem.....	18
Figura 7 – Retração Autogénea .....	19
Figura 8 - Fluência .....	21
Figura 9 – Coeficiente de Endurecimento .....	22
Figura 10 – Módulo de Elasticidade .....	23
Figura 11 – Tensões admissíveis.....	26
Figura 12 – Modelo 3D .....	30
Figura 13 – Tensões no contacto com o solo (pp+líquido).....	34
Figura 14 – Deformação estimada .....	35
Figura 15 – Laje de fundo – envolvente de esforços em serviço SLS 2 .....	36
Figura 16 – Laje de fundo – envolvente de esforços em serviço SLS 4 .....	37
Figura 17 – Laje de fundo – envolvente de esforços em serviço SLS 6 .....	38
Figura 18 – Laje de cobertura – envolvente de esforços em serviço .....	40
Figura 19 – Parede PAR 3 – envolvente de esforços em serviço.....	43
Figura 20 – Parede PAR4 – envolvente de esforços em serviço .....	46
Figura 21 – Parede PAR 1 – envolvente de esforços em serviço.....	46
Figura 22 – Parede septo central – envolvente de esforços em serviço.....	48

*ÍNDICE DE FIGURAS*

Figura 23 – Laje de cobertura zona de manobras – envolvente de esforços em serviço .....	49
Figura 24 – Folha de cálculo de muros de suporte.....	52

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Características do betão .....	10
Tabela 2 – Características do aço .....	11
Tabela 3 – Combinações no estado limite último .....	25
Tabela 4 – Combinações no estado limite de utilização .....	25



## SÍMBOLOS

$A_E$	Ação sísmica
$A_g$	Aceleração horizontal do terreno
$A_{gr}$	Aceleração horizontal máxima de referência
$A_s$	Área de armadura
$b_w$	Largura da alma da secção
$C_{min}$	Recobrimento mínimo das armaduras
$C_{min,b}$	Recobrimento mínimo para requisitos de aderência
$C_{min,dur}$	Recobrimento mínimo relativo às condições ambientais
$C_{nom}$	Recobrimento nominal
$d$	Altura útil da secção
$E_c$	Módulo de elasticidade do betão
$E_{c,ajus}$	Módulo de elasticidade do betão ajustado
$E_{c,eff}$	Módulo de elasticidade do betão efetivo
$E_{c,28}$	Módulo de elasticidade do betão ao 28º dia
$E_d$	Valor de cálculo do efeito das ações
$E_s$	Módulo de elasticidade do aço
$f_{cd}$	Valor de cálculo da tensão de cedência do betão à compressão
$f_{ck}$	Valor característico da tensão de cedência do betão à compressão
$f_{ctm}$	Valor de cálculo da tensão de cedência do betão à tração
$F_E$	Força sísmica
$F_i$	Força relativa ao impulso da água
$F_0$	Força relativa à oscilação da água
$f_{yd}$	Valor de cálculo da tensão de cedência do aço
$f_{yk}$	Valor característico da tensão de cedência do aço

## ÍNDICE DE TABELAS

$f_0$	Frequência fundamental
$H$	Altura da secção
$h_w$	Profundidade da água
$I_w$	Impulso hidrostático
$k_i$	Rigidez da mola que simula parcela do impulso da água
$k_w$	Módulo de Winkler
$L$	Dimensão da secção
$M_{rd,max}$	Momento resistente positivo
$M_{rd,min}$	Momento resistente negativo
$M_{sd}$	Momento atuante para o estado limite último
$M_{serv}$	Momento atuante para o estado limite de utilização
$N_{sd}$	Esforço axial para o estado limite último
$N_{serv}$	Esforço axial para o estado limite de utilização
$pp$	Peso próprio
$rcp$	Restantes cargas permanentes
$ret$	Retração
$S$	Coefficiente do solo
$sc$	Sobrecarga
$S_d$	Aceleração espectral de cálculo
$S_{max}$	Parâmetro definidor do espectro de resposta
$t$	Instante de tempo
$t$	Espessura do elemento
$T_{max}$	Temperatura máxima do ar
$T_{min}$	Temperatura mínima do ar
$T_0$	Temperatura inicial
$t_0$	Instante de tempo inicial
$V_{cd}$	Parcela da contribuição do betão no esforço de corte resistente

$V'_{cd}$	Parcela reduzida da contribuição do betão no esforço de corte resistente
$V_{rd}$	Esforço de corte resistente
$V_{sd}$	Esforço de corte atuante
$w_k$	Largura de fenda
$w_{k1}$	Largura máxima nas fendas de tração
$w_{k,lim}$	Largura máxima nas fendas dos elementos
$w_{max}$	Largura máxima nas fendas de elementos sem contacto com a água
$w_s$	Deslocamentos verticais do terreno
$\chi$	Coefficiente de envelhecimento do betão
$\Delta C_{dev}$	Margem de cálculo para tolerâncias de execução
$\Delta T_{d0}$	Variação diferencial da temperatura
$\Delta T_E$	Componente não linear da temperatura
$\Delta T_{My}$	Componente da variação linear da temperatura no plano y-y
$\Delta T_{Mz}$	Componente da variação linear da temperatura no plano z-z
$\Delta T_U$	Componente da variação uniforme da temperatura
$\Delta T_{U,cs}$	Variação de temperatura uniforme equivalente à retração
$\varepsilon_{ca}$	Parcela autogénea da extensão da retração
$\varepsilon_{cc}$	Deformação do betão por fluência
$\varepsilon_{cd}$	Parcela de secagem da extensão da retração
$\varepsilon_{cs}$	Extensão por retração
$\gamma_c$	Peso volúmico do betão
$\gamma_l$	Coefficiente de importância
$\gamma_w$	Peso volúmico da água
$\varphi$	Coefficiente de fluência
$\mu$	Momento reduzido
$\rho$	Taxa de armadura

## ÍNDICE DE TABELAS

$\sigma_c$	Tensão instalada no betão
$\sigma_s$	Tensão instalada no aço
$\tau_1$	Tensão necessária na verificação de segurança ao esforço transversal
$\tau_2$	Tensão necessária na verificação de segurança ao esforço transversal

# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO

### 1.1 ÂMBITO

O presente documento foi realizado no âmbito da Unidade Curricular de Dissertação / Projeto / Estágio (DIPRE), do 2º semestre do 2º ano, para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, ramo de Infraestruturas, pelo Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Deste modo, o presente relatório serve para apresentar o projeto desenvolvido.

### 1.2 OBJETIVOS

Como objetivo principal, pretende-se que o autor do projeto aplique os conhecimentos adquiridos no seu percurso académico, desenvolvendo projetos de dimensionamento e fundações.

Como complemento ao objetivo principal do relatório, o autor pretende adquirir experiência de projeto nas diversas áreas de engenharia civil, tais como:

- Topografia;
- Estudo geotécnico;
- Dimensionamento estrutural de Fundações;
- Dimensionamento de paredes e lajes;
- Interação estrutural com drenagem de águas pluviais;

### 1.3 ESTRUTURA

O presente documento desenvolvido no âmbito da dissertação de mestrado, visa descrever o trabalho desenvolvido e encontra-se dividido em cinco capítulos.

No Capítulo 1 é apresentada uma breve introdução sobre o âmbito, os objetivos, a metodologia aplicada que possibilitou a realização desta dissertação.

## *CAPÍTULO 1*

O Capítulo 2 apresenta essencialmente os tipos e aspetos dos reservatórios, onde é feito o enquadramento legislativo e normativo, e ainda os princípios e metodologias necessárias para a execução dos projetos durante a execução do projeto.

O Capítulo 3 refere-se às bases regulamentares para o projeto.

O Capítulo 4 é inteiramente dedicado à análise estrutural da estrutura a levar a efeito.

O Capítulo 5 é dedicado à análise de resultados obtidos do (s) programa (s) de dimensionamento.

Por último no Capítulo 6 são apresentadas as considerações finais retiradas ao longo do desenvolvimento do trabalho, e ainda são feitas algumas sugestões para trabalhos futuros.

### **1.4 ATIVIDADES DESENVOLVIDAS**

Ao longo do projeto foi possível desempenhar diversas tarefas para a concretização dos projetos desenvolvidos. Segue respetiva lista de tarefas elaboradas:

- Apoio Processual;
  - Organização de processos, como por exemplo, Condições Técnicas, Medições, Memórias Descritivas, entre outros.
- Apoio ao Desenho;
  - Pormenores de peças desenhadas que sejam relevantes;
  - Montagem de Formatos/Desenhos;
  - Lista de layers.
- Apoio à Engenharia;
  - Estruturas (dimensionamento);
  - Organização de peças desenhadas;
  - Organização de peças escritas.



## CAPÍTULO 2

### TIPOS E ASPETOS DOS RESERVATÓRIOS

#### 2.1 INTRODUÇÃO

Os reservatórios são estruturas que tem como finalidade o armazenamento de fluidos. A necessidade de armazenamento nos sistemas de abastecimento de água resulta de uma questão económica, pois os sistemas seriam demasiado dispendiosos se as adutoras fossem projetadas para garantir o abastecimento em qualquer circunstância de funcionamento, e da necessidade de salvaguardar situações de carácter extraordinário, como é o caso de avarias e incêndios por exemplo.

A sua construção pode ser realizada em betão armado, betão armado pré-esforçado, ou em aço. É normal optar-se em Portugal por uma das duas primeiras soluções, por apresentarem um bom comportamento ao longo da sua vida útil, assim como serem menos dispendiosos na sua construção e manutenção quando comparados com os reservatórios metálicos, que são geralmente usados quando se pretende uma estanqueidade total do reservatório.

Relativamente à sua implantação os reservatórios podem ser apoiados semienterrados enterrados ou elevados. O reservatório a construir está muito dependente das condições topográficas do local de construção, pois mediante as condições topográficas poderá ser optado por um reservatório apoiado, semienterrado enterrado ou elevado. Sempre que possível deve optar-se por reservatórios do tipo térreo, pois apresentam um custo de construção muito inferior aos elevados para a mesma capacidade, menos perturbações paisagísticas, existindo ainda a possibilidade de faseamento da sua execução e exploração.

Os reservatórios podem ainda ser classificados quanto à sua função, podendo ser de distribuição ou de regularização e transporte. No caso dos reservatórios de distribuição eles podem estar localizados na origem, de compensação ou na extremidade. Os reservatórios de compensação e os de extremidade são muito utilizados por questões de insuficiência de pressão na rede, em situações em que é necessário suprir um aumento de consumos, sendo que a entrada e saída de água é feita pela mesma conduta nos de compensação, e estão ligados ao reservatório principal, acumulando água nos períodos de baixo consumo e alimentando a rede nas horas de ponta.

Quanto à sua localização, aplicando-se apenas aos reservatórios de distribuição, podem ser considerados como reservatórios de origem ou reservatórios de extremidade. Os reservatórios de origem são reservatórios em que a rede de distribuição recebe os caudais para distribuição somente a partir do reservatório, os reservatórios de extremidade, que ficam na extremidade da rede, recebem caudais através da rede e cedem a outro reservatório ou novamente à rede de distribuição. É desejável que os reservatórios de distribuição fiquem situados junto dos centros de consumo, pois essa localização permite uma definição da adução para um caudal inferior ao caudal de ponta da rede e poderá proporcionar uma rede de distribuição mais económica e ainda uma maior segurança no combate a incêndios.

Os componentes normais de um reservatório são as células e a câmara de manobras, sendo que no caso de reservatórios pequenos podem possuir apenas uma célula, e nos maiores podem ter duas ou mais células. A divisão em duas ou mais células permite o seu faseamento quando da construção e ainda uma maior segurança no que diz respeito a avarias, permitindo também limpeza faseada, o que nos reservatórios pequenos com apenas uma célula não é possível.



Figura 1 – Tipos de Reservatórios

Fonte: Hidráulica Urbana: Apontamentos da disciplina (PORTO, 2014-2015)

Portanto os reservatórios de água podem ser classificados segundo os seguintes parâmetros:

- Quanto à sua função: reserva de água potável, piscinas, etc.;
- Quanto à sua posição em relação ao solo (apoiado, semienterrado, enterrado ou elevado);
- Quanto à sua capacidade: pequenos ( $V < 500 \text{ m}^3$ ), médios (entre  $500 \text{ m}^3$  e  $5000 \text{ m}^3$ ), e grandes ( $V > 5000 \text{ m}^3$ );
- Quanto à sua geometria (circular ou poligonal);
- Quanto à sua compartimentação (uma célula ou várias células);
- Quanto à classe de estanqueidade, de acordo com a EN 1992-3;

## 2.2 CASO DE ESTUDO

No âmbito da presente tese de mestrado, será efetuado o dimensionamento estrutural de dois reservatórios de água retangulares e um edifício para câmara de manobras.

A intervenção a realizar no designado Reservatório de Pousada – Gove consta, basicamente, num reservatório de 2 células retangulares em Betão Armado, com funcionamento hidráulico independente, cada uma com dimensões interiores de 9.0x6.85m<sup>2</sup> e pé-direito de 4.30m e (altura de líquido de 3.80m) e, na sua continuação, um pequeno edifício com funções de Câmara de manobras. A cota interior dos tanques será 540.20m e os caimentos interiores (apenas para efeitos de manutenção) serão realizados com betonilha. Todo o edifício se encontra monoliticamente ligado, e apresenta 2 níveis, para além das coberturas.

Tendo em conta o tamanho do reservatório, não houve necessidade de criação de pilares intermédios para dar apoio à laje de cobertura, com 0.25m de espessura, e que se apoia nas paredes periféricas e na parede central de separação das células. Todas as paredes apresentam espessura de 0.30m. A laje de fundo do reservatório é mais espessa, com 0.40m.

As paredes e lajes do reservatório foram simuladas como cascas delgadas com 0.30m de espessura. A parede de separação entre as células e a câmara de manobras é prolongada até à cota desta última, com funcionamento em muro de suporte em forma de “L”.

Em resumo, no que respeita às dimensões dos elementos estruturais, consideraram-se as seguintes espessuras:

- Laje de Fundo - 0.40m nas zonas correntes.
- Paredes exteriores - 0.30m (constante em toda a altura)
- Cobertura reservatório - 0.25m
- Cobertura câmara de manobras - 0.20m
- Vigas câmara de manobras - 0.25x0.50m<sup>2</sup>
- Pilares câmara de manobras - 0.25x0.25m<sup>2</sup> e 0.40x0.25m<sup>2</sup>

Em relação à câmara de manobras situada após as 2 células, foi considerada uma estrutura clássica porticada, com um sistema simples de pilares/vigas/laje.

A intervenção a realizar no designado Reservatório Intermédio – Sobreira consta, basicamente, num reservatório de 2 células retangulares em Betão Armado, com funcionamento hidráulico independente, cada uma com dimensões interiores de 8.1x7.00m<sup>2</sup> e pé-direito de 3.50m (altura de líquido de 3.00m) e, na sua continuação, um pequeno edifício com funções de Câmara de manobras. A cota interior dos

## CAPÍTULO 2

tanques será 293.80m e os caimentos interiores (apenas para efeitos de manutenção) serão realizados com betonilha. Todo o edifício se encontra monoliticamente ligado, e apresenta 2 níveis, para além das coberturas.

Tendo em conta o tamanho do reservatório, não houve necessidade de criação de pilares intermédios para dar apoio à laje de cobertura, com 0.25m de espessura, e que se apoia nas paredes periféricas e na parede central de separação das células. Todas as paredes apresentam espessura de 0.30m. A laje de fundo do reservatório é mais espessa, com 0.40m.

As paredes e lajes do reservatório foram simuladas como cascas delgadas com 0.30m de espessura. A parede de separação entre as células e a câmara de manobras é prolongada até à cota desta última, com funcionamento em muro de suporte em forma de “L”

Em resumo, no que respeita às dimensões dos elementos estruturais, consideraram-se as seguintes espessuras:

- Laje de Fundo - 0.40m nas zonas correntes.
- Paredes exteriores - 0.30m (constante em toda a altura)
- Cobertura reservatório - 0.25m
- Cobertura câmara de manobras - 0.20m
- Vigas câmara de manobras - 0.25x0.50m<sup>2</sup>
- Pilares câmara de manobras - 0.25x0.25m<sup>2</sup> e 0.40x0.25m<sup>2</sup>

Em relação à câmara de manobras situada após as 2 células, foi considerada uma estrutura clássica porticada, com um sistema simples de pilares/vigas/laje.

Neste projeto será demonstrado o cálculo do primeiro reservatório enunciado.

## CAPÍTULO 3

### BASES REGULAMENTARES PARA O PROJETO

#### 3.1 ENQUADRAMENTO LEGISLATIVO E NORMATIVO

Neste capítulo é apresentada a metodologia / literatura aplicada para a realização do dimensionamento dos reservatórios em análise.

Deste modo, os manuais/normas consultados e considerados foram os seguintes:

- R.S.A. - Regulamento de Segurança e Ações para Estruturas de Edifícios e Pontes (Decreto-Lei nº 235/85 de 31 de Maio);
- R.E.B.A.P. - Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (Decreto-Lei nº 349-C/83 de 30 de Julho);
- Betão – Comportamento, produção, colocação e critérios de conformidade - NP EN 206-1:2007;
- Betão – Execução de estruturas em betão - NP EN 13670-1:2007;
- Betões – Metodologia Prescritiva para uma Vida Útil de Projeto de 50 e 100 Anos Face às Ações Ambientais;
- Especificação LNEC E464 (esta especificação anula e substitui a E378 – Betões – Guia para Utilização de Ligantes Hidráulicos – Especificação LNEC E378).
- EN 1991-1-1: Eurocódigo 1: Ações em estruturas – Parte 1-1: Ações gerais – Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios.
- EN 1991-1-2: Eurocódigo 1: Ações em estruturas – Parte 1-2: Ações gerais – Ações em estruturas expostas ao fogo.
- EN 1992-1-1: Eurocódigo 2: Projeto de estruturas de betão - Parte 1.1: Regras Gerais e regras para edifícios.
- EN 1998-1-1: Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios.
- Reconhecimento Geológico-Geotécnico – Multiambiente - Relatório AA022-P1 – “Nova Origem de Abastecimento a Baião” de Maio de 2020.

### 3.2 DURABILIDADE

De acordo com o ponto 2.4 da norma NP EN 1990, uma estrutura deve ser projetada para que a sua deterioração ao longo da sua vida útil, não reduza o seu desempenho, tendo em conta o ambiente e o nível de manutenção previsto ser executado.

Ainda de acordo com a mesma norma, e segundo o Quadro 2.1 que refere os valores indicativos do tempo de vida útil do projeto, no caso de um reservatório de água considera-se que pertence a estruturas correntes, logo com uma categoria de tempo de vida útil de projeto 4 e um valor indicativo de tempo de vida útil de projeto de 50 anos.

As condições ambientais são um fator a ter em consideração na durabilidade de uma estrutura de betão armado. De acordo com o Quadro 4.1 da NP EN 1992-1-1, devem ser verificadas as classes de exposição de uma estrutura em função das condições ambientais, de acordo com a EN 206-1.

De forma a garantir que as condições ambientais não comprometem o bom funcionamento de uma estrutura, principalmente as suas armaduras, a NP EN 1992-1-1 especifica na secção 4.4 o recobrimento nominal mínimo ( $C_{nom}$ ), de acordo com a expressão (4.1), que apresenta o recobrimento mínimo ( $C_{min}$ ), mais uma margem de cálculo para as tolerâncias de execução ( $C_{dev}$ ), com o valor de 10 mm de acordo com o artigo 4.4.1.3 (1). O recobrimento mínimo ( $C_{min}$ ) é dado pela expressão (4.2), e deve assegurar os três pontos enunciados no artigo 4.4.1.2 (1).

### 3.3 MATERIAIS

Os critérios de durabilidade e segurança foram estabelecidos para uma vida útil da estrutura de 50 anos. Assim, as especificações relativas ao betão, nomeadamente as classes de resistência, composição e recobrimentos, respeitam a Especificação LNEC E464-2007 – Betões – Metodologia prescritiva para uma vida útil de projeto de 50 e de 100 anos face às ações ambientais.

Após ser determinada a classe de exposição, optou-se por um betão da classe C30/37,

As suas características podem ser observadas na Tabela.

Tabela 1 – Características do betão

$f_{ck}[MPa]$	$f_{cd}[MPa]$	$f_{ctm}[MPa]$	$E_c[GPa]$	$\epsilon_{c2}[\text{‰}]$	$\epsilon_{cu2}[\text{‰}]$	$\alpha[^\circ C^{-1}]$
30	20	2,9	33	2,0	3,5	$10^{-5}$

Os reservatórios dessem ser assentes sob uma camada de regularização, neste caso com um betão pobre, como a classe C12/15.

O aço considerado neste projeto foi o aço A400 para as armaduras. As suas características podem ser observadas na Tabela.

Tabela 2 – Características do aço

$f_{yk}$ [MPa]	$f_{yd}$ [MPa]	$E_s$ [GPa]	$\epsilon_{yd}$ [‰]
400	345	210	2,18

### 3.4 FENDILHAÇÃO

Segundo a secção 7.3.1 da NP EN 1992-1-1 a fendilhação deve ser limitada de modo a que não prejudique o funcionamento correto ou a durabilidade da estrutura, nem torne o seu aspeto inaceitável. O controlo passa por limitar a largura das fendas  $w_k$  a  $w_{max}$ , em função da finalidade que será dada à estrutura. O valor de  $w_{max}$  poderá ser obtido através do Quadro 7.1 N da mesma secção.

Como seria de esperar um reservatório de água, o controlo da fendilhação deverá ser mais exigente. A secção 7.3 da NP EN 1992-3 define quatro níveis de classificação para a estanqueidade de reservatórios.

### 3.5 AÇÕES

Qualquer dimensionamento de uma estrutura deve ter em conta as combinações de ações, quer para os estados de limite últimos, quer para os estados de serviço.

#### 3.5.1 Ações diretas

##### 3.5.1.1 Ações permanentes

Uma ação permanente, de acordo com a NP EN 1990, é uma ação com elevada probabilidade de atuar durante um determinado período de referência e cuja variação de intensidade no tempo é desprezável ou é sempre no mesmo sentido (monotónica) até a ação atingir um certo valor limite.

No projeto em estudo temos como exemplo de ações permanentes o peso próprio da estrutura, bem como os elementos de enchimento da cobertura.

### 3.5.1.2 Ações variáveis

Uma ação variável, de acordo com a NP EN 1990, é uma ação cuja variação de intensidade no tempo não é desprezável nem monotónica.

No projeto em estudo temos como exemplo de ação variável a sobrecarga na cobertura dos reservatórios.

### 3.5.1.3 Impulso Hidrostático

O impulso hidrostático é considerado uma variável fixa. O seu cálculo poderá ser feito pela seguinte expressão.

$$I_w = \gamma_w * h_w$$

$\gamma_w$  – Peso volúmico da água, que toma o valor de 10 KN/m<sup>3</sup>;

$h_w$  – Profundidade da água em metros.

Para o reservatório em análise a altura máxima de líquido é de 4,30 metros.

## 3.5.2 Ações indiretas

### 3.5.2.1 Variação de temperatura

A variação de temperatura provoca deformações que podem ser consideráveis numa estrutura de betão armado. O efeito da temperatura não é uniforme

De acordo com a secção 7.1 da NP EN 1991-1-5, deve ter-se em consideração alguns aspetos complementares no projeto de reservatórios. Sendo que se assume conservativamente que existe interação entre a água e a estrutura, considera-se apenas as ações térmicas devidas aos efeitos climáticos, e deve ser tido em conta a simultaneidade dos componentes da temperatura que se apresenta na secção 7.6 da mesma norma.

As ações térmicas foram definidas de acordo com estipulado nas normas NP EN 1990 e na NP EN 1991-1-5.

O valor assumido para a temperatura inicial  $T_0 = 15^\circ\text{C}$ , conforme indicado no anexo nacional NA-A.1(3).

O valor de  $T_{m\acute{a}x}$  e  $T_{m\acute{i}n}$  obedeceu o indicado nos quadros NA.I e NA.II da NP EN 1991-1-5.

<b>Zona A – <math>T_{\min} = -5 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>
<p><b>Continente:</b>  Abrantes, Aguiar da Beira, Alandroal, Alcácer do Sal, Alcanena, Alfândega da Fé, Alijó, Almeida, Almeirim, Alpiarça, Alter do Chão, Alvaiázere, Alvito, Amarante, Amares, Anadia, Ansião, Arcos de Valdevez, Arganil, Armamar, Arouca, Arraiolos, Arronches, Avis, Baião, Barrancos, Belmonte, Borba, Boticas, Braga, Bragança, Cabeceiras de Basto, Campo Maior, Carrazeda de Ansiães, Carregal do Sal, Castanheira de Pêra, Castelo Branco, Castelo de Paiva, Castelo de Vide, Castro Daire, Celorico da Beira, Celorico de Basto, Chamusca, Chaves, Cinfães, Coimbra, Condeixa-a-Nova, Constância, Coruche, Covilhã, Crato, Elvas, Entroncamento, Estremoz, Évora, Fafe, Felgueiras, Ferreira do Zêzere, Figueira de Castelo Rodrigo, Figueiró dos Vinhos, Fornos de Algodres, Freixo de Espada à Cinta, Fronteira, Fundão, Gavião, Góis, Golegã, Gouveia, Grândola, Guarda, Guimarães, Idanha-a-Nova, Lamego, Lousã, Lousada, Mação, Macedo de Cavaleiros, Mangualde, Manteigas, Marco de Canaveses, Marvão, Mealhada, Meda, Melgaço, Mesão Frio, Miranda do Corvo, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Monção, Mondim de Basto, Monforte, Montalegre, Montemor-o-Novo, Mora, Mortágua, Moura, Mourão, Murça, Nelas, Nisa, Oleiros, Oliveira de Frades, Oliveira do Hospital, Ourém, Pampilhosa da Serra, Paredes de Coura, Pedrógão Grande, Penacova, Penafiel, Penalva do Castelo, Penamacor, Penedono, Penela, Peso da Régua, Pinhel, Ponte da Barca, Ponte de Lima, Ponte de Sor, Portalegre, Portel, Póvoa de Lanhoso, Proença-a-Nova, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Sabugal, Santa Comba Dão, Santa Marta de Penaguião, Santarém, São João da Pesqueira, São Pedro do Sul, Sardoal, Sátão, Seia, Sernancelhe, Sertã, Sousel, Tábua, Tabuaço, Tarouca, Terras de Bouro, Tomar, Tondela, Torre de Moncorvo, Torres Novas, Trancoso, Valença, Valpaços, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vieira do Minho, Vila de Rei, Vila Flor, Vila Nova da Barquinha, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Nova de Poiares, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real, Vila Velha de Ródão, Vila Verde, Vila Viçosa, Vimioso, Vinhais, Viseu, Vizela, Vouzela</p>

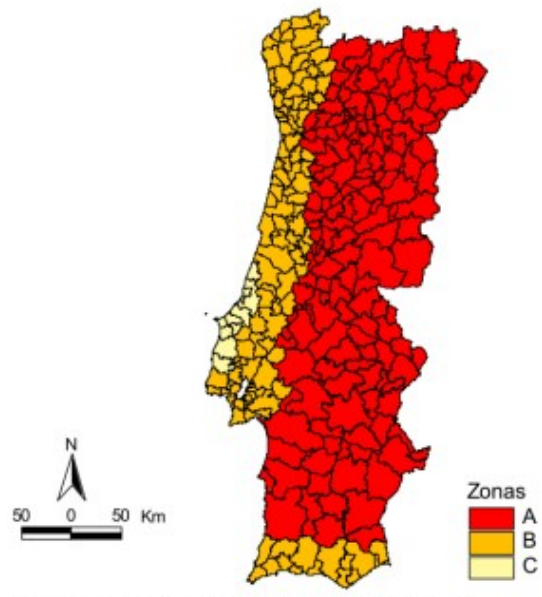
Figura 2 – Quando NA.I - Zona A

<b>Zona A – <math>T_{\max} = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}</math></b>
<p><b>Continente:</b>  Abrantes, Aguiar da Beira, Alandroal, Alcácer do Sal, Alcoutim, Alfândega da Fé, Alijó, Aljustrel, Almeida, Almeirim, Almodôvar, Alpiarça, Alter do Chão, Alvito, Amarante, Arganil, Armamar, Arouca, Arraiolos, Arronches, Avis, Baião, Barrancos, Beja, Belmonte, Borba, Boticas, Bragança, Cabeceiras de Basto, Campo Maior, Carrazeda de Ansiães, Carregal do Sal, Castanheira de Pêra, Castelo Branco, Castelo de Paiva, Castelo de Vide, Castro Daire, Castro Verde, Celorico da Beira, Celorico de Basto, Chamusca, Chaves, Cinfães, Constância, Coruche, Covilhã, Crato, Cuba, Elvas, Entroncamento, Estremoz, Évora, Ferreira do Alentejo, Ferreira do Zêzere, Figueira de Castelo Rodrigo, Figueiró dos Vinhos, Fornos de Algodres, Freixo de Espada à Cinta, Fronteira, Fundão, Gavião, Góis, Golegã, Gouveia, Grândola, Guarda, Idanha-a-Nova, Lamego, Lousã, Mação, Macedo de Cavaleiros, Mangualde, Manteigas, Marco de Canaveses, Marvão, Meda, Mértola, Mesão Frio, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Moimenta da Beira, Mondim de Basto, Monforte, Montalegre, Montemor-o-Novo, Mora, Mortágua, Moura, Mourão, Murça, Nelas, Odemira, Oleiros, Oliveira de Frades, Oliveira do Hospital, Ourique, Pampilhosa da Serra, Pedrógão Grande, Penacova, Penafiel, Penalva do Castelo, Penamacor, Penedono, Peso da Régua, Pinhel, Ponte de Sor, Portalegre, Portel, Proença-a-Nova, Redondo, Reguengos de Monsaraz, Resende, Ribeira de Pena, Sabrosa, Sabugal, Santa Comba Dão, Santa Marta de Penaguião, Santiago do Cacém, São João da Pesqueira, São Pedro do Sul, Sardoal, Sátão, Seia, Sernancelhe, Serpa, Sertã, Sines, Sousel, Tábua, Tabuaço, Tarouca, Tomar, Tondela, Torre de Moncorvo, Trancoso, Valpaços, Vendas Novas, Viana do Alentejo, Vidigueira, Vila de Rei, Vila Flor, Vila Nova da Barquinha, Vila Nova de Foz Côa, Vila Nova de Paiva, Vila Nova de Poiares, Vila Pouca de Aguiar, Vila Real, Vila Velha de Ródão, Vila Viçosa, Vimioso, Vinhais, Viseu, Vouzela</p>

Figura 3 – Quadro NA.II – Zona A



NOTA: Aos valores de  $T_{min}$  indicados para cada zona deve-se subtrair 0,3 °C por cada 100 m de altitude.  
 Figura NA.I – Zonamento térmico para as condições de Inverno ( $T_{min}$ ) no Continente



NOTA: Aos valores de  $T_{max}$  indicados para cada zona deve-se subtrair 1,0 °C por cada 100 m de altitude.  
 Figura NA.II – Zonamento térmico para as condições de Verão ( $T_{max}$ ) no Continente

Figura 4 – Zonamentos Térmicos de Inverno e Verão

Retirando a temperatura máxima e mínima do ar à sombra dos quadros temos o seguinte:

$$T_{min} = -5 - 5 * 0,5 = -7,5^{\circ}\text{C}$$

$$T_{máx} = 45 - 5 * 1 = 40^{\circ}\text{C}$$

As temperaturas relativas são as seguintes:

$$T_{int\_inv.} = 18,0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{int\_ver.} = 25,0^{\circ}\text{C}$$

$$T_{inv.} = \frac{-7,5 + 18}{2} = 5,3^{\circ}\text{C}$$

$$T_{ver.} = \frac{40 + 25}{2} = 32,5^{\circ}\text{C}$$

Varição uniforme da temperatura:

$$\Delta T_{u\_inv.} = 5,25 - 15 = -9,75^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{u\_ver.} = 32,5 - 15 = 17,5^{\circ}\text{C}$$

Componente linear de variação diferencial de temperatura:

$$\Delta T_{M\_inv.} = -7,5 - 18 = -25,5^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta T_{M\_ver.} = 40 - 25 = 15^{\circ}\text{C}$$

### 3.5.2.2 Retração

A retração consiste na variação das dimensões das peças de betão na ausência de qualquer tensão aplicada, por perda progressiva de humidade ao longo do tempo.

A extensão total devida à retração é constituída por dois componentes, de acordo com o artigo 3.1.4(6) da norma NP EN 1992-1-1, a extensão de retração por secagem e a extensão de retração autogénea. A extensão de retração por secagem tem uma evolução lenta, uma vez que é função da migração da água através do betão endurecido. A extensão de retração autogénea desenvolve-se durante o endurecimento do betão, ou seja, nos primeiros dias após a betonagem, e é função linear da resistência à compressão do betão. Deverá ainda ser considerada de modo específico quando se coloca betão novo sobre betão endurecido.

O valor da extensão total de retração poderá ser calculado de acordo com a expressão

$$\epsilon_{cs} = \epsilon_{cd} + \epsilon_{ca}$$

$\epsilon_{cs}$  Extensão de retração

$\epsilon_{cd}$  Extensão de retração por secagem

$\epsilon_{ca}$  Extensão de retração autogénea

A evolução no tempo da extensão de retração por secagem pode ser calculada pela expressão

$$\epsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) * k_h * \epsilon_{cd,0}$$

$k_h$  Coeficiente que depende da espessura equivalente,  $h_0$ , de acordo com o Quadro 3.3 na NP EN 1992-1-1.

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0,04 * \sqrt{h_0^3}}$$

$t$  Idade do betão na data considerada, em dias;

$t_s$  Idade do betão (dias) no início da retração por secagem (ou expansão); normalmente corresponde ao fim da cura;

$h_0$  espessura equivalente (em mm) da secção transversal, e pode ser calculada pela expressão

$$h_0 = \frac{2 * A_c}{v}$$

$A_c$  Área da secção transversal do betão;

$v$  Perímetro da parte da secção transversal exposta à secagem.

$\epsilon_{cd,0}$  Extensão de retração de secagem nominal, e pode ser calculado pela expressão

$$\varepsilon_{ca,0} = 0.85 \left[ (220 + 110 * \alpha_{ds1}) * \exp(-\alpha_{ds2} * \frac{f_{cm}}{f_{cmo}}) \right] * 10^{-6} * \beta_{RH}$$

$$\beta_{RH} = 1,55 * \left[ 1 - \left( \frac{RH}{RH_0} \right)^3 \right]$$

$f_{cm}$  Valor médio da tensão de rotura do betão à compressão (MPa)

$f_{cmo}$  10 MPa

$\alpha_{ds1}$  coeficiente que depende do tipo de cimento; 3 para classe S, 4 para classe N, e 6 para classe R

$\alpha_{ds2}$  coeficiente que depende do tipo de cimento; 0,13 para classe S, 0,12 para classe N, 0,11 para classe R

$RH$  Humidade relativa ambiente (%)

$RH_0 = 100 \%$

A extensão de retração autogénea pode ser obtida pela expressão

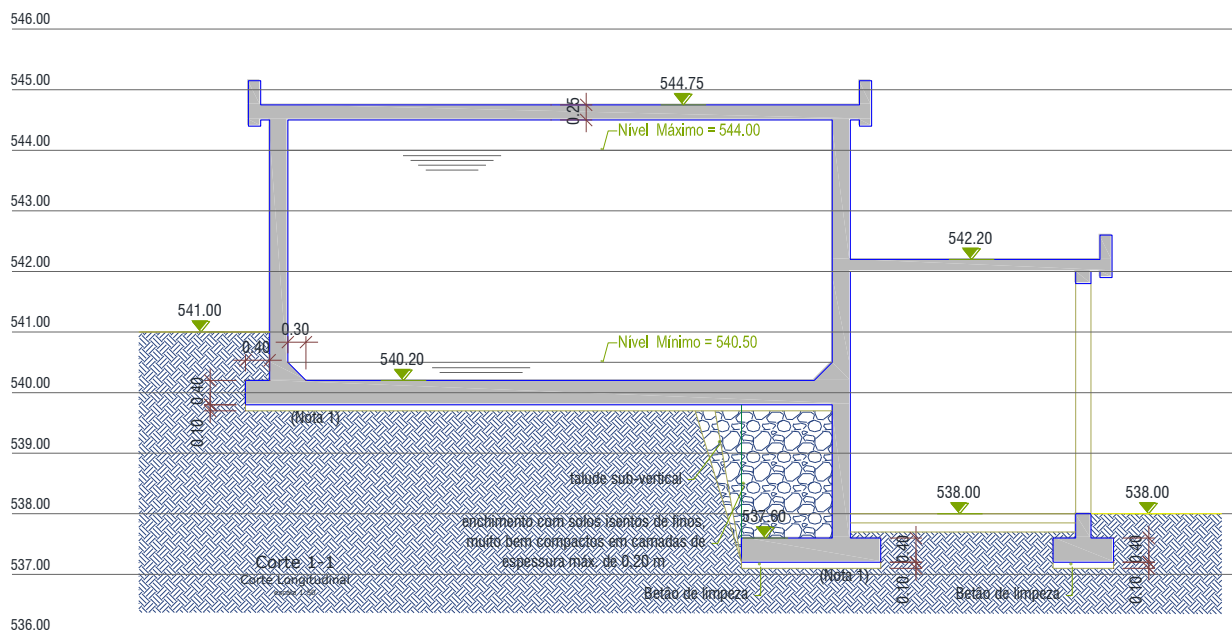
$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t) * \varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2,5 * (f_{ck} - 10) * 10^{-6}$$

$f_{ck}$  Valor característico da tensão de rotura do betão à compressão aos 28 dias de idade;

$$\beta_{as}(t) = 1 - \exp(-0,2 * t^{0,5})$$

$t$  é expresso em dias.



Nota 1: Solos naturais com tensão admissível superior a 400 kPa

Figura 5 – Corte Construtivo

$$A_c = 12,5 \text{ m}^2$$

$$v = 79 \text{ m}$$

Betão C30/37

Humidade Relativa média = 80 %

### 3.5.2.2.1 Retração por secagem

$$h_0 = 2 * \frac{12,5}{79} = 0,317 \text{ m} = 317 \text{ mm}$$

$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(365 - 0)}{\left(365 - 0 + 0,04 * (317)^{\left(\frac{3}{2}\right)}\right)} = 0,62$$

$$\begin{cases} \beta_{ds}(t, t_s) = 1,0, \text{ para } t = \infty \\ \beta_{ds}(t, t_s) = 0,62, \text{ para } t = 1 \text{ ano} \end{cases}$$

$$k_h(h_0 = 317 \text{ mm}) = 0,75$$

$$\text{Cimento Classe N} \begin{cases} \alpha_{ds1} = 4 \\ \alpha_{ds2} = 0,12 \end{cases}$$

$$f_{cm} = 30 + 8 = 38 \text{ MPa}$$

$$f_{cm_0} = 10 \text{ MPa}$$

$$\beta_{RH} = 1,55 * \left( 1 - \left( \frac{80}{100} \right)^3 \right) = 0,76$$

$$\epsilon_{cd,0} = 0,85 * \left[ (220 + 110 * 4) * e \left( -0,12 * \left( \frac{38}{10} \right) \right) \right] * 10^{-6} * 0,76 = 270 * 10^{-6}$$

$$\epsilon_{cd,0} = \begin{cases} 202,5 * 10^{-6}, \text{ para } t = \infty \\ 125,6 * 10^{-6}, \text{ para } t = 1 \text{ ano} \end{cases}$$

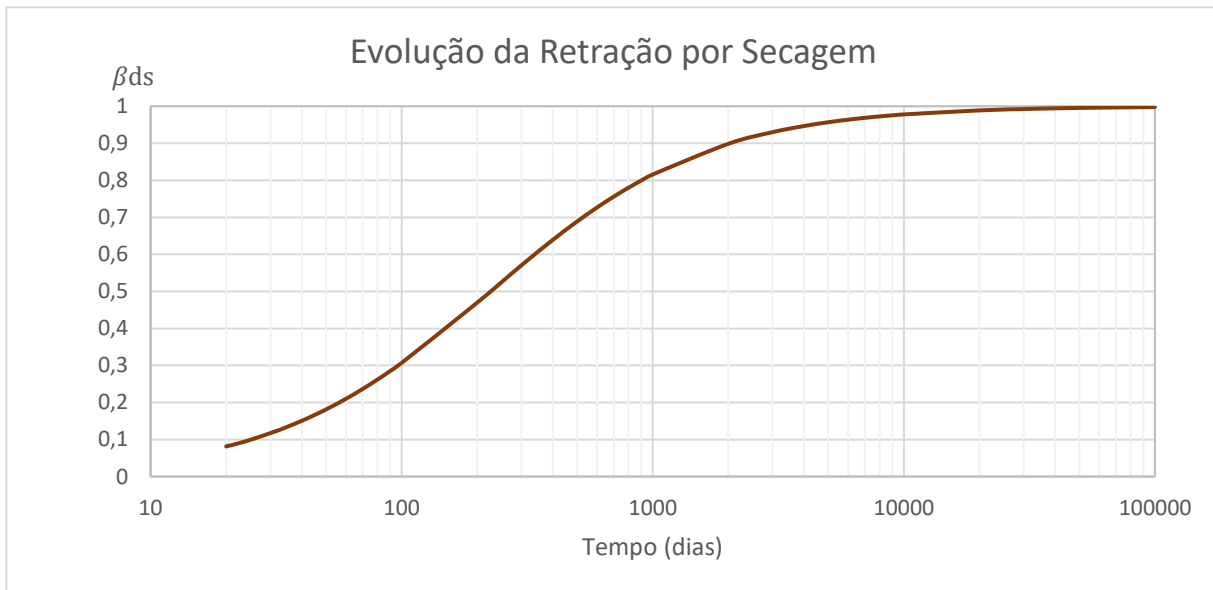


Figura 6 – Retração por Secagem

### 3.5.2.2.2 Retração autogénea

$$\epsilon_{ca}(\infty) = 2,5 * (30 - 10) * 10^{-6} = 50 * 10^{-6}$$

$$\beta_{as}(t) = 1 - e(-0,2 * (365)^{0,5})$$

$$\begin{cases} \beta_{as}(t = \infty) = 1,0 \\ \beta_{as}(t = 1 \text{ ano}) = 0,98 \end{cases}$$

$$\begin{cases} \epsilon_{ca}(t = \infty) = 50 * 10^{-6} * 1,0 = 50 * 10^{-6} \\ \epsilon_{ca}(t = 1 \text{ ano}) = 50 * 10^{-6} * 0,98 = 49 * 10^{-6} \end{cases}$$

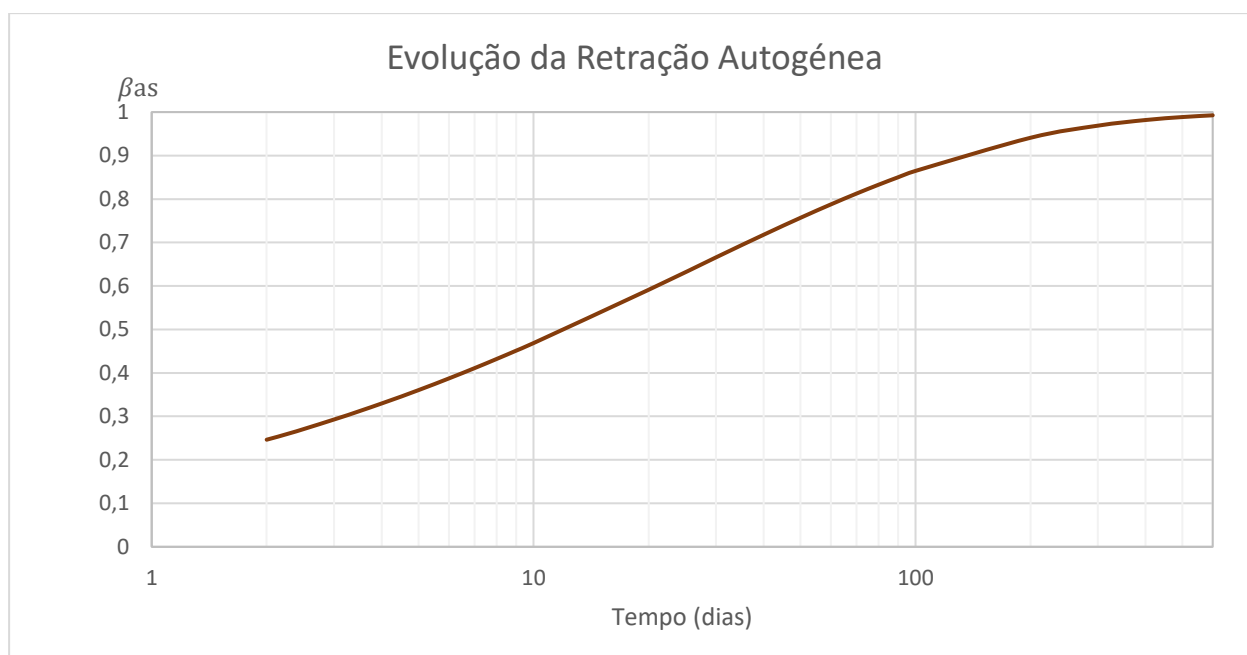


Figura 7 – Retração Autogénea

### 3.5.2.2.3 Retração Total

Para  $t=\infty$

$$\varepsilon_{ca}(t, t_0) = 202,5 * 10^{-6} + 50 * 10^{-6} = 252,5 * 10^{-6}$$

Para  $t=1$  ano

$$\varepsilon_{ca}(t, t_0) = 125,6 * 10^{-6} + 49 * 10^{-6} = 174,6 * 10^{-6}$$

### 3.5.2.3 Fluência

Assim como a retração, a fluência depende da humidade ambiente.

De acordo com o artigo 3.1.4 (2) da NP EN 1992-1-1, o coeficiente de fluência, é função do módulo de elasticidade tangente, que poderá ser considerado igual a 1,05. Nos casos em que não seja necessária grande exatidão, para tensões instaladas cujo valor não ultrapasse  $0,45 f_{ck}$  na idade  $t_0$ , idade do betão no primeiro carregamento, é possível admitir a linearidade da fluência.

De acordo com a secção 3.1.4 (3) e anexo B da NP EN 1992-1-1, a deformação do betão por fluência,  $\varepsilon_{cc}$  na idade  $t_{\infty}$  para uma tensão de compressão constante,  $\sigma_c$ , aplicada na idade do betão,  $t_0$  é dada pela expressão

$$\varepsilon_{cc}(\infty, t_0) = \varphi(\infty, t_0) * \frac{\sigma_c}{E_c}$$

Nos cálculos seguintes podem ser observados os parâmetros para a definição do coeficiente de fluência.

$$\alpha_1 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0,7} = \left(\frac{35}{38}\right)^{0,7} = 0,94$$

$$\alpha_2 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0,2} = \left(\frac{35}{38}\right)^{0,2} = 0,98$$

$$\varphi_{RH} = \left[ 1 + \alpha_1 * \left( \frac{(1 - \frac{RH}{100})}{(0,1 * (h_0)^{\frac{3}{2}})} \right) \right] * \alpha_2 = \left[ 1 + 0,94 * \left( \frac{(1 - \frac{80}{100})}{(0,1 * (317)^{\frac{3}{2}})} \right) \right] * 0,98 = 1,25$$

$$\beta_{f_{cm}} = \frac{16,8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16,8}{\sqrt{38}} = 2,73$$

$$\beta_{(t_0)} = \frac{1}{(0,1 + t_0^{0,2})} = \frac{1}{(0,1 + 7^{0,2})} = 0,64$$

$$\varphi_0 = \varphi_{RH} * \beta_{f_{cm}} * \beta_{t_0} = 1,25 * 2,73 * 0,64 = 2,18$$

$$\alpha_3 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0,5} = \left(\frac{35}{38}\right)^{0,5} = 0,96$$

$$\beta_H = 1,5 * [1 + (0,012 * RH)^{18}] * h_0 + 250 * \alpha_3 \leq 1500 * \alpha_3, \quad \text{para } f_{cm} \geq 35$$

$$\beta_H = 1,5 * [1 + (0,012 * 80)^{18}] * 317 + 250 * 0,96 = 943,6 \leq 1500 * 0,96 = 1440$$

$$\beta_c(t, t_0) = \left[ \frac{t - t_0}{\beta_H + t - t_0} \right]^{0,3}$$

$$\begin{cases} \beta_c(t, t_0) = 1,0, & \text{para } t = \infty \\ \beta_c(t, t_0) = 0,68, & \text{para } t = 1 \text{ ano} \end{cases}$$

$$\varphi(t, t_0) = \varphi_0 * \beta_c(t, t_0)$$

$$\begin{cases} \varphi(t, t_0) = 2,18 * 1 = 2,18, & \text{para } t = \infty \\ \varphi(t, t_0) = 2,18 * 0,68 = 1,48, & \text{para } t = 1 \text{ ano} \end{cases}$$

O gráfico mostra a evolução da fluência do reservatório ao longo do tempo.

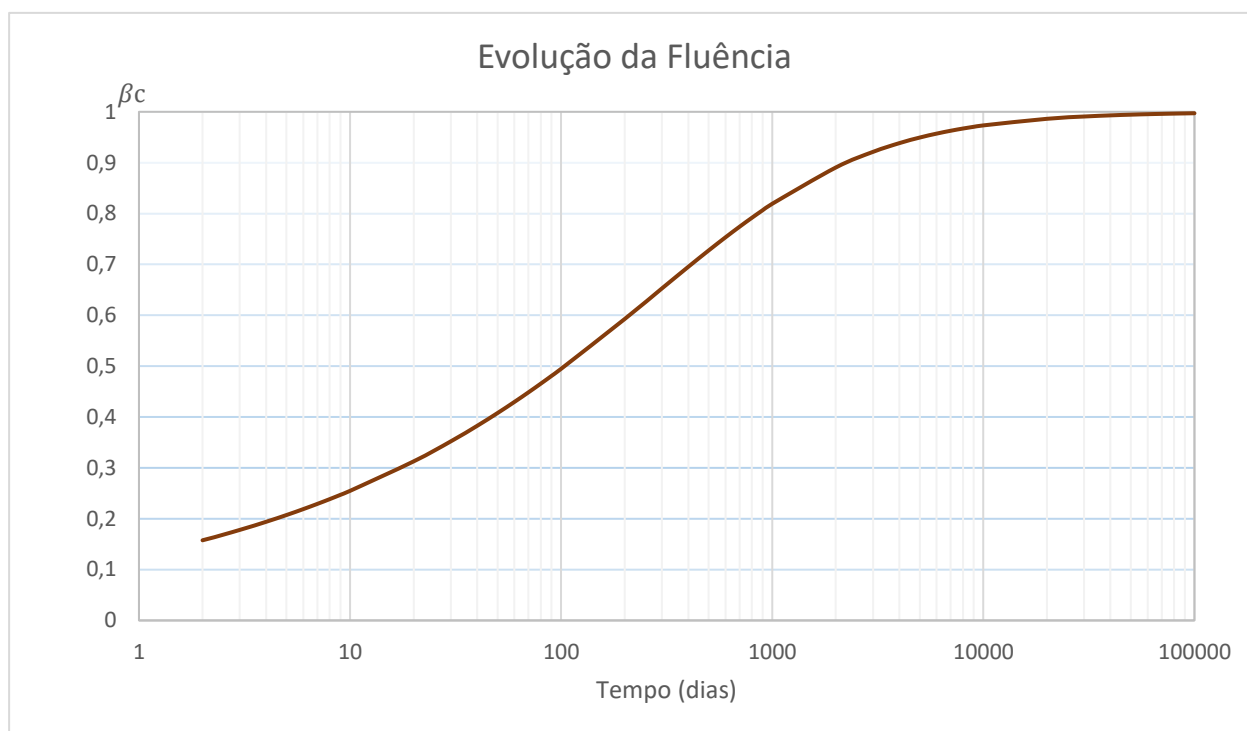


Figura 8 - Fluência

### 3.5.2.4 Módulo de Elasticidade

O módulo de elasticidade de um betão depende dos modos de elasticidade dos seus componentes. A evolução do módulo de elasticidade ao longo do tempo pode ser calculada pela expressão:

$$\varepsilon_{cm}(t) = \left( \frac{f_{cm}(t)}{f_{cm}} \right)^{0,3} * \varepsilon_{cm}$$

$$f_{cm}(t) = \beta_{cc}(t) * f_{cm}$$

$$\beta_{cc}(t) = \exp \left[ s * \left( 1 - \left( \frac{28}{t} \right)^{\left( \frac{1}{2} \right)} \right) \right]$$

$f_{cm}(t)$  Tensão média de rotura do betão à compressão à idade de t dias;

$f_{cm}$  Tensão média de rotura aos 28 dias de idade, de acordo com o Quadro 3.1;

$\beta_{cc}(t)$  Coeficiente que depende da idade do betão t;

t Idade do betão, em dias;

s Coeficiente que depende do tipo de cimento:

- 0,20 para cimento das classes de resistência CEM 42,5 R, CEM 52,5 N e CEM 52,5 R Classe R);

- 0,25 para cimento das classes de resistência CEM 32,5 R, CEM 42,5 N (Classe N);
- 0,38 para cimento das classes de resistência CEM 32,5 N (Classe S);

Quando o betão não satisfaz a especificação da resistência à compressão aos 28 dias de idade, não é adequada a utilização das expressões.

$\epsilon_{cm}$  representa o valor médio do módulo de elasticidade aos 28 dias. Os valores de referência indicados no Quadro 3.1 da NP EN 1992-1-1 são aplicáveis para betão com agregados de quartzito. Para agregados de calcário ou de grés, o valor deverá ser reduzido de 10 % e de 30%, respetivamente. Para agregados de basalto o valor deverá ser aumentado de 20 %.

O módulo de elasticidade aos 28 dias pode ser estimado a partir da resistência média à compressão simples pela expressão.

$$\epsilon_{cm} = 22 * \left(\frac{f_{cm}}{10}\right)^{0,3}$$

Na figura ilustra-se a evolução do coeficiente de endurecimento ao longo do tempo, para os diferentes tipos de cimento.

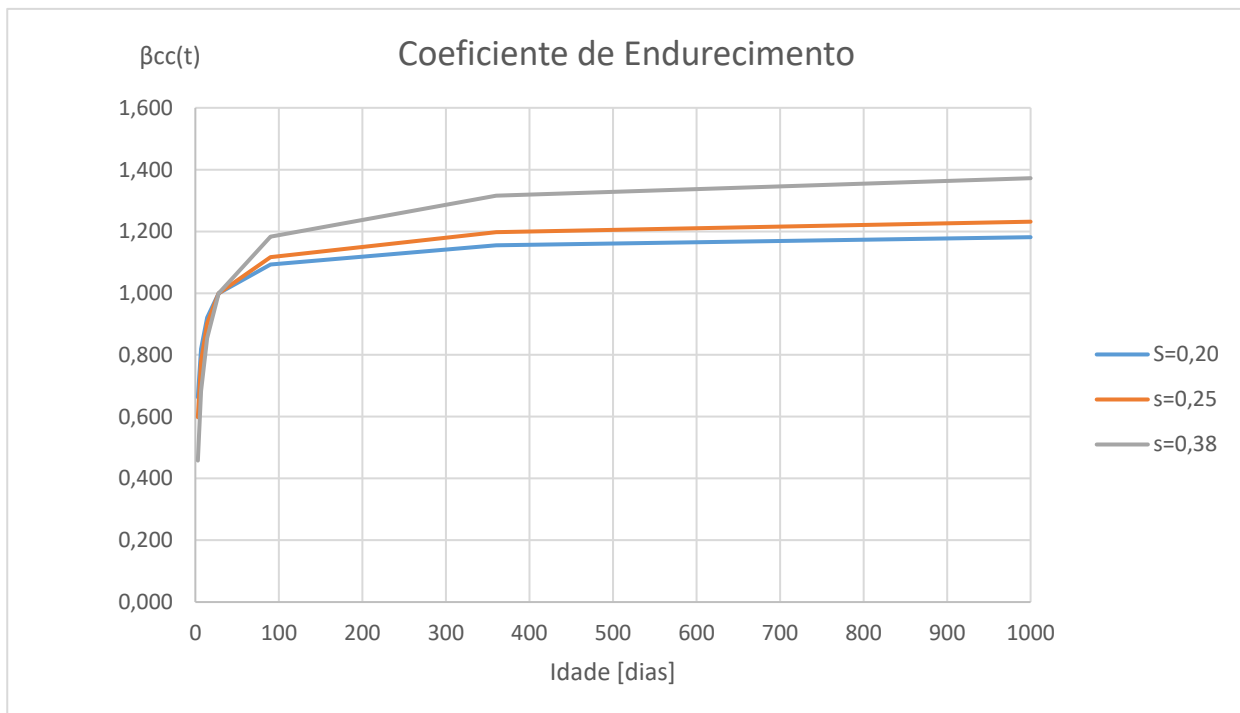


Figura 9 – Coeficiente de Endurecimento

Na figura ilustra-se a evolução do módulo de elasticidade ao longo do tempo, para os diferentes tipos de cimento.

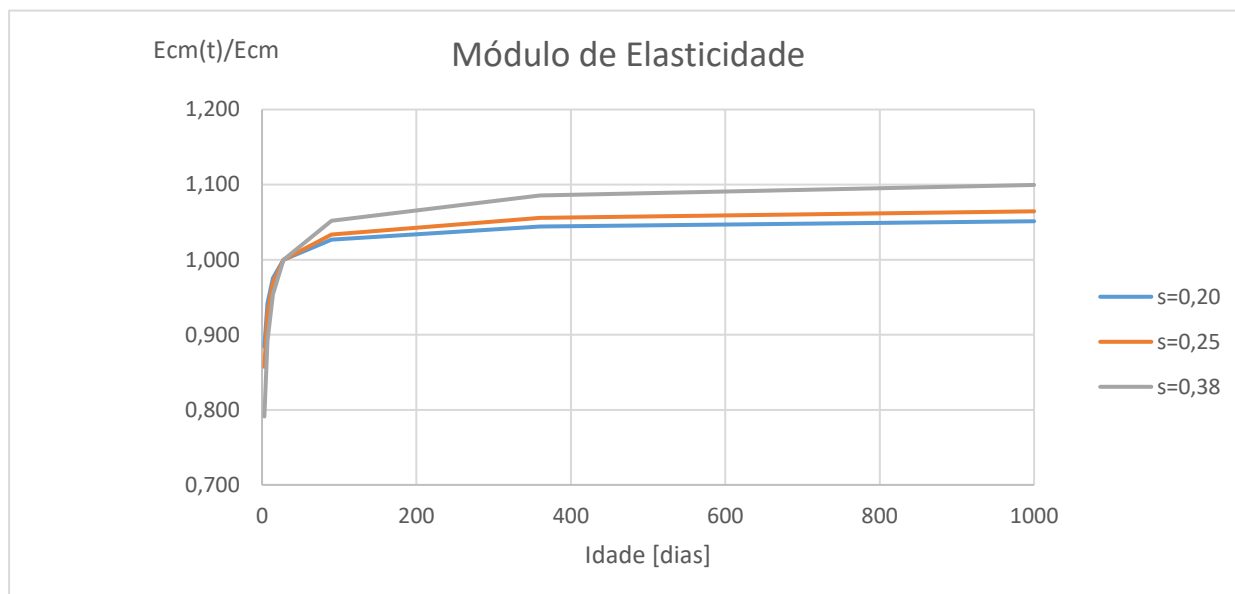


Figura 10 – Módulo de Elasticidade

### 3.6 COMBINAÇÃO DE AÇÕES

De acordo com a NP EN 1990 é possível definir combinações de ações para o dimensionamento de estruturas para os diversos estados limites a verificar.

Apresentam-se de seguida, as combinações de ações para os diversos estados limites a considerar no dimensionamento do projeto.

#### 3.6.1 Estado Limite Último

Combinação de ações para situações de projeto persistentes ou transitórias (Combinações fundamentais):

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinação de ações para situações de projeto acidentais

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + (\Psi_{1,1} \text{ ou } \Psi_{2,1}) Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinação de ações para situações de projeto sísmicas:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "A_{Ed}" + \sum_{i > 1} \gamma_{2,i} Q_{k,i}$$

### 3.6.2 Estado Limite de Serviço

As combinações de ações a ter em conta nas situações de projeto consideradas devem ser adequadas aos requisitos de utilização e aos critérios de desempenho a verificar. Consideram-se as seguintes expressões para os diferentes estados limites de utilização.

Combinação característica:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "Q_{k,1}" + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Combinação frequente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + "\Psi_{1,1} Q_{k,1}" + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Combinação quase-permanente:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + "P" + \sum_{i > 1} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Os coeficientes de segurança relativos às ações,  $\gamma_G$  e  $\gamma_Q$ , são tomados com os seguintes valores:

- peso próprio da estrutura:  $\gamma_G = 1,35$  ou  $1,0$
- restantes cargas permanentes:  $\gamma_G = 1,35$  ou  $1,0$
- acções variáveis:  $\gamma_Q = 1,5$  ou  $0$

### 3.6.3 Combinações usadas no dimensionamento

De acordo com a NP EN 1990 [1] pode-se definir combinações de ações para o dimensionamento de estruturas. Apresentam-se nas tabelas seguintes as combinações de ações para os estados limites últimos e para os estados limites de utilização:

Tabela 3 – Combinações no estado limite último

	Combinação de ações
ULS 1	$1,35 * pp + 1,5 * rcp + 1,5 * sc$
ULS 2	$1,35 * pp + 1,5 * rcp + 1,5 * sc. + 1,5 * I_w$
ULS 3	$1,35 * pp + 1,5 * rcp. + 1,5 * sc + 1,5 * I_w$ (célula1)

Tabela 4 – Combinações no estado limite de utilização

	Combinação de ações
SLS 1	$pp + rev$
SLS 2	$pp + rev + 0,2 * sc + I_w$
SLS 3	$pp + ver + 0,2 * sc + I_w$ (célula1)
SLS 4	$pp + ver + 0,2 * sc + I_w + \Delta T^+$
SLS 5	$pp + ver + 0,2 * sc + I_w + \Delta T^-$

### 3.7 SOLO DE FUNDAÇÃO

No que respeita ao solo de fundação, foi efetuada a verificação de segurança de modo simplificado comparando a tensão descarregada pela estrutura em Serviço com a tensão admissível indicada no relatório geotécnico.

O relatório geotécnico, efetuado pela empresa Multiambiente consistiu na realização de 3 sondagens com penetrómetro dinâmico médio e foram conduzidos até à profundidade máxima de 0.80m. Os resultados, expressos em termos de tensão admissível foram os indicados nas figuras seguintes:

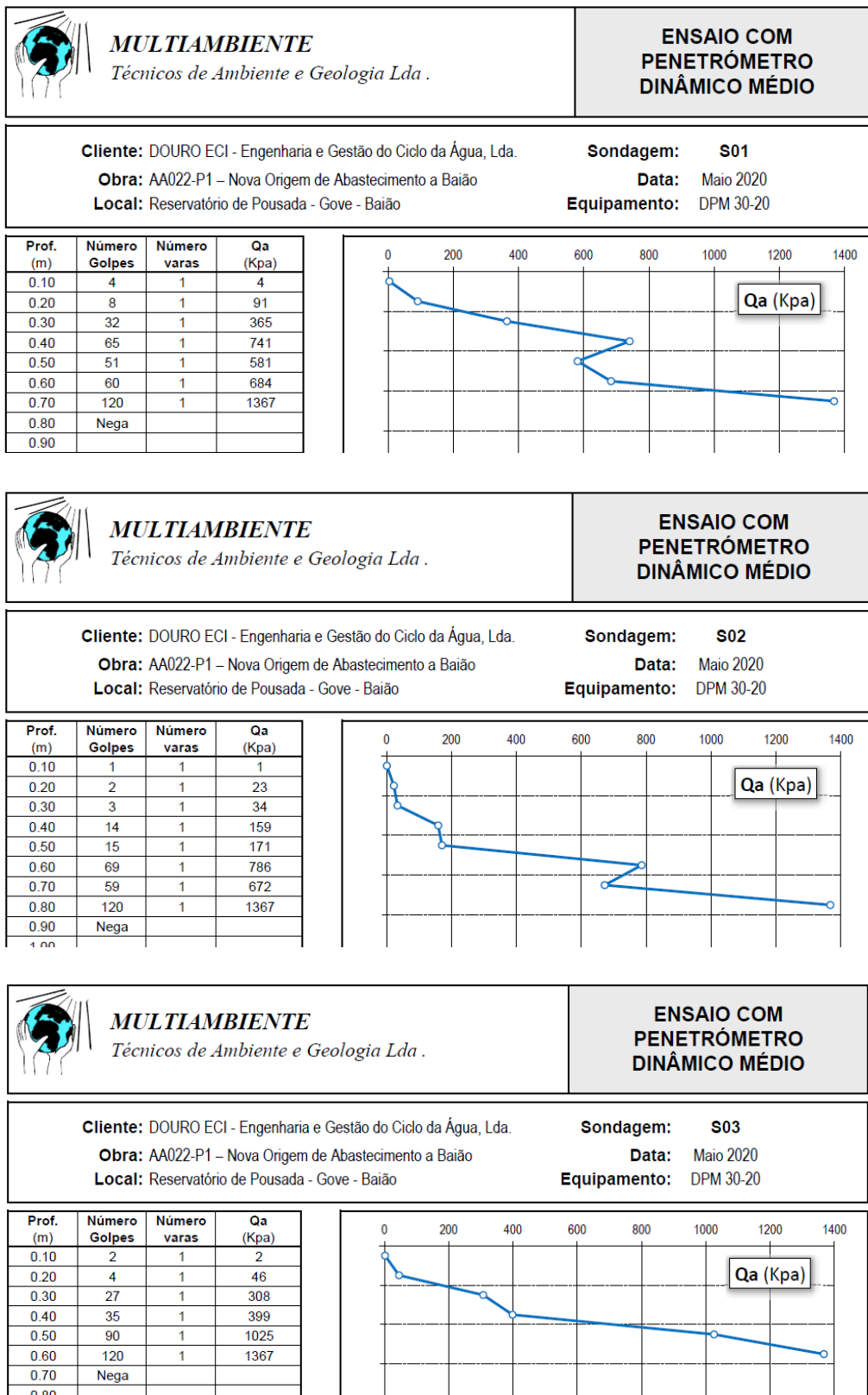


Figura 11 – Tensões admissíveis

Do aspeto geológico, a área em estudo possui as seguintes formações geológicas:

- Rochas graníticas:
  - Granito porfiróide de grão grosseiro: este granito encontra-se, em geral, muito alterado, arenizado. A arenização referida atinge frequentemente, grande espessura. O processo de meteorização superficial leva à existência de blocos superficiais arredondados que ocorrem na zona de implantação do Reservatório.
  - Granito porfiróide de grão fino: encontram-se diversas manchas de granito porfiróide de grão fino, biotítico. Os megacristais são, em geral, pequenos e alongados. Esta rocha possui, não raras vezes, disjunção esferoidal.
- Rochas Filonianas:
  - Filões de quartzo: encontram-se em pequenos filões quartzosos por toda a parte, frequentemente com mineralizações de volframite, pirite de ferro, calcopirite, arsenopirite, etc...

Às cotas previstas para as fundações, a tensão admissível indicada no relatório geotécnico é da ordem dos 600kPa. Considerou-se, no entanto, o valor de 400kPa. Durante o decorrer da obra dever-se-á garantir que a estas condições se mantenham. Caso se verifiquem zonas de piores características geotécnicas, deverão ser realizados enchimentos desde o solo “firme” até à cota inferior do betão de limpeza. Estes enchimentos poderão ser feitos com betão ciclópico, betão simples, ou com solos selecionados muito bem compactados.



## CAPÍTULO 4

### ANÁLISE ESTRUTURAL

#### 4.1 COMPORTAMENTO ESTRUTURAL

A análise estrutural aqui descrita refere-se ao reservatório de Pousada que é parte integrante das obras de ampliação e bombagem da estação de tratamento de água e da rede de distribuição de água da vila do songo, em Baião.

##### 4.1.1 Laje de fundo

A laje de fundo do reservatório tem espessura constante, sendo neste caso de 0,40 m. Para além do momento gerado pelo impulso hidrostático, as paredes transmitem à laje de fundo as suas cargas verticais.

Na área central da laje de fundo, as cargas do peso próprio e do impulso hidrostático são transmitidas diretamente ao solo de fundação, que por sua vez induz pressões verticais, no sentido ascendente. Prevê-se assim que a armadura principal da laje de fundo seja na face inferior a meio vão e na face superior junto às paredes.

##### 4.1.2 Paredes estruturais

As paredes estruturais possuem uma espessura constante de 0,30 m, sendo que a altura máxima de água é de 3,80 m. Espera-se, portanto, que os esforços de flexão e corte serão superiores na base da parede.

O impulso hidrostático provoca, para além de esforços de flexão e corte, trações que devem ser consideradas no dimensionamento do reservatório.

##### 4.1.3 Laje de Cobertura

A laje de cobertura do reservatório é constituída por uma laje de betão armado com espessura constante de 0,25 m. Esta, por sua vez, encontra-se sujeita aos carregamentos verticais originados pelas cargas permanentes e sobrecarga regulamentar, que originam esforços de flexão e corte.

A laje de cobertura encontra-se apoiada nas paredes do reservatório. Apesar de existir continuidade em todos os elementos, ou seja, entre a laje de fundo, as paredes e a cobertura do reservatório, considera-se que ao longo do bordo exterior esta se encontra simplesmente apoiada. Executando assim um dimensionamento mais conservativo.

## 4.2 MODELAÇÃO EM ELEMENTOS FINITOS

Para se obter uma análise mais detalhada, optou-se por modelar a estrutura em elementos finitos. Recorrendo-se para isso ao programa Robot Structural Analysis, onde poderão ser observados os esforços originados pelas cargas aplicadas.

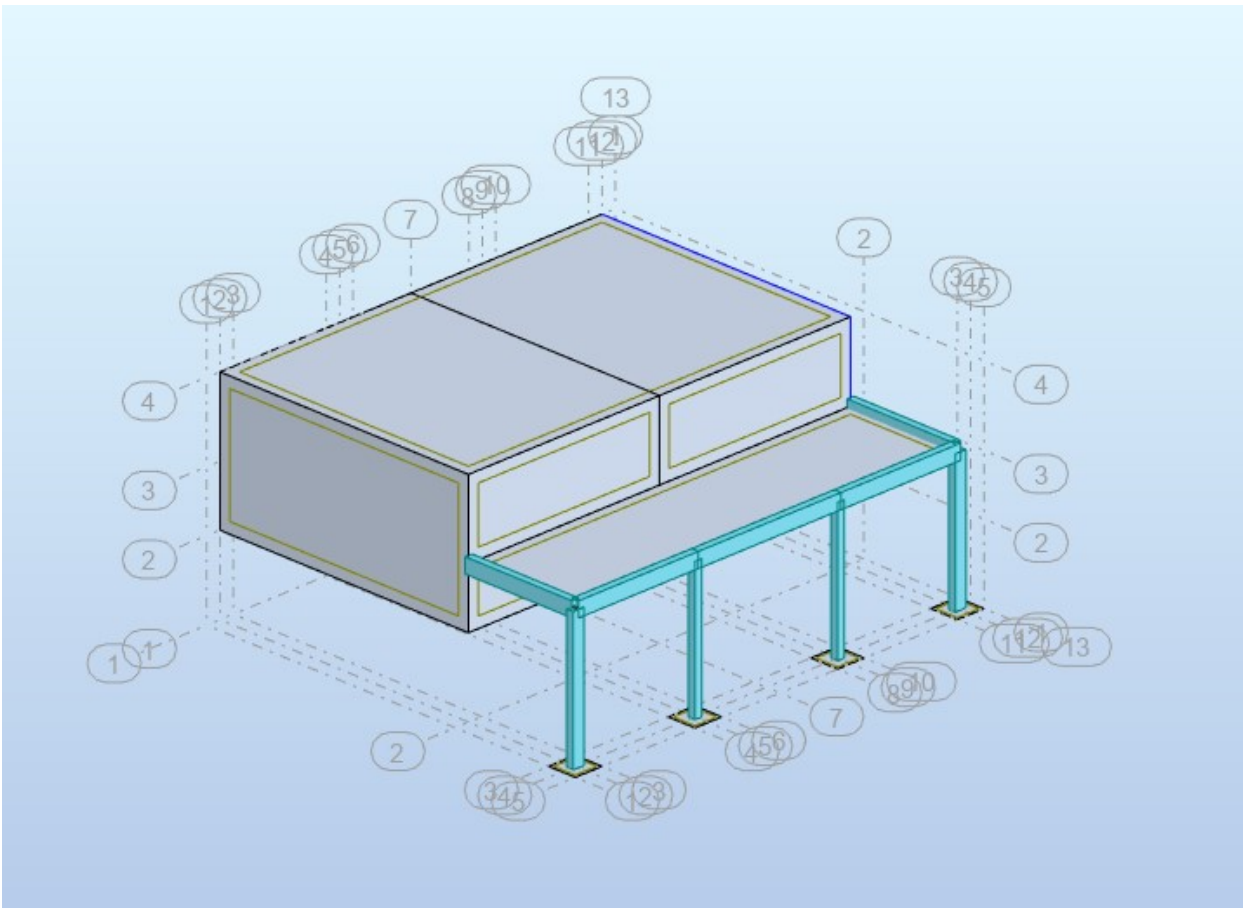


Figura 12 – Modelo 3D

### 4.3 NOTAS IMPORTANTES

Em todas as juntas de betonagem entre betões de fases diferentes, como por exemplo entre laje e paredes, ou entre diferentes níveis de betonagens em paredes, logo após a betonagem do primeiro elemento deverá ser aplicado “Rugosol 2 liquido” da Sika ou equivalente, devendo-se seguir escrupulosamente as indicações do fabricante.

Os betões das fundações e de todas as peças em contacto com o terreno, nomeadamente paredes e pilares até 1,0 metro acima do piso térreo levarão um aditivo hidrófugo do tipo PLASTOCRETE 05 ou equivalente, com dosagem recomendada pelo fabricante.

Em quaisquer elementos em contacto com o terreno deverá ser aplicada uma Impermeabilização com emulsão asfáltica, hidrófuga, do tipo “imperkote” ou equivalente sobre as superfícies de betão, limpa de sujidades, gesso, cal e gordura, em duas demãos cruzadas, a pincel ou à pistola. (Consumo / Dosagem – Aproximadamente 0,3 - 0,4 kg/m<sup>2</sup>/camada)

Nas superfícies em contacto com o liquido (reservatórios) será aplicada um produto do tipo (icosit K101 TK” ou outro equivalente a definir pelo Dono de Obra. Previamente a superfície deverá ser preparada com jato de água de alta pressão. A base deve ser saturada até apresentar um aspeto mate (húmida mas não encharcada. Se se verificar chochos e zonas degradadas, deverá ser aplicado um revestimento tixotrópico, com base em resina de epoxi e cimentos especiais, do tipo “Sikagard 720 EpoCem” ou equivalente a definir pelo Dono de Obra, na espessura mínima de 2 mm.

No caso particular de paredes, o posicionamento das cofragens deve ser tal que o afastamento máximo medido horizontalmente entre os traços do plano axial numa parede entre duas lajes sucessivas, não deve ultrapassar 1/10 da espessura da parede, com um máximo de 0,3cm por metro de altura entre lajes. O sistema de cofragem das paredes do reservatório deve ser proposto para aprovação da fiscalização.

Nos casos correntes, a menos de justificação especial, em condições normais de temperatura e humidade e para betões com coeficientes de endurecimento correntes, os prazos mínimos para a retirada dos moldes e dos escoramentos, contados a partir da data de conclusão da betonagem, serão os indicados a seguir:

Moldes de faces laterais em vigas, pilares e paredes - 3 dias

Moldes de faces inferiores

- Lajes de vão inferior a 6 metros - 7 dias
- Lajes de vão superior a 6 metros - 14 dias
- Vigas - 14 dias

Escoramentos

- Lajes de vão inferior a 6 metros - 14 dias

#### *CAPÍTULO 4*

- Lajes de vão superior a 6 metros - 21 dias
- Vigas - 21 dias
- Lajes e vigas que, na ocasião do descimbramento fiquem sujeitas a solicitações de valor próximo do que, satisfeita a segurança, corresponde à sua capacidade resistente - 28 dias.

## CAPÍTULO 5

### **ANÁLISE DE RESULTADOS**

São apresentados neste capítulo os resultados da modelação estrutural, bem como a verificação da segurança dos elementos estruturais mais importantes.

As estruturas em questão foram analisadas através de programas de cálculo automático, sendo para esse efeito concebidos modelos numéricos tridimensionais de elementos finitos de casca e barra, com recurso ao programa de cálculo “Robos Structural Analysis” para os reservatórios. A quantificação das capacidades resistentes de secções de betão armado e a verificação da abertura de fendas foi feita com recurso a rotinas de cálculo automático e baseadas nos princípios expostos, nomeadamente os do EC2.

Nas figuras seguintes apresentam-se a envolvente dos principais esforços obtidos para a laje de fundo, laje de cobertura e paredes para o estado limite de serviço (SLS) que é condicionante na disposição e quantidade de armaduras.

O valor da deformabilidade do solo considerada foi de  $100000 \text{ kN/m}^3$ .

A verificação da abertura de fendas foi feita retirando os valores das combinações mais gravosas, medianizando valores de pico extremo, e considerando sempre que possível valores à face dos elementos laminares.

Na análise da fendilhação a abertura de fendas será limitada de acordo com o tipo de elemento:

- 0,10 mm nos elementos em contacto com a água;
- 0,20 mm em estruturas correntes e muros de suporte.

### 5.1 LAJE DE FUNDO

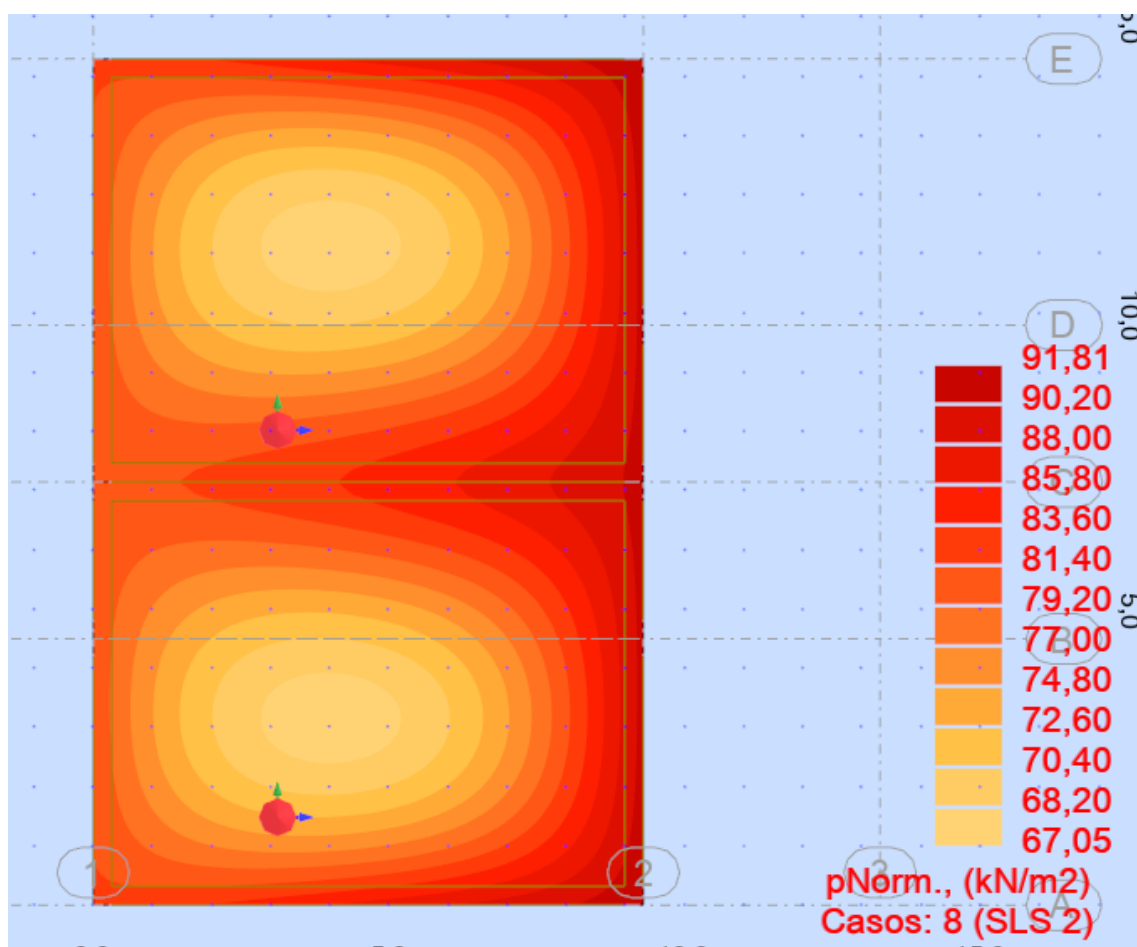


Figura 13 – Tensões no contacto com o solo (pp+líquido)

A tensão máxima descarregada no horizonte rochoso é da ordem dos 90 kPa, bastante inferior aos 400 kPa indicados pelo relatório geotécnico.

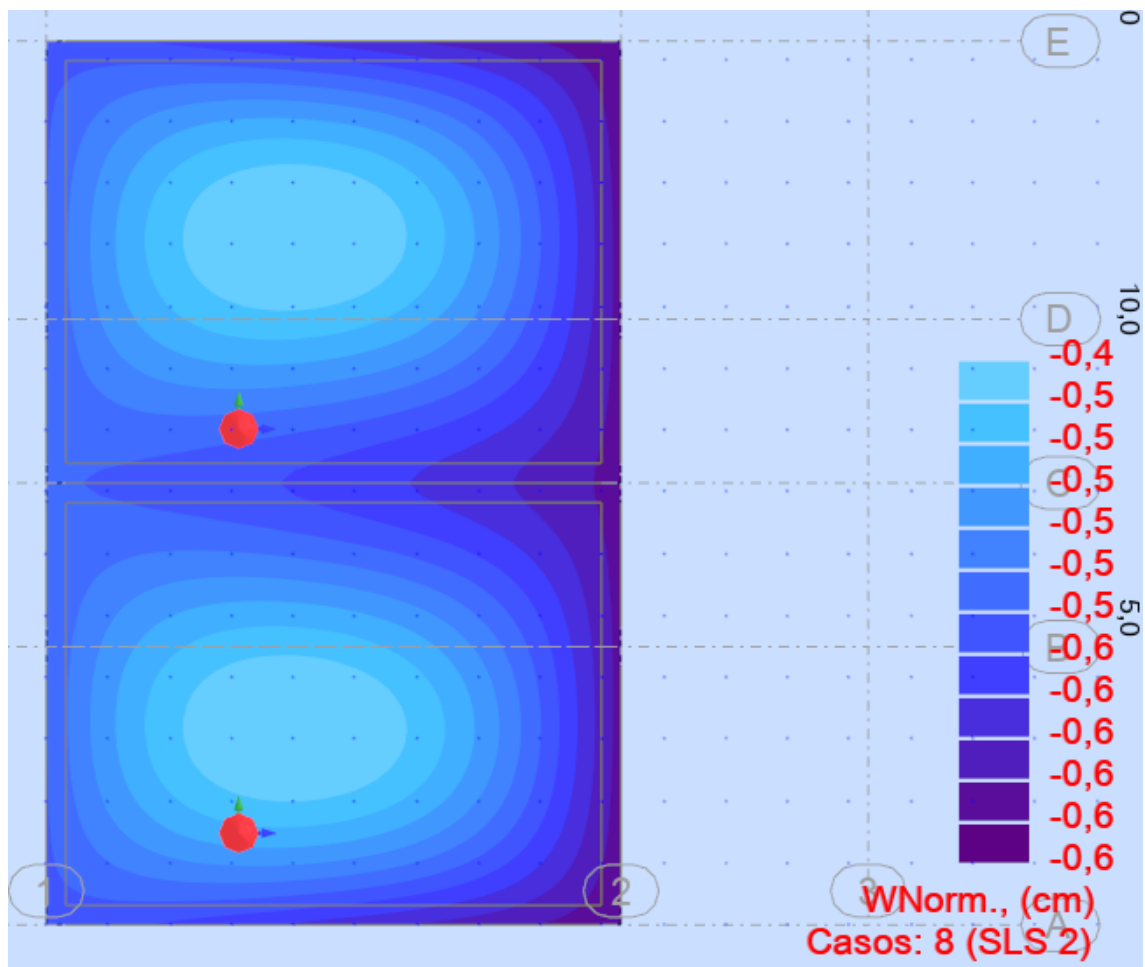


Figura 14 – Deformação estimada

Em termos de assentamentos, como esperado, são muito diminutos, quer em valor absoluto, quer no que se refere aos assentamentos diferenciais, devido à rigidez do solo de fundação.

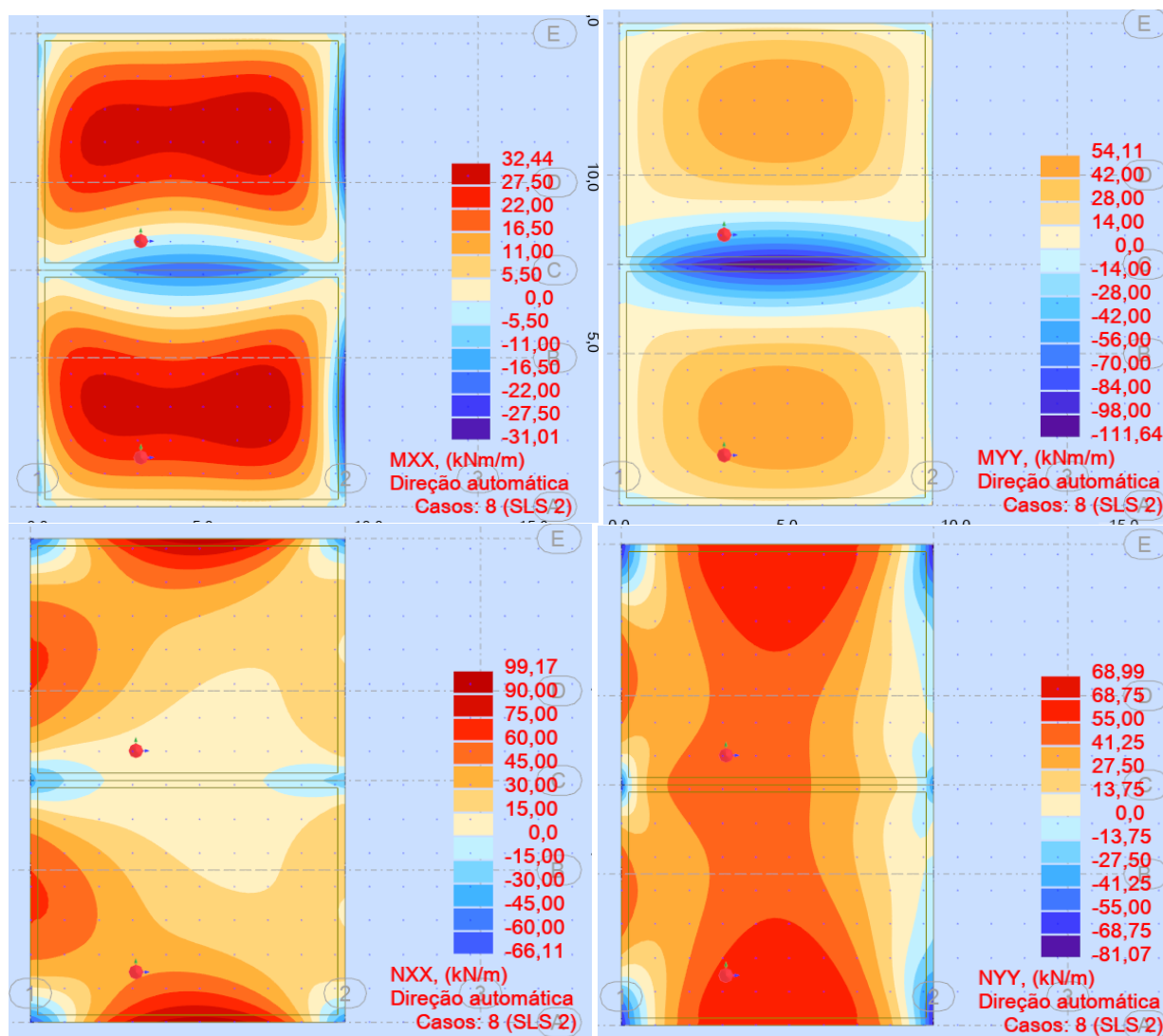


Figura 15 – Laje de fundo – envoltiva de esforços em serviço SLS 2

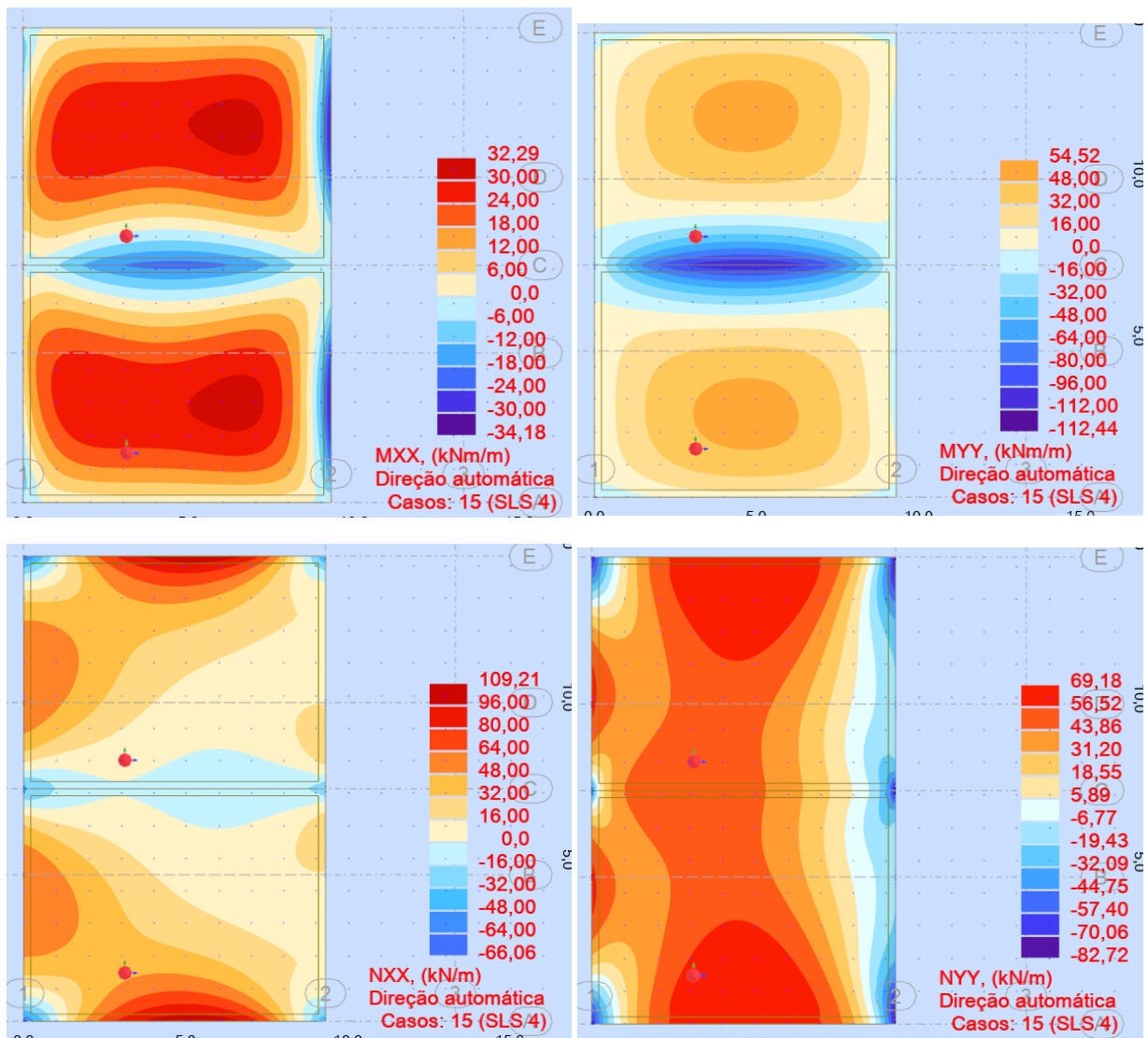


Figura 16 – Laje de fundo – envolvente de esforços em serviço SLS 4

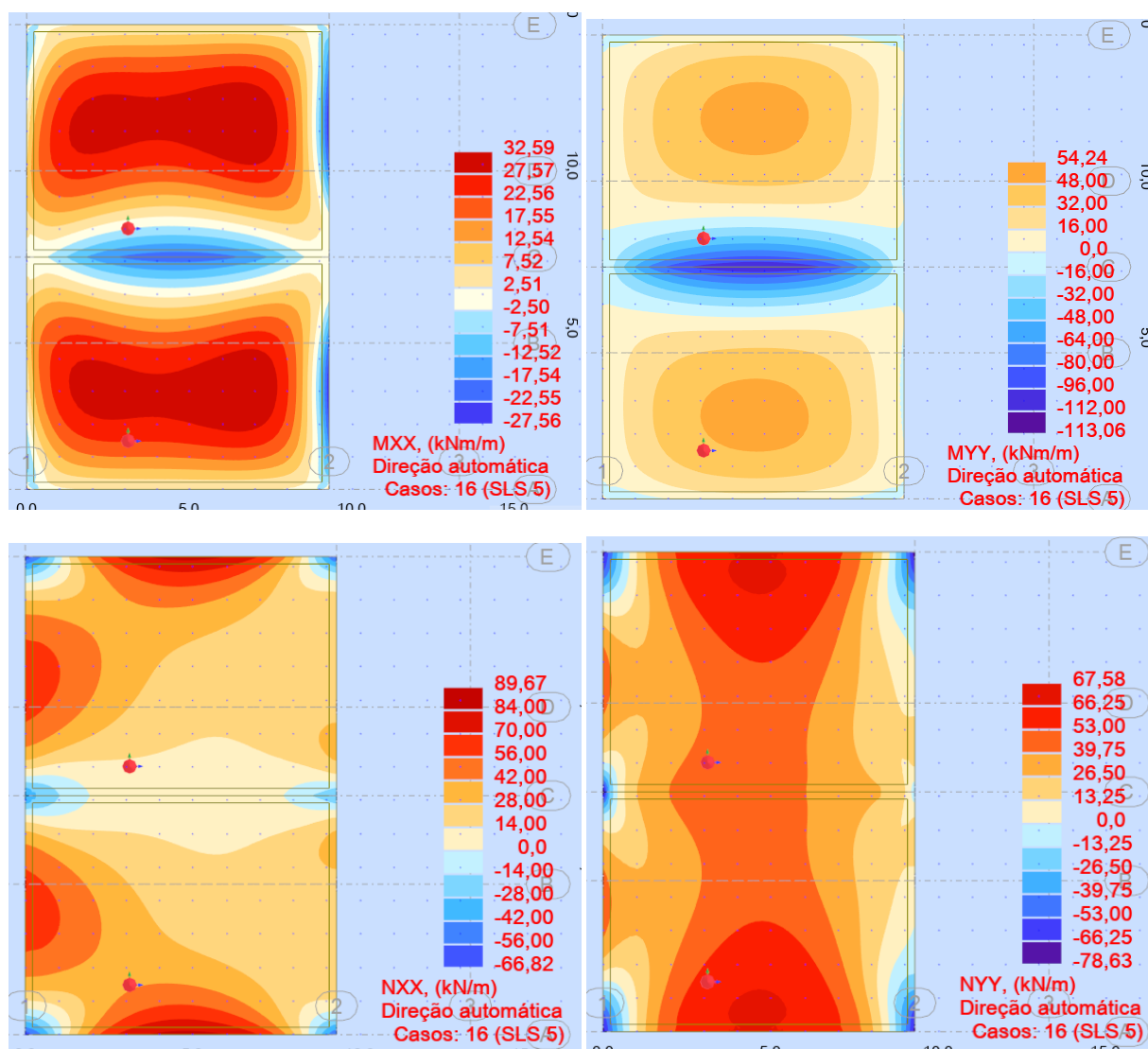
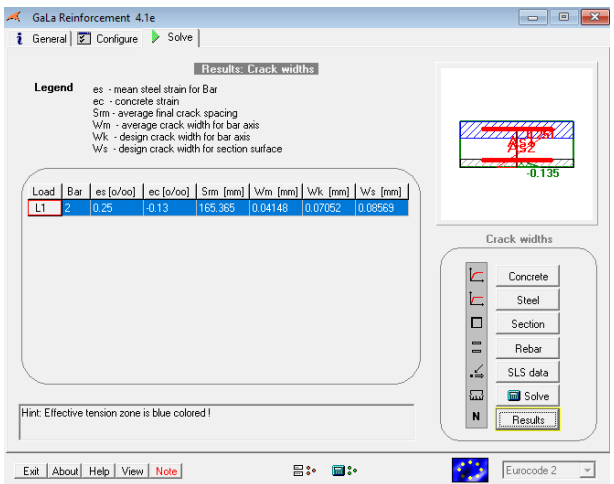
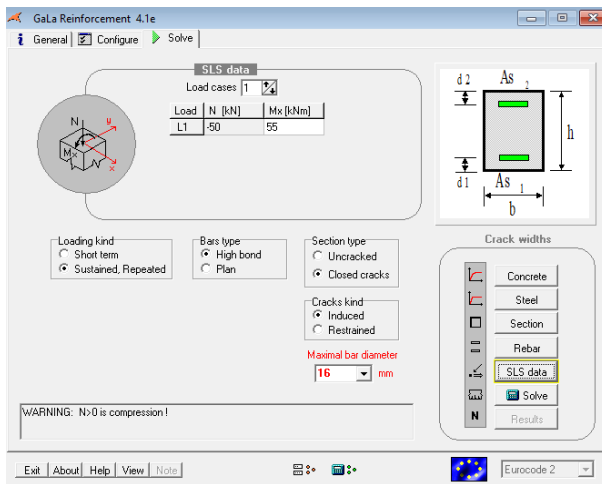
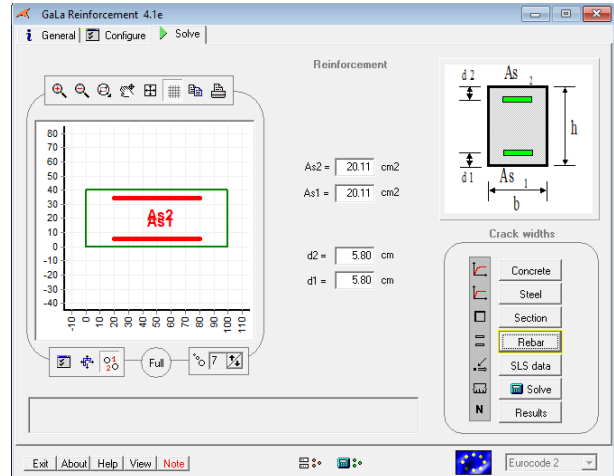
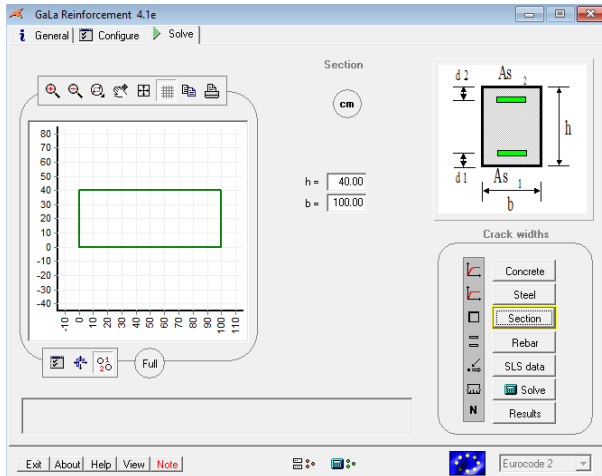
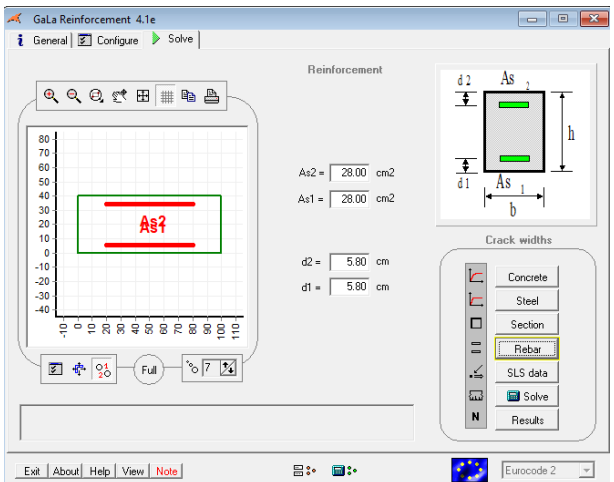
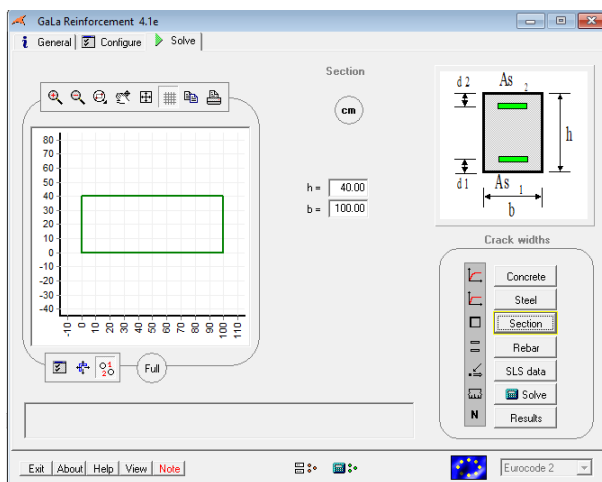


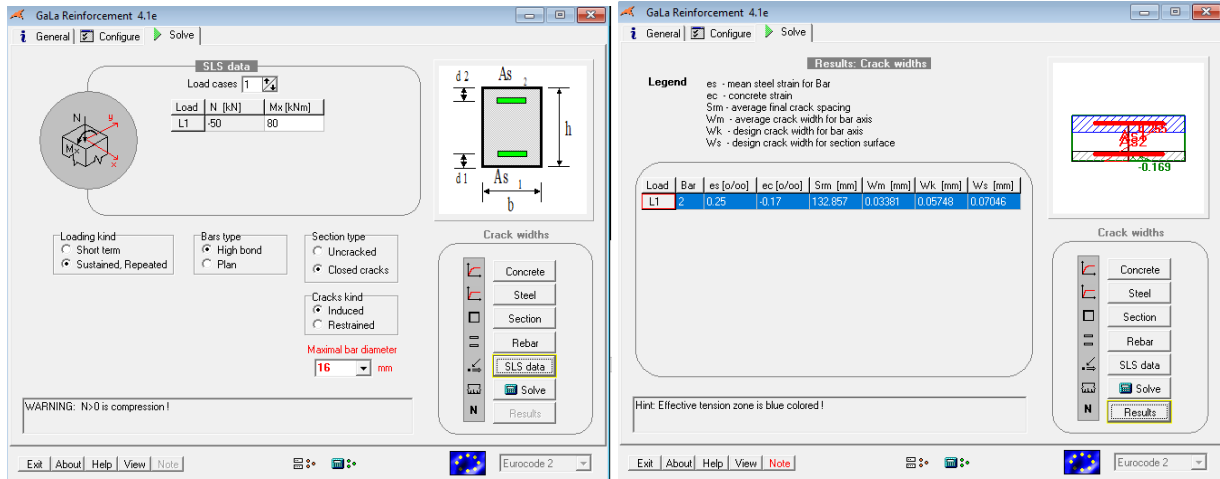
Figura 17 – Laje de fundo – envoltória de esforços em serviço SLS 6

## Cálculo de abertura de fendas (meio dos panos)



## Cálculo de abertura de fendas (sob PAR2)





## 5.2 LAJE DE COBERTURA DO RESERVATÓRIO

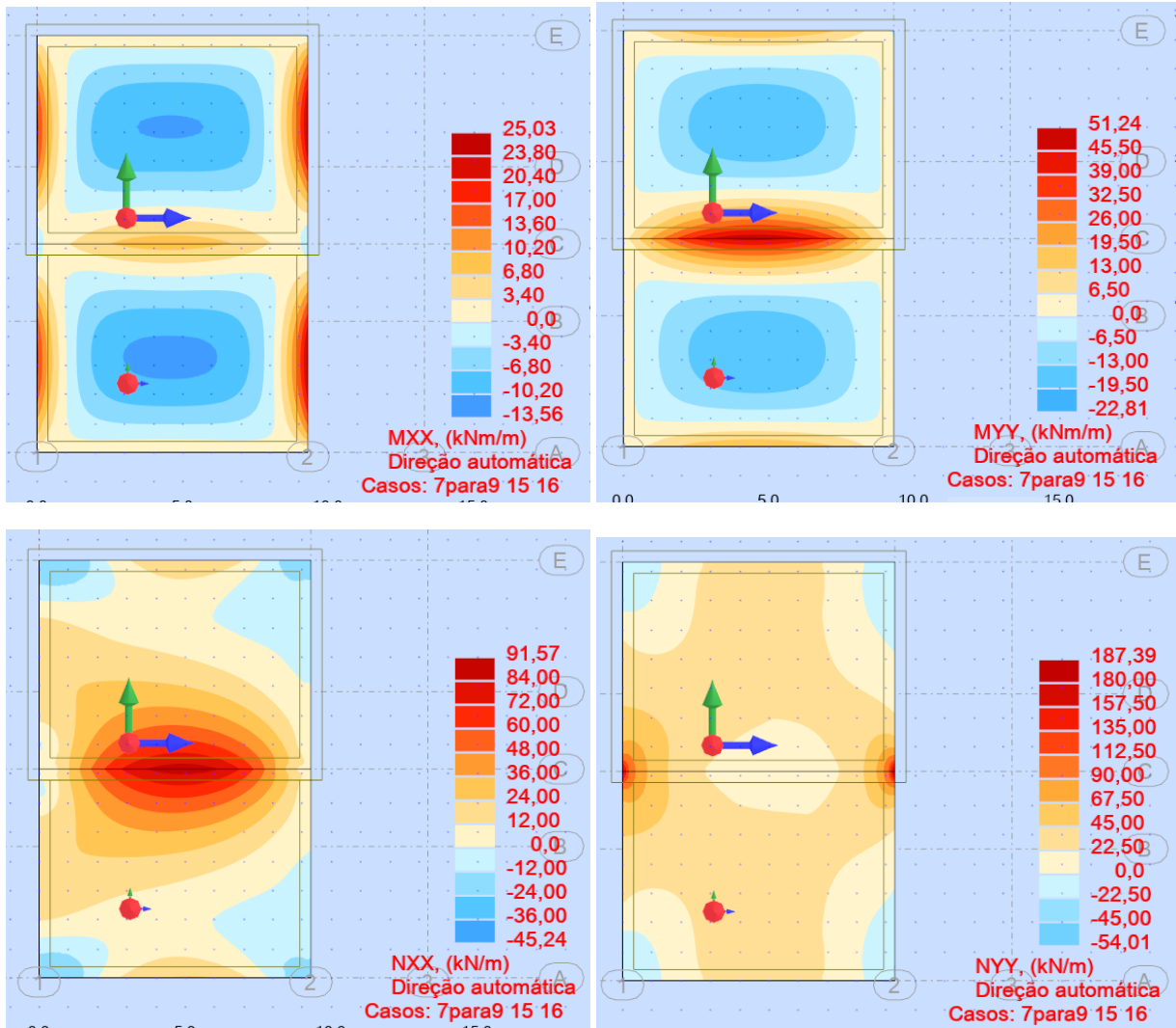
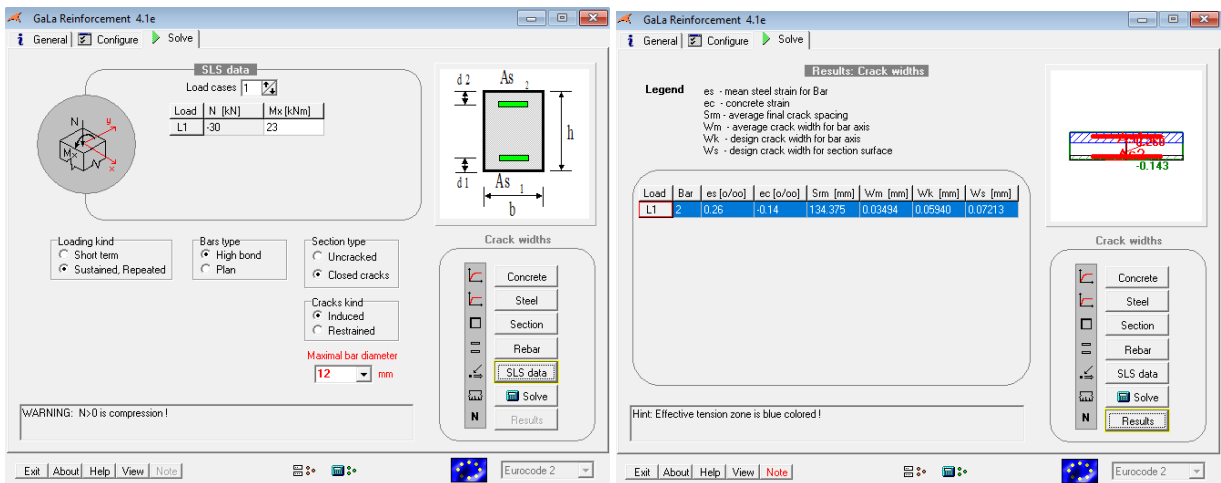
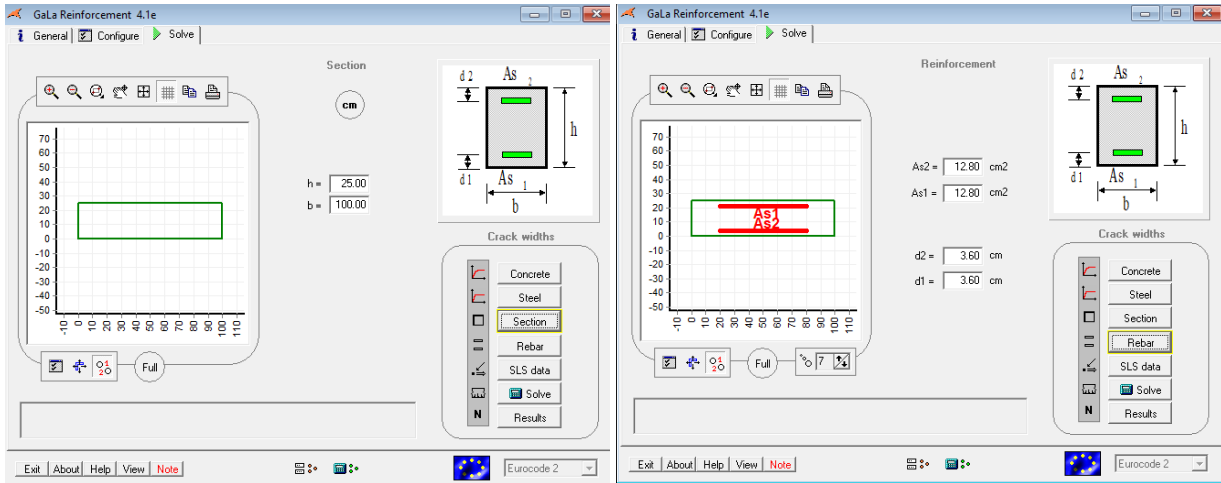
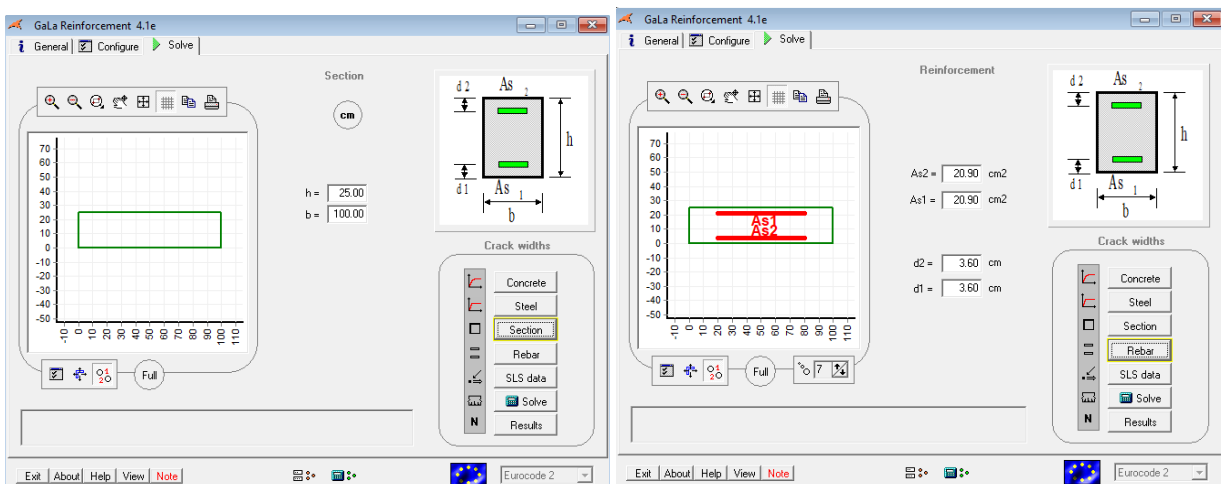


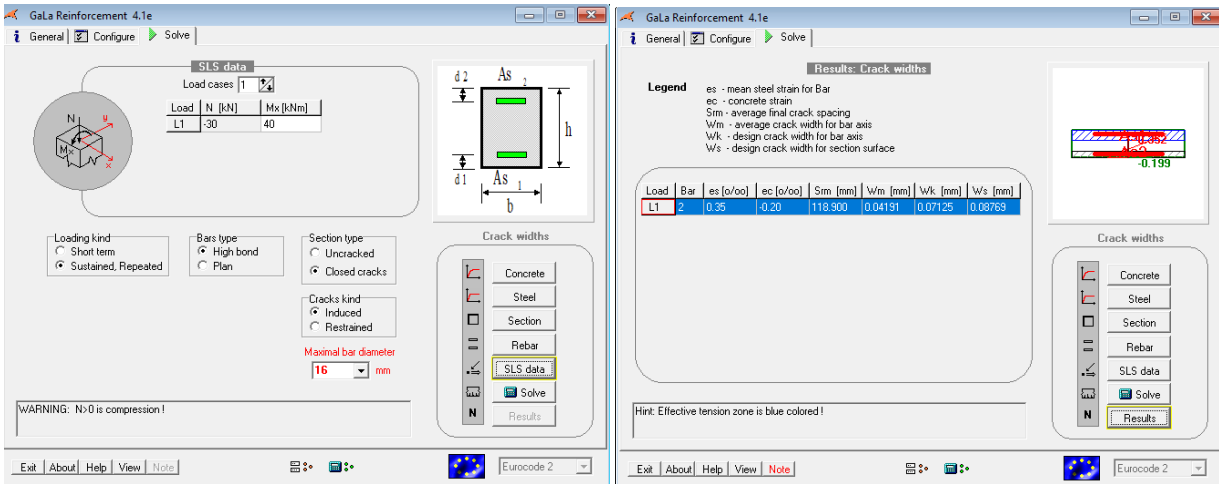
Figura 18 – Laje de cobertura – envoltiva de esforços em serviço

## Cálculo de abertura de fendas (meio dos panos)



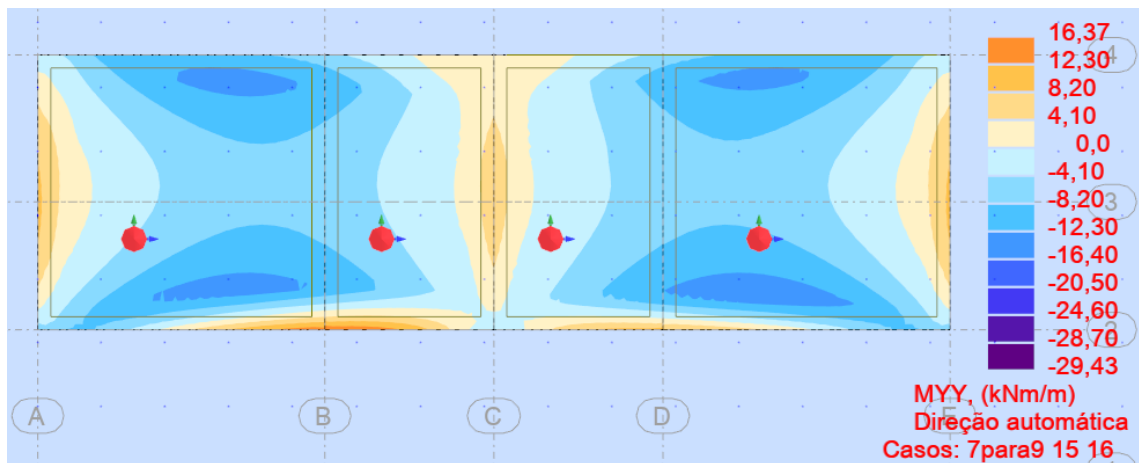
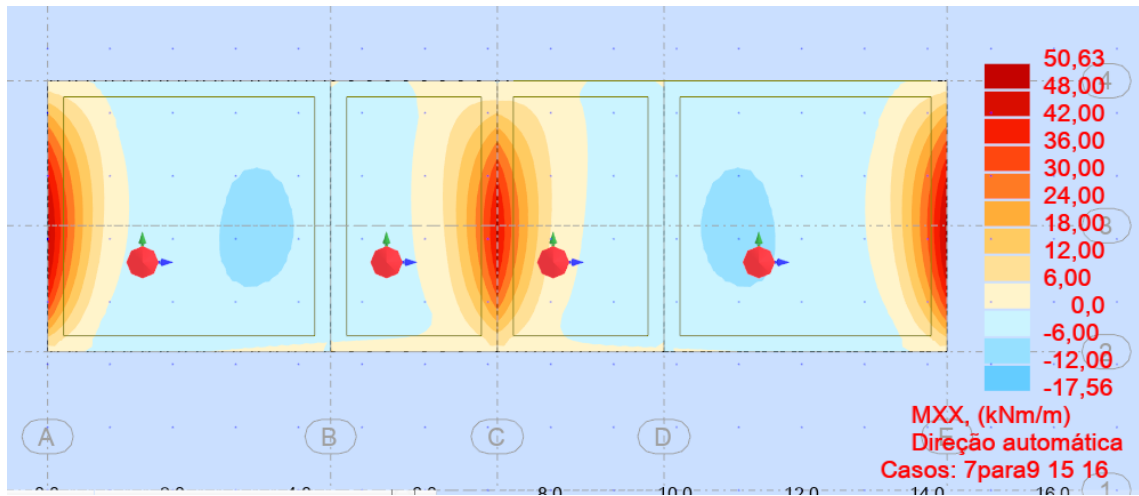
## Cálculo de abertura de fendas (sobre PAR2)





### 5.3 PAREDES DO RESERVATÓRIO

#### Parede PAR 3



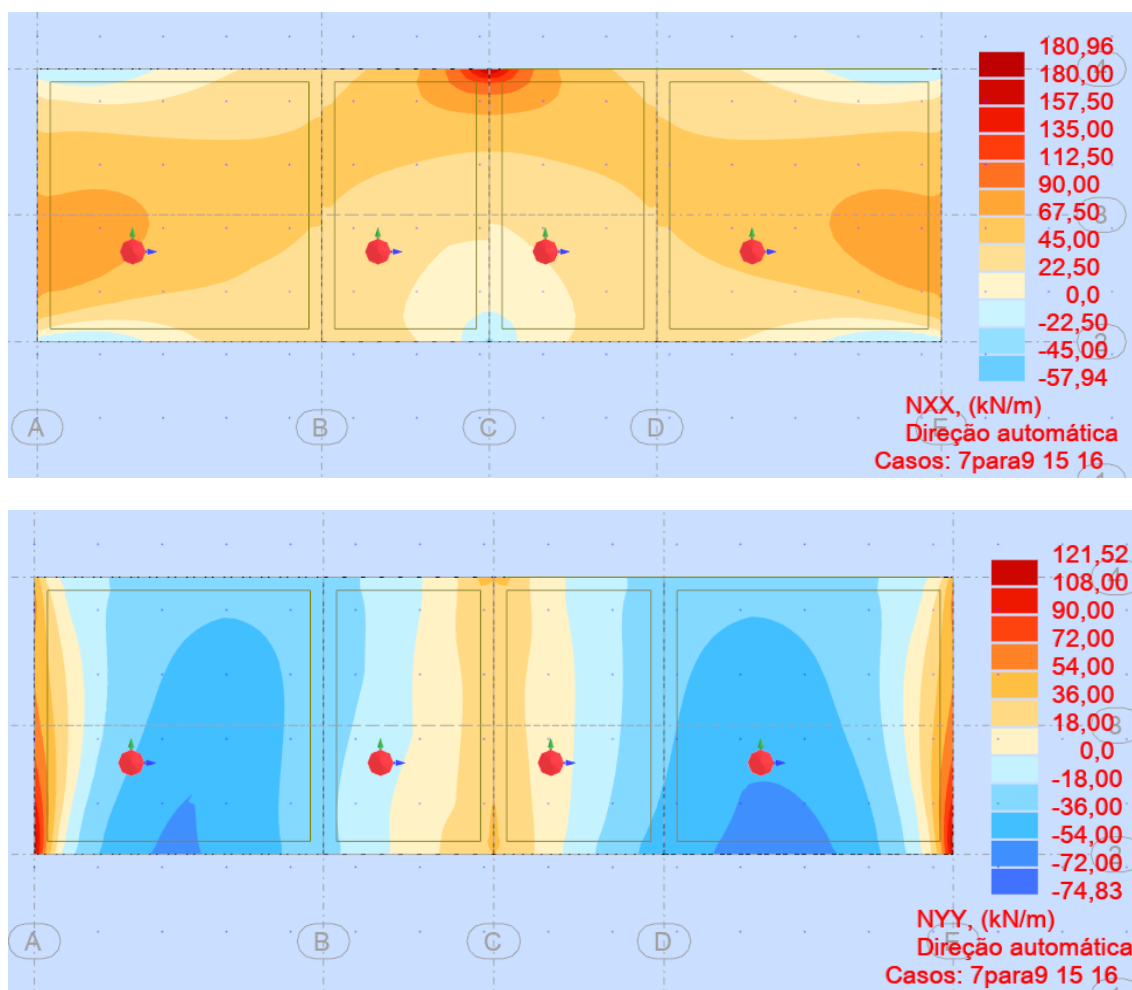
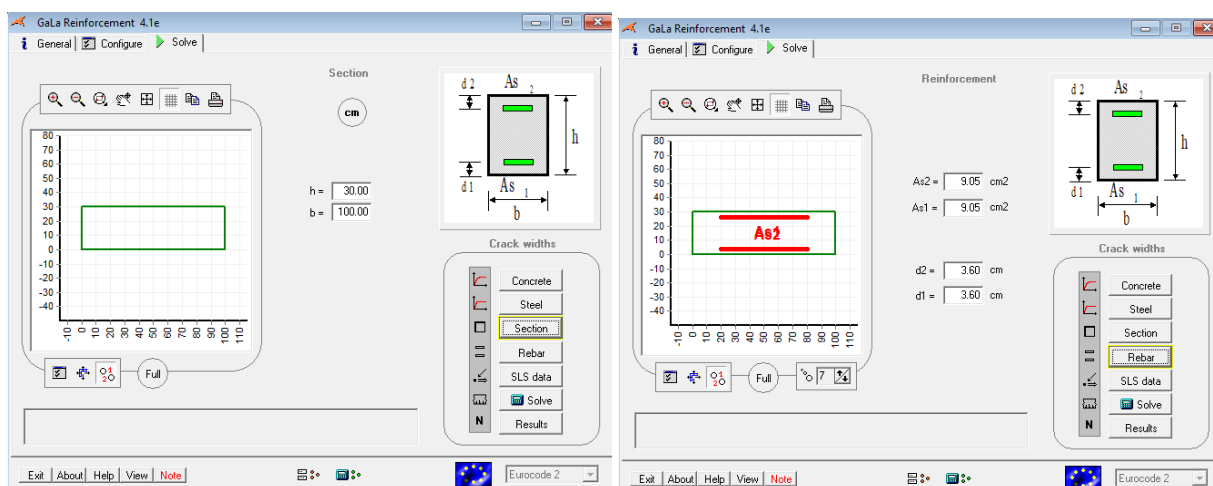
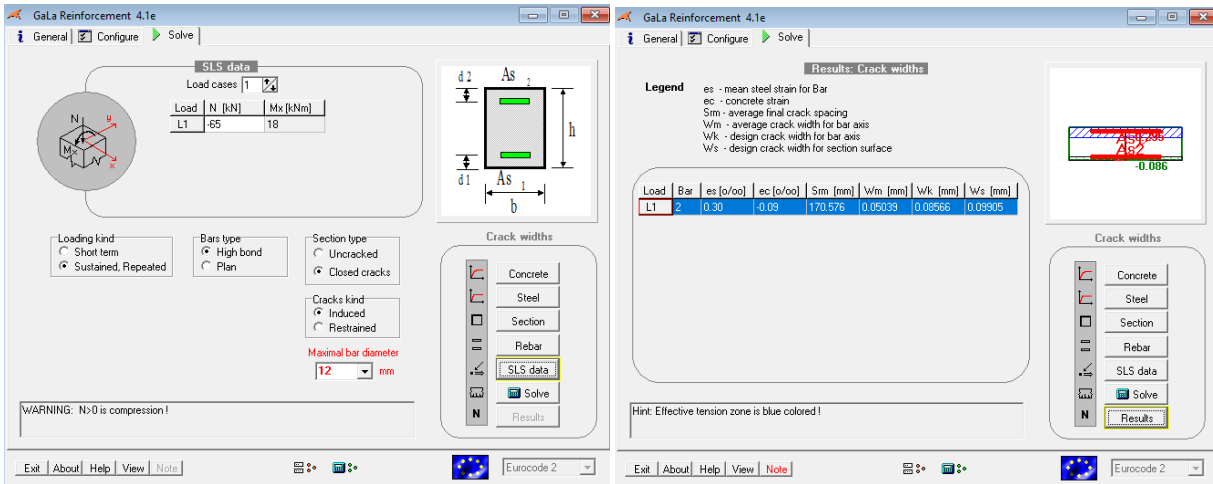


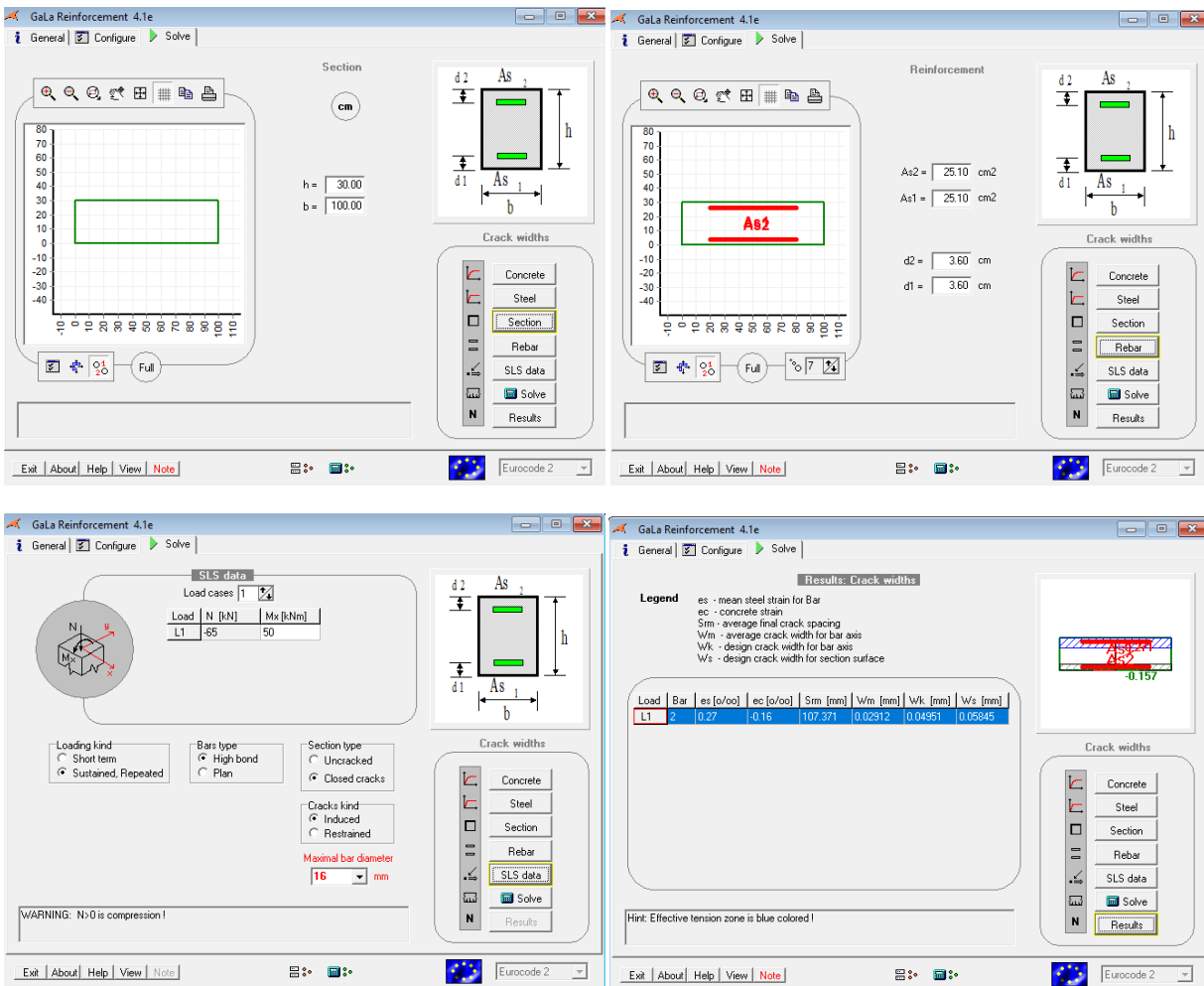
Figura 19 – Parede PAR 3 – envoltiva de esforços em serviço

Cálculo de abertura de fendas (panos a meio vão)

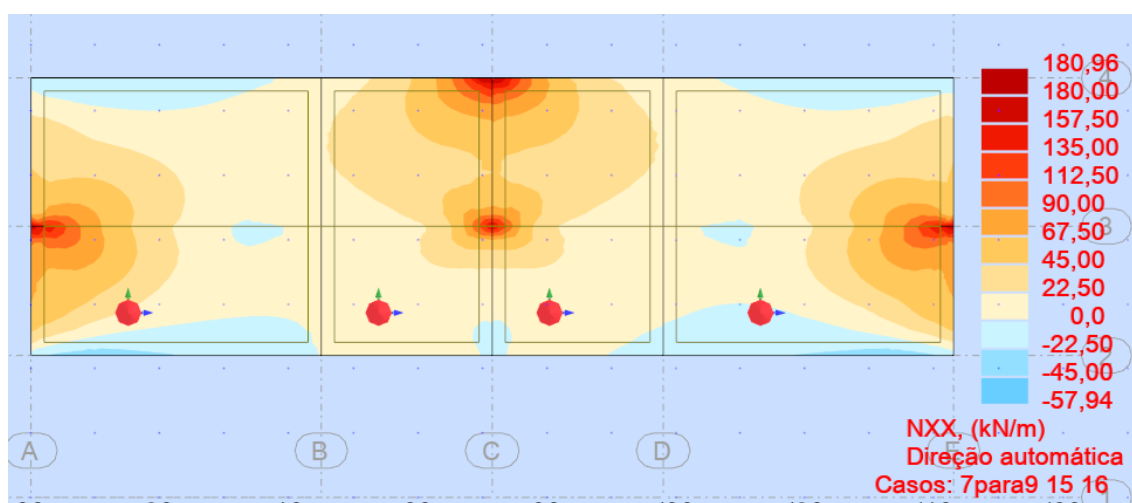
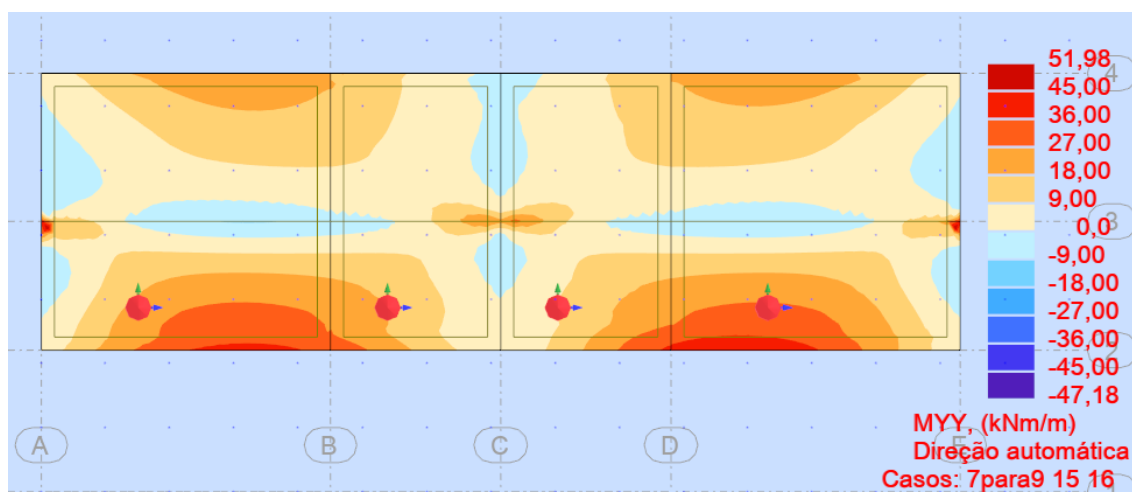
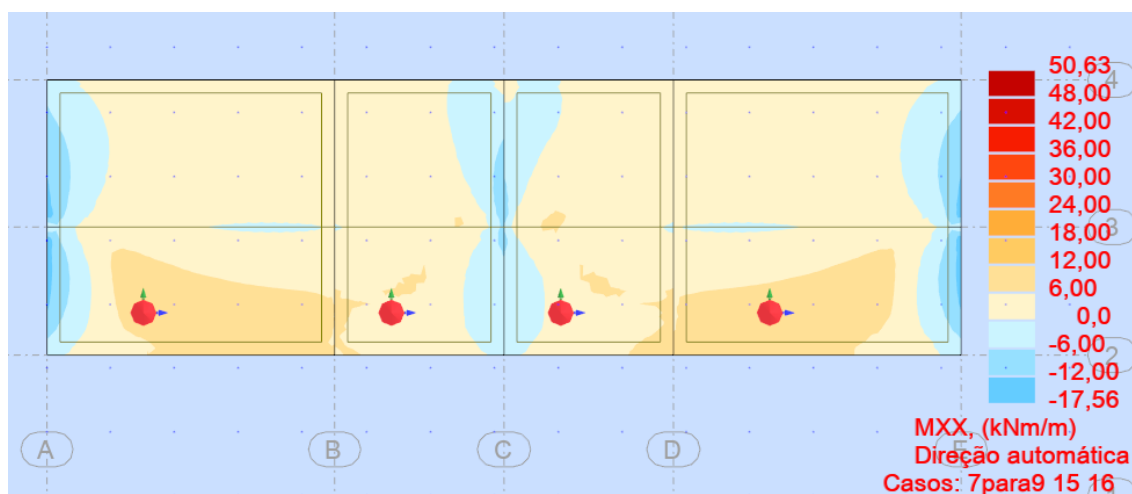




Cálculo de abertura de fendas (na zona da parede perpendicular)



Parede PAR 4



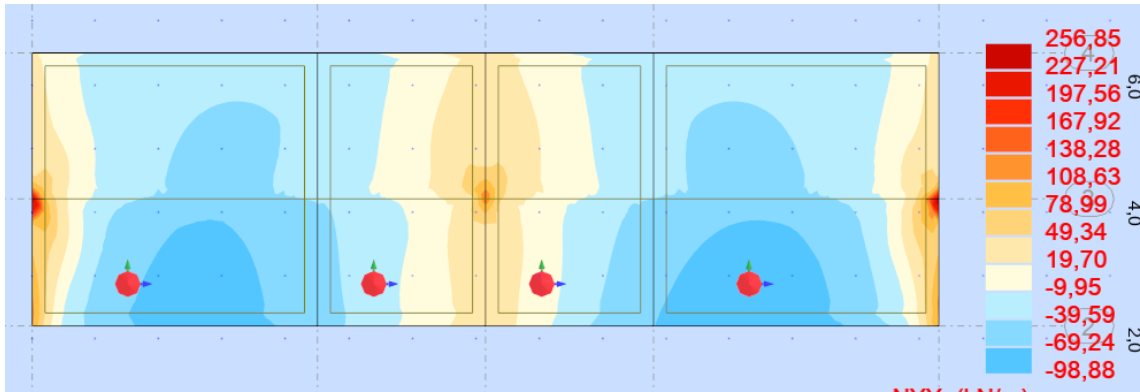


Figura 20 – Parede PAR4 – envoltório de esforços em serviço

Cálculo de abertura de fendas: Análoga à PAR 3

Parede PAR 1

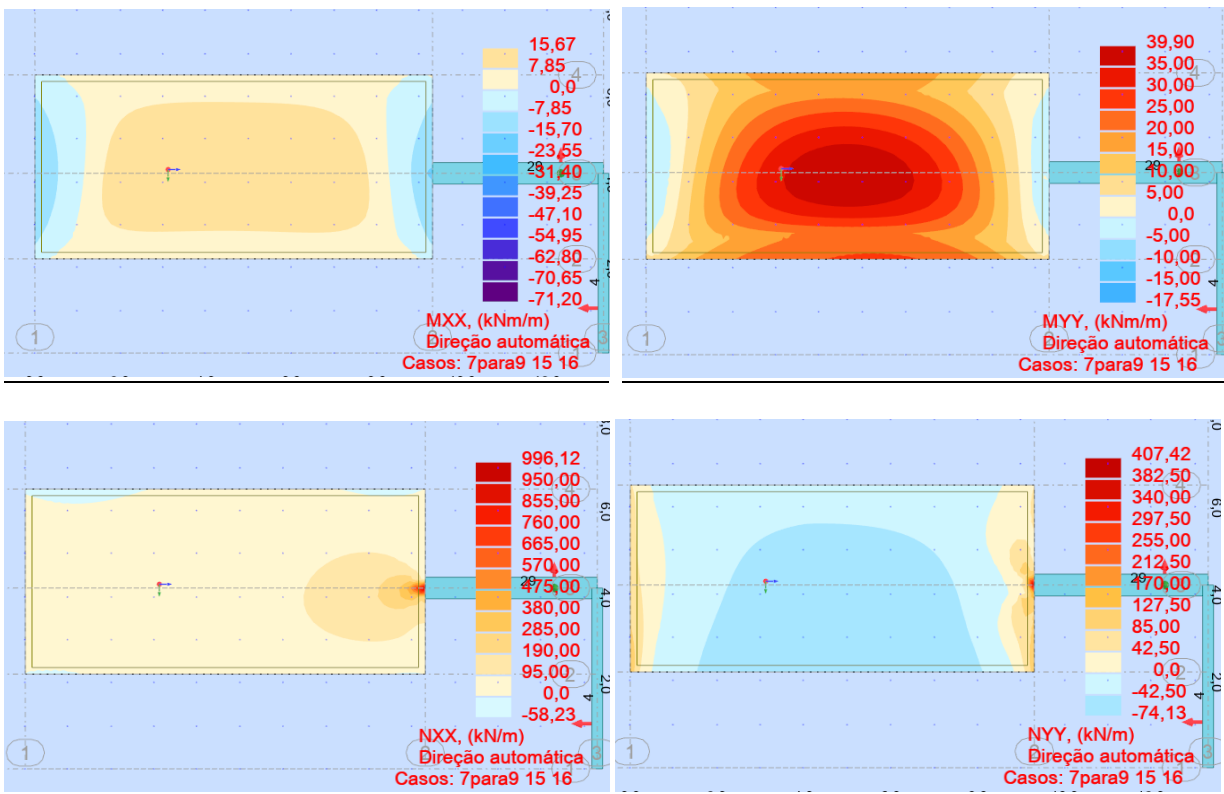
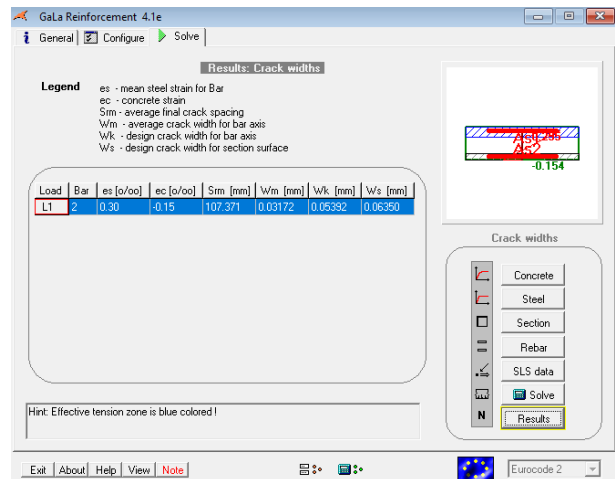
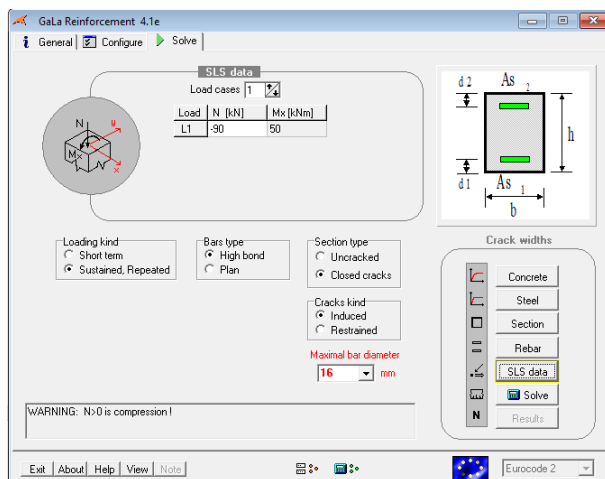
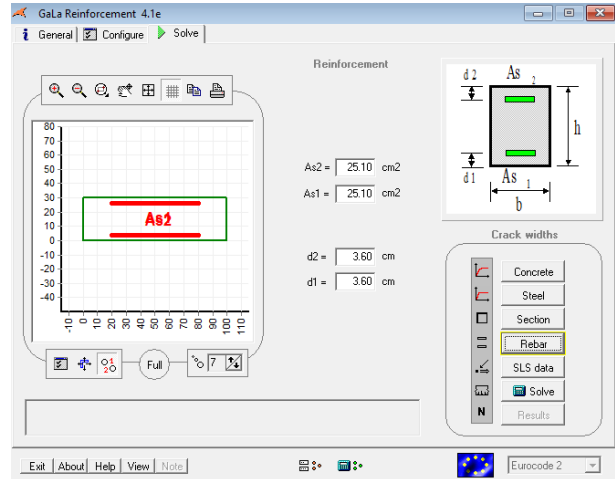
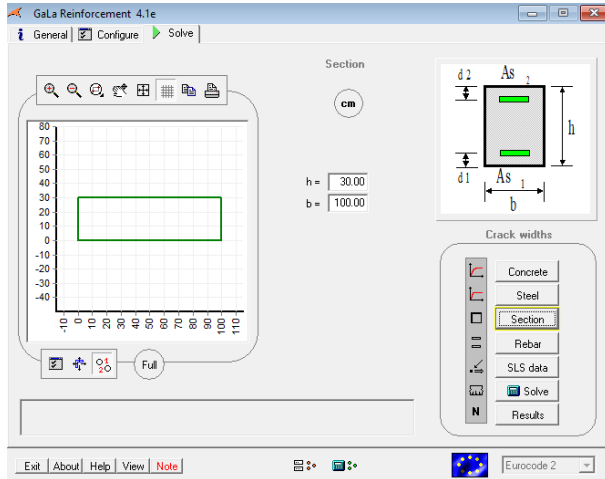


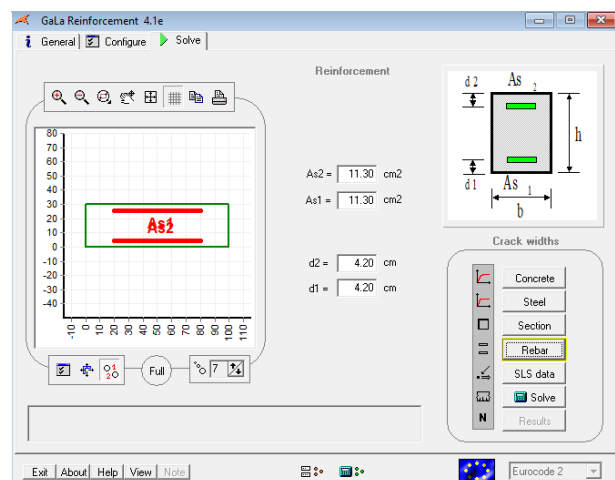
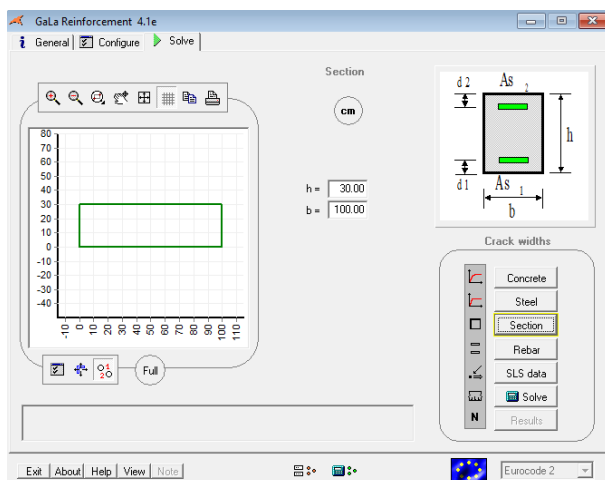
Figura 21 – Parede PAR 1 – envoltório de esforços em serviço

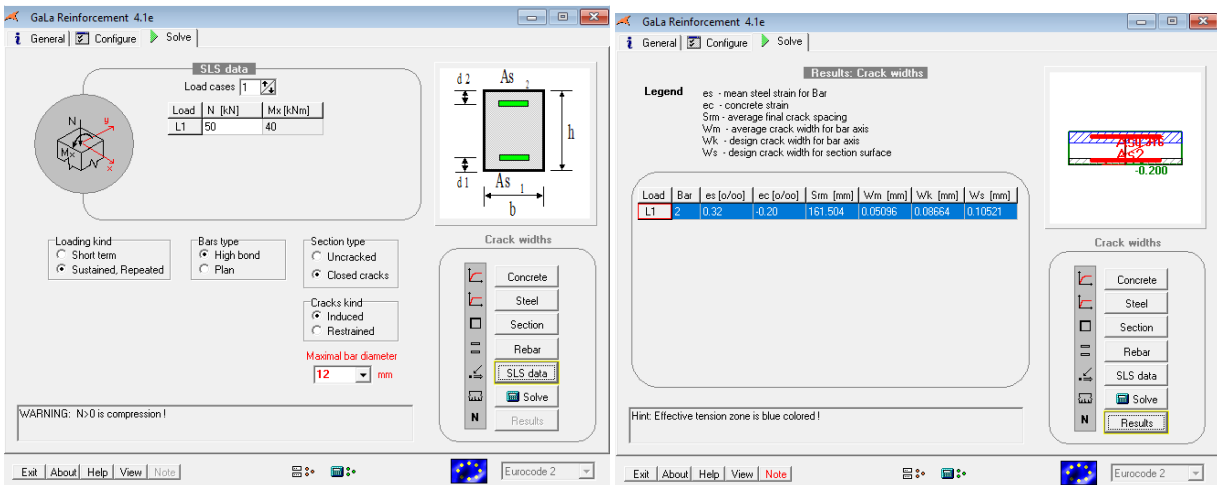
## Cálculo de abertura de fendas:

### Horizontal:



### Vertical:





Parede septo central PAR 2

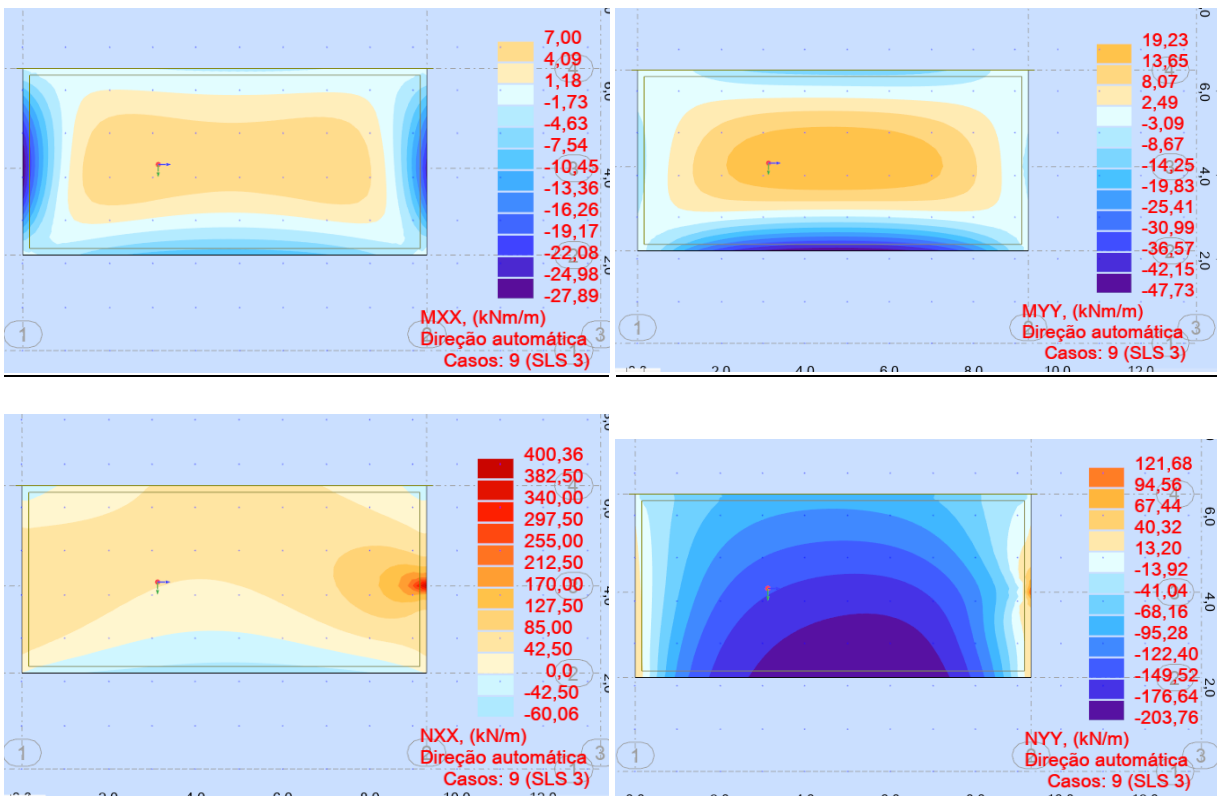


Figura 22 – Parede septo central – envoltura de esforços em serviço

## 5.4 LAJE DE COBERTURA NA ZONA DE MANOBRAS

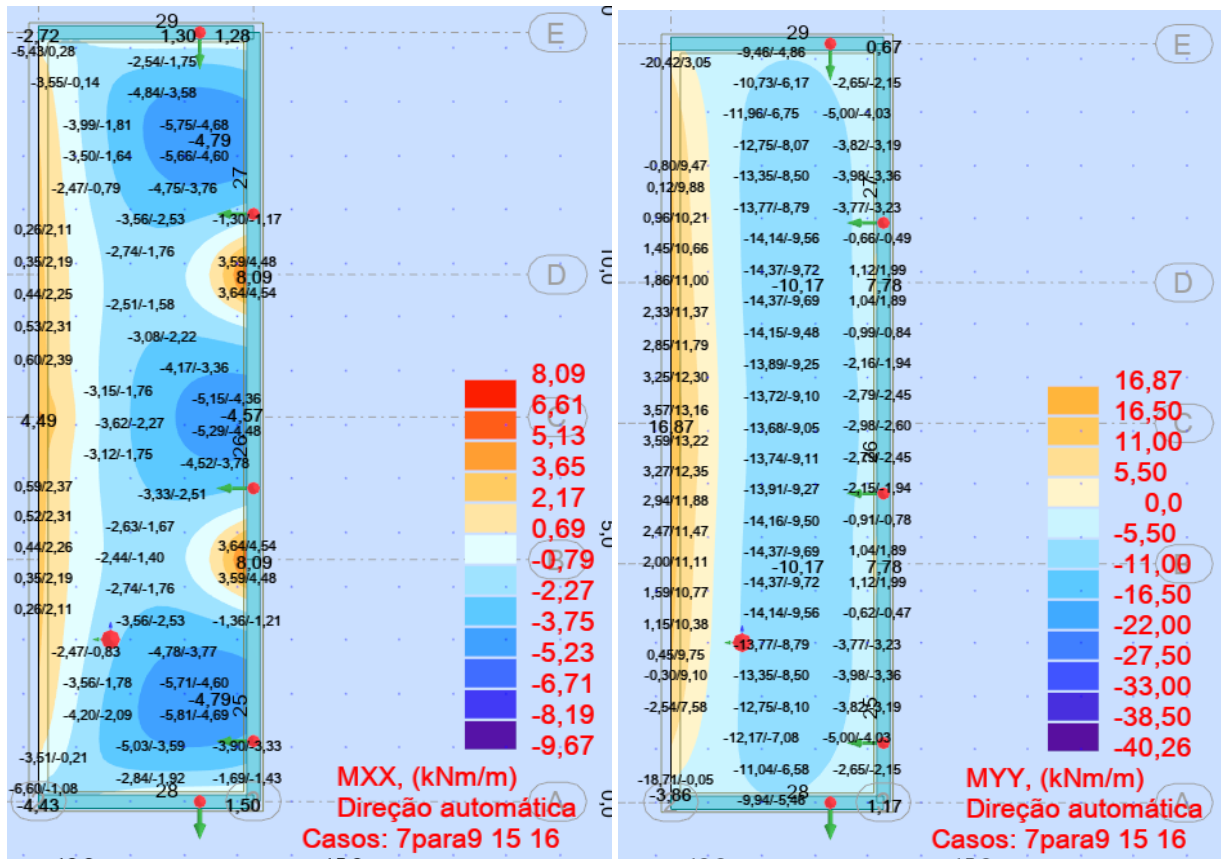
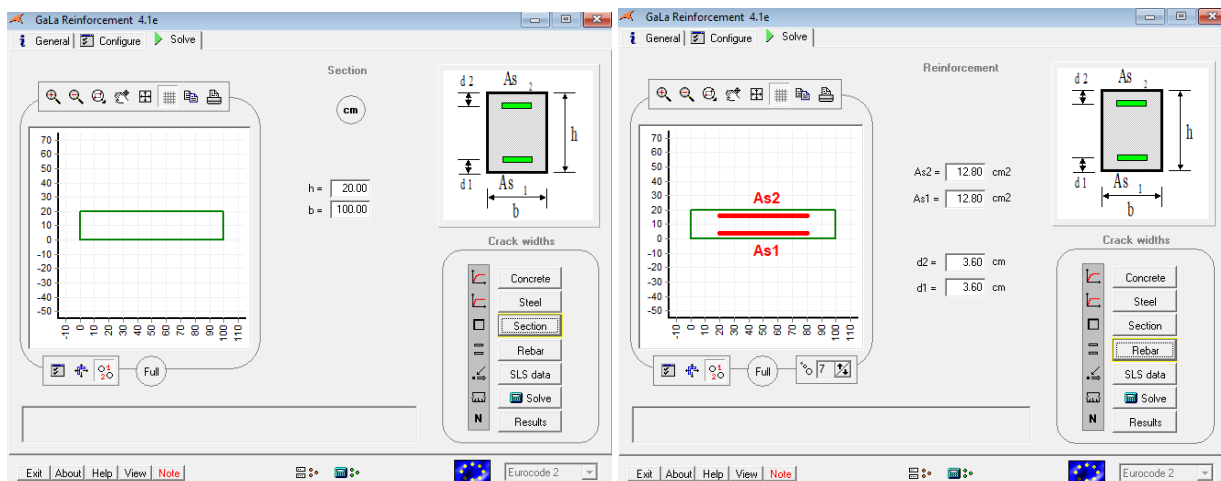
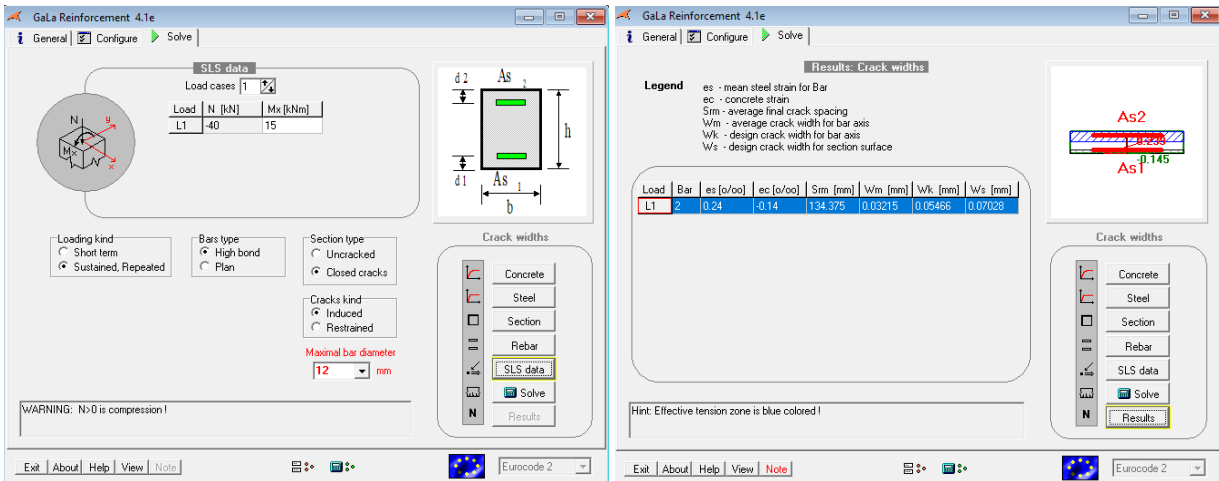


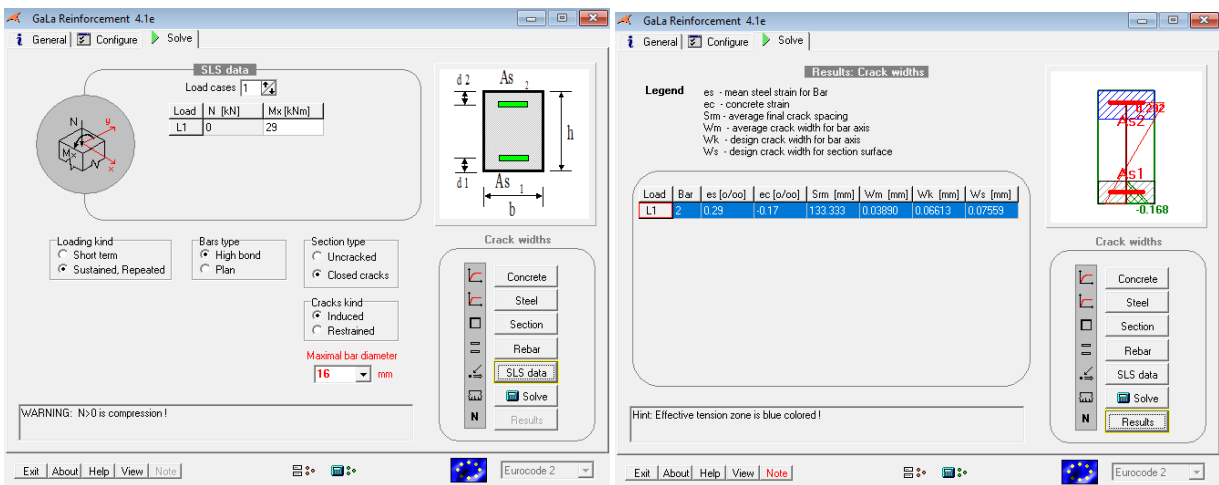
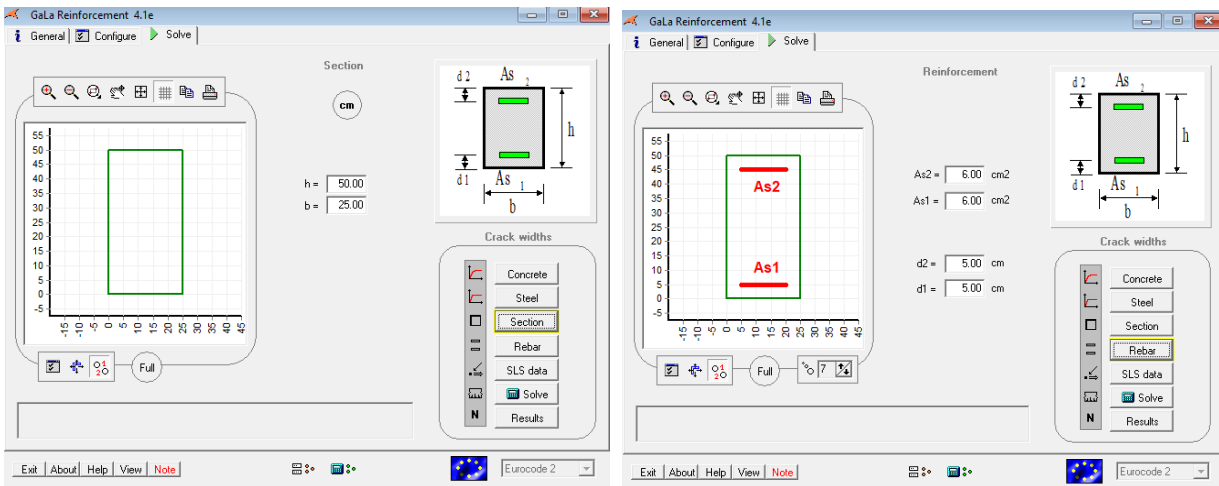
Figura 23 – Laje de cobertura zona de manobras – envoltória de esforços em serviço

Cálculo de abertura de fendas:





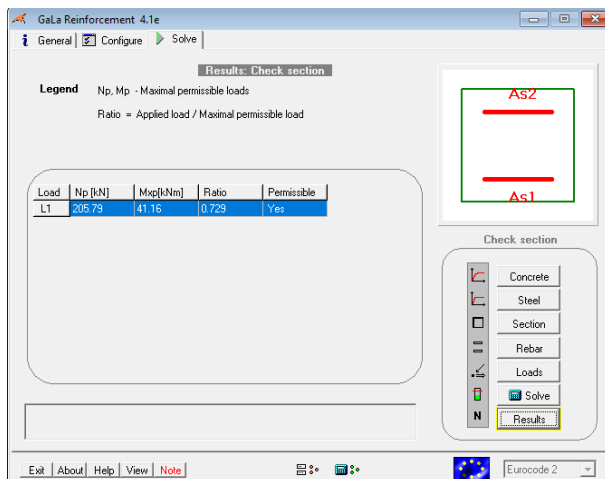
## 5.5 VIGAS



## 5.6 PILARES

### Pilares centrais (mais gravosos)

- Secção: 0.25x0.25m<sup>2</sup>
- Msd: 30 kNm (inclui efeitos de 2ª ordem)
- Nsd: 150kN
- 4φ16mm



## 5.7 MUROS DE SUPORTE EXTERIORES:

Junto a uma lateral do reservatório como se poderá observar nas peças desenhadas, foi necessário executar um muro de suporte. Esse muro será executado em betão armado classe de resistência C30/37, e aço A 400 NR.

Foram considerados os seguintes parâmetros para o dimensionamento do muro MS2:

- Desnível médio de terras: 3.5m
- Ângulo de atrito: 30°
- Sobrecarga à superfície: 10kPa
- Ângulo de atrito base: 35°
- Fator de segurança ao derrube mínimo: 2.0
- Fator de segurança ao deslizamento mínimo: 1.75
- Percentagem ativa da sapata mínima: 90%

Tensão admissível máxima de referência: 150 kPa

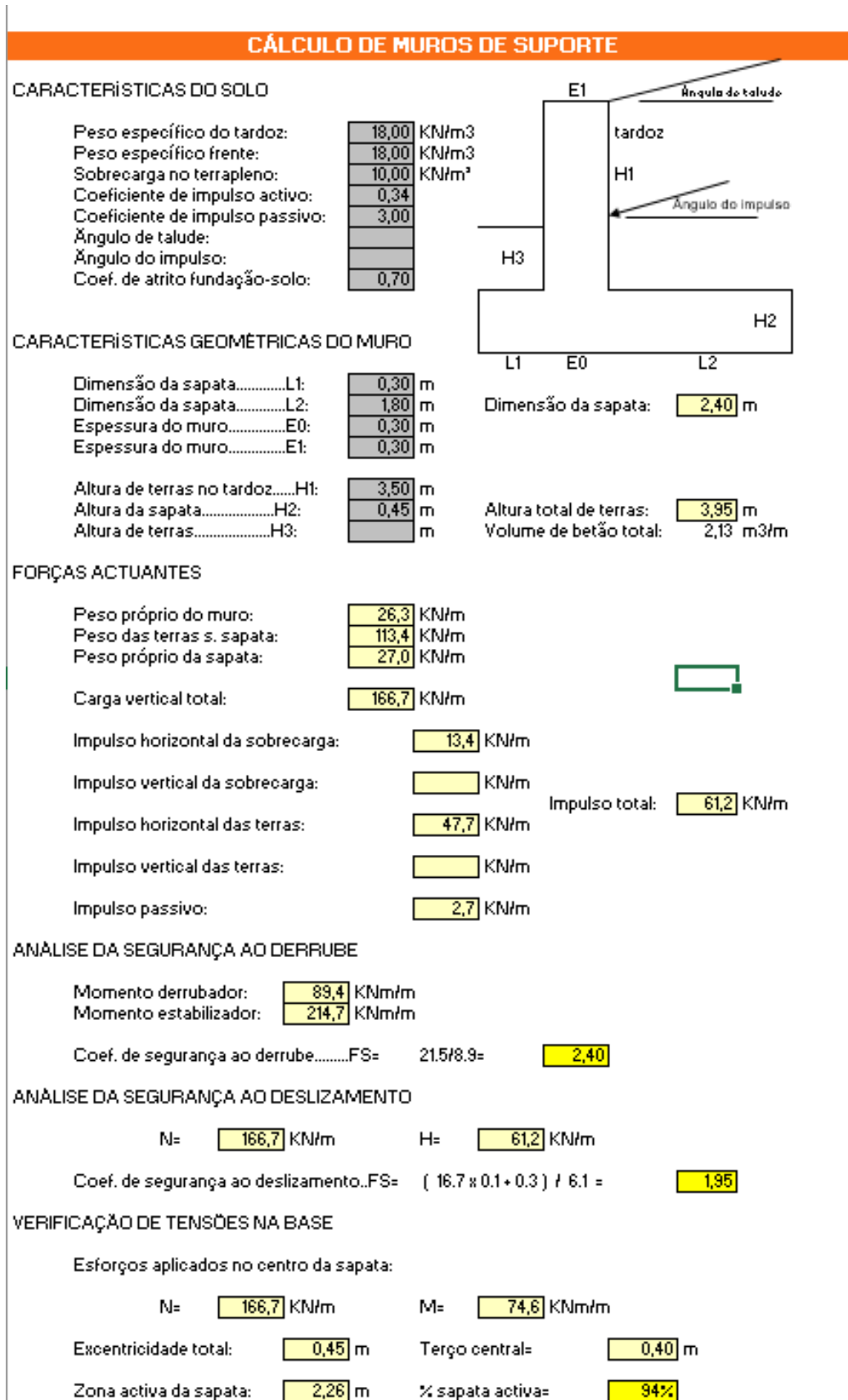


Figura 24 – Folha de cálculo de muros de suporte

Fonte: Folha de cálculo fornecida pelo orientador.

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSÃO

#### 6.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As estruturas em questão foram analisadas através de programas de cálculo automático, sendo para esse efeito concebidos modelos numéricos tridimensionais de elementos finitos de casca e de barra, com recurso ao programa de cálculo “Robot Structural Analysis” para o reservatório. A quantificação das capacidades resistentes de secções de betão armado e a verificação de abertura de fendas foi feita com recurso a rotinas de cálculo automático e baseadas nos princípios expostos anteriormente, nomeadamente os do EC2.

Do presente projeto podemos concluir que o dimensionamento foi condicionado pelos estados limites de utilização (abertura de fendas). Devido à natureza da estrutura dimensionada, esta não deve permitir a perda de líquido. Foram portanto considerados os critérios para que essa eventualidade não viesse a ocorrer, como a limitação da abertura de fendas a 0,10 mm nas peças em contacto com a água. O limite de 0,10 mm nas superfícies dos reservatórios e dos órgãos de tratamento foi considerado tendo em conta que seriam colocados revestimentos, e que o reservatório se destina a armazenagem de água bruta (sem cloro).

#### 6.2 DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Como desenvolvimentos futuros o autor do presente projeto pretende continuar a evoluir no que diz respeito a projetos de dimensionamento de estruturas de betão armado, assim como no dimensionamento de infraestruturas hidráulicas urbanas e prediais, ou seja, abastecimento de águas, drenagem de águas residuais e drenagem de águas pluviais.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NP EN 1990. "Eurocódigo 0: Base para o projeto de estruturas". IPQ, 2009.

NP EN 1991-1-1. "Eurocódigo 1: Ações em estruturas - Parte 1-1 - Ações gerais - Pesos volúmicos, pesos próprios, sobrecargas em edifícios". IPQ, 2009.

NP EN 1991-1-5. "Eurocódigo 1: Ações em estruturas – Parte 1-5: Ações gerais – Ações térmicas." IPQ, 2009.

NP EN 1992-1-1. "Eurocódigo 2: Projeto de estruturas de betão – Parte 1-1: Regras gerais e regras para edifícios". IPQ, 2010.

NP EN 1998-1. "Eurocódigo 8: Projeto de estruturas para resistência aos sismos – Parte 1: Regras gerais, ações sísmicas e regras para edifícios". IPQ, 2009.

NP EN 206-1. "Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade". IPQ, 2007.

Matias, Nuno. Dimensionamento estrutural de um reservatório retangular em betão armado. Lisboa, 2016. Tese de mestrado.

Appleton, Júlio - Estruturas de Betão: Volume 1. Amadora: Edições Orion, 2013. ISBN 978-972-8620-21-9.

Ramos, Leonel. Análise Sísmica de Estruturas: Apontamentos da disciplina. Porto, 2013.

Almeida, Celeste. Cálculo Orgânico de Betão 1: Apontamentos da disciplina. Porto, 2014.

Vivas, Eduardo. Hidráulica Urbana: Apontamentos da disciplina. Porto (2014-2015)



## **Anexos**



## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I – Caracterização Geotécnica do Solo de Fundação .....	61
Anexo II – Mapa de Quantidades .....	99
Anexos III – Estimativa Orçamental.....	107
Anexo IV – Peças Desenhadas .....	113



## **Anexo I – Caracterização Geotécnica do Solo de Fundação**

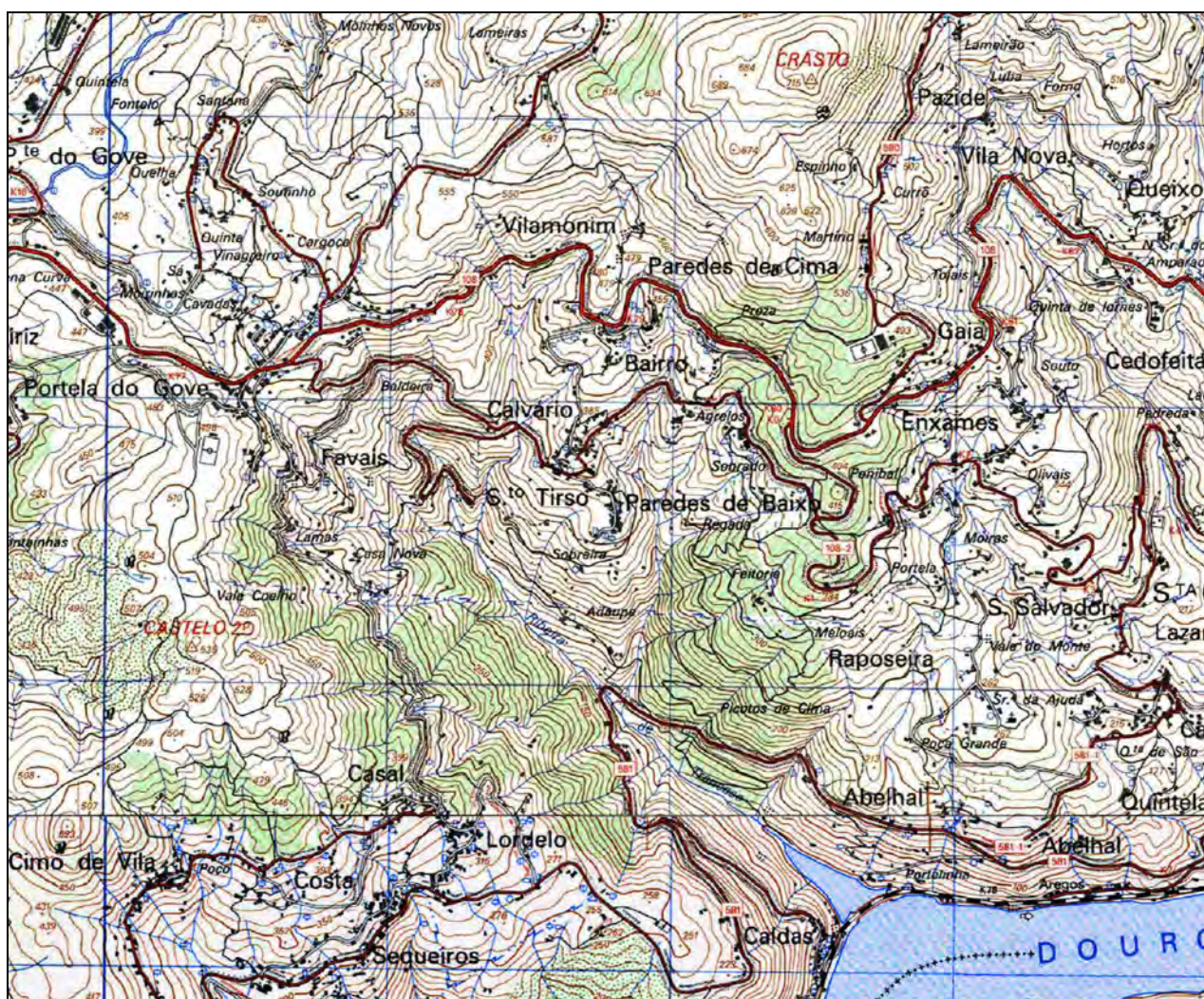




# Estudo Geológico/Geotécnico

AA022-P1 – Nova Origem de Abastecimento a Baião

**DOURO ECI – Eng. e Gestão do Ciclo da Água, Lda.**



**MAIO 2020**



## ÍNDICE

1 - Introdução .....	1
2 – Enquadramento Geológico.....	3
2.1-Tectónica .....	5
2.2 - Sismicidade .....	6
3 – Estudo geotécnico .....	11
3.1 – Sondagens com penetrómetro dinâmico médio .....	11
4 – Conclusões .....	14

## ANEXOS

Anexo I .....	Enquadramento Topográfico
Anexo II .....	Enquadramento Geológico
Anexo III .....	Localização das Sondagens
Anexo IV .....	Perfis das Sondagens de Penetração Dinâmica



## MEMÓRIA DESCRITIVA

### 1 - Introdução

O presente relatório refere-se ao estudo geotécnico realizado no local onde se pretende desenvolver o Projeto “AA022-P1 – Nova Origem de Abastecimento a Baião”.

Os trabalhos incidiram sobre as seguintes estruturas a implantar no âmbito do projeto:

- Reservatório de Pousada (Fig. 1);
- Reservatório Intermédio (Fig. 2) e
- Início da conduta (margem da Albufeira do Carrapatelo) (Fig. 3).

que se encontram identificadas no extrato da Carta Militar de Portugal apresentado no Anexo I.

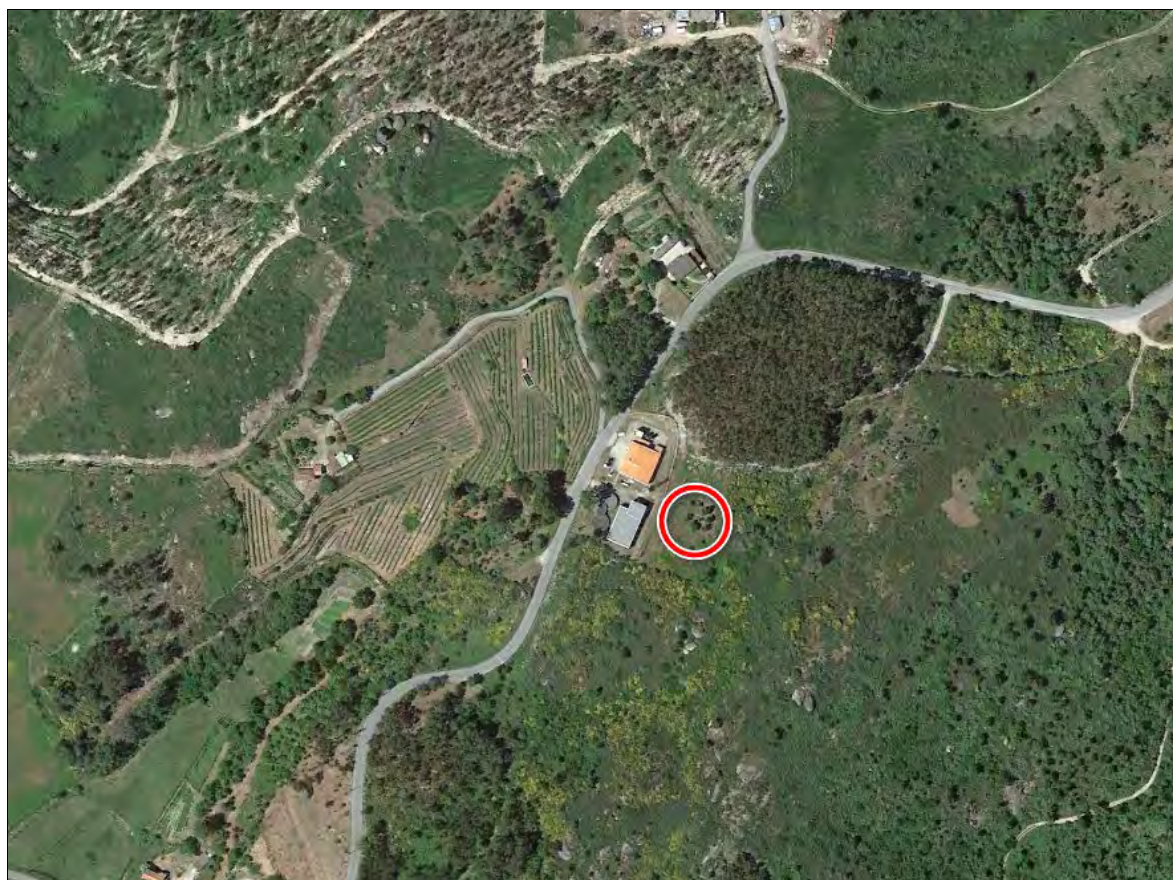


Fig. 1 – Localização do futuro reservatório de Pousada



Fig. 2 – Localização do futuro reservatório intermédio



Fig. 3 – Localização do local de início da conduta (margem da Albufeira do Carrapatelo)



As sondagens realizadas tiveram por objetivo caracterizar as formações geológicas ocorrentes na zona de implantação do projeto de saneamento básico, bem como fornecer a informação de cariz geotécnico necessária para a elaboração do projeto.

## **2 – Enquadramento Geológico**

A área em estudo encontra-se abrangida pela Carta Geológica de Portugal dos Serviços Geológicos de Portugal (SGP) à escala 1/50.000, Folhas 10-C Peso da Régua e 14-A Lamego, da qual se apresenta um extrato em Anexo (Anexo II – Enquadramento Geológico).

A região de Baião é dominada pelo dorso imponente da serra do Marão, pelo vale profundo do Douro e pelos vales de alguns afluentes e subafluentes deste rio. A morfologia, essencialmente graníticas, é caracterizada pela paisagem com penedos arredondados e com caos de blocos do granito porfiróide. Comparando com os vales apertados da zona xistenta, os vales nesta zona são geralmente mais abertos, embora quase sempre sinuosos.

No aspeto geológico, ocorrem na área em estudo as seguintes formações geológicas:

- ***Rochas graníticas*** – as rochas graníticas ocupam a quase totalidade do concelho de Baião, correspondendo à enorme mancha granítica do Minho, que se prolonga para sul.
  - Granito porfiróide de grão grosseiro: o granito porfiróide de grão grosseiro, de duas micas, com predominância de biotite, ocupa a maior parte da área do concelho de Baião.

Este granito encontra-se, em geral, muito alterada, arenizada. A arenização referida atinge, frequentemente, grande espessura.

O processo de meteorização superficial leva à existência de blocos superficiais arredondados que ocorrem na zona de implantação do Reservatório de Pousada (Fig. 4);

- Granito porfiróide de grão fino: Na região de Baião, no meio do granito porfiróide de grão grosseiro, encontram-se diversas manchas de granito porfiróide de grão fino, biotítico. Os megacristais são, em geral, pequenos e alongados. Esta rocha possui, não raras vezes, disjunção esferoidal.



Esta fácies granítica aflora na zona onde foram efetuadas as sondagens na margem da Albufeira do Carrapatelo (Fig. 5).



Fig. 4 – Blocos rochosos aflorantes na zona de implantação do Reservatório de Pousada



Fig. 5 – Afloramento rochoso na margem da Albufeira do Carrapatelo



- **Rochas Filonianas**

- Filões de quartzo: Merece referência, em primeiro lugar, o grande filão do Trogueirão (a ocidente de Baião), com direção NE-SW, que tem mais de 12 km de comprimento e, às vezes, atinge 40 m de espessura. Está encaixado no granito porfiróide que, junto do filão, se mostra alterado e um aspeto leitoso.

Pequenos filões quartzosos encontram-se por toda a parte, frequentemente com mineralizações de volframite, pirite de ferro, calcopirite, arsenopirite, etc... .

## 2.1-Tectónica

As áreas em estudo situam-se a Zona Centro Ibérica (ZCI), que contacta a noroeste com os terrenos parautóctones, conforme se pode observar na figura seguinte (Carta Neotectónica-Estratigráfica – Oliveira et alia, Coord., 1992).

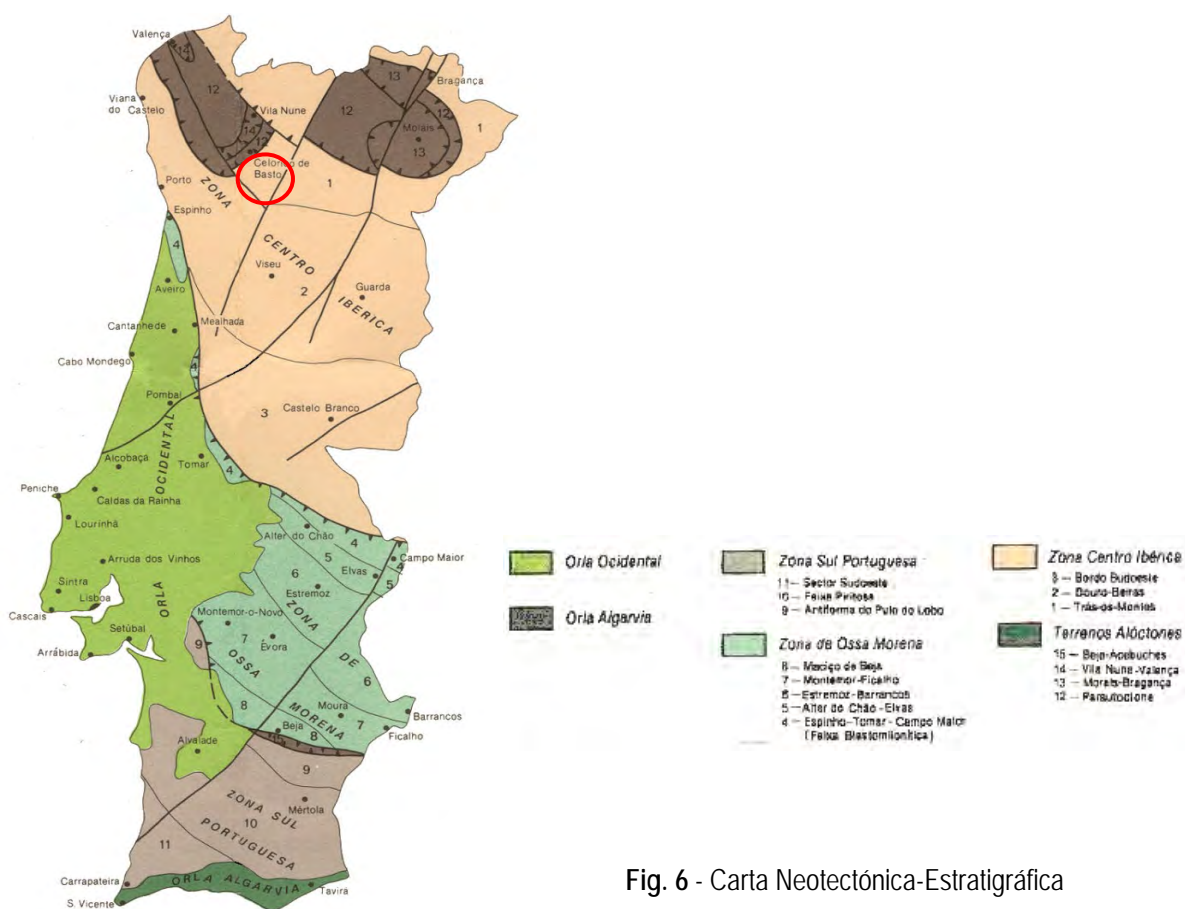


Fig. 6 - Carta Neotectónica-Estratigráfica

A nível local não está identificado qualquer acidente tectónico que mereça especial destaque.



## 2.2 - Sismicidade

Em termos de sismicidade e de acordo com o registo da intensidade sísmica verificada de 1901 a 1972, a intensidade máxima observada no local foi de VI (escala de Mercalli), conforme se pode verificar na Fig. 7.

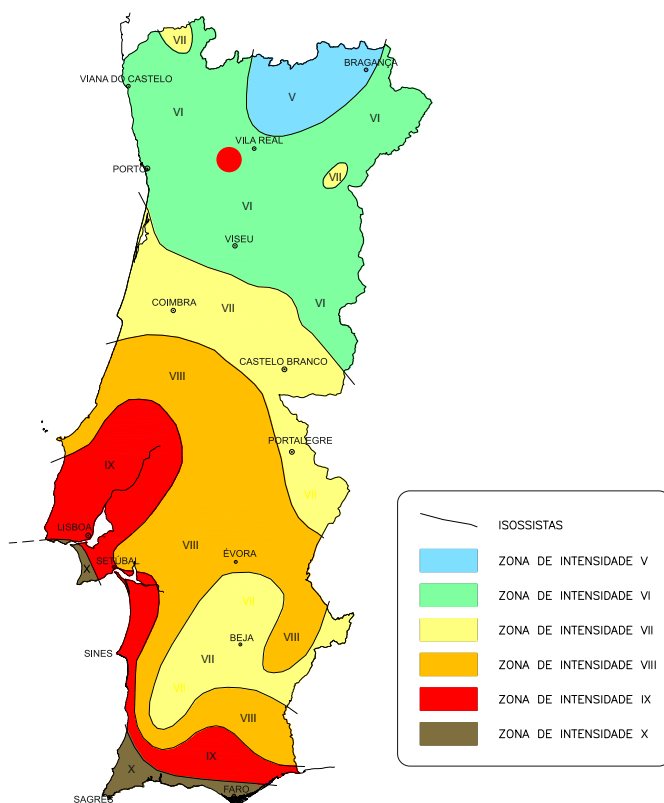


Fig. 7 – Intensidade sísmica no período 1901-1972 (Fonte: Atlas do Ambiente)

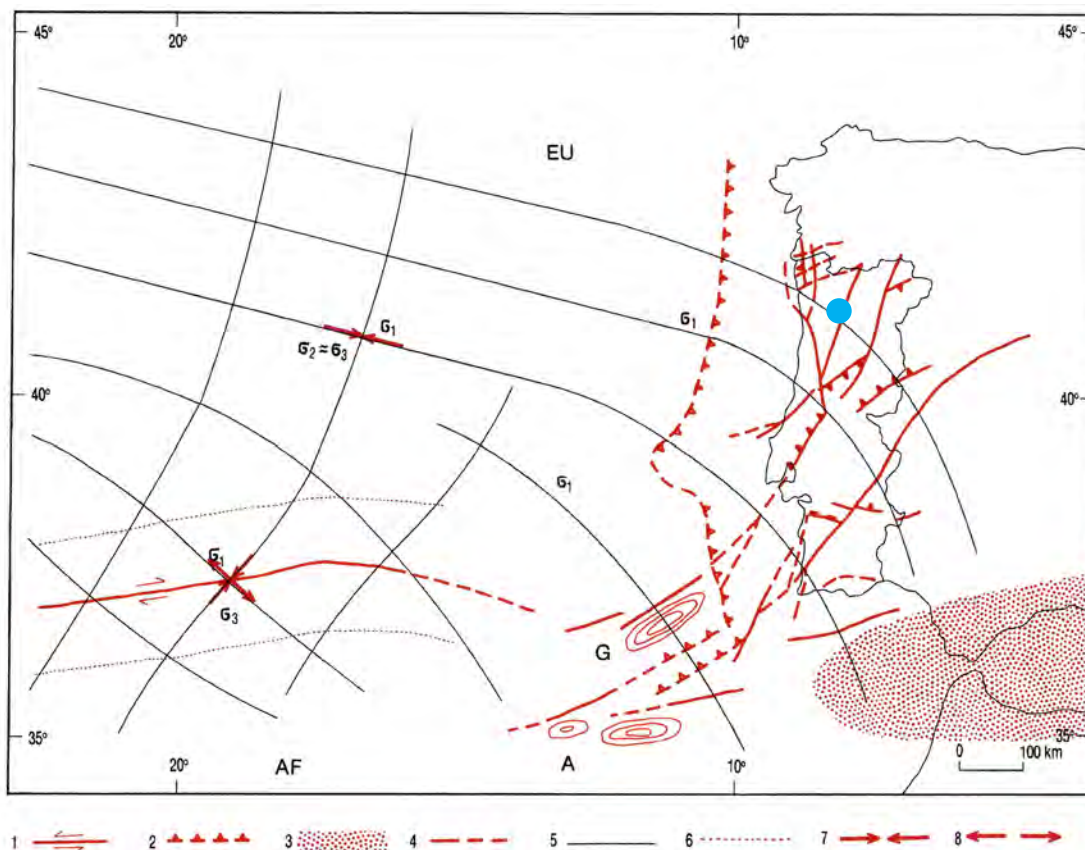
De acordo com o Eurocódigo 8, na versão adotada para Portugal (NP EN 1998-1 2010), são definidos os dois tipos de ações sísmicas representativas para o território Nacional, a que estarão como tal sujeitas as estruturas edificadas:

- **Ação sísmica do tipo 1** – sismos de epicentro próximo, de magnitude moderada e a pequena distância focal – Sismos Intraplacas;
- **Ação sísmica do tipo 2** – sismos de epicentro longínquo, de magnitude elevada e a uma maior distância focal – Sismos Interplacas;

Em termos genéricos, a sismicidade interplaca refere-se a sismos distantes, com epicentro no mar e no geral de grande magnitude, com origem na zona de junção das placas



Eurasiática e Africana (Zona de fratura Açores – Gibraltar). Exemplo: sismo de Lisboa de 1755 com magnitude 8.



1-Falha transformante de Glória; 2-Zona de Subducção intraoceânica a sul do Banco de Gorringe e possível zona de subducção incipiente na margem continental oeste-ibérica; 3-Fronteira de placas difusa (colisão continental); 4-Falha ativa certa e provável (simbologias segundo a Carta Neotectónica); 5-Trajectórias de tensão; 6-Limite hipotético entre regimes de tensão distintos; 7-Compressão; 8-Tracção; A-Banco submarino de Ampére; G-Banco submarino de Gorringe.

**Fig. 8** – Enquadramento Neotectónico Regional.  
Extrato da Carta Neotectónica de Portugal Continental.

A sismicidade intraplaca corresponde a sismos locais, de magnitude moderada, resultante da acumulação de tensões e do desenvolvimento de deformações tectónicas atuais, no interior da placa Eurasiática onde o território de Portugal Continental se insere. Exemplo: sismo de Benavente de 1909, com epicentro na falha ativa do vale inferior do Tejo, que terá atingido uma magnitude situada entre 6 e 7.

Como as características do terreno têm também uma influência importante na resposta



das estruturas aos sismos, o EC8 identifica vários tipos de terrenos: A, B, C, D e E descritos por perfis estratigráficos e pelos parâmetros apresentados no quadro seguinte (Quadro II).

**Quadro II – Tipos de terrenos**

Tipo de terreno	Descrição do perfil estratigráfico	Parâmetros		
		$V_{s,30}$ (m/s)	$N_{SPT}$	$C_u$ (kPa)
A	Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície	>800	-	-
B	Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade	360-800	>50	>250
C	Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros	180-360	15-50	70-250
D	Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura	<180	<15	<70
E	Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de $v_s$ do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5 m e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com $v_s > 800$ m/s			
S <sub>1</sub>	Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10 m de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade ( $PI > 40$ ) e um elevado teor de água	<100 (indicativo)	-	10-20
S <sub>2</sub>	Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou S <sub>1</sub>			

Para os locais cujas condições do terreno correspondam a um dos dois tipos de terreno especiais S<sub>1</sub> ou S<sub>2</sub> são necessários estudos especiais para a definição da ação sísmica. Para estes tipos, e em particular para o tipo S<sub>2</sub>, deve considerar-se a possibilidade de rotura do terreno sob ação sísmica.

Em conformidade com a NP EN 1998-1 2010, o território nacional foi dividido em zonas sísmicas, admitindo-se por definição que a sismicidade em cada zona é constante (Fig. 9).



Para cada zona sísmica a sismicidade é descrita por um único parâmetro, isto é, o valor de referência da aceleração máxima na base num terreno do tipo A ( $a_{g,R}$ ), que corresponde ao período de retorno de referência TNCR da ação sísmica para o requisito de não ocorrência de colapso (ou, de forma equivalente, a probabilidade de excedência de referência em 50 anos, PNCR) escolhido pelas autoridades nacionais.

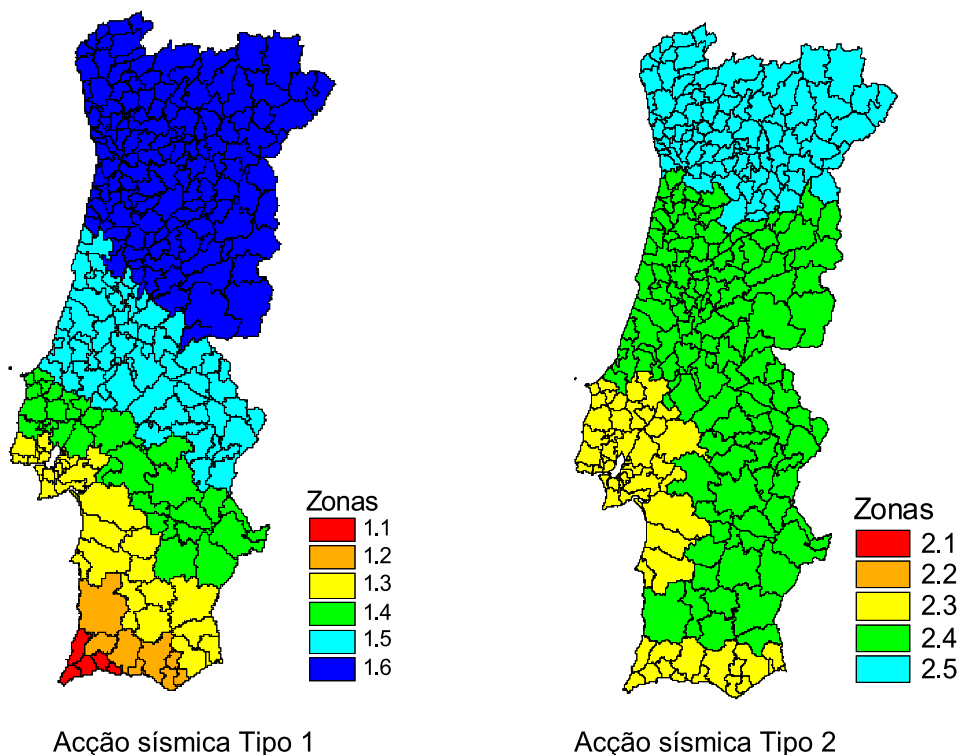


Fig. 9 – Zonamento Sísmico em Portugal Continental

Apresenta-se no Quadro III, os valores de referência ( $a_{g,R}$ ) para as várias zonas sísmicas e para os dois tipos de ação sísmica, destacando-se os valores para a área em estudo

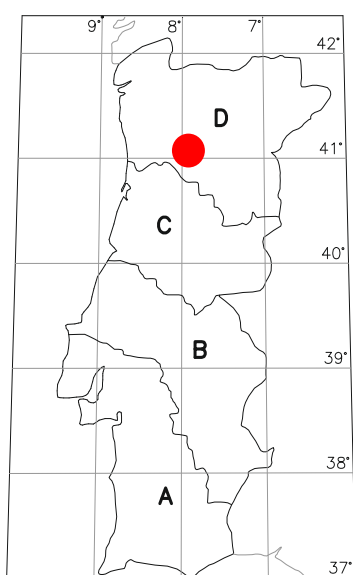
**Quadro III – Aceleração máxima de referência ( $a_{g,R}$ )**

Ação Sísmica Tipo 1		Ação Sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	$a_{g,r}$ (m/s <sup>2</sup> )	Zona Sísmica	$a_{g,r}$ (m/s <sup>2</sup> )
1.1	2,50	2.1	2,50
1.2	2,00	2.2	2,00
1.3	1,50	2.3	1,70
1.4	1,00	2.4	1,10
1.5	0,60	2.5	0,80
1.6	0,35		



Como se pode verificar os valores obtidos permitem enquadrar a área em estudo como zona de muito baixa sismicidade para as condições previstas no ponto 3.2.1(5) da NP EN 1998-1 2010.

Da análise do “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes” (RSAEEP), o local em estudo situa-se na Zona D (Fig. 10). A influência da sismicidade é traduzida por um coeficiente de sismicidade,  $\alpha$ , cujos valores são os indicados no Quadro III.



**Quadro IV – Valores do coeficiente de sismicidade,  $\alpha$**

Zona Sísmica	$\alpha$
A	1,0
B	0,7
C	0,5
D	0,3

**Fig. 10 - Zonas Sísmicas propostas pelo “Regulamento de Segurança e Acções para estruturas de Edifícios e Pontes”**

Para o cálculo do valor do coeficiente sísmico,  $\beta$ , importam ainda, para além do tipo de estrutura e sua ductilidade, as características do terreno (Quadro V).

**Quadro V – Classificação do tipo de terreno (RSAEEP)**

Tipo de terreno	
Tipo I	Rochas e solos coerentes rijos
Tipo II	Solos coerentes muito duros, duros e de consistência média Solos incoerentes compactos
Tipo III	Solos coerentes moles a muito moles. Solos incoerentes soltos

Através da análise de cartas de previsão sísmica publicadas pelo RSAEEP (Fig. 11), procedeu-se ao respetivo enquadramento da área, conforme se apresenta no Quadro VI.

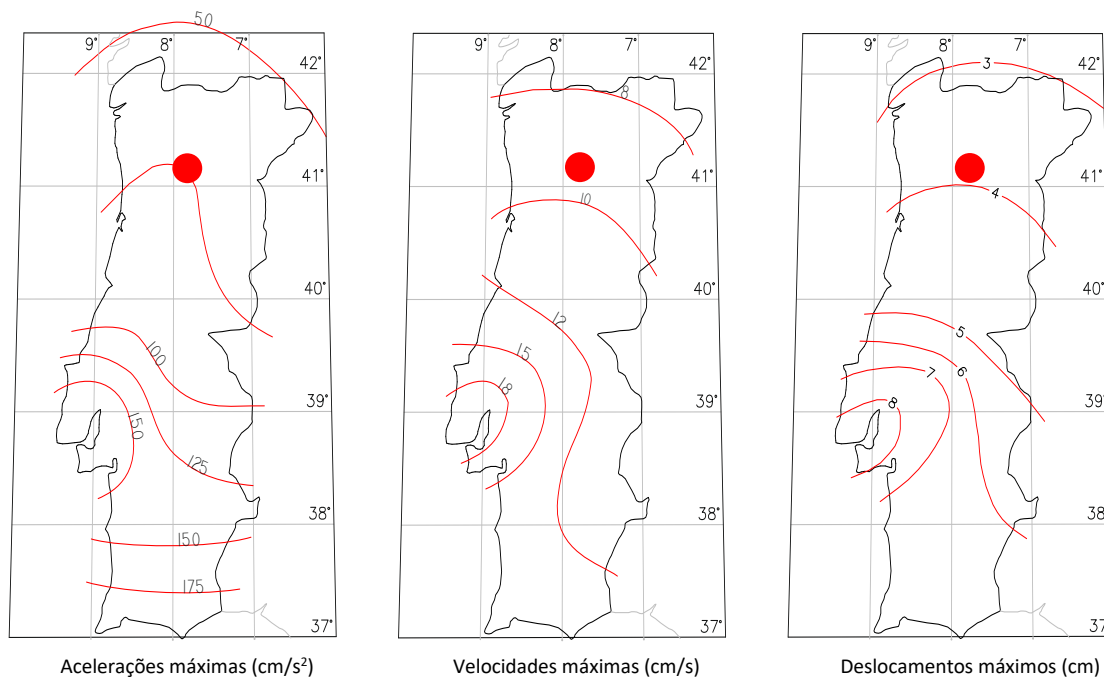


Fig. 11 – Cartas de Previsão Sísmica (Fonte: RSAEEP)

**Quadro VI – Enquadramento nas Cartas Sísmicas (RSAEEP).**

	<b>Enquadramento nas Cartas Sísmicas</b>
Zonas sísmicas propostas pelo RSAEEP	D
Intensidade sísmica máxima 1901-1972	VII
Aceleração máxima, para 1000 anos	75 m/s <sup>2</sup>
Velocidade máxima, para 1000 anos	9,5 m/s
Deslocamento máximo, para 1000 anos	3,8 cm

Pela análise dos parâmetros apresentados, conclui-se que o local em estudo se insere numa zona com risco sísmico baixo.

### 3 – Estudo geotécnico

#### 3.1 – Sondagens com penetrómetro dinâmico médio

As sondagens realizadas tiveram por objetivo o reconhecimento prévio dos terrenos onde serão implantadas as estações elevatórias do projeto de “Lote B - Projetos de Execução de Sistemas de Drenagem de Águas Residuais de Estarreja (PAR 024)”.



O equipamento utilizado foi o penetrómetro dinâmico médio. O ensaio consiste na cravação no solo e na vertical de uma ponteira cónica normalizada, guiada por varas de aço de menor secção. A penetração é obtida pela queda livre de uma massa, desde uma altura constante, e da transmissão da sua energia a um batente. O ensaio consiste na medição do número de golpes necessário para a cravação de 10 cm ( $N_{10}$ ).

O penetrómetro utilizado foi o modelo DPM 30-20 da empresa PAGANI (Fig. 12) cujas características principais são as seguintes:

- Secção do cone: 10,0 cm<sup>2</sup>
- Peso do pilão: 30,0 Kg
- Altura de queda: 20 cm
- Potência de penetração nominal: 0,60 kgm/cm<sup>2</sup>



Fig. 12 – Penetrómetro DPM 30-20

O interesse do método estende-se à sua rapidez e economia e à possibilidade de alta resolução da variação de resistência à cravação com a profundidade.

### 3.1.1 – Trabalhos realizados

Tal como previsto, foram realizadas 8 sondagens, três em cada reservatório (Pousada e Intermédio) e duas na margem da Albufeira do Carrapatelo, cuja localização se apresenta nas plantas apresentadas no Anexo III.

As profundidades atingidas pelas sondagens encontram-se discriminadas no quadro seguinte (Quadro VII).

**Quadro VII – Profundidades das sondagens**

<b>Local</b>	<b>Sondagem</b>	<b>Profundidade</b>
Reservatório de Pousada	S01	0,70 m
	S02	0,80 m
	S03	0,60 m
Reservatório Intermédio	S01	1,20 m
	S02	1,40 m
	S03	3,40 m
Margem da Albufeira do Carrapatelo	S01	0,30 m
	S02	0,30 m

A profundidade dos ensaios (critério de paragem) foi estabelecida com base no critério da nega à cravação.

A cota das sondagens corresponde à cota do terreno à data da execução dos trabalhos.

### 3.1.2 – Interpretação

Para cálculo foi utilizada a conhecida "fórmula dos holandeses" que nos conduz ao valor da resistência dinâmica ( $R_d$ ), que é por sua vez correlacionável com a carga admissível ( $Q_a$ ).

$$R_d = \frac{N}{e} \times \frac{M^2 \times h}{S \times (M + P)}$$

Em que:

N - número de pancadas para o avanço de 10cm

e - avanço de 10cm

M - massa do pilão

h - altura de queda do pilão

S - secção transversal da ponteira cónica

P - massa do penetrómetro



Os valores de  $R_d$  foram transformados em Tensão Máxima Admissível ( $Q_a$ ), para um limite máximo de assentamento de 25 mm, utilizando um coeficiente empírico ( $k$ ) para solos arenosos, de acordo com a fórmula:

$$Q_a = k * R_d$$

Os resultados dos ensaios encontram-se no Anexo IV em que se apresenta os valores de  $N_{10}$  e de  $Q_a$  (carga admissível em kPa) para cada profundidade, figuram também no mesmo anexo os perfis de cada sondagem em que se representa graficamente a evolução do valor de  $Q_a$  em função da profundidade.

Os valores de  $Q_a$  que figuram em anexo são referentes às características do terreno obtidas à rotura em processo dinâmico, sem aplicação de coeficientes de segurança.

#### **4 – Conclusões**

Com o intuito de que possam ser de algum modo úteis às fases seguintes do projecto, aqui se deixam algumas sugestões do foro geotécnico:

- A área geográfica alvo do estudo situa-se numa região de Portugal Continental com risco sísmico baixo;
- O modelo geológico-geotécnico da área em estudo caracteriza-se pela ocorrência de terrenos de natureza granítica que incluem solos residuais granítico de compactação crescente com o aumento da profundidade, que evoluem para maciço rochoso granítico;
- Em termos de escavações as formações geológicas ocorrentes são facilmente removidas por equipamentos ligeiros (retroescavadora) até às profundidades prospetadas, para escavações superiores às prospetadas é de prever o recurso a meios mecânicos mais pesados;
- O projeto de fundações deverá levar em conta as cargas a criar pela estrutura bem como as características geotécnicas das formações ocorrentes;



- Recomenda-se ainda que durante a abertura das fundações os trabalhos sejam acompanhados por especialista em geotecnia, que possa verificar e confirmar a natureza dos terrenos interessados nas escavações e os parâmetros geotécnicos estimados, bem como as considerações geotécnicas apresentadas neste relatório.
- É aconselhável a realização de análises químicas da água subterrânea, de modo a verificar qual o seu grau de agressividade relativamente ao betão armado e obviamente, tomar as respetivas medidas técnicas adequadas. As análises deverão ser realizadas de acordo com as recomendações da NP ENV 206-1 2007 + Emenda 2008, aos seguintes parâmetros: sulfatos, pH, dióxido de carbono, cloretos, amoníaco e magnésio.

Porto, maio de 2020



**MULTIAMBIENTE**

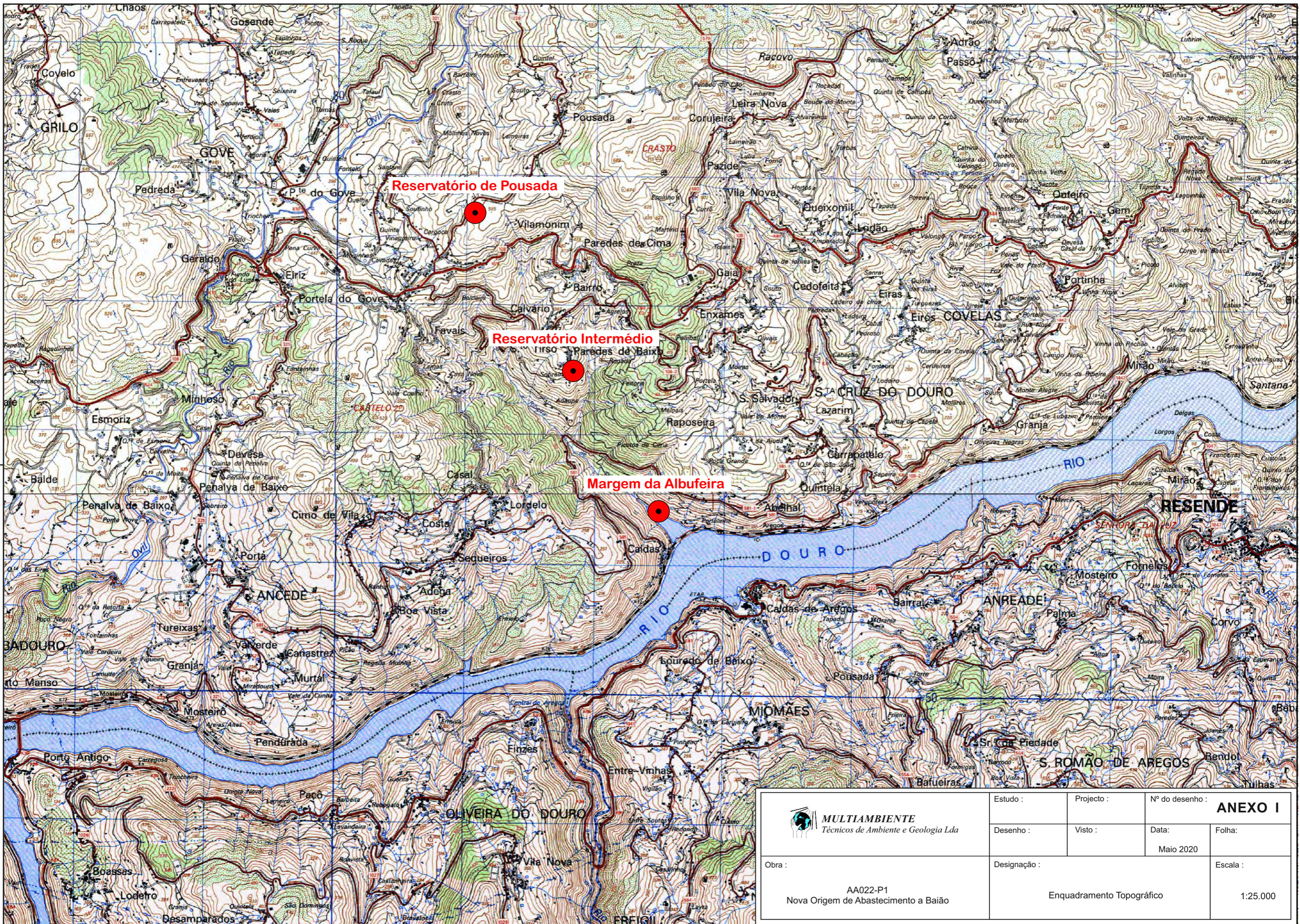
*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*


# ANEXOS



**MULTIAMBIENTE**

*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*

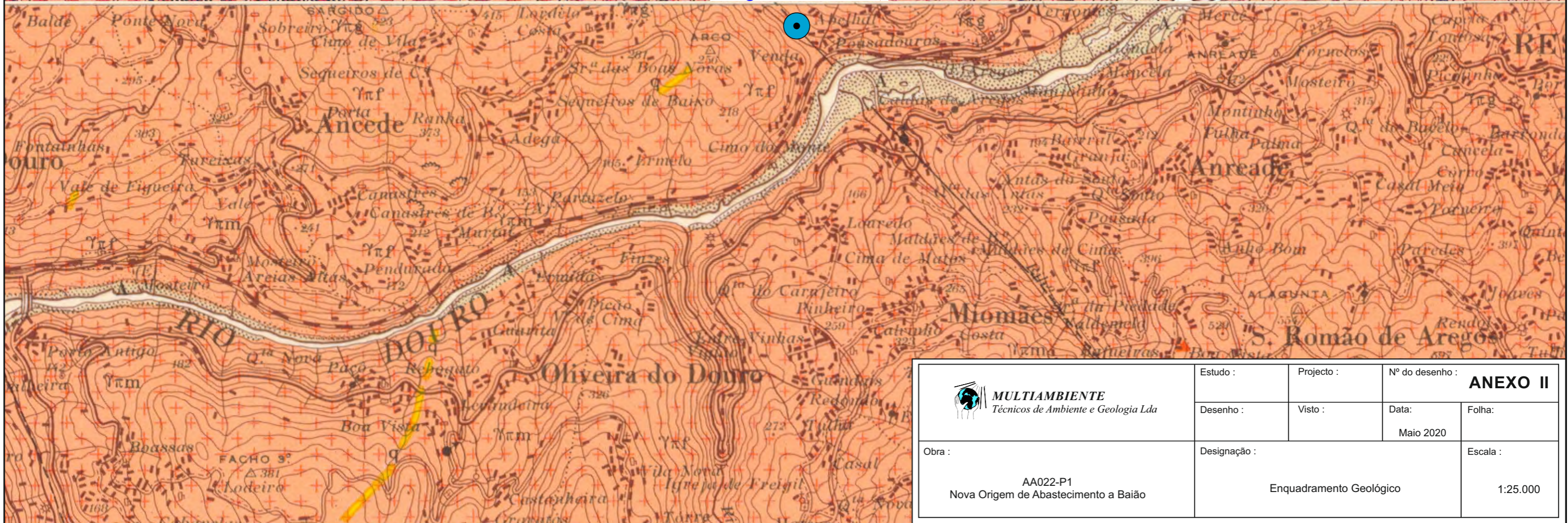
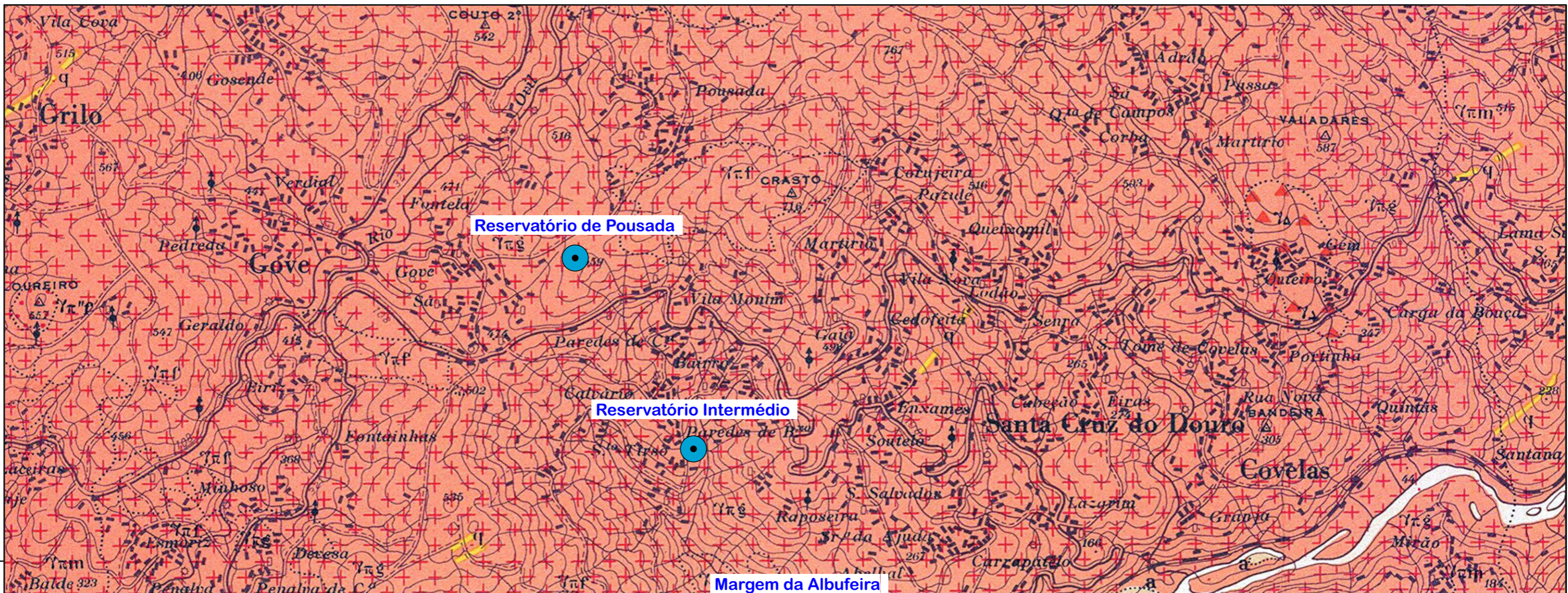



 <b>MULTIAMBIENTE</b> Técnicos de Ambiente e Geologia Lda	Estudo :	Projecto :	Nº do desenho : <b>ANEXO I</b>	
	Desenho :	Visto :	Data : Maio 2020	Folha :
Obra :	Designação :		Escala :	
AA022-P1 Nova Origem de Abastecimento a Baião	Enquadramento Topográfico		1:25.000	



**MULTIAMBIENTE**

*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*



 <b>MULTIAMBIENTE</b> Técnicos de Ambiente e Geologia Lda	Estudo :	Projecto :	Nº do desenho : <b>ANEXO II</b>	
	Desenho :	Visto :	Data : Maio 2020	Folha :
Obra :	Designação :		Escala :	
AA022-P1 Nova Origem de Abastecimento a Baião	Enquadramento Geológico		1:25.000	

## Folha 10-C Peso da Régua

MODERNO			Aluviões actuais (a) Areias e cascalheiras fluviais (A) Depósitos de vertente (A')
PLIO-PLISTOCÉNICO			Depósitos de terraços fluviais
			Argilas e arenitos arcósicos de Parada de Cunhos
SILÚRICO	Valenciano e Salopiano inferior		Xistos e grauvaques Xistos ampelitosos, liditos e flanitos com "Monograptus", intercalados (*)
ROCHAS SILÚRICAS METAMORFIZADAS			Corneanas pelíticas e quartzo-pelíticas
			Xistos quiastolíticos e mosqueados
ORDOVÍCIO	Landeiliano (Lanvirniano e Caradociano possíveis)		Xistos argilosos, finos, ardosíferos, com fósseis
	Skidaviano		Quartzitos com "Cruziana" e "Vexillum" xistos e leitons magnetíticos intercalados
	Tremadociano		Conglomerados
ROCHAS ORDOVÍCIAS METAMORFIZADAS			Corneanas pelíticas e quartzo-pelíticas
			Xistos quiastolíticos, mosqueados, granatíferos, cordieríticos
COMPLEXO XISTO-GRAUVÁQUICO ANTE- ORDOVÍCIO E SÉRIES METAMÓRFICAS DERIVADAS			Xistos e grauvaques
			Conglomerados e quartzitos
			Corneanas, xistos luzentes, estaurolíticos, granatíferos, etc
ROCHAS ERUPTIVAS	Granito monzonítico (s.l.), predominantemente biotítico		Granito porfiróide de grão grosseiro
			Granito porfiróide de grão médio a fino
			Granito porfiróide de grão fino
	Granito alcalino		Granodiorito
			Granito de grão grosseiro a médio (Granito de Valdigem) (Granito de Parada de Cunhos)
		Granito de grão fino	
ROCHAS FILONIANAS			Filões de quartzo
			Filões graníticos (μ), aplíticos (a) e aplito-pegmatíticos (ap), alcalinos

## Folha 14-A Lamego

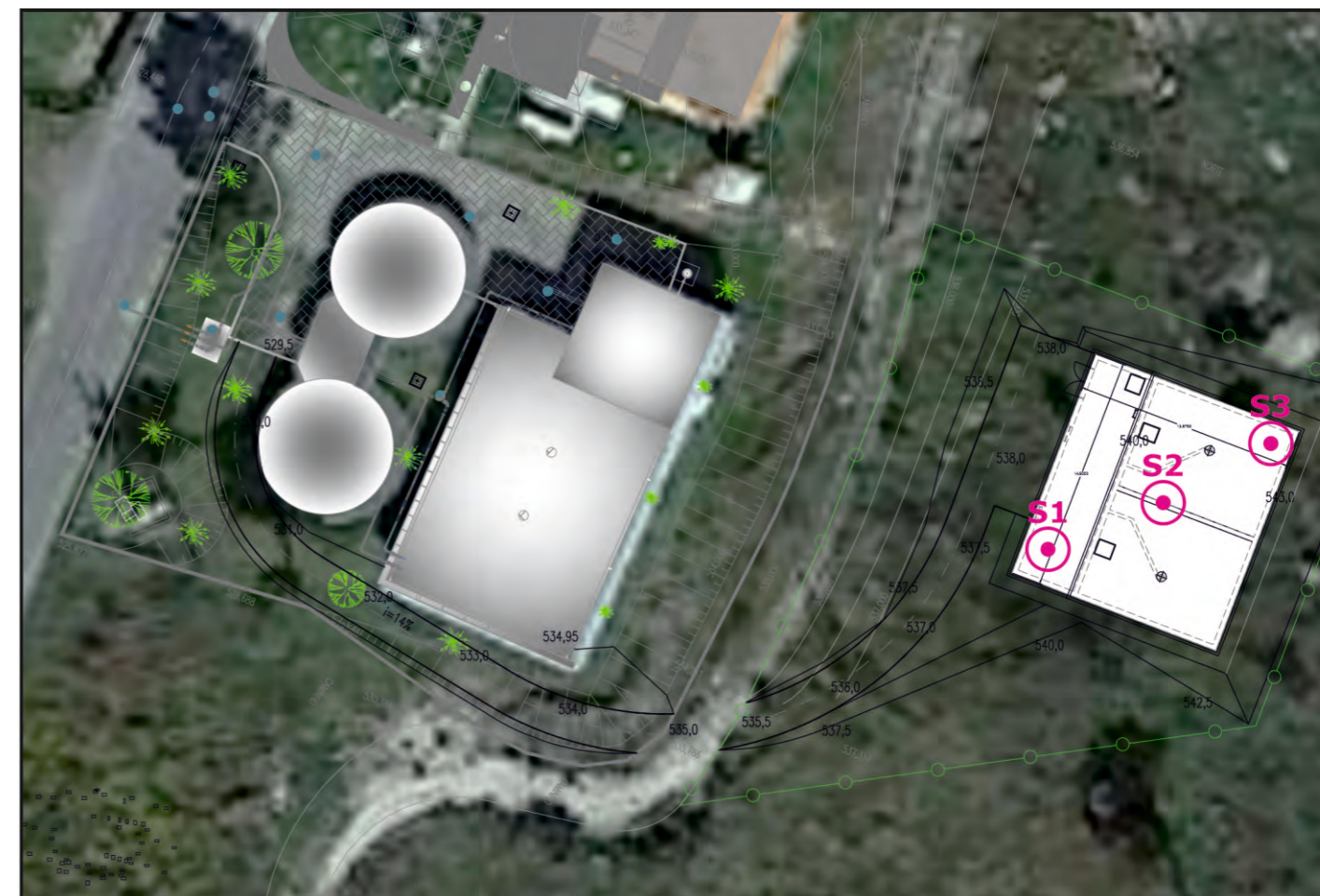
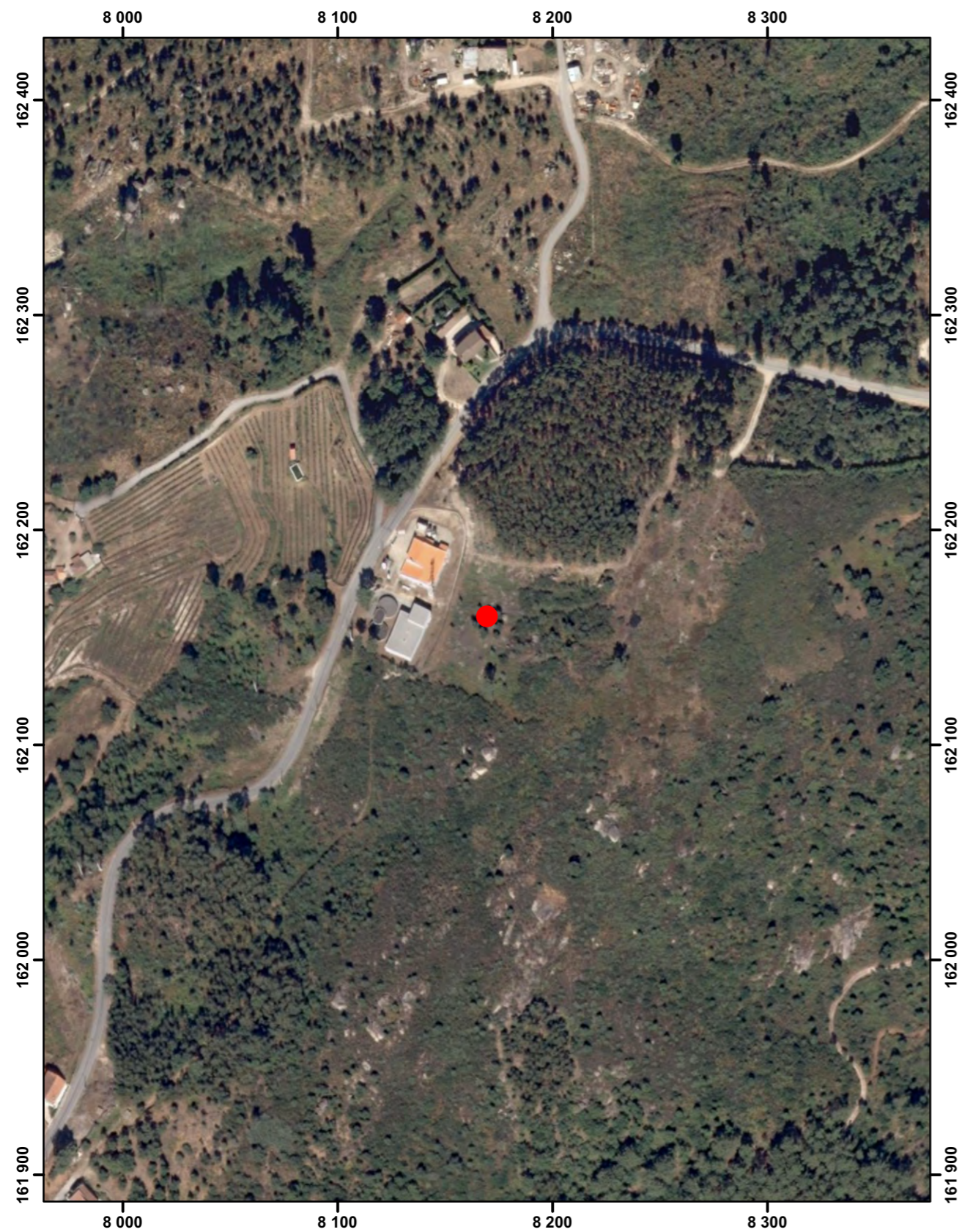
MODERNO			Aluviões actuais (a) Areias e cascalheiras fluviais (A) Depósitos de vertente (A')
SILÚRICO			Xistos argilosos, com leitons ampelitosos intercalados (*), metamorfizados
ORDOVÍCIO	Landeiliano-Lanvirniano		Xistos argilosos, metamorfizados
	Skidaviano		Quartzitos com Cruziana
COMPLEXO XISTO-GRAUVÁQUICO ANTE- ORDOVÍCIO E SÉRIES METAMÓRFICAS DERIVADAS			Xistos e grauvaques
			Conglomerados intercalados
			Xistos luzentes (estaurolíticos, granatíferos, etc.), corneanas
			Corneanas e xistos mosqueados
ROCHAS ERUPTIVAS	Granito monzonítico(s.l.) predominantemente biotítico		Granito porfiróide de grão grosseiro, ou grosseiro a médio
			Granito porfiróide de grão médio
			Granito porfiróide de grão fino
			Granito não porfiróide, de grão médio
			Granito não porfiróide de grão fino
			Granito porfiróide de grão médio a fino, predominantemente moscovítico
	Granito alcalino		Granodiorito hornoblêndico
			Granito moscovítico de grão médio, albitico, microclinizado (Granito de Valdigem)
			Vosgesito (domos intrusivos no γrm)
			Filões de quartzo
		Filões pegmatíticos (p), aplito-pegmatíticos (ap) e aplíticos (a)	
		Filões de rochas básicas	


<b>MULTIAMBIENTE</b> Técnicos de Ambiente e Geologia Lda	Estudo :	Projecto :	Nº do desenho : <b>ANEXO II</b>	
	Desenho :	Visto :	Data: Maio 2020	Folha:
Obra :  AA022-P1 Nova Origem de Abastecimento a Baião	Designação :  Enquadramento Geológico (Legenda)		Escala :	

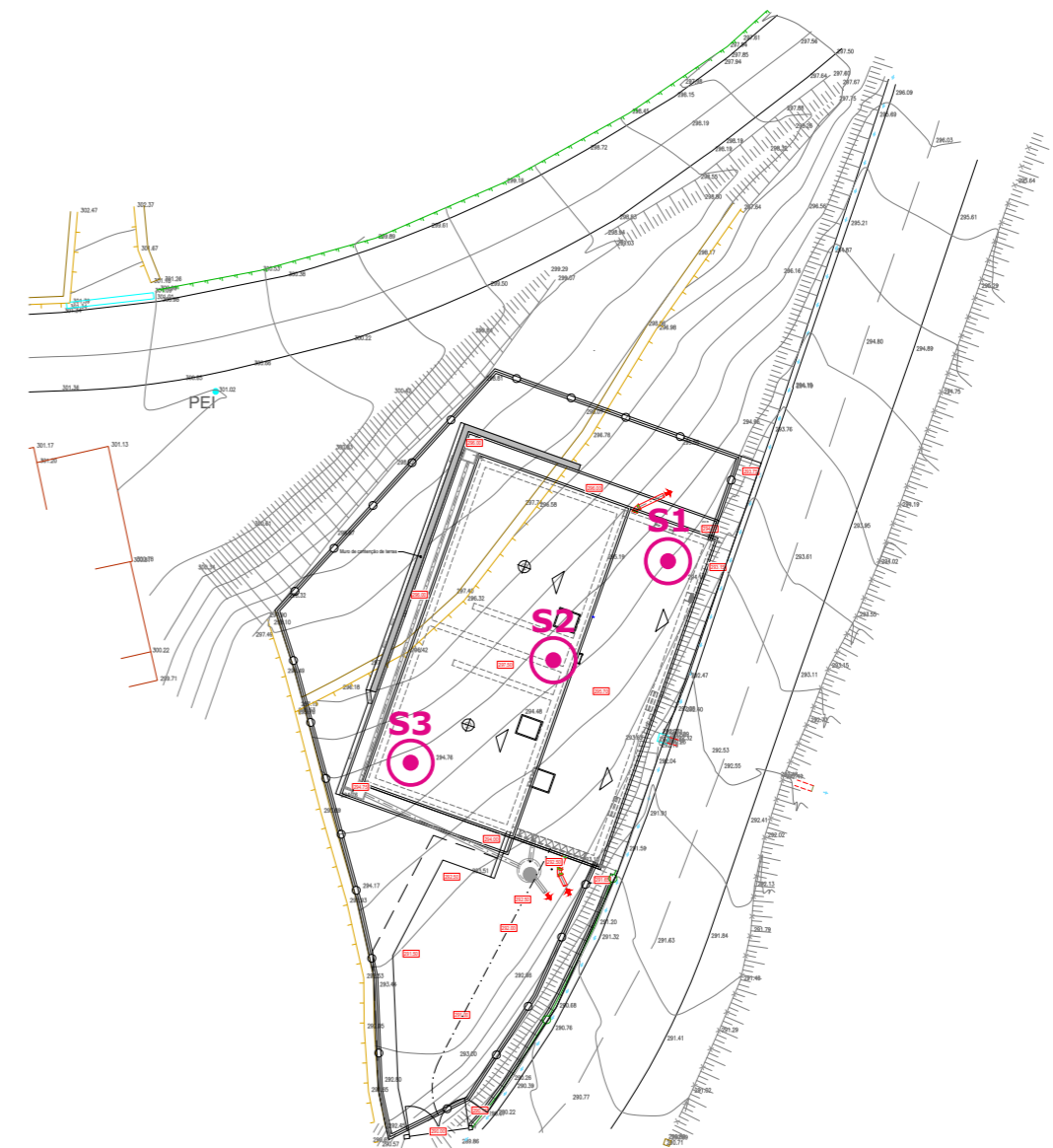
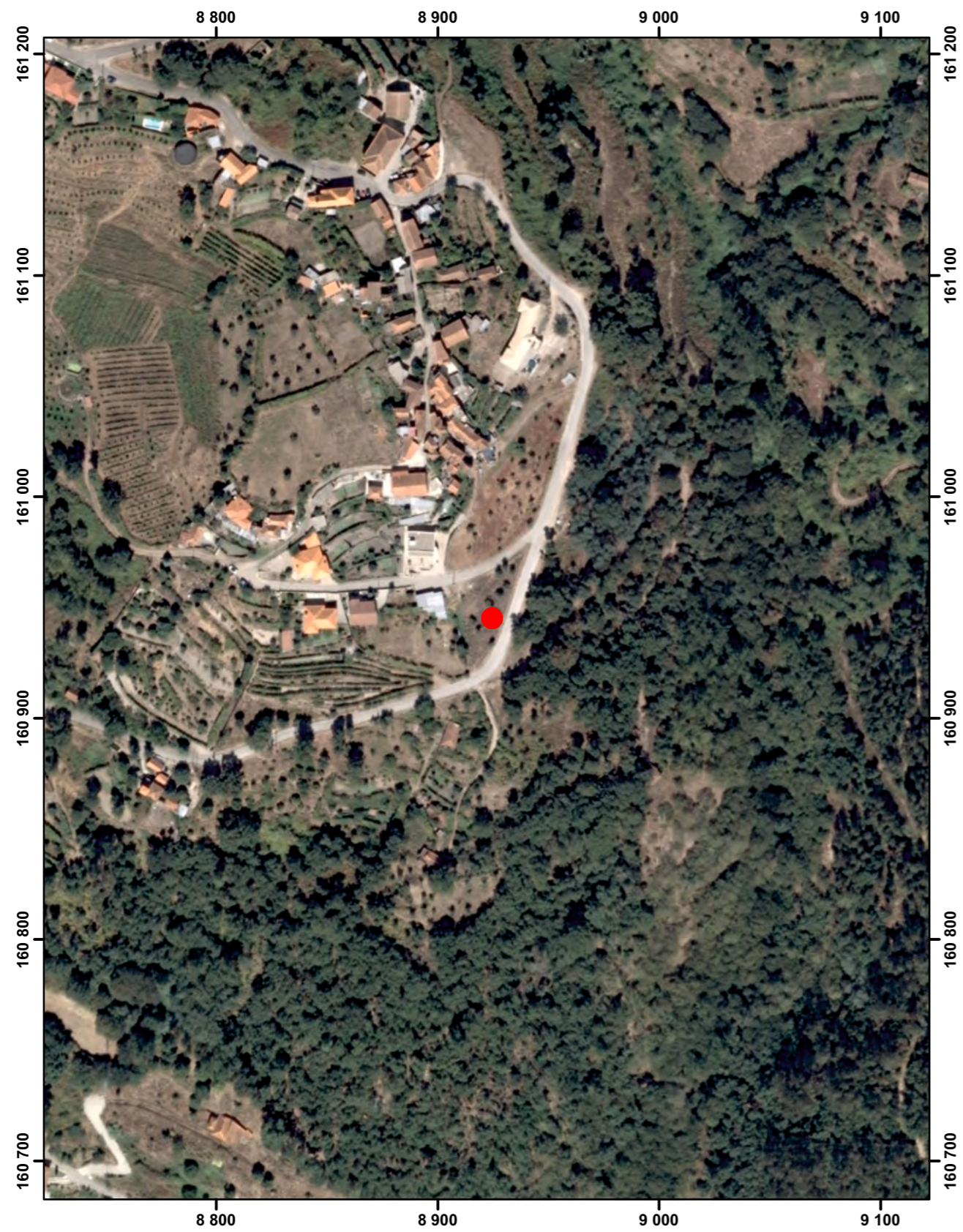



**MULTIAMBIENTE**

*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*




 <b>MULTIAMBIENTE</b> <i>Técnicos de Ambiente e Geologia Lda</i>	Estudo :	Projecto :	Nº do desenho : <b>ANEXO III</b>	
	Desenho :	Visto :	Data: Maio 2020	Folha:
Obra :  AA022-P1 Nova Origem de Abastecimento a Baião	Designação :  Localização das Sondagens (Reservatório de Pousada)			Escala :



 <b>MULTIAMBIENTE</b> <i>Técnicos de Ambiente e Geologia Lda</i>	Estudo :	Projecto :	Nº do desenho : <b>ANEXO III</b>	
	Desenho :	Visto :	Data: Maio 2020	Folha:
Obra :  AA022-P1 Nova Origem de Abastecimento a Baião	Designação :  Localização das Sondagens (Reservatório Intermédio)			Escala :



 <b>MULTIAMBIENTE</b> <i>Técnicos de Ambiente e Geologia Lda</i>	Estudo :	Projecto :	Nº do desenho : <b>ANEXO III</b>	
	Desenho :	Visto :	Data: Maio 2020	Folha:
Obra :  AA022-P1 Nova Origem de Abastecimento a Baião	Designação :  Localização das Sondagens (Margem da Albufeira do Carrapelo)			Escala :



**MULTIAMBIENTE**

*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*



**MULTIAMBIENTE**  
Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.

**ENSAIO COM  
PENETRÓMETRO  
DINÂMICO MÉDIO**

**Cliente:** DOURO ECI - Engenharia e Gestão do Ciclo da Água, Lda.

**Sondagem:** S01

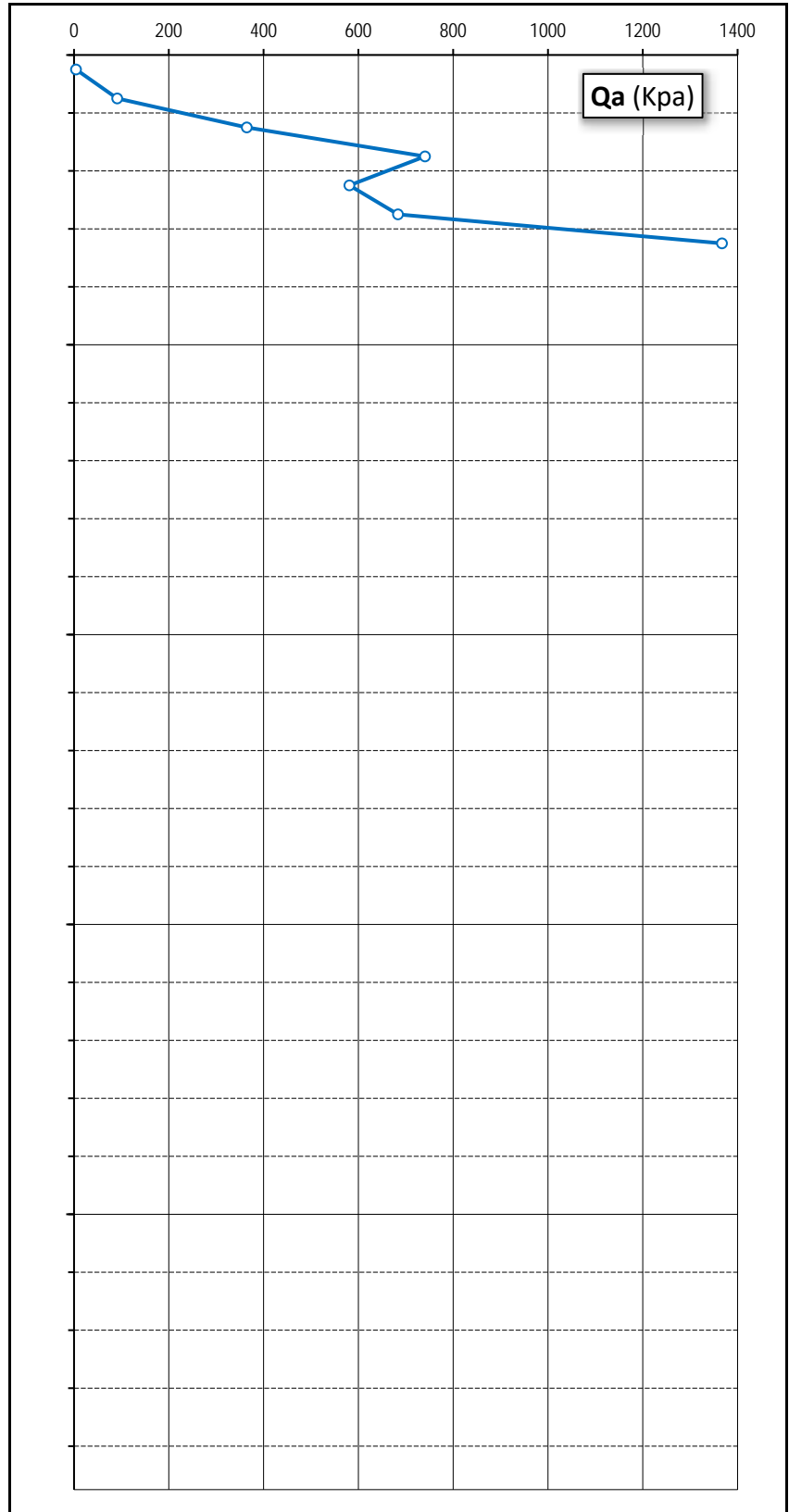
**Obra:** AA022-P1 - Nova Origem de Abastecimento a Baião

**Data:** Maio 2020

**Local:** Reservatório de Pousada - Gove - Baião

**Equipamento:** DPM 30-20

Prof. (m)	Número Golpes	Número varas	Qa (Kpa)
0.10	4	1	4
0.20	8	1	91
0.30	32	1	365
0.40	65	1	741
0.50	51	1	581
0.60	60	1	684
0.70	120	1	1367
0.80	Nega		
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
4.70			
4.80			
4.90			
5.00			





**MULTIAMBIENTE**  
Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.

**ENSAIO COM  
PENETRÓMETRO  
DINÂMICO MÉDIO**

**Cliente:** DOURO ECI - Engenharia e Gestão do Ciclo da Água, Lda.

**Sondagem:** S02

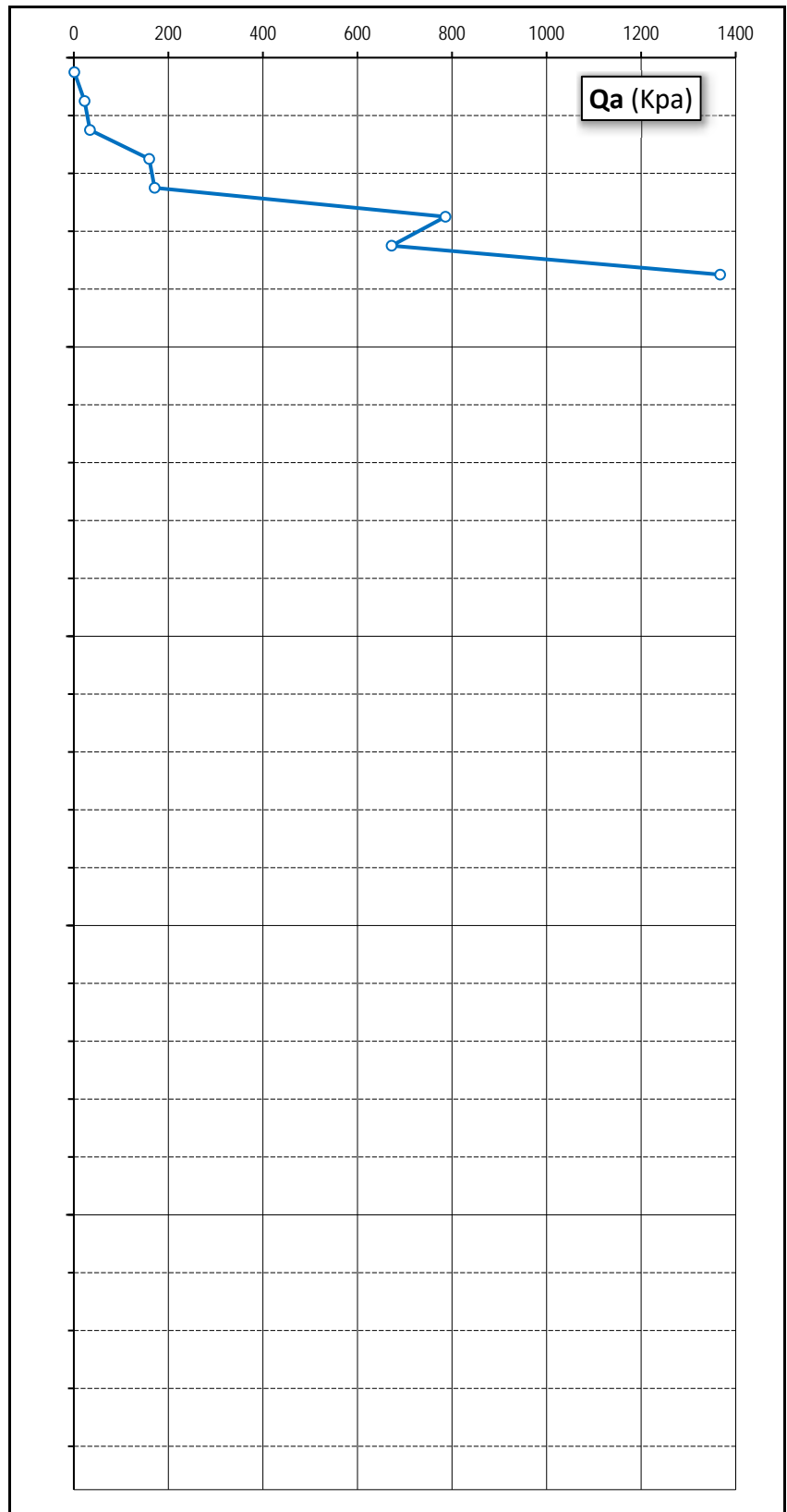
**Obra:** AA022-P1 - Nova Origem de Abastecimento a Baião

**Data:** Maio 2020

**Local:** Reservatório de Pousada - Gove - Baião

**Equipamento:** DPM 30-20

Prof. (m)	Número Golpes	Número varas	Qa (Kpa)
0.10	1	1	1
0.20	2	1	23
0.30	3	1	34
0.40	14	1	159
0.50	15	1	171
0.60	69	1	786
0.70	59	1	672
0.80	120	1	1367
0.90	Nega		
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
4.70			
4.80			
4.90			
5.00			





**MULTIAMBIENTE**  
Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.

**ENSAIO COM  
PENETRÓMETRO  
DINÂMICO MÉDIO**

**Cliente:** DOURO ECI - Engenharia e Gestão do Ciclo da Água, Lda.

**Sondagem:** S03

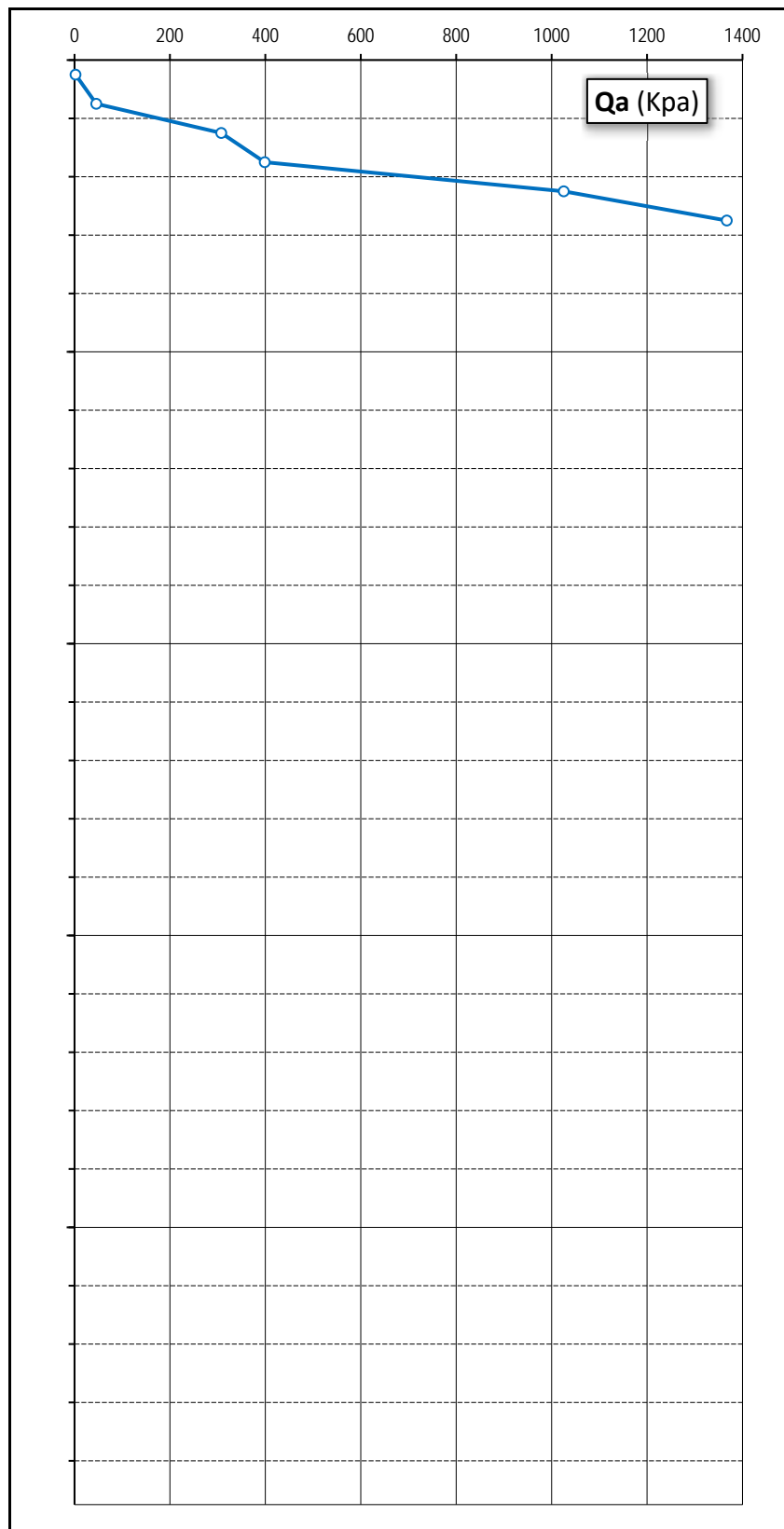
**Obra:** AA022-P1 - Nova Origem de Abastecimento a Baião

**Data:** Maio 2020

**Local:** Reservatório de Pousada - Gove - Baião

**Equipamento:** DPM 30-20

Prof. (m)	Número Golpes	Número varas	Qa (Kpa)
0.10	2	1	2
0.20	4	1	46
0.30	27	1	308
0.40	35	1	399
0.50	90	1	1025
0.60	120	1	1367
0.70	Nega		
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
4.70			
4.80			
4.90			
5.00			





**MULTIAMBIENTE**  
*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*

**ENSAIO COM  
PENETRÓMETRO  
DINÂMICO MÉDIO**

**Cliente:** DOURO ECI - Engenharia e Gestão do Ciclo da Água, Lda.

**Sondagem:** S01

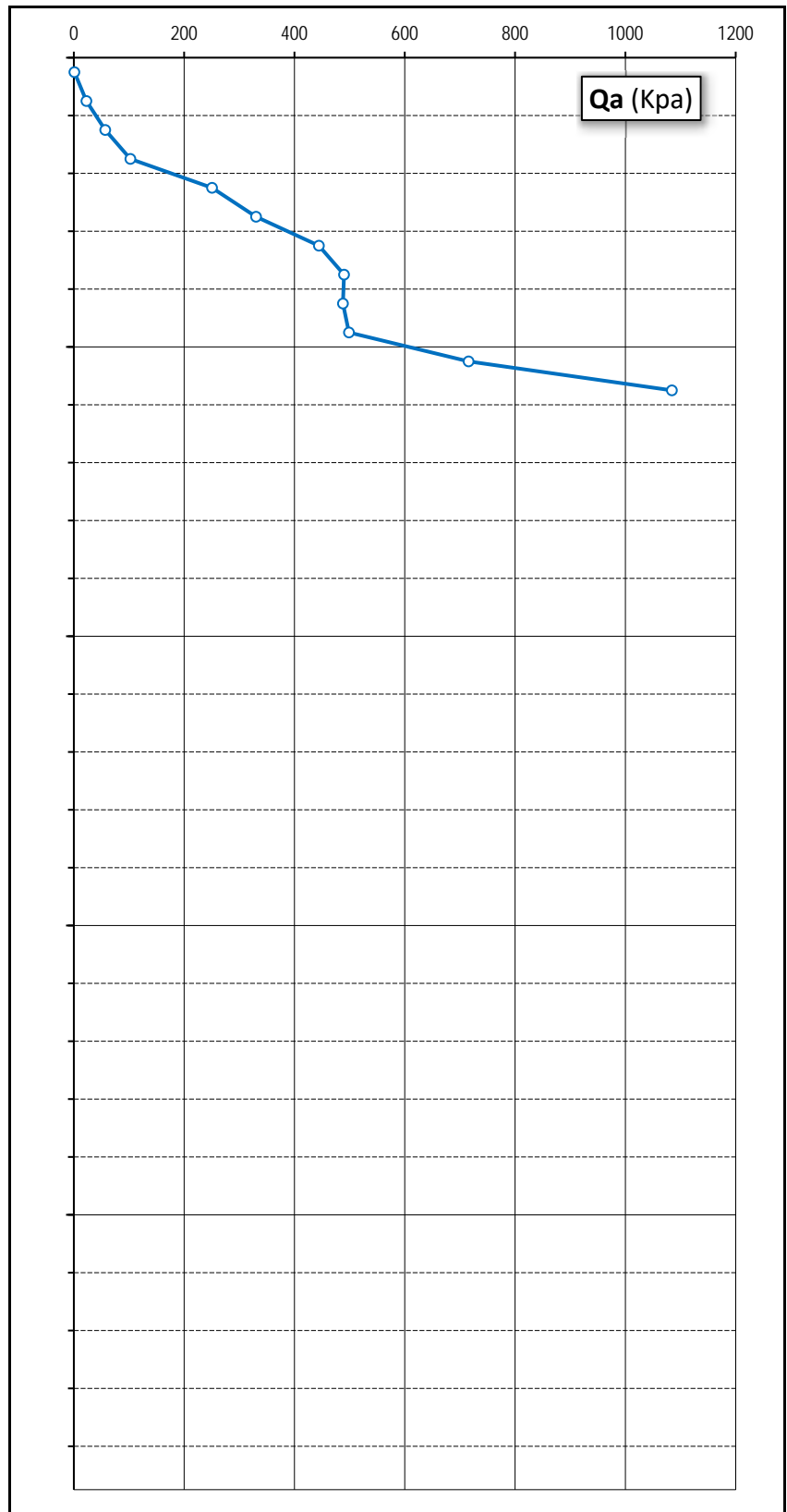
**Obra:** AA022-P1 – Nova Origem de Abastecimento a Baião

**Data:** Maio 2020

**Local:** Reservatório Intermédio - Gove - Baião

**Equipamento:** DPM 30-20

Prof. (m)	Número Golpes	Número varas	Qa (Kpa)
0.10	1	1	1
0.20	2	1	23
0.30	5	1	57
0.40	9	1	103
0.50	22	1	251
0.60	29	1	330
0.70	39	1	444
0.80	43	1	490
0.90	45	2	488
1.00	46	2	499
1.10	66	2	716
1.20	100	2	1084
1.30	Nega		
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
4.70			
4.80			
4.90			
5.00			





**MULTIAMBIENTE**  
*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*

**ENSAIO COM  
PENETRÓMETRO  
DINÂMICO MÉDIO**

**Cliente:** DOURO ECI - Engenharia e Gestão do Ciclo da Água, Lda.

**Sondagem:** S02

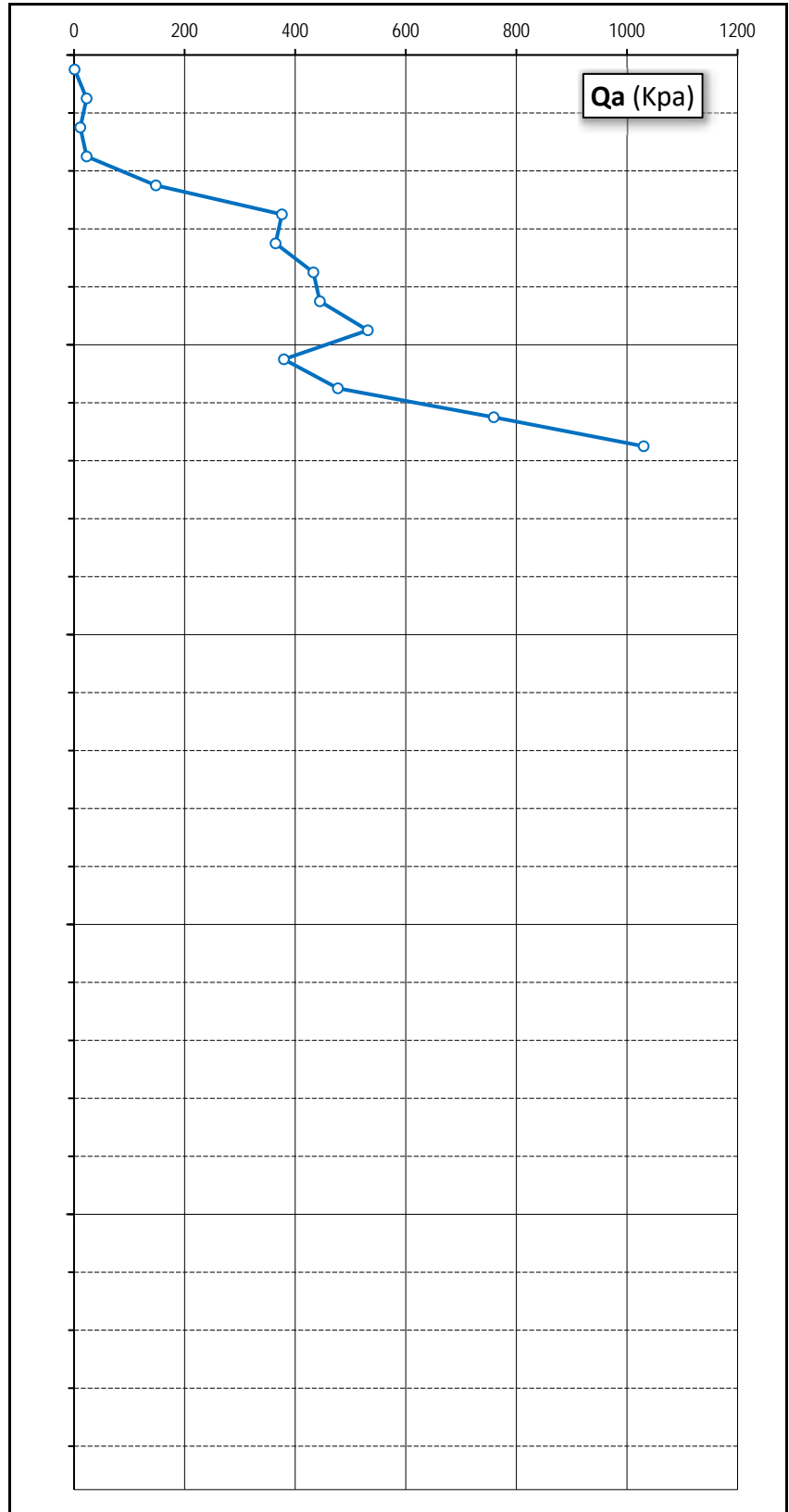
**Obra:** AA022-P1 – Nova Origem de Abastecimento a Baião

**Data:** Maio 2020

**Local:** Reservatório Intermédio - Gove - Baião

**Equipamento:** DPM 30-20

Prof. (m)	Número Golpes	Número varas	Qa (Kpa)
0.10	1	1	1
0.20	2	1	23
0.30	1	1	11
0.40	2	1	23
0.50	13	1	148
0.60	33	1	376
0.70	32	1	365
0.80	38	1	433
0.90	41	2	445
1.00	49	2	531
1.10	35	2	380
1.20	44	2	477
1.30	70	2	759
1.40	95	2	1030
1.50	Nega		
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
4.70			
4.80			
4.90			
5.00			





**MULTIAMBIENTE**

*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*

**ENSAIO COM  
PENETRÓMETRO  
DINÂMICO MÉDIO**

**Cliente:** DOURO ECI - Engenharia e Gestão do Ciclo da Água, Lda.

**Sondagem:** S03

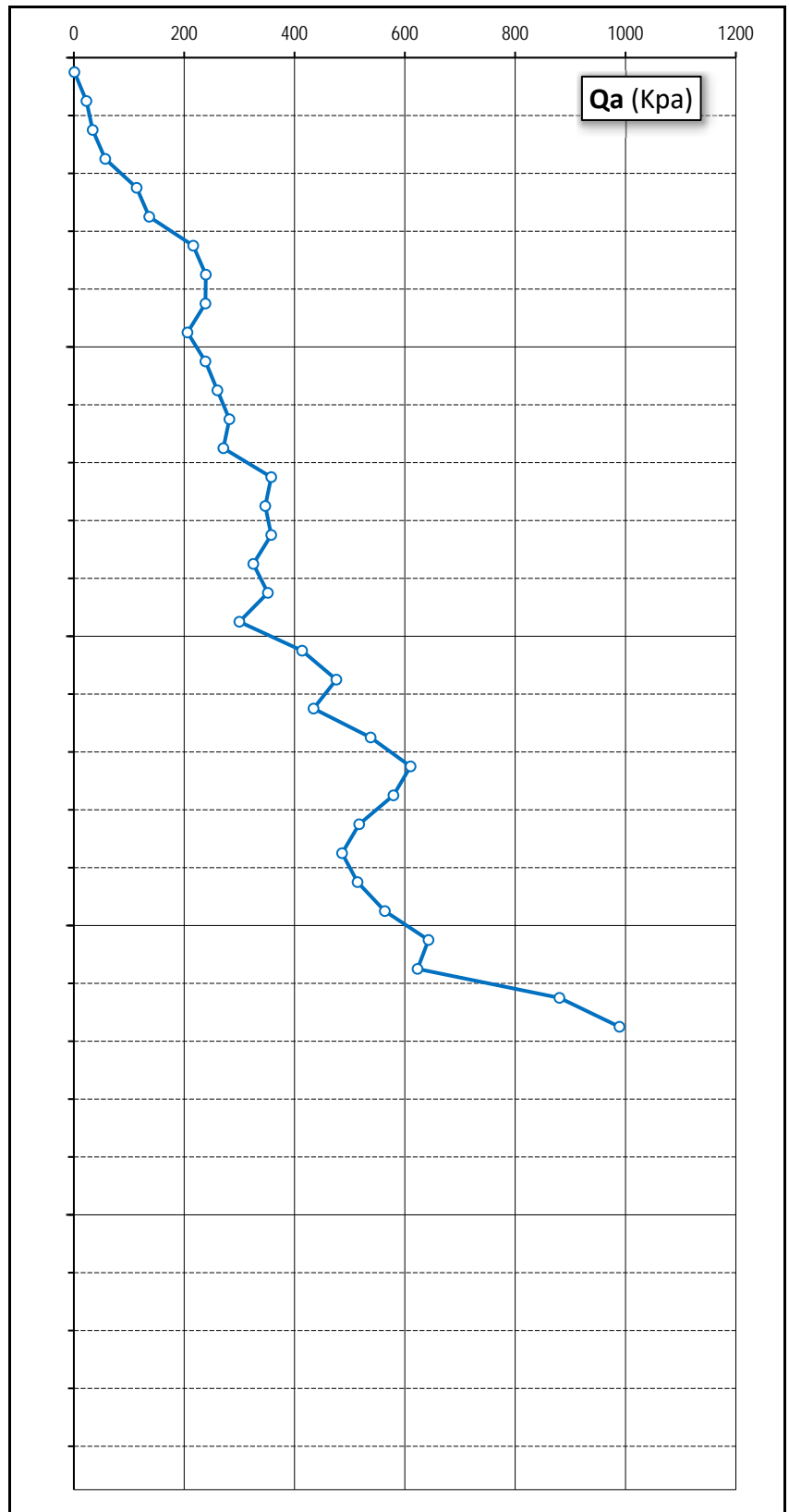
**Obra:** AA022-P1 - Nova Origem de Abastecimento a Baião

**Data:** Maio 2020

**Local:** Reservatório Intermédio - Gove - Baião

**Equipamento:** DPM 30-20

Prof. (m)	Número Golpes	Número varas	Qa (Kpa)
0.10	1	1	1
0.20	2	1	23
0.30	3	1	34
0.40	5	1	57
0.50	10	1	114
0.60	12	1	137
0.70	19	1	216
0.80	21	1	239
0.90	22	2	239
1.00	19	2	206
1.10	22	2	239
1.20	24	2	260
1.30	26	2	282
1.40	25	2	271
1.50	33	2	358
1.60	32	2	347
1.70	33	2	358
1.80	30	2	325
1.90	34	3	352
2.00	29	3	300
2.10	40	3	414
2.20	46	3	476
2.30	42	3	434
2.40	52	3	538
2.50	59	3	610
2.60	56	3	579
2.70	50	3	517
2.80	47	3	486
2.90	52	4	514
3.00	57	4	564
3.10	65	4	643
3.20	63	4	623
3.30	89	4	880
3.40	100	4	989
3.50	Nega		
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
4.70			
4.80			
4.90			
5.00			





**MULTIAMBIENTE**  
*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*

**ENSAIO COM  
PENETRÓMETRO  
DINÂMICO MÉDIO**

**Cliente:** DOURO ECI - Engenharia e Gestão do Ciclo da Água, Lda.

**Sondagem:** S01

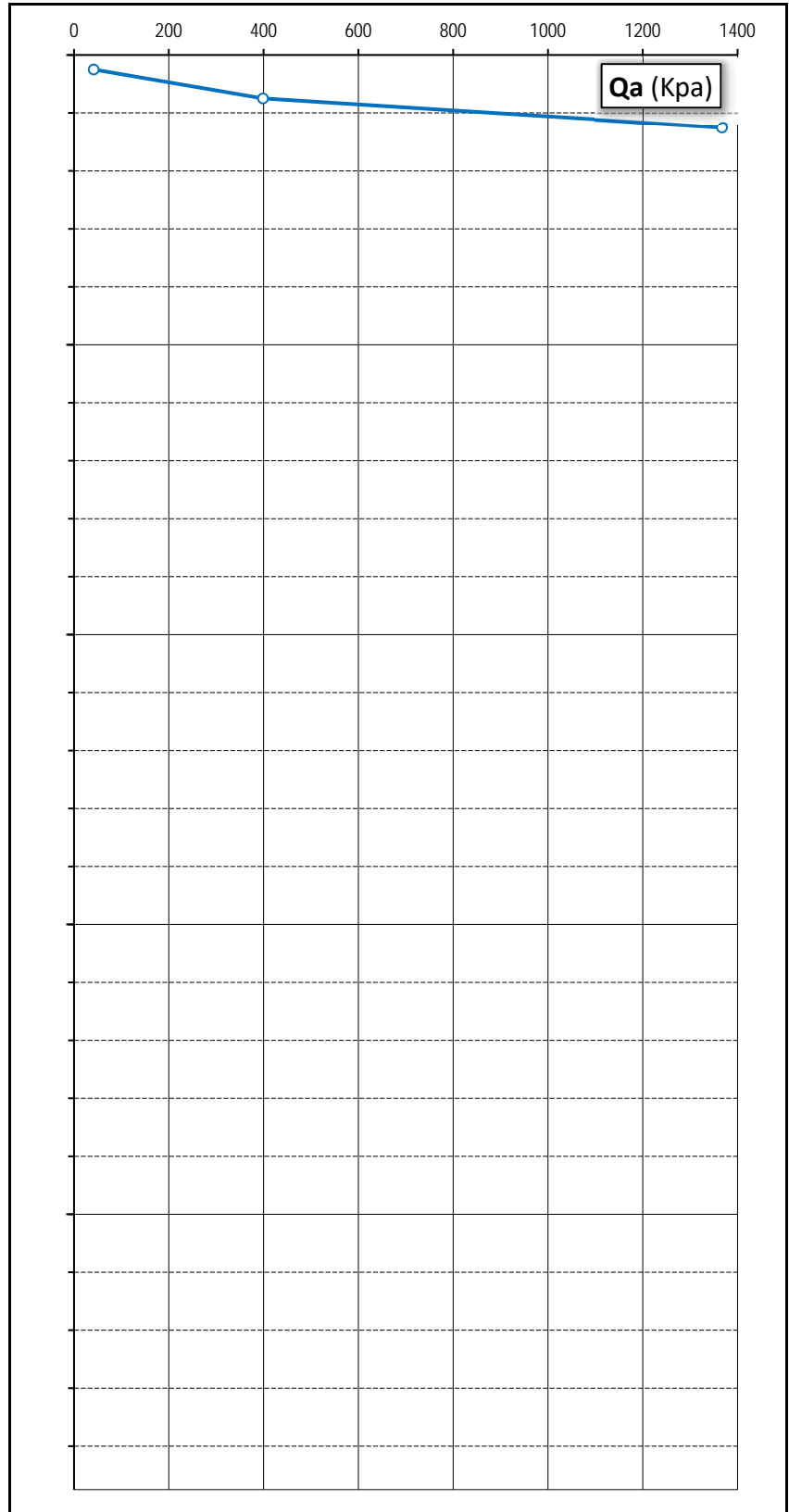
**Obra:** AA022-P1 – Nova Origem de Abastecimento a Baião

**Data:** Maio 2020

**Local:** Margem da Abufeira do Carrapateiro - Baião

**Equipamento:** DPM 30-20

Prof. (m)	Número Golpes	Número varas	Qa (Kpa)
0.10	39	1	42
0.20	35	1	399
0.30	120	1	1367
0.40	Nega		
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
4.70			
4.80			
4.90			
5.00			





**MULTIAMBIENTE**  
*Técnicos de Ambiente e Geologia Lda.*

**ENSAIO COM  
PENETRÓMETRO  
DINÂMICO MÉDIO**

**Cliente:** DOURO ECI - Engenharia e Gestão do Ciclo da Água, Lda.

**Sondagem:** S02

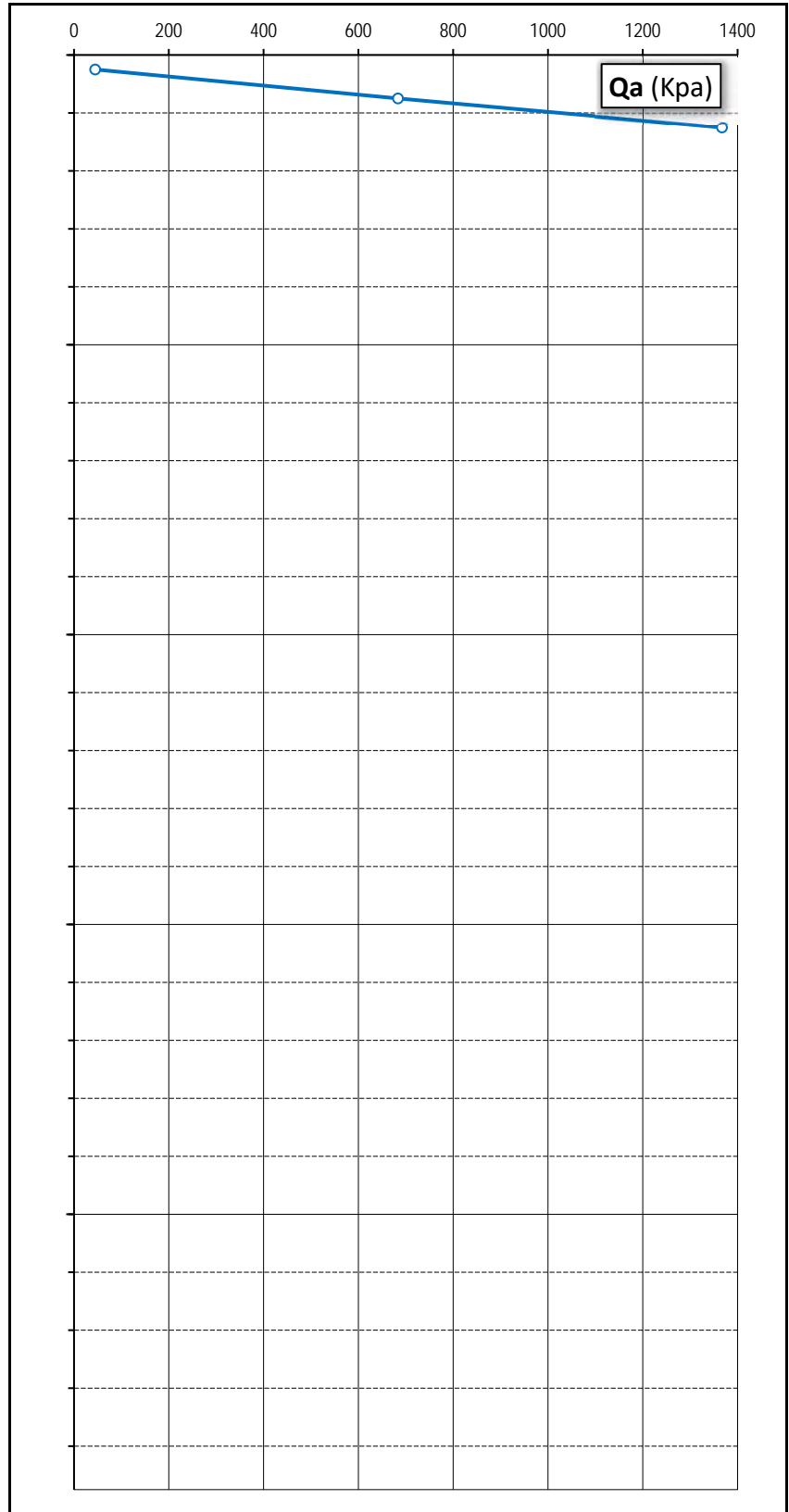
**Obra:** AA022-P1 – Nova Origem de Abastecimento a Baião

**Data:** Maio 2020

**Local:** Margem da Abufeira do Carrapateiro - Baião

**Equipamento:** DPM 30-20

Prof. (m)	Número Golpes	Número varas	Qa (Kpa)
0.10	42	1	45
0.20	60	1	684
0.30	120	1	1367
0.40	Nega		
0.50			
0.60			
0.70			
0.80			
0.90			
1.00			
1.10			
1.20			
1.30			
1.40			
1.50			
1.60			
1.70			
1.80			
1.90			
2.00			
2.10			
2.20			
2.30			
2.40			
2.50			
2.60			
2.70			
2.80			
2.90			
3.00			
3.10			
3.20			
3.30			
3.40			
3.50			
3.60			
3.70			
3.80			
3.90			
4.00			
4.10			
4.20			
4.30			
4.40			
4.50			
4.60			
4.70			
4.80			
4.90			
5.00			



## **Anexo II – Mapa de Quantidades**



E000

artigo	designação					unidade	quantidade
<b>1</b>	<b>Movimento de terras</b>						
<b>1.1</b>	<b>Abertura de caboucos</b>						
1.1.1						m3	6,0
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
S1		2		1,00	1,00	1,00	2,00
S2		2		1,40	1,40	1,00	3,92
<b>1.1</b>	<b>Aterros</b>						
1.1.1						m3	120,0
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
Sob SC1		1		15,40	1,90	2,10	61,45
<b>1.1</b>	<b>Muros exteriores</b>						
1.1.1						m3	58,5
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
MSE 1		1		2,00	2,00	1,00	4,00
MSE 2		1		22,70	2,40	1,00	54,48

E000

artigo	designação				unidade	quantidade	
<b>2</b>	<b>Betões</b>						
<b>2.1</b>	<b>Betão de limpeza</b>						
2.1.1	Com 10 cm de espessura				m <sup>2</sup>	249,1	
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
	LM1	1		9,85	15,40	--	151,69
	SC1	1		33,00	1,00	--	33,00
	S1	2		1,00	1,00	--	2,00
	S2	2		1,40	1,40	--	3,92
	MSE 1	1		2,00	2,00	--	4,00
	MSE 2	1		22,70	2,40	--	54,48
2.2.2	Enchimentos				m <sup>3</sup>	0,0	
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
	laje de fundo			--			0,00
<b>2.5</b>	<b>Betão Aço e Cofragem</b>						
	<b>C30/37 - A400NR</b>						
2.5.1	Ensoleiramento				m <sup>3</sup>	68,1	
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
	LM1	1		9,70	15,40	0,40	59,75
	cx	2		4,00	2,60	0,40	8,32
2.5.7	Pilares				m <sup>3</sup>	1,4	
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
	P1	2		0,25	0,25	4,20	0,53
	P2	2		0,25	0,40	4,20	0,84
2.5.8	Sapatas				m <sup>3</sup>	30,8	
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
	S1	2		1,00	1,00	0,40	0,80
	S2	2		1,40	1,40	0,40	1,57
2.5.8	Sapatas corridas				m <sup>3</sup>	14,2	
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
	SC1	1		33,00	1,00	0,40	13,20
		2		3,00	0,20	0,80	0,96
2.5.8	Lintéis				m <sup>3</sup>	1,4	
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
	LT1	1		13,30	0,25	0,40	1,33

E000

artigo	designação					unidade	quantidade
2.5.9	Vigas					m <sup>3</sup>	5,4
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
V1		1		24,70	0,20	0,75	3,71
V2		1		13,50	0,25	0,50	1,69
2.5.11	Lajes maciças		--			m <sup>3</sup>	47,5
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
LM3		1		55,50	1,00	0,20	11,10
LM2		1		9,90	14,90	0,25	36,88
		-2		0,90	0,90	0,25	-0,41
		-2		0,28	1,00	0,25	-0,14
2.5.15	Paredes					m <sup>3</sup>	106,0
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
PAR 1		2		9,30	0,30	4,30	23,99
		2		9,30	0,05	1,00	0,84
		2		1,50	0,30	2,20	1,98
PAR 2		1		9,30	0,30	4,30	12,00
		2		9,30	0,05	1,00	0,84
PAR 3		1		14,30	0,30	4,30	18,45
		1		14,30	0,05	1,00	0,64
PAR 4		1		14,30	0,30	6,90	29,60
		1		14,30	0,05	1,00	0,64
PAR 5		2		5,70	0,20	3,82	8,71
PAR 6		2		3,75	0,25	4,40	8,25
2.5.16	Sapatas de Muros exteriores		--			m <sup>3</sup>	25,8
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
MSE 1		1		2,00	2,00	0,30	1,20
MSE 2		1		22,70	2,40	0,45	24,52
2.5.16	Paredes de Muros exteriores					m <sup>3</sup>	25,1
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
MSE 1		1		5,56	1,00	0,30	1,67
MSE 2		1		78,00	1,00	0,30	23,40
2.5.16	Betão simples					m <sup>3</sup>	1,2
		Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
Fosso		2		1,50	1,00	0,40	1,20

E000

artigo	designação					unidade	quantidade
2.5.16	Pavimento terreo		--			m2	51,0
	PVT	Pi	Área	Comprimento	Largura	Altura	Parciais
		1		51,00	1,00	1,00	51,00

## **Anexos III – Estimativa Orçamental**



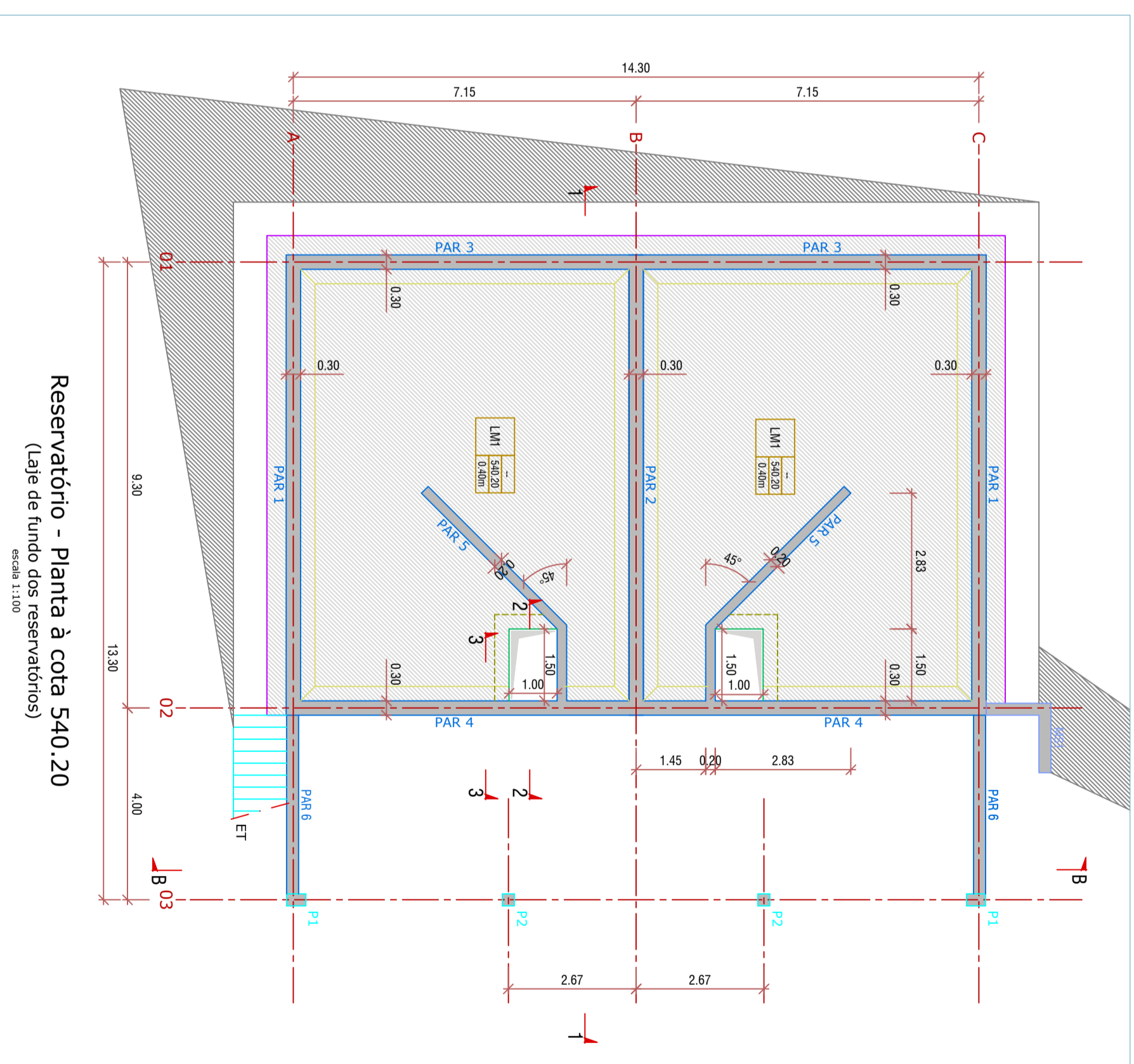
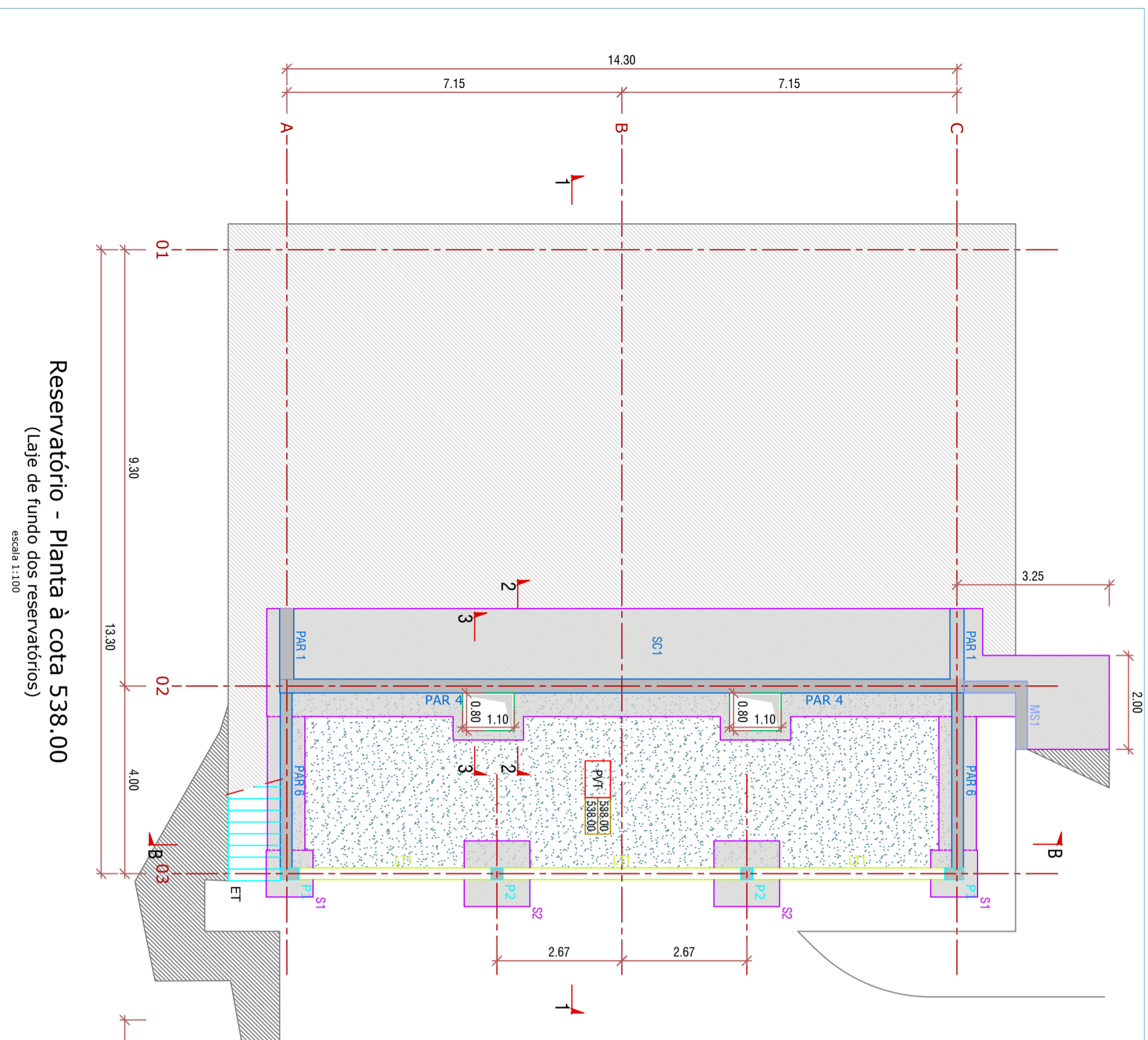
## ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

<b>1</b>	<b>CONSTRUÇÃO CIVIL</b>				
<b>1.1</b>	<b>RESERVATÓRIO</b>				
<b>1.1.1</b>	<b>MOVIMENTO DE TERRAS</b>				
1.1.1.1	Escavação para implantação do reservatório, incluindo entivação, rebaixamento do nível freático, se necessário, e remoção dos produtos escavados.	605,50			
	Em terra (30%)	181,65	M3	4,00 €	726,60 €
	Em rocha branda (20%)	121,10	M3	6,00 €	726,60 €
	Em rocha dura (50%)	302,75	M3	10,00 €	3 027,50 €
1.1.1.2	Transporte e depósito dos excedentes, incluindo carga, transporte e depósito dos volumes sobranes.	605,50	m3	6,00 €	3 633,00 €
1.1.1.3	Aterros controlados muito bem compactados com materiais isentos de finos, por camadas não excedendo os 20cm de espessura, compactação a 98% do proctor modificado, cumprindo as regras de execução da IP				
	Sobre SC1	120,00	m3	20,00 €	2 400,00 €
1.1.1.4	Escavação para a abertura de caboucos, no tipo de terreno reconhecido no estudo geotécnico, incluindo entivações se necessário, eventuais bombagens de água e transporte de terras sobranes a vazadouro e aterros, conforme peças desenhadas.				
	S1	2,00	m3	10,00 €	20,00 €
	S2	3,90	m3	10,00 €	39,00 €
	MSE 1	4,00	m3	10,00 €	40,00 €
	MSE 2	54,50	m3	10,00 €	545,00 €
<b>1.1.2</b>	<b>ESTRUTURAS</b>				
1.1.2.1	Betão de limpeza do tipo C12/15-XC0, em camadas de regularização de fundações com 0.10 m de espessura.				
	LM1	152,00	m2	10,00 €	1 520,00 €
	SC1	33,00	m2	10,00 €	330,00 €
	S1	2,00	m2	10,00 €	20,00 €
	S2	3,90	m2	10,00 €	39,00 €
	MSE 1	4,00	m2	10,00 €	40,00 €
	MSE 2	54,50	m2	10,00 €	545,00 €
1.1.2.2	Betão armado do tipo C30/37 XC4, incluindo armadura em aço A400NR, cofragem e escoramento, pronto para receber acabamento.				
	<b>Laje de fundo</b>				
	LM1	68,10	m3	300,00 €	20 430,00 €
	<b>Paredes</b>				
	PAR 1	26,80		450,00 €	12 060,00 €
	PAR 2	12,83		450,00 €	5 773,50 €
	PAR 3	19,09		450,00 €	8 590,50 €
	PAR 4	30,27		450,00 €	13 621,50 €
	PAR 5	8,71		450,00 €	3 919,50 €
	PAR 6	8,25		450,00 €	3 712,50 €
	<b>Laje de cobertura</b>				
	LM2	36,33	m3	400,00 €	14 532,00 €
1.1.2.3	Betão armado do tipo C30/37 XC2, incluindo armadura em aço A400NR, cofragem e escoramento, pronto para receber acabamento.				
	<b>Lintéis</b>				
	LT1	7,70	m3	400,00 €	3 080,00 €
	<b>Sapatas isoladas</b>				
	S1	0,80	m3	350,00 €	280,00 €
	S2	1,57	m3	350,00 €	549,50 €
	<b>Sapatas corridas</b>				
	SC1	14,20	m3	350,00 €	4 970,00 €
	<b>Pilares</b>				
	P1	0,53	m3	500,00 €	265,00 €
	P2	0,84	m3	500,00 €	420,00 €
	<b>Vigas</b>				
	V1	3,80	m3	450,00 €	1 710,00 €

	V2	1,70	m3	450,00 €	765,00 €
	<b>Lajes maciças</b>				
	LM3	11,10	m3	400,00 €	4 440,00 €
	<b>Sapatas de Muros Exteriores</b>				
	MSE 1	1,20	m3	350,00 €	420,00 €
	MSE 2	24,50	m3	350,00 €	8 575,00 €
	<b>Paredes de Muros Exteriores</b>				
	MSE 1	1,70	m3	400,00 €	680,00 €
	MSE 2	23,40	m3	400,00 €	9 360,00 €
1.1.2.4	Betão armado simples do tipo C20/25 XC2, para enchimentos.				
	<b>Fossos</b>	1,20	m3	250,00 €	300,00 €
1.1.2.5	Execução de Pavimento Térreo, incluindo compactação da base, geotextil, camada de granulometria extensa, filme plástico, laje de betão armado, juntas de retração realizadas a 1/4 da altura da laje, espaçadas de 5m e todos os fornecimentos e trabalhos necessários de acordo com os pormenores e C.E:				
	<b>PVT</b>	51,00	m2	50,00 €	2 550,00 €
1.1.2.6	Execução de Escada Térrea, incluindo compactação da base, betão de limpeza, laje de betão armado, e todos os fornecimentos e trabalhos necessários de acordo com os pormenores e C.E:				
	<b>ET</b>	4,50	m2	100,00 €	450,00 €
				TOTAL	135 105,70 €

## **Anexo IV – Peças Desenhadas**

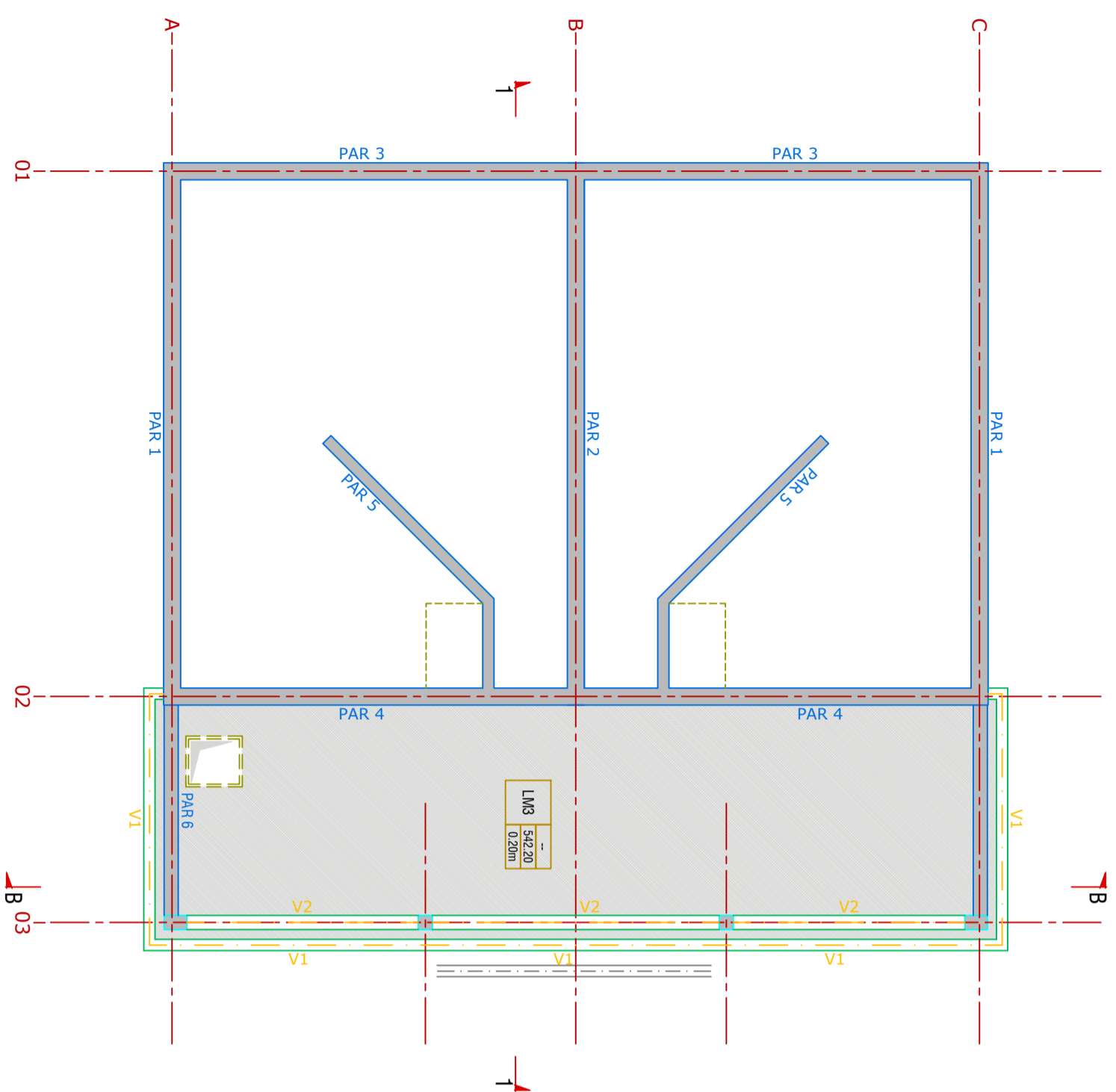




REV.	DESCRIÇÃO	DATA
0		

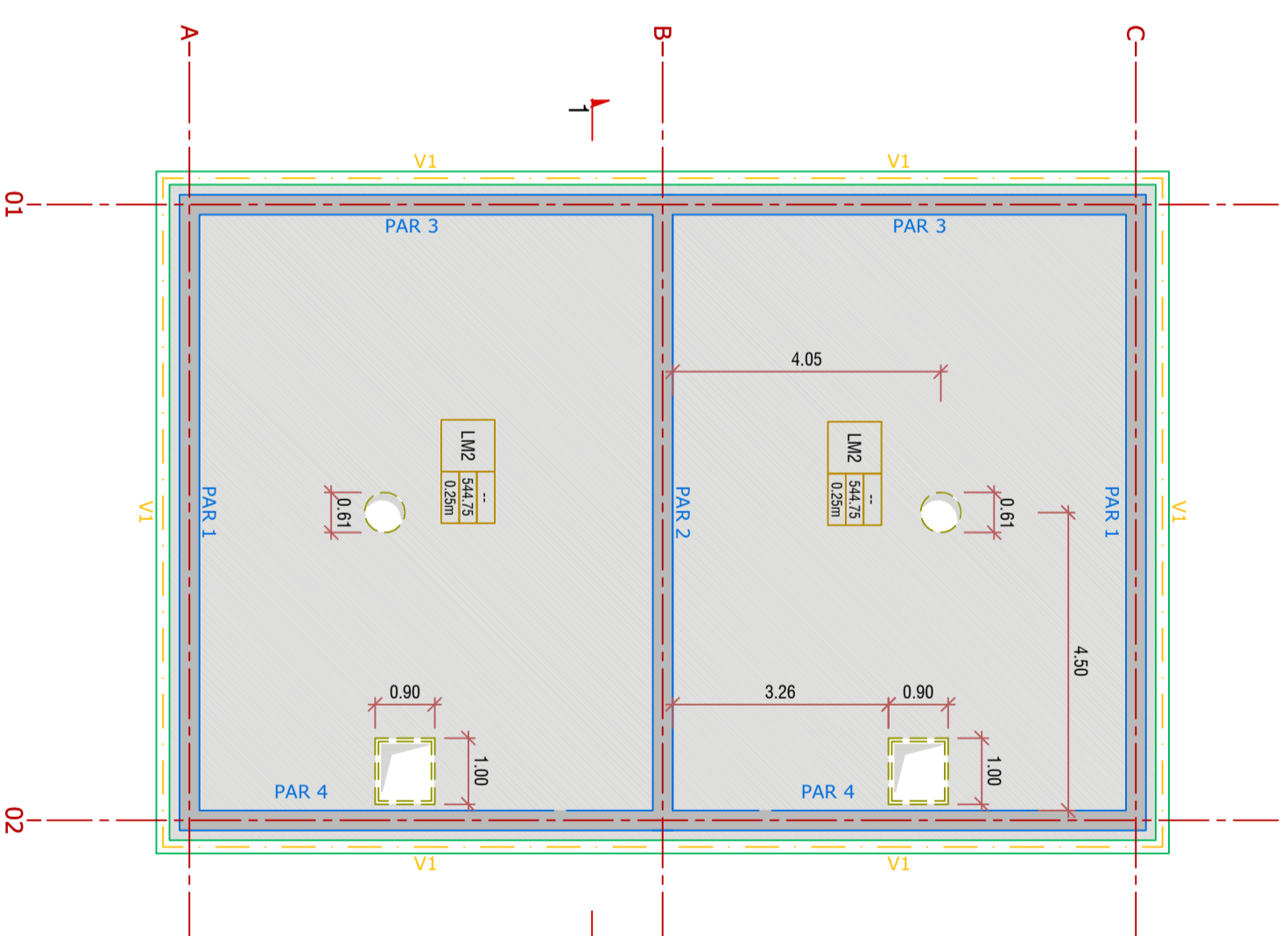
  

CLIENTE	
EMPREENDIMENTO	RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUSSADA
CÓDIGO DO PROJETISTA	
FASE	
ESPECIALIDADE	ESTRUTURAS E FUNDADAÇÕES
TÉCNICOS RESPONSÁVEIS	
TÍTULO	RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUSSADA DEFINIÇÃO DE FORMAS PLANTA À COTA 538.00 E 540.20
Nº DESENHO	ESCALA
E000.02.EST.101-R	1:100
DESENHOU	APROVOU
TIAGO SANTOS	



**Reservatório - Planta à cota 542.20**  
(Cobertura da Câmara de Manobras)

escala: 1:100



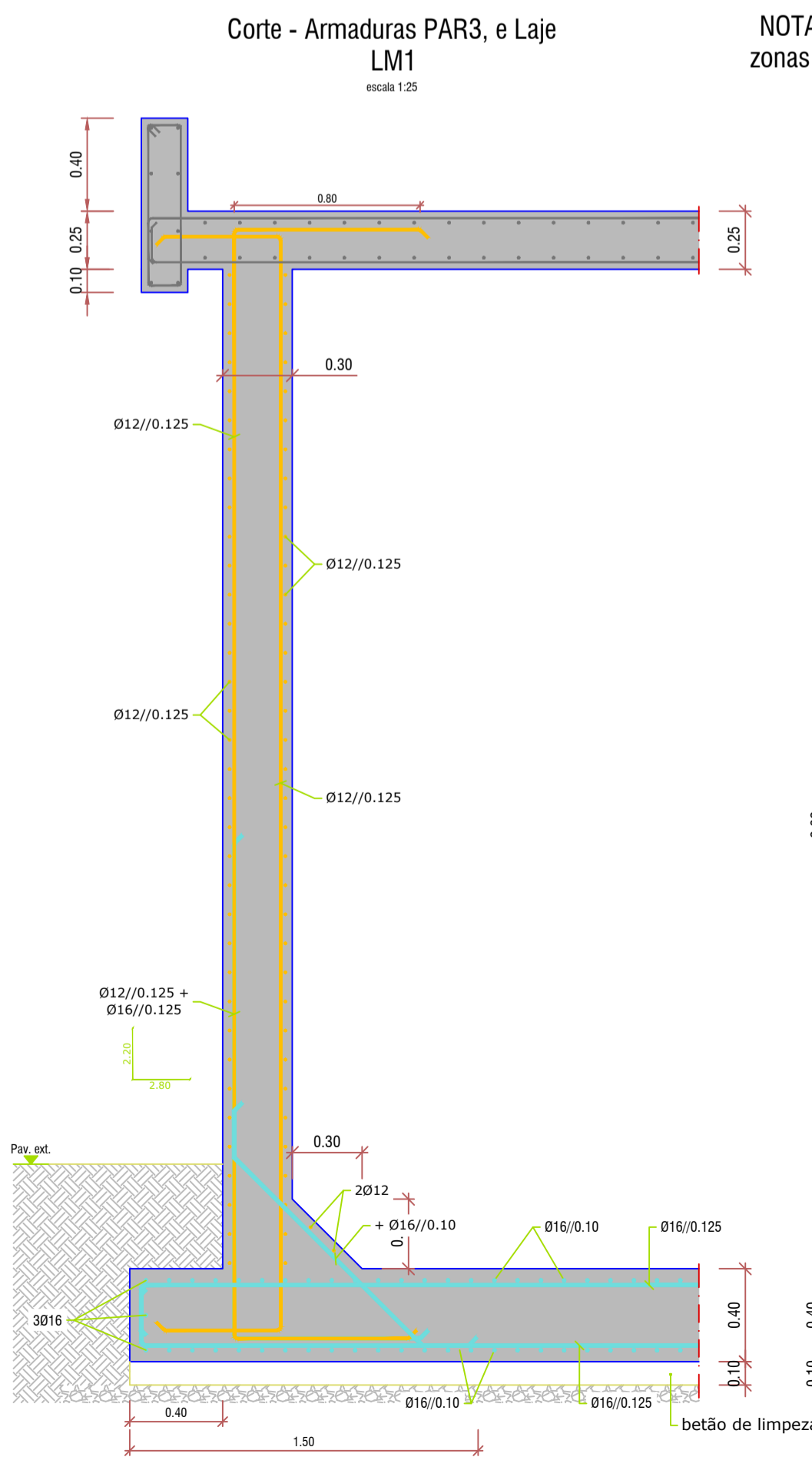
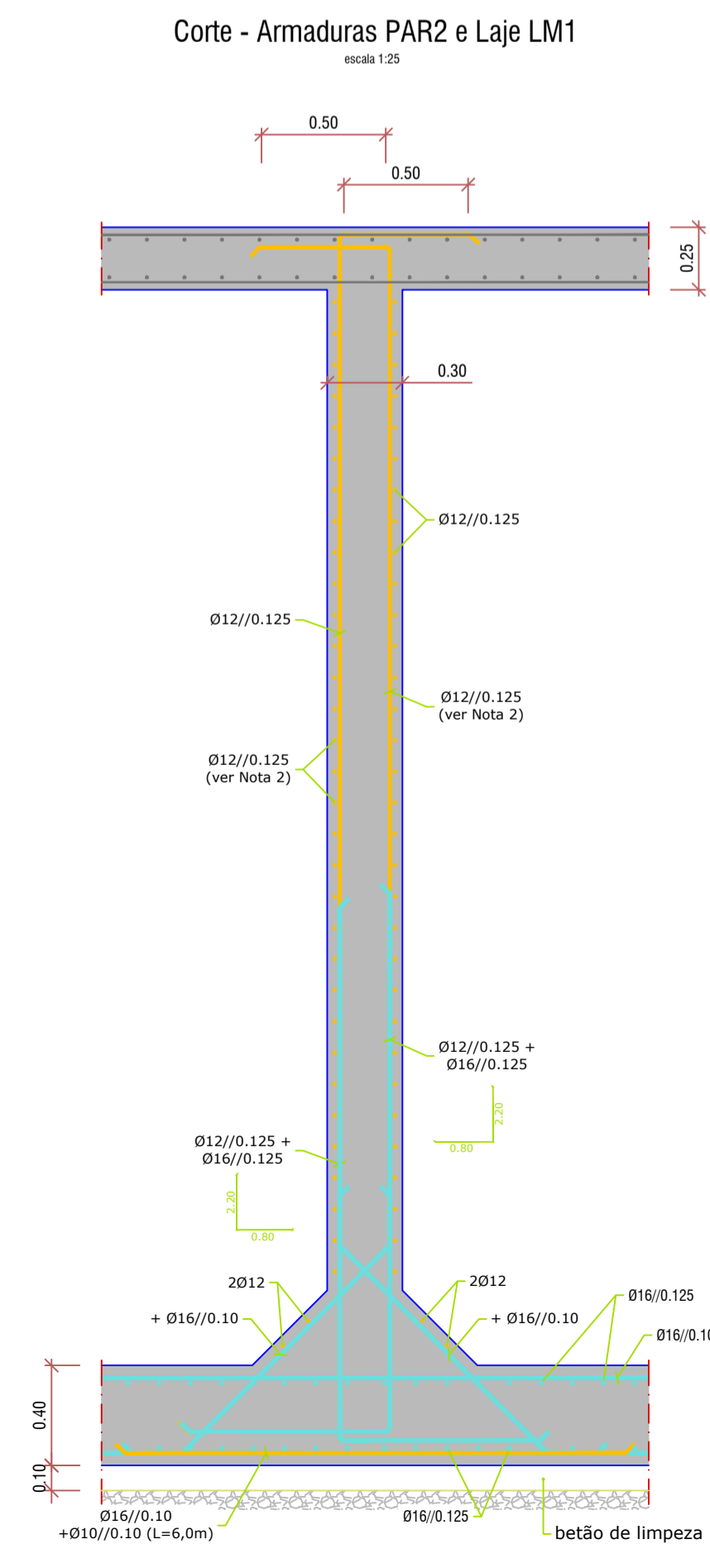
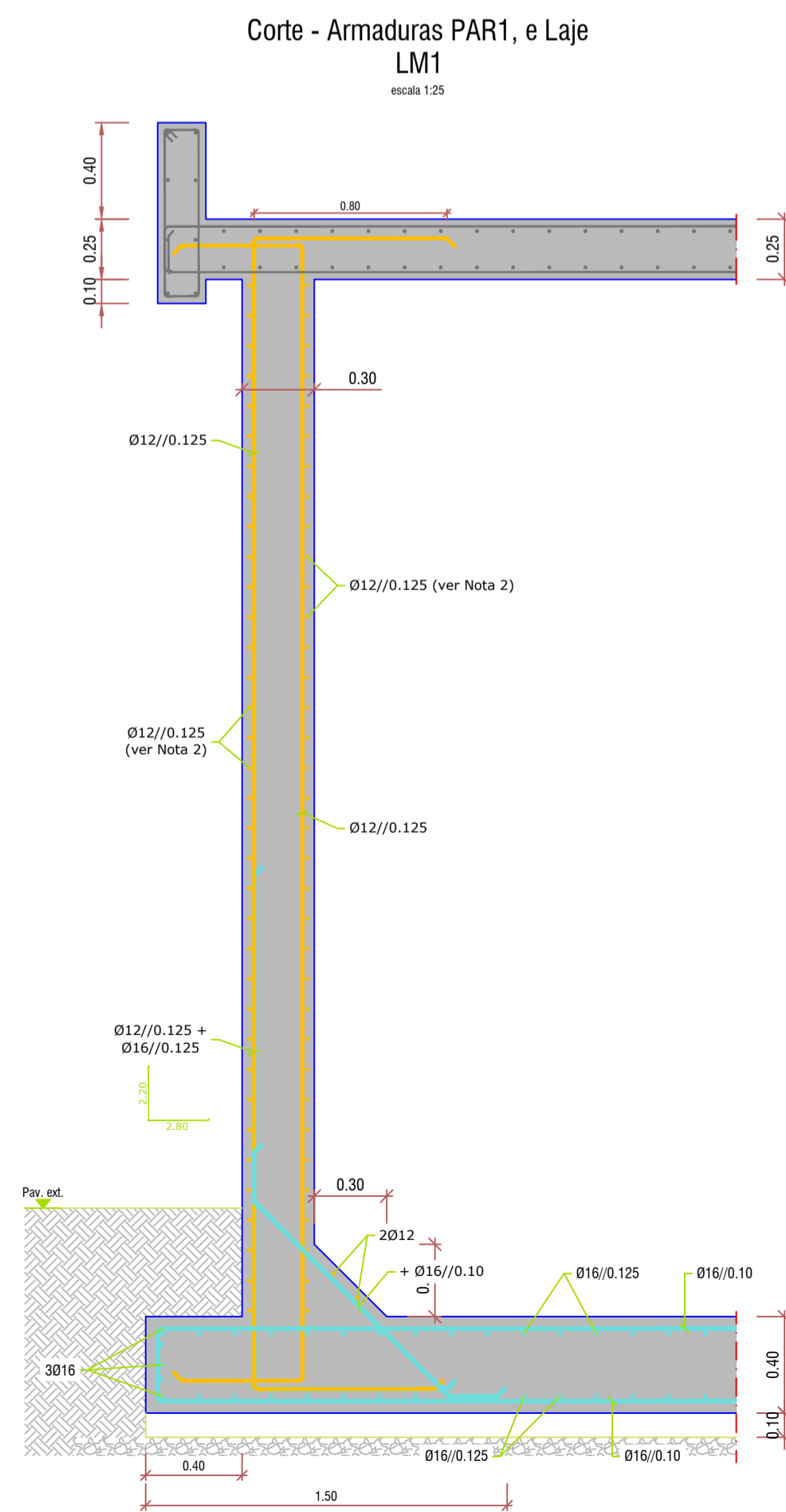
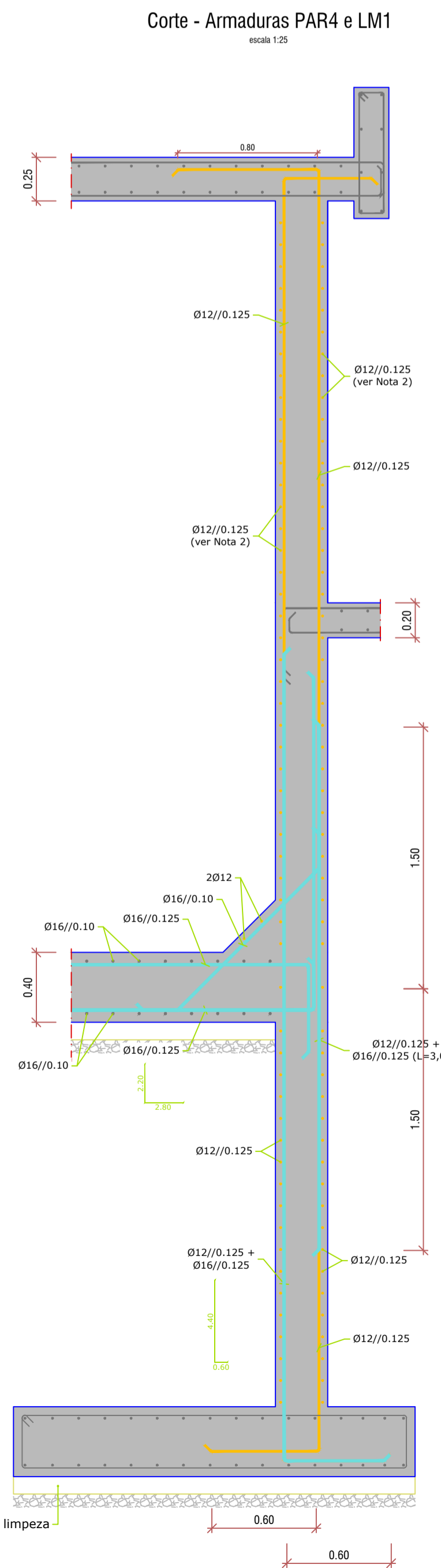
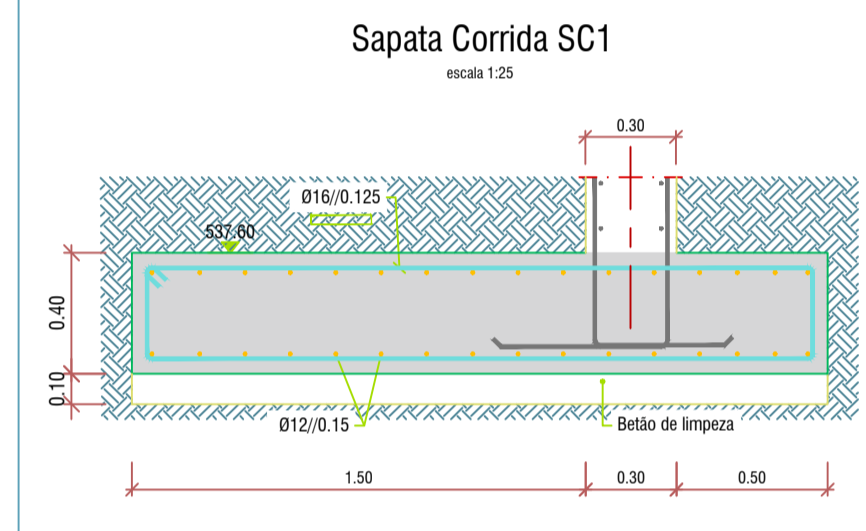
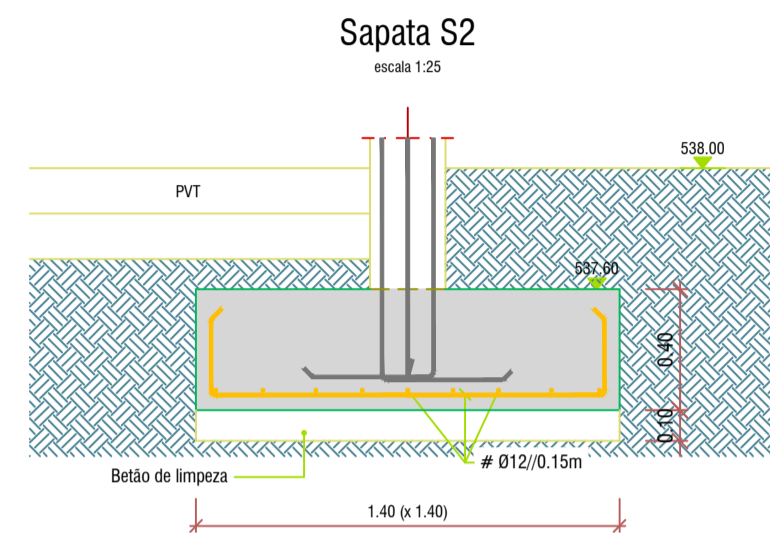
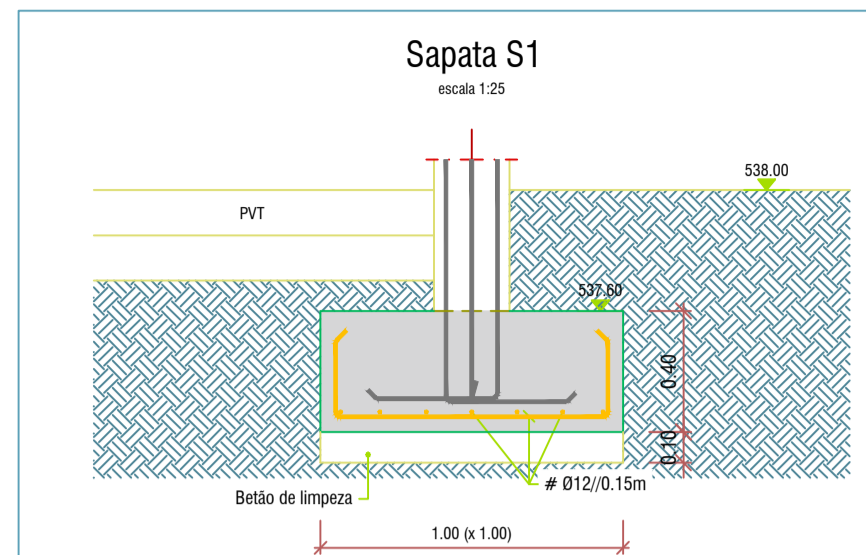
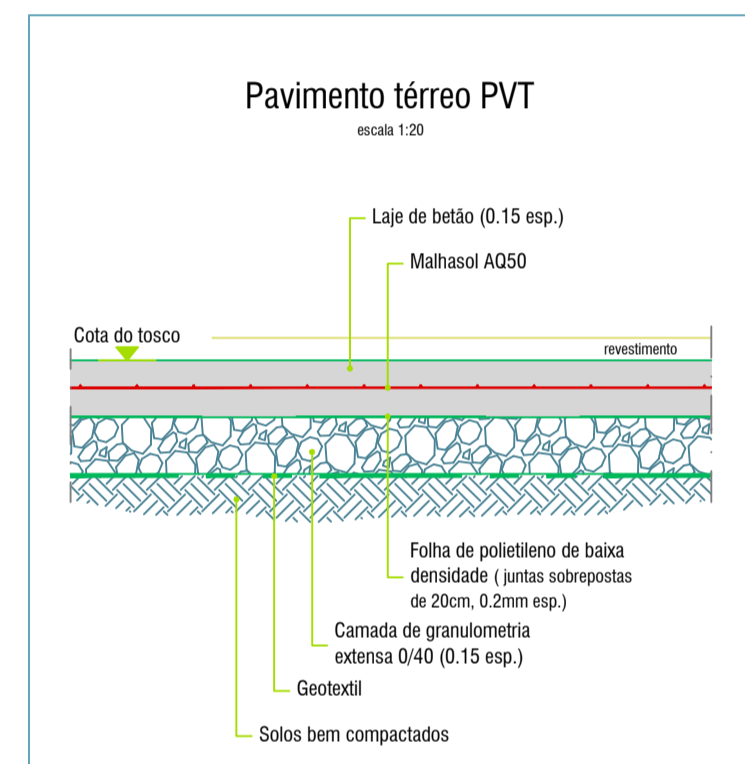
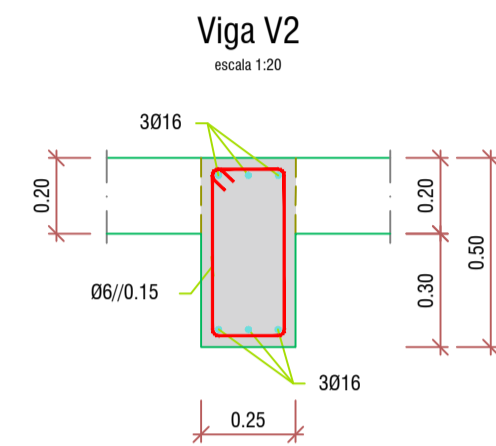
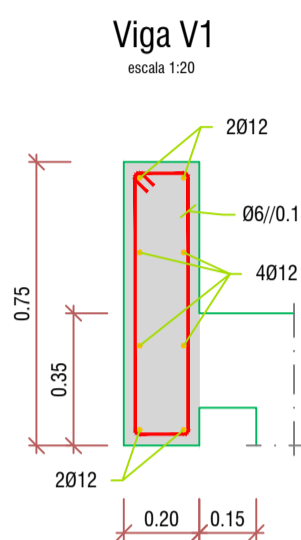
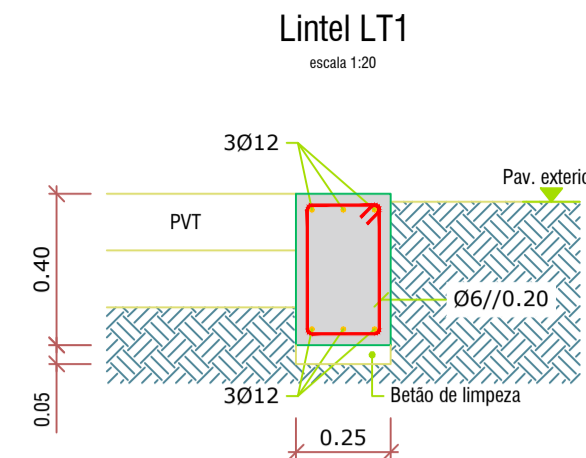
**Reservatório - Planta à cota 544.75**  
(Cobertura do Reservatório)

escala: 1:100

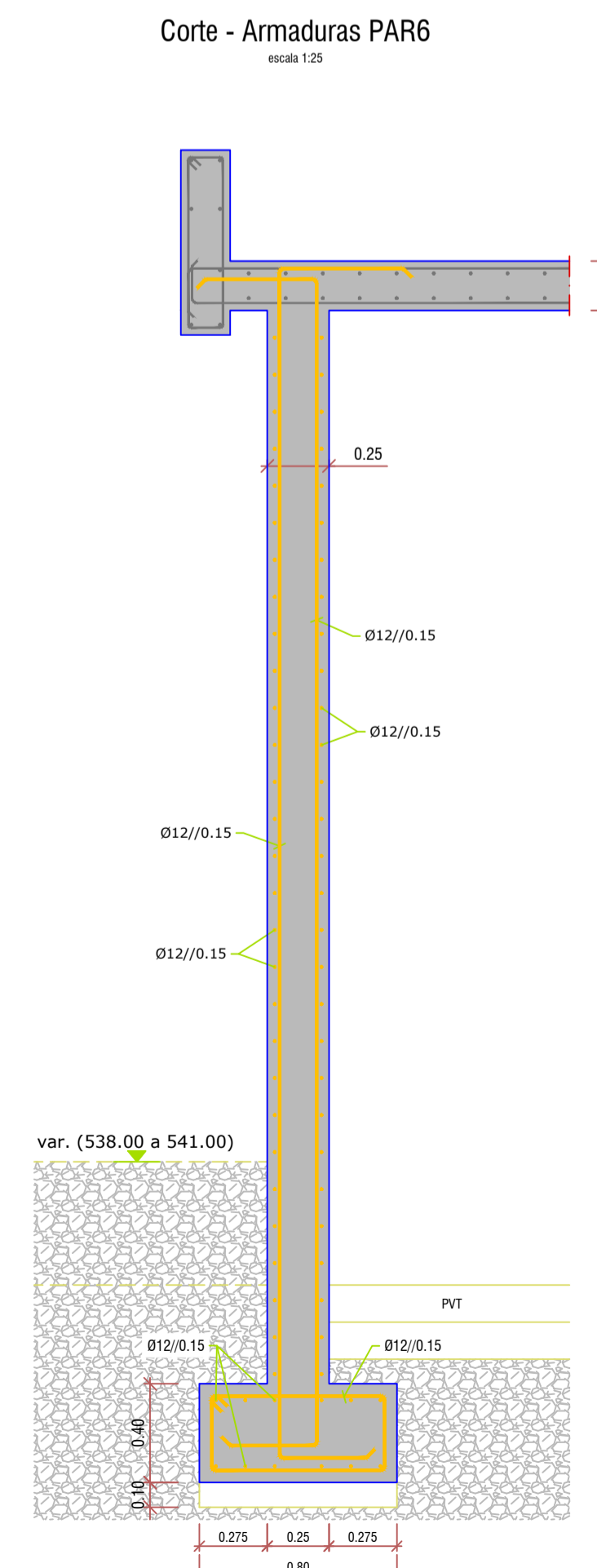
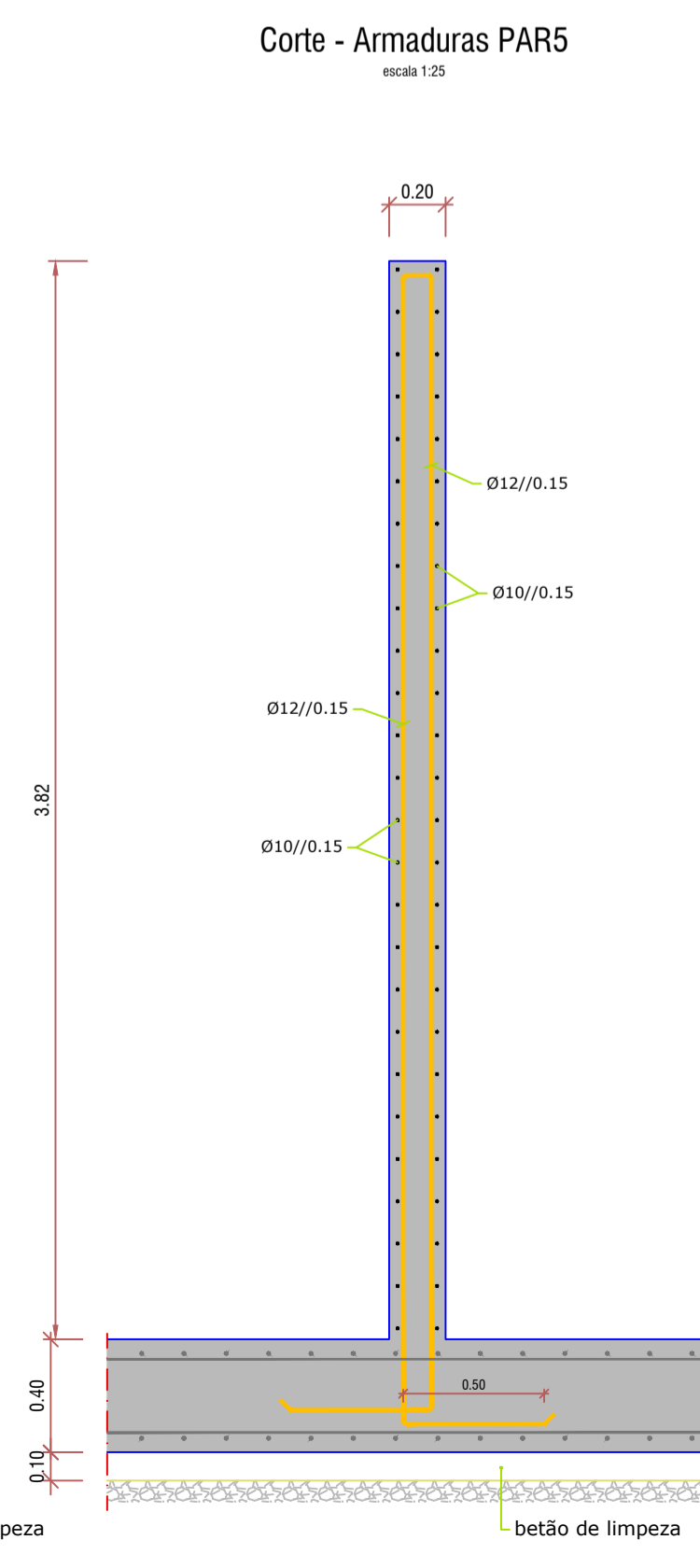
REV. DESCRIÇÃO	DATA
0	
CLIENTE	
EMPREENDIMENTO	
RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUSSADA	
CÓDIGO DO PROJETISTA	
FASE	
ESPECIALIDADE	
ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES	
TÉCNICOS RESPONSÁVEIS	
TÍTULO	
RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUSSADA	
DEFINIÇÃO DE FORMAS	
PLANTA À COTA 542.20 e 544.75	
Nº DESENHO	ESCALA
E000.02.EST.102-R	1:100
DESENHOU	APROVOU
TIAGO SANTOS	



QUADRO DE PILARES		
542.20		
	0.25 x 0.40	0.25 x 0.25
	6016	4016
	cintas Ø6/0.15m	cintas Ø6/0.15m
537.60		
Pisos	Pilar P1	Pilar P2
Pilares		



NOTA 2: Para reforço das armaduras horizontais em zonas de intersecção de paredes consultar pormenores



ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO	
[Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
Vida útil da estrutura	50 anos [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
Classe estrutural	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
Classe de inspecção	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
Tolerâncias	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1:2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO								
[Ponto 11 - NP EN 206-1:2007]								
Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor Máximo Cloratos	Máxima dim. do agregado D <sub>max</sub> [mm]	Classe de Abaixamento [consistência]	Rec. Nominal C <sub>nom</sub> [mm]	Valores limite de Composição do Betão
Regularização	NP EN206-1	C12/15	X0	CL.1.0	Dmax20	--	--	LNEC E464-2007
RESERVATÓRIO								
Lajes de fundo	NP EN206-1	C30/37	XC4	CL.0.2	Dmax20	S3	45	LNEC E464-2007
Restantes elementos	NP EN206-1	C30/37	XC4	CL.0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
CÂMARA DE MANOBRAS								
Vigas	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL.0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Pilares	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL.0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Lajes	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL.0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Restantes elementos	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL.0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006							
Espaçadores	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.							

DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS ARMADURAS							
Comprimento de Amarração (L <sub>b</sub> )	40 × Ø (armaduras inferiores - boas condições de aderência)						
	60 × Ø (outras armaduras - outras condições de aderência)						
Comprimento de Sobreposição (L <sub>s</sub> )	1,4 × L <sub>b</sub> (em cada secção não se poderão sobrepor mais de 50% de varões)						
Diâmetro mínimo de dobragem	4 × Ø (diâmetro mínimo do mandril para varões de diâmetro igual ou inferior a 16mm)						
	7 × Ø (diâmetro mínimo do mandril para varões de diâmetro superior a 16mm)						

QUADRO DE MATERIAIS - AÇO		
Armaduras passivas	A400NR	[Norma EN 10080]
Rede electrossoldada	A400EL	[Norma EN 10080]
Aço estrutural (perfis laminares)	S275 JR	[Norma EN 10025]
Aço estrutural (perfis tubulares ocos)	S275 J2H	[Norma EN 10210-1]
Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]	
Soldadura	O valor do cordão de soldadura será 0.7 da menor espessura a soldar	
	O eléctrodo de soldadura a utilizar deverá ser do tipo E.7018-G (AWS)	

NOTAS GERAIS :

- Todas as cotas deverão ser confirmadas com o proj. de Arquitectura
- O projecto apresentado deverá ser compatibilizado com os projectos das restantes especialidades.
- Antes de cada betonagem o empreiteiro deverá assegurar-se que não existem redes técnicas, courretes ou vazamentos a integrar nos elementos a betonar.
- Quando não detalhadas, todas as amarrações e emendas a executar nas armaduras ordinárias, redes electrossoldadas e armaduras pré-esforçadas devem seguir as normas em vigor, nomeadamente EC2 e REBAP.
- Todos os elementos enterrados deverão ser impermeabilizados com duas demãos cruzadas de emulsão betuminosa, do tipo "IMPERKOTE" ou equivalente.
- Cotas e medidas expressas em METROS, excepto quando indicação em contrário.
- Nas superfícies de ligação entre o betão novo e o existente, este deve ser picado e limpo antes da aplicação imediata do produto "Rugosol 2" ou equivalente, seguindo as prescrições do fabricante.
- Sempre que possível deve ser deixada uma pequena alheta entre as zonas de betão novo e o existente, por forma a evitar que eventuais fissurações se concentrem nessa zona.

NOTA 1:

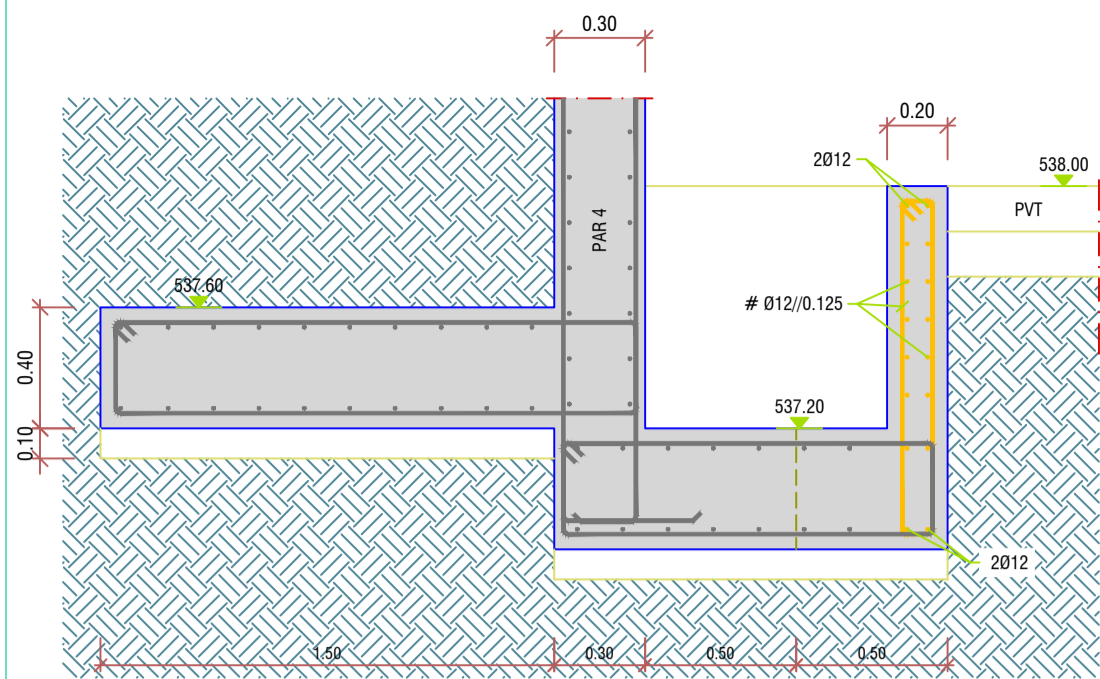
Todos os elementos de betão armado descoberto e deixado à vista, deverão ser executados com máximo de cuidado, com cofragens certificadas ou aceites pela Fiscalização, devendo ser aplicado um produto descofrante previamente aceite pela fiscalização, para evitar a aderência do betão prejudicial ao seu bom aspecto.

Nas juntas de betonagem deverá ser aplicado um produto do tipo "Rugosol 2" da Sika, ou equivalente, devendo ser seguidos todas as especificações do fabricante.

REV.	DESCRIÇÃO	DATA
0		
	CLIENTE	
	EMPREENHIMENTO	
	RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUÇADA	
	CÓDIGO DO PROJETISTA	
	FASE	
	ESPECIALIDADE	
	ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES	
	TÉCNICOS RESPONSÁVEIS	
	TÍTULO	
	RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUÇADA PORMENORES 1/2	
	Nº DESENHO	ESCALA
	E000.02.EST.104-R	1:25   1:20
	DESENHOU	APROVOU
	TIAGO SANTOS	

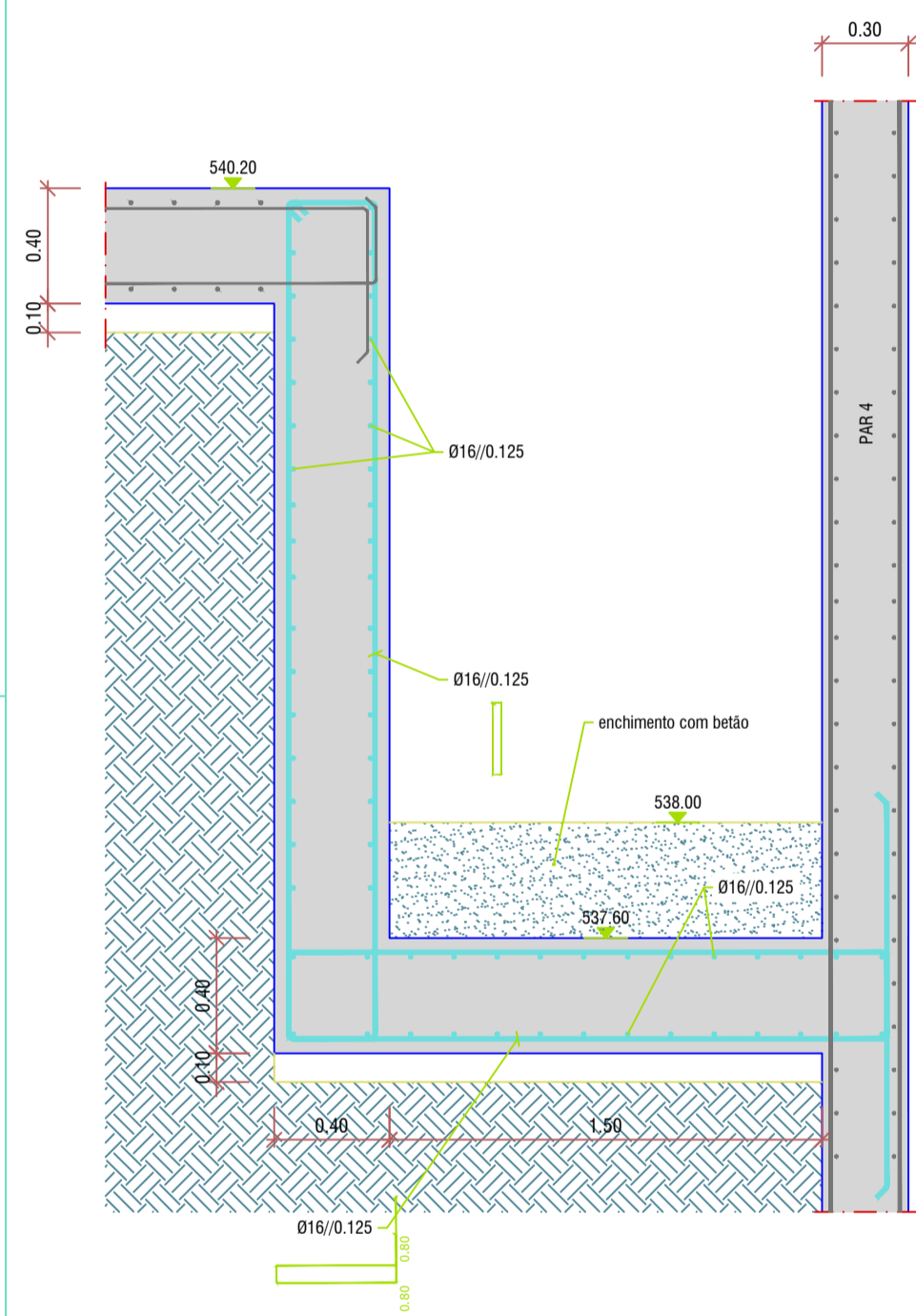
Fosso da Câmara de Manobras (Corte 3-3)

escala 1:25



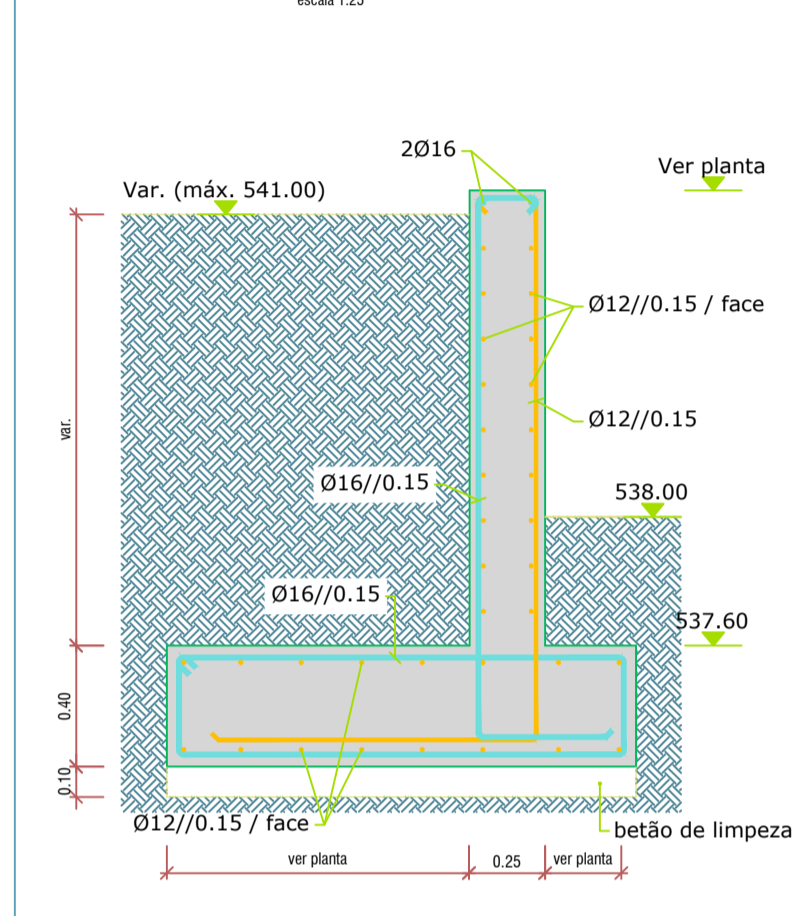
Fosso do Reservatório (Corte 2-2)

escala 1:25



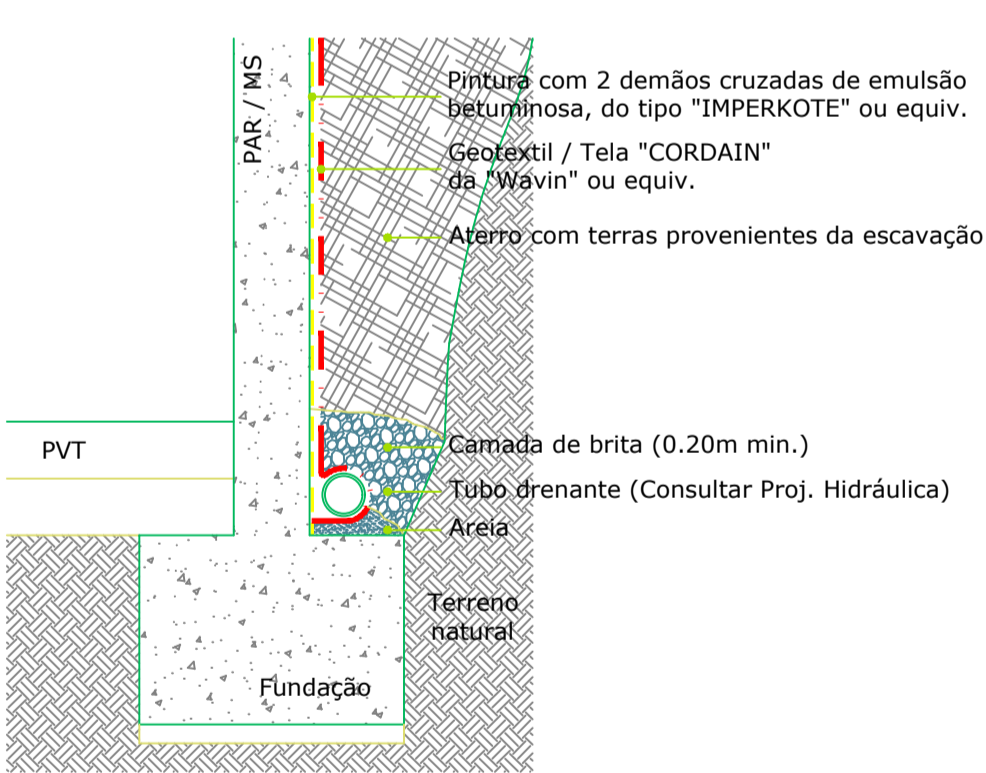
Muro MS1

escala 1:25



Esquema de drenagem das paredes / muros de suporte (ver HID)

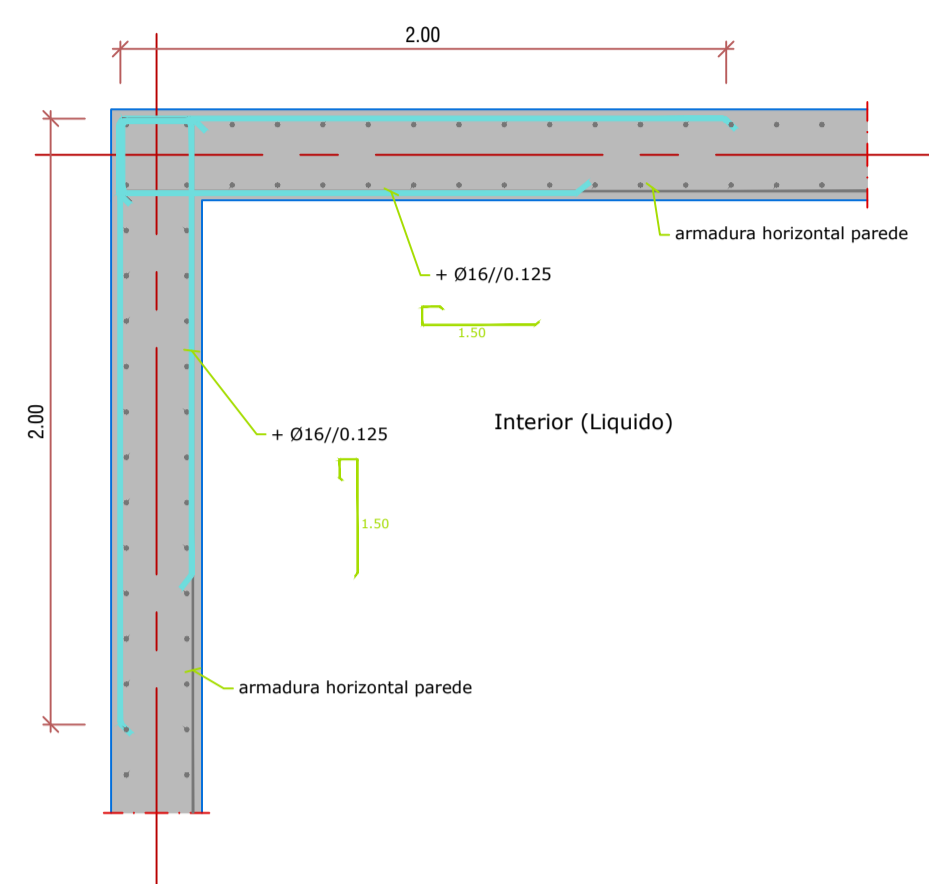
s/ escala



PORMENORS DE REFORÇO DAS ARMADURAS HORIZONTAIS NAS ZONAS DE INTERSECÇÃO DE PAREDES

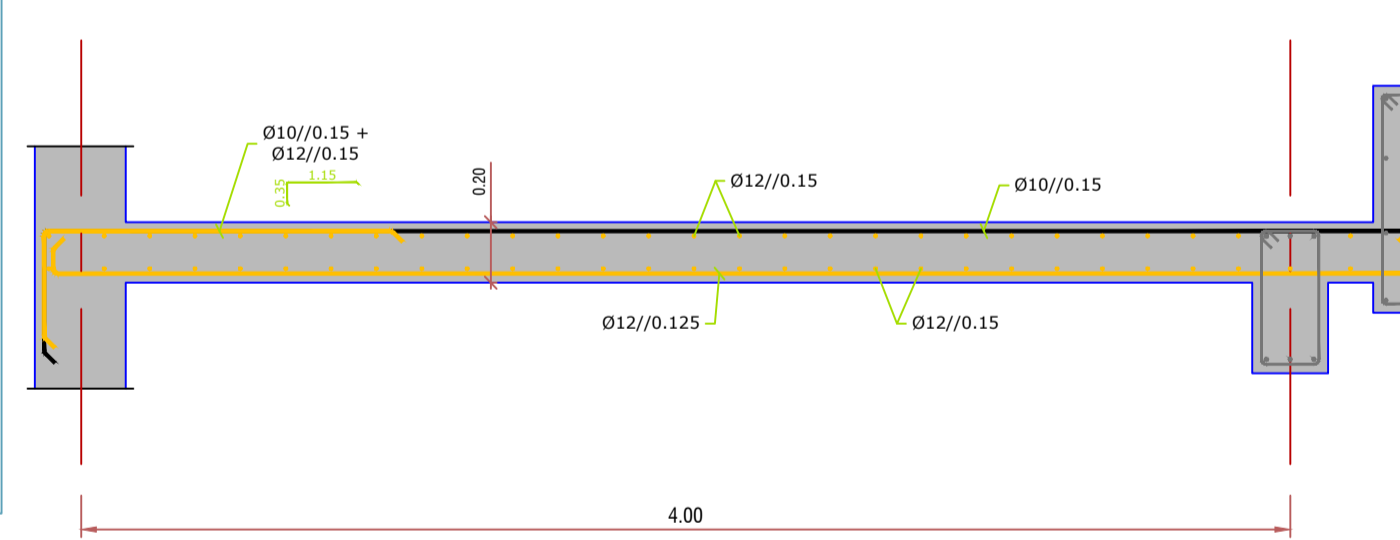
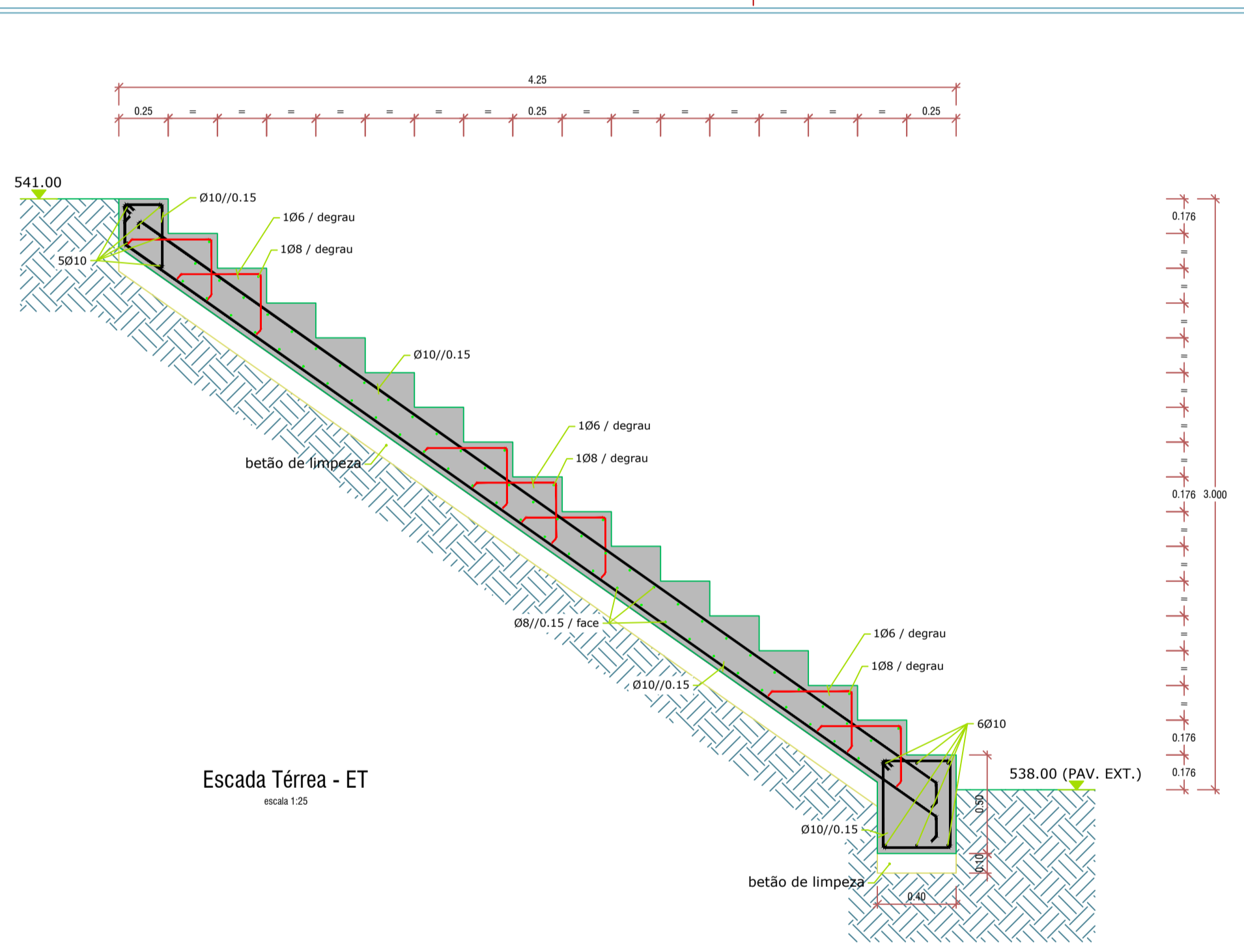
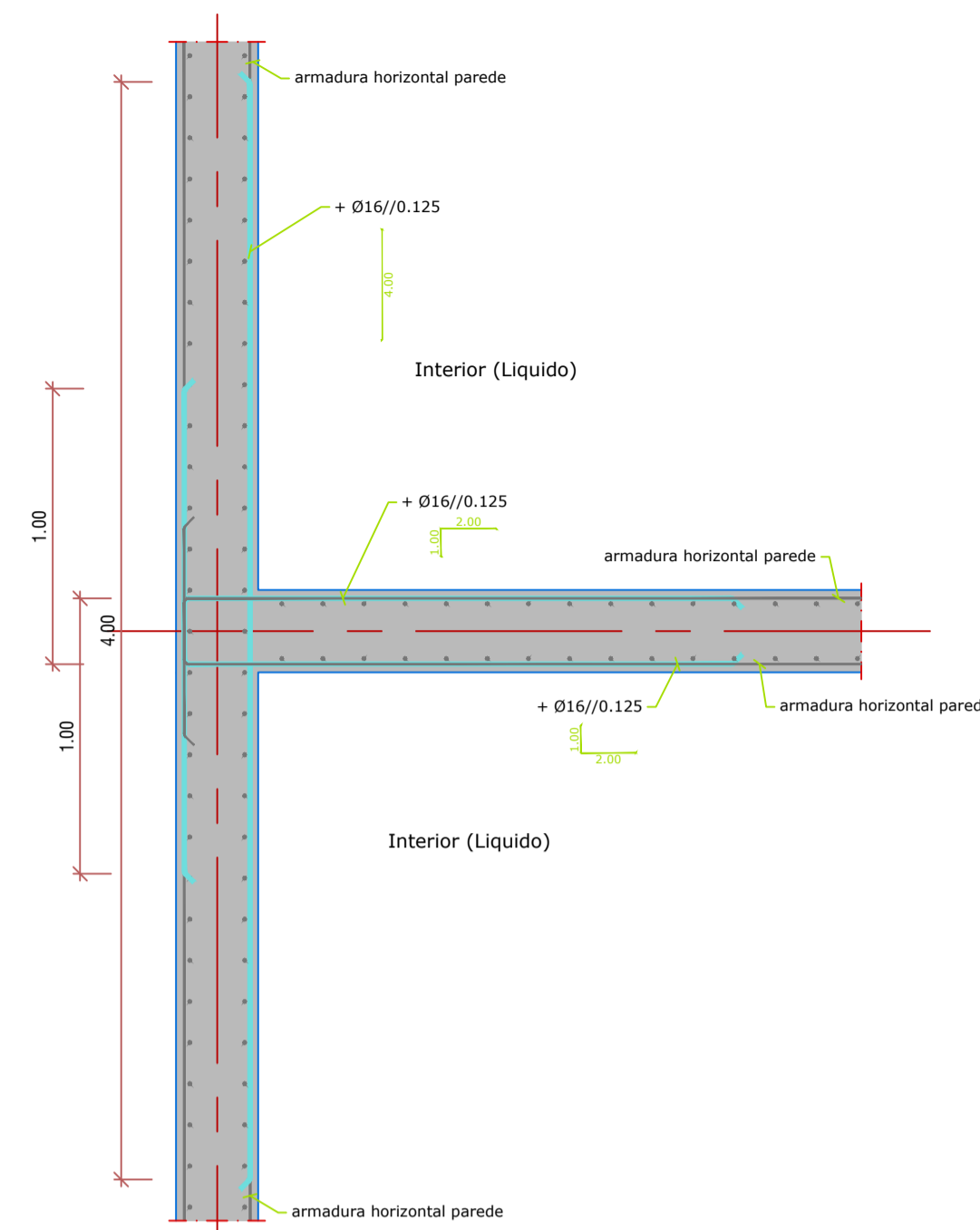
escala 1:25

i) zona dos cantos (PAR1 / PAR 3 ; PAR1 / PAR 4)



ii) zona em 'T' (PAR2 / PAR 3 ; PAR4 / PAR2)

escala 1:25



Corte - Armaduras LM3

escala 1:25

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO

[Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]

Vida útil da estrutura	50 anos [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
Classe estrutural	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
Classe de inspeção	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
Tolerâncias	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP EN 13670-1 2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO

[Ponto 11 - NP EN 206-1:2007]

Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor Máximo Cloratos	Máxima dim. do agregado D <sub>max</sub> [mm]	Classe de Abaixamento [consistência]	Rec. Nominal C <sub>nom</sub> [mm]	Valores limite de Composição do Betão
Regularização	NP EN206-1	C12/15	X0	CL1.0	Dmax20	--	--	LNEC E464-2007

RESERVATÓRIO

Lajes de fundo	NP EN206-1	C30/37	XC4	CL0.2	Dmax20	S3	45	LNEC E464-2007
Restantes elementos	NP EN206-1	C30/37	XC4	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007

CÂMARA DE MANOBRAS

Vigas	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Pilares	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Lajes	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Restantes elementos	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007

Betões	Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006							
Espaçadores	Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.							

DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS ARMADURAS

Comprimento de Amarração (L <sub>b</sub> )	40 x Ø (armaduras inferiores - boas condições de aderência)
	60 x Ø (outras armaduras - outras condições de aderência)
Comprimento de Sobreposição (L <sub>s</sub> )	1,4 x L <sub>b</sub> (em cada secção não se poderão sobrepor mais de 50% de varões)
Diâmetro mínimo de dobragem	4 x Ø (diâmetro mínimo do mandril para varões de diâmetro igual ou inferior a 16mm)
	7 x Ø (diâmetro mínimo do mandril para varões de diâmetro superior a 16mm)

QUADRO DE MATERIAIS - AÇO

Armaduras passivas	A400NR	[Norma EN 10080]
Rede electrosoldada	A400EL	[Norma EN 10080]
Aço estrutural (perfis laminares)	S275 JR	[Norma EN 10025]
Aço estrutural (perfis tubulares ocos)	S275 J2H	[Norma EN 10210-1]

Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]
Soldadura	O valor do cordão de soldadura será 0,7 da menor espessura a soldar O eléctrodo de soldadura a utilizar deverá ser do tipo E.7018-G (AWS)

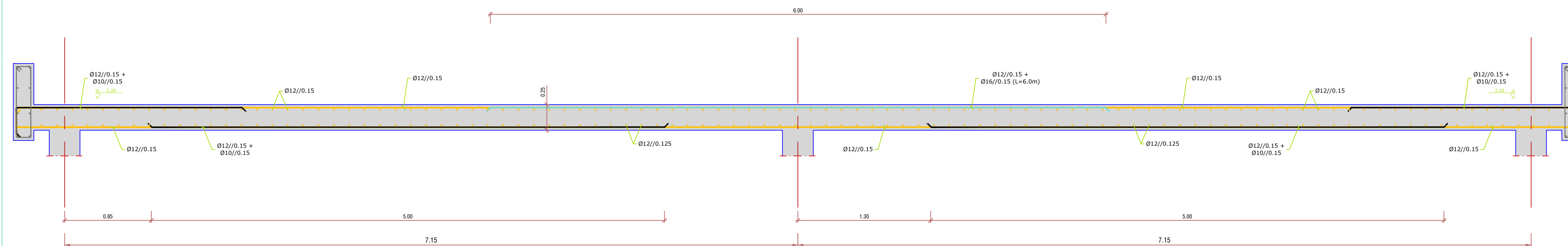
NOTAS GERAIS :

- Todas as cotas deverão ser confirmadas com o proj. de Arquitectura
- O projecto apresentado deverá ser compatibilizado com os projectos das restantes especialidades.
- Antes de cada betonagem o empreiteiro deverá assegurar-se que não existem redes técnicas, courretes ou vazamentos a integrar nos elementos a betonar.
- Quando não detalhadas, todas as amarrações e emendas a executar nas armaduras ordinárias, redes electrosoldadas e armaduras pré-esforçadas devem seguir as normas em vigor, nomeadamente EC2 e REBAP.
- Todos os elementos enterrados deverão ser impermeabilizados com duas demãos cruzadas de emulsão betuminosa, do tipo "IMPERKOTE" ou equivalente.
- Cotas e medidas expressas em METROS, excepto quando indicação em contrário.
- Nas superfícies de ligação entre o betão novo e o existente, este deve ser picado e limpo antes da aplicação imediata do produto "Rugosol 2" ou equivalente, seguindo as prescrições do fabricante.
- Sempre que possível deve ser deixada uma pequena alheta entre as zonas de betão novo e o existente, por forma a evitar que eventuais fissurações se concentrem nessa zona.

NOTA 1:

Todos os elementos de betão armado descoberto e deixado à vista, deverão ser executados com máximo de cuidado, com cofragens certificadas ou aceites pela Fiscalização, devendo ser aplicado um produto descofrante previamente aceite pela fiscalização, para evitar a aderência do betão prejudicial ao seu bom aspecto.

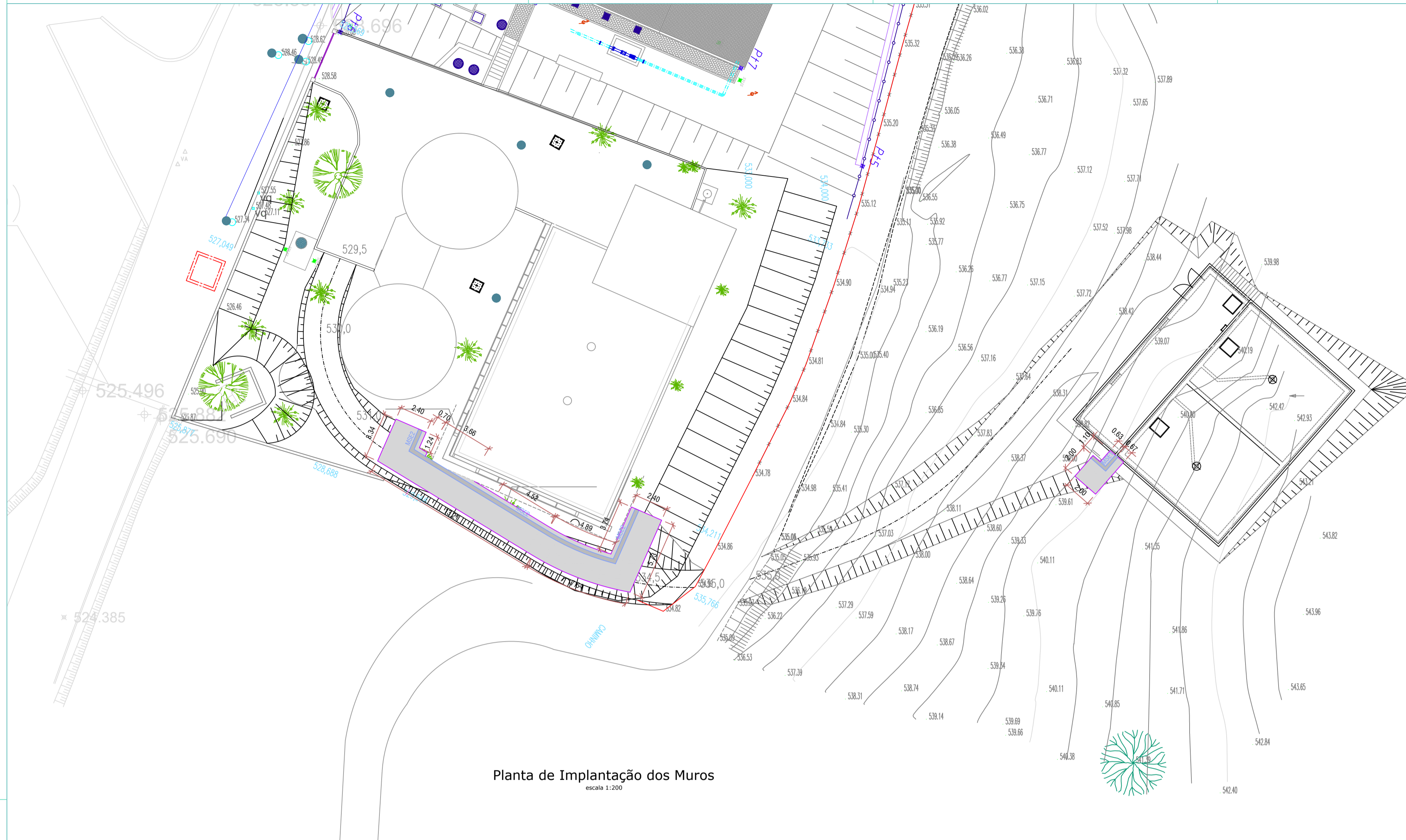
Nas juntas de betonagem deverá ser aplicado um produto do tipo "Rugosol 2" da Sika, ou equivalente, devendo ser seguidos todas as especificações do fabricante.



Corte - Armaduras LM2

escala 1:25

REV.	DESCRIÇÃO	DATA
0		
	CLIENTE	
	EMPREENHIMENTO	RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUSADA
	CÓDIGO DO PROJETISTA	
	FASE	
	ESPECIALIDADE	ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES
	TÉCNICOS RESPONSÁVEIS	
	TÍTULO	RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUSADA PORMENORES 2/2
	Nº DESENHO	ESCALA
	E000.02.EST.105-R	1:25
	DESENHOU	APROVOU
	TIAGO SANTOS	



Planta de Implantação dos Muros  
escala 1:200

ESPECIFICAÇÕES DE PROJECTO [Eurocódigo 2 - ENV 1992-1-1]	
Vida útil da estrutura	50 anos [Artigo 4º - DL301/2007, DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
Classe estrutural	CLASSE 4 [DNA 5.3.1 da NP EN 206-1:2007]
Classe de inspeção	CLASSE 2 [ANEXO G - NP ENV 13670-1:2007]
Tolerâncias	Tolerâncias geométricas de acordo com o Ponto 10, da NP ENV 13670-1:2007

QUADRO DE MATERIAIS - BETÃO DE COMPORTAMENTO ESPECIFICADO [Ponto 11 - NP EN 206-1:2007]								
Elemento Estrutural	Referência Normativa	Classe de Resistência	Exposição Ambiental	Teor Máximo Cloratos	Máxima dim. do agregado D <sub>max</sub> [mm]	Classe de Abaixamento [consistência]	Rec. Nominal Cnom [mm]	Valores limite de Composição do Betão
Regularização	NP EN206-1	C12/15	X0	CL1.0	Dmax20	--	--	LNEC E464-2007

RESERVATÓRIO								
Lajes de fundo	NP EN206-1	C30/37	XC4	CL0.2	Dmax20	S3	45	LNEC E464-2007
Restantes elementos	NP EN206-1	C30/37	XC4	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007

CÂMARA DE MANOBRAS								
Vigas	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Pilares	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Lajes	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007
Restantes elementos	NP EN206-1	C30/37	XC2	CL0.2	Dmax20	S3	30	LNEC E464-2007

Betões Deverão ser cumpridas as especificações LNEC E461-2007, E464-2007, E465-2007, E467-2006  
Espaçoadores Deverão ser cumpridas todas as especificações da E469-2006, não sendo permitido o uso de espaçadores plásticos.

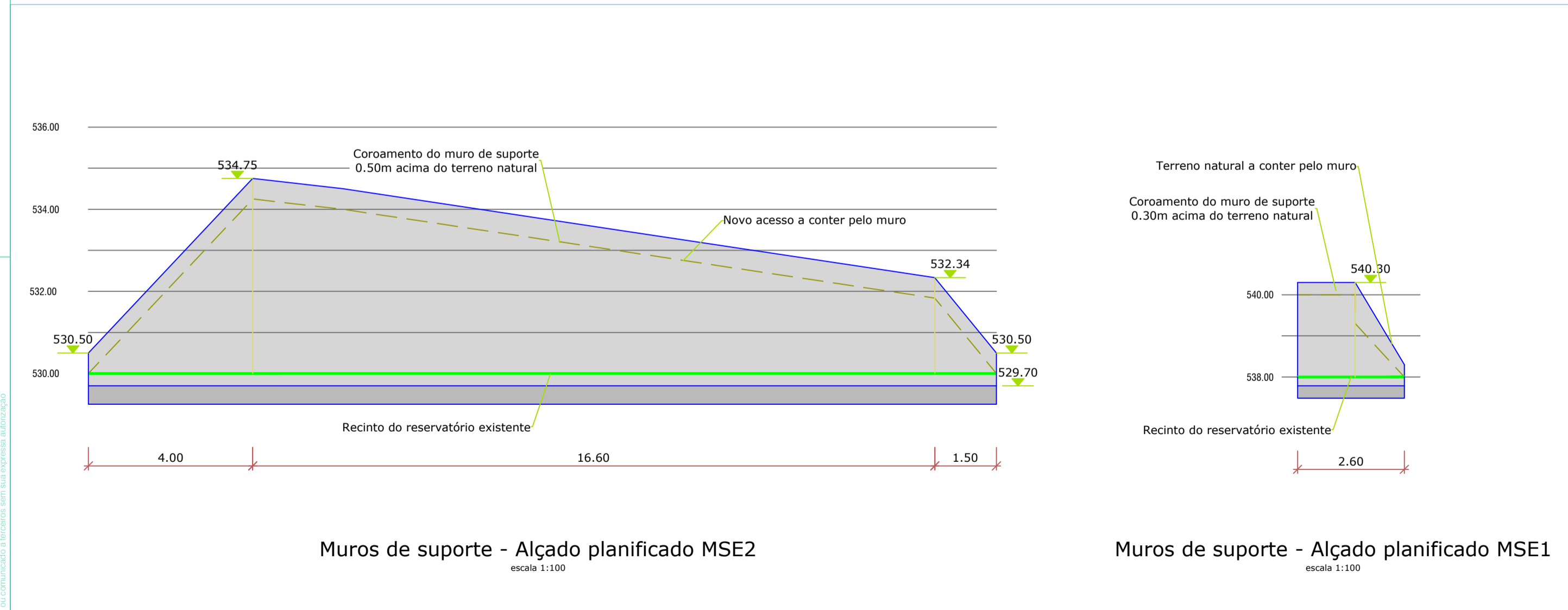
DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS ARMADURAS	
Comprimento de Amarração (Lb)	40 x Ø (armaduras inferiores - boas condições de aderência) 60 x Ø (outras armaduras - outras condições de aderência)
Comprimento de Sobreposição (Ls)	1,4 x Lb (em cada secção não se poderão sobrepor mais de 50% de varões)
Diâmetro mínimo de dobragem	4 x Ø (diâmetro mínimo do mandril para varões de diâmetro igual ou inferior a 16mm) 7 x Ø (diâmetro mínimo do mandril para varões de diâmetro superior a 16mm)

QUADRO DE MATERIAIS - AÇO		
Armaduras passivas	A400NR	[Norma EN 10080]
Rede electrossoldada	A400EL	[Norma EN 10080]
Aço estrutural (perfis laminares)	S275 JR	[Norma EN 10025]
Aço estrutural (perfis tubulares ocios)	S275 J2H	[Norma EN 10210-1]

Aços	Diâmetros de dobragem de acordo com o Eurocódigo 2 - [ENV 1992-1-1]
Soldadura	O valor do cordão de soldadura será 0,7 da menor espessura a soldar O eléctrodo de soldadura a utilizar deverá ser do tipo E.7018-G (AWS)

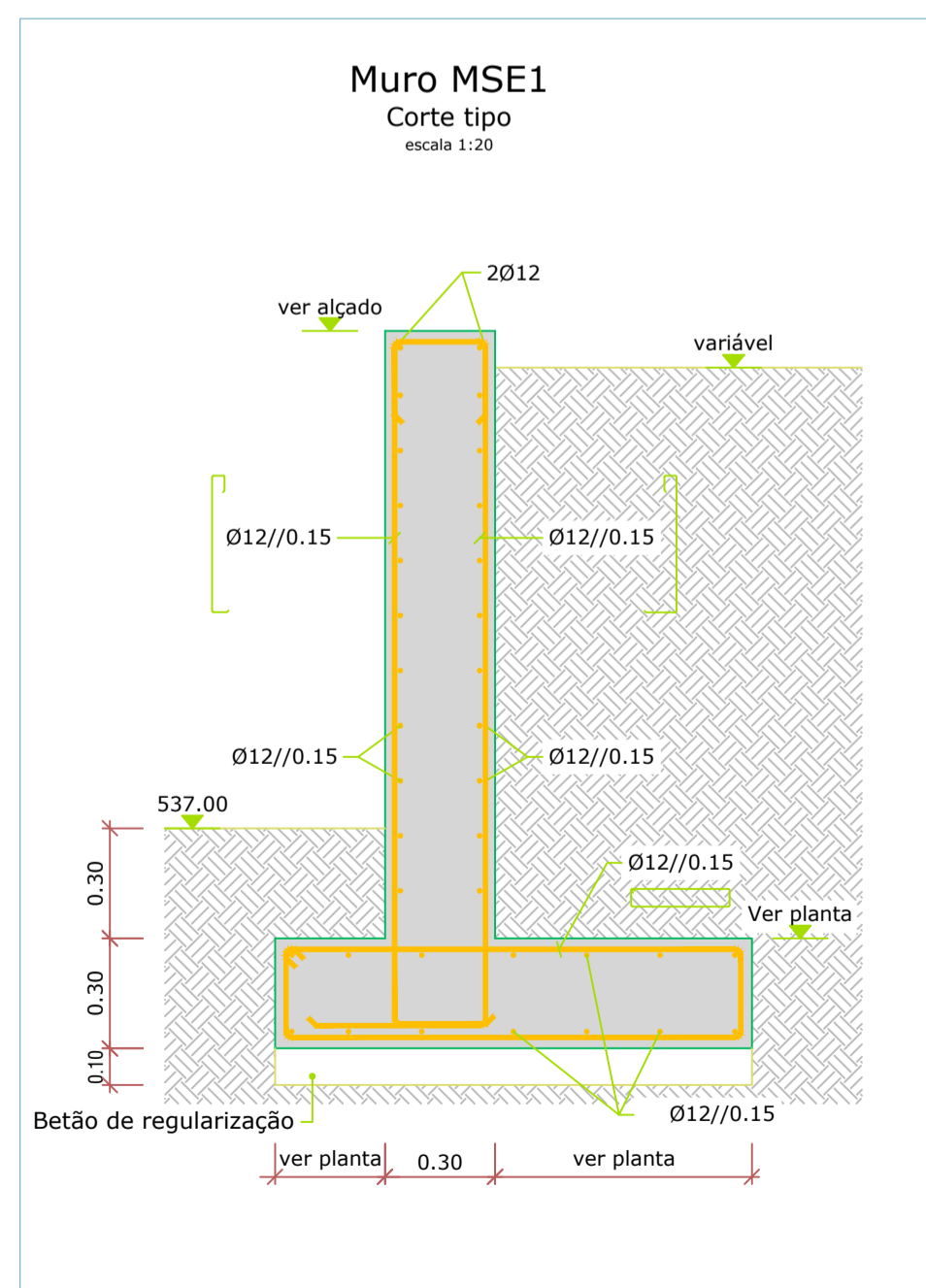
NOTAS GERAIS :  
- Todas as cotas deverão ser confirmadas com o proj. de Arquitectura  
- O projecto apresentado deverá ser compatibilizado com os projectos das restantes especialidades.  
- Antes de cada betonagem o empreiteiro deverá assegurar-se que não existem redes técnicas, courretes ou vazamentos a integrar nos elementos a betonar.  
- Quando não detalhadas, todas as amarrações e emendas a executar nas armaduras ordinárias, redes electrossoldadas e armaduras pré-esforçadas devem seguir as normas em vigor, nomeadamente EC2 e REBAP.  
- Todos os elementos enterrados deverão ser impermeabilizados com duas demãos cruzadas de emulsão betuminosa, do tipo "IMPERKOTE" ou equivalente.  
- Cotas e medidas expressas em METROS, excepto quando indicação em contrário.  
- Nas superfícies de ligação entre o betão novo e o existente, este deve ser picado e limpo antes da aplicação imediata do produto "Rugosol 2" ou equivalente, seguindo as prescrições do fabricante.  
- Sempre que possível deve ser deixada uma pequena alheta entre as zonas de betão novo e o existente, por forma a evitar que eventuais fissurações se concentrem nessa zona.

NOTA 1:  
Todos os elementos de betão armado descoberto e deixado à vista, deverão ser executados com máximo de cuidado, com cofragens certificadas ou aceites pela Fiscalização, devendo ser aplicado um produto descofrante previamente aceite pela fiscalização, para evitar a aderência do betão prejudicial ao seu bom aspecto.  
Nas juntas de betonagem deverá ser aplicado um produto do tipo "Rugosol 2" da Sika, ou equivalente, devendo ser seguidos todas as especificações do fabricante.

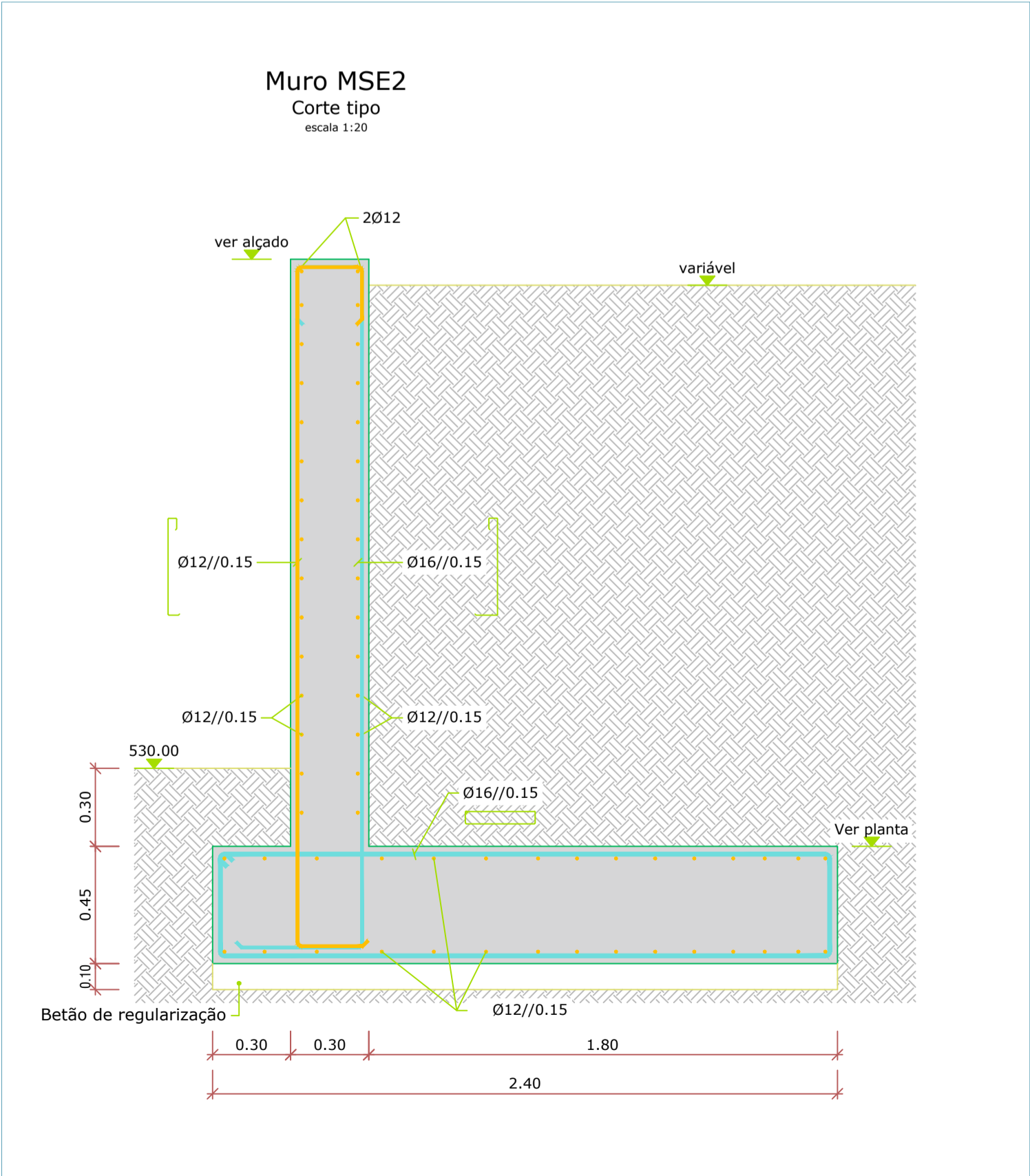


Muros de suporte - Alçado planificado MSE2  
escala 1:100

Muros de suporte - Alçado planificado MSE1  
escala 1:100



Muro MSE1  
Corte tipo  
escala 1:20



Muro MSE2  
Corte tipo  
escala 1:20

REV.	DESCRIÇÃO	DATA
0		
	CLIENTE	
	EMPREENHIMENTO RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUSADA	
	CÓDIGO DO PROJETISTA	
	FASE	
	ESPECIALIDADE ESTRUTURAS E FUNDAÇÕES	
	TÉCNICOS RESPONSÁVEIS	
	TÍTULO RESERVATÓRIO DE REGULARIZAÇÃO DE POUSADA MUROS DE SUPORTE EXTERIORES	
	Nº DESENHO E000.02.EST.106-R	ESCALA 1:100   1:50   1:20
	DESENHOU TIAGO SANTOS	APROVOU