

ECOserviços GROUP

ÁGUAS DE SANTO ANDRÉ, S.A.

**POSTO DE MEDIÇÃO E CONTROLO
DE EFLUENTES SALINOS**

CADERNO DE ENCARGOS

ANEXO IX - PROJECTO DE EXECUÇÃO

TOMO 1 – DEFINIÇÃO E BETÃO ARMADO

MEMÓRIA DESCRITIVA

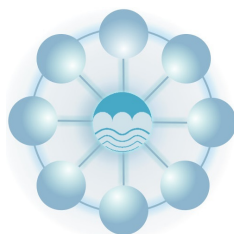


PREÂMBULO

A ECOserviços Group, Lda., apresenta, seguidamente, o Tomo 1 – Definição e Betão Armado do Projecto de Execução do Posto de Medição e Controlo de Efluentes Salinos.

O projecto tem como objectivo a implementação da monitorização quantitativa e qualitativa da descarga de efluentes salinos no mar, dando cumprimento aos requisitos constantes na Licença de Utilização dos Recursos Hídricos para Descarga de Águas Residuais.

Montijo, 21 de Fevereiro de 2020



ECOserviços GROUP

ÍNDICE GERAL DO PROJECTO DE EXECUÇÃO

Tomo 1 – Definição e betão armado

Tomo 2 – Instalações eléctricas

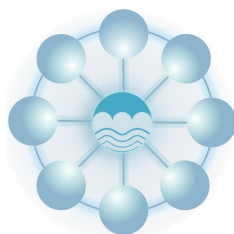
ÍNDICE GERAL DO TOMO 1

Peças escritas

Memória descritiva

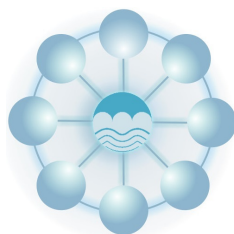
Peças desenhadas

Desenho T1-001	- Localização e infra-estruturas existentes
Desenho T1-002	- Implantação e circuitos exteriores
Desenho T1-003	- Edifício e câmaras para medição e controlo – Definição – Alçados e mapa de vãos
Desenho T1-004	- Edifício e câmaras para medição e controlo – Definição - Plantas
Desenho T1-005	- Edifício e câmaras para medição e controlo – Definição - Cortes
Desenho T1-006	- Edifício e câmaras para medição e controlo – Betão armado – Definição estrutural
Desenho T1-007	- Edifício e câmaras para medição e controlo – Betão armado – Armaduras das câmaras - Plantas
Desenho T1-008	- Edifício e câmaras para medição e controlo – Betão armado – Armaduras das câmaras - Cortes
Desenho T1-009	- Edifício e câmaras para medição e controlo – Betão armado – Lajes, sapatas, pilares, vigas e pormenores
Desenho T1-010	- Ligações às condutas existentes
Desenho T1-011	- Pormenores
Desenho T1-012	- Vedação



ECOserviços GROUP

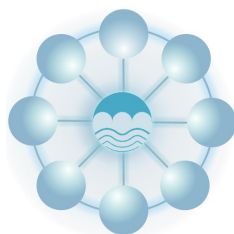
MEMÓRIA DESCRITIVA



ECOserviços GROUP

ÍNDICE

	Pág.
1 – Introdução	1
2 – Descrição das infra-estruturas existentes.....	2
3 – Concepção geral do sistema	3
4 – Ligação das condutas existentes	4
5 – Edifício e câmaras de medição e controlo	6
5 – Dimensionamento hidráulico.....	9
5.1 – Caudais	9
5.2 – Medidores de caudal	10
5.3 – Verificação do funcionamento hidráulico da conduta final	10
6 – Estabilidade e betão armado	11
6.1 – Considerações gerais	11
6.2 - Condicionalismos	12
6.2.1 - De natureza arquitectónica e estrutural	12
6.2.2 - Relacionados com a localização da obra	12
6.3 - Descrição das estruturas	12
6.3.1 - Estruturas enterradas (total ou parcialmente)	12
6.3.2 - Elementos elevados.....	13
6.4 - Acções e combinações de acções.....	13
6.5 - Verificação dos elementos estruturais.....	14
6.5.1 - Considerações gerais	14
6.5.2 - Lajes	15
6.5.2.1 - Estado limite último de resistência	15
6.5.2.1.1 - Flexão	15
6.5.2.2 - Estados limite de utilização	16
6.5.2.2.1 - Fendilhação	16
6.5.2.2.2 - Deformação.....	19
6.5.3 - Vigas.....	19
6.5.3.1 - Estado limite último.....	19
6.5.3.1.1 - Flexão	19



ECOserviços GROUP

6.5.3.1.2 - Esforço transverso	20
6.5.3.2 - Estado limite de utilização	21
6.5.3.2.1 - Fendilhação	21
6.5.3.2.2 - Deformação	22
6.5.4 - Pilares	22
6.5.5 - Fundações	22
6.6 - Processo construtivo	23
6.7 - Materiais e recobrimentos	24
6.7.1 - Materiais	24
6.7.2 – Recobrimentos	24
6.8 – Regulamentação	24
7 – Disposições construtivas	25

Anexo I – Dimensionamento hidráulico

Anexo II – Cálculos estruturais



ÁGUAS DE SANTO ANDRÉ, S.A.

POSTO DE MEDIÇÃO E CONTROLO DE EFLUENTES SALINOS

PROJECTO DE EXECUÇÃO

TOMO 1 – DEFINIÇÃO E BETÃO ARMADO

MEMÓRIA DESCRITIVA

1 – INTRODUÇÃO

A presente memória descritiva refere-se ao Tomo 1 – Definição e Betão Armado do Projecto de Execução do Posto de Medição e Controlo de Efluentes Salinos descarregados pela ÁGUAS DE SANTO ANDRÉ, S.A. (AdSA).

A AdSA é a entidade responsável pela rejeição dos efluentes salinos de três processos industriais instalados na Zona Industrial e Logística de Sines (ZILS).

Os efluentes salinos são conduzidos para o mar através do emissário submarino da ETAR de Ribeira de Moinhos, misturando-se com o efluente final daquela instalação de tratamento.

O objectivo da AdSA é o de monitorizar quantitativa e qualitativamente o volume de efluentes salinos descarregados no mar, de modo a cumprir a Licença de Utilização dos Recursos Hídricos para Descarga de Águas Residuais.

Com vista a atingir esse objectivo será construído um Posto de Medição de Efluentes Salinos próximo da ETAR de Ribeira de Moinhos, por forma a medir o caudal e a determinar diversos parâmetros analíticos.

No presente tomo é apresentada a concepção do sistema a implementar definindo-se hidráulica e estruturalmente todos os órgãos e circuitos a construir e equipamentos a instalar.



Para caracterização do terreno de implantação dos órgãos de medição encontrado foi realizado um estudo geológico, que é apresentado em anexo.

As soluções adoptadas tiveram como base o estudo prévio que antecedeu o presente projecto, assim como as diversas reuniões e visitas aos locais realizadas no decorrer do trabalho.

2 – DESCRIÇÃO DAS INFRA-ESTRUTURAS EXISTENTES

Actualmente, as rejeições salinas da ZILS são conduzidas por três condutas com origem na PETROGAL, na REPSOL e na ARTLANT.

Cada uma das condutas conduz os efluentes até ao emissário de descarga do efluente final da ETAR de Ribeira de Moinhos, que, em conjunto, descarrega os efluentes no Oceano Atlântico.

As condutas da REPSOL e da PETROGAL são as mais antigas, tendo a conduta com origem na ARTLANT sido construída no final de 2011 pela AdSA.

A constituição das condutas é a seguinte:

- Conduta com origem na PETROGAL: PEAD DN 315 mm e PEAD DN 250 mm;
- Conduta com origem na REPSOL: DN 200 mm;
- Conduta com origem na ARTLANT: PEAD DN 800 mm.

A partir do IP4, junto da câmara R41, o traçado das três condutas é praticamente paralelo até à ETAR de Ribeira de Moinhos, acompanhando também o traçado do colector geral de águas residuais.

Neste troço, a conduta com origem na ARTLANT possui uma câmara de transição na qual se realiza a passagem de escoamento por bombagem, com origem na estação elevatória da AdSA, para o escoamento gravítico.



ECOserviços GROUP

O traçado das três condutas de efluentes salinos contorna a ETAR de Ribeira de Moinhos por sul, conjuntamente com o colector de by-pass geral da ETAR.

Antes da ligação ao emissário de efluente final da ETAR, a conduta com origem na ARTLANT possui um traçado diferente em relação às condutas da REPSOL e da PETROGAL, sendo que as ligações ao emissário se realizam em duas câmaras de visita distintas: a primeira, mais a montante, corresponde à ligação da conduta da ARTLANT, a segunda, mais a jusante, corresponde à ligação das condutas da REPSOL e da PETROGAL.

3 – CONCEPÇÃO GERAL DO SISTEMA

A monitorização da descarga das águas residuais salinas no Oceano Atlântico deverá consistir na determinação da quantidade e qualidade daqueles efluentes imediatamente antes da reunião com o efluente final da ETAR de Ribeira de Moinhos.

Para além disso, será também necessário determinar os caudais descarregados pela REPSOL e pela PETROGAL, assim como as respectivas qualidades, para efeitos do cálculo das contribuições financeiras daquelas entidades.

Deste modo, o sistema de medição e controlo dos efluentes salinos compreenderá o seguinte:

- Instalação de medidor de caudal e recolha automática de amostras na conduta da REPSOL;
- Instalação de medidor de caudal e recolha automática de amostras na conduta da PETROGAL;
- Ligação das condutas da REPSOL e da PETROGAL à conduta da ARTLANT antes da descarga no emissário do efluente final da ETAR de Ribeira de Moinhos;
- Instalação de medidor de caudal e recolha automática de amostras na conduta da ARTLANT a jusante da futura ligação das outras duas condutas.

Para a implementação deste sistema preconiza-se então a criação de um Posto de Medição e



Controlo de Efluentes Salinos, que será constituído pelas estruturas necessárias à ligação das três condutas e à instalação dos medidores de caudal e dos colhedores automáticos de amostras.

O posto de medição será construído junto da vedação sul da ETAR de Ribeira de Moinhos, preconizando-se a instalação desta infra-estrutura no interior de um recinto vedado.

Para a condução dos efluentes salinos ao posto de medição e controlo será necessário interceptar as actuais condutas e implantar troços de ligação.

No posto de medição e controlo ocorrerá a mistura dos efluentes provenientes da REPSOL, PETROGAL e ARTLANT numa câmara de mistura.

A saída do efluente será encaminhada para a conduta da ARTLANT, a jusante do posto de medição, uma vez que apresenta capacidade suficiente, conduzindo o efluente até ao emissário da ETAR.

4 – LIGAÇÃO DAS CONDUTAS EXISTENTES

As condutas da PETROGAL, REPSOL e ARTLANT serão interceptadas para encaminhar os respectivos efluentes salinos ao posto de medição e controlo através de troços de ligação em tubagens de PEAD, MRS 100, PN 10.

Para determinar as posições das condutas existentes foram realizadas sondagens de pesquisa no pontos de ligação previstos, devendo o empreiteiro confirmar as posições planimétricas e altimétricas indicadas nas peças desenhadas.

Os troços de ligação das condutas da REPSOL e da PETROGAL interceptarão no seu percurso o colector de by-pass da ETAR de Ribeira dos Moinhos e a própria conduta da ARTLANT, pelo que o empreiteiro deverá confirmar as posições planimétricas e altimétricas das condutas existentes.

Nas condutas da PETROGAL e da REPSOL, de modo a permitir o by-pass ao posto de medição e



controlo, previu-se imediatamente a jusante dos pontos de intercepção a instalação de válvulas de seccionamento. Estas válvulas serão de cunha elástica e serão colocadas no interior de câmaras de betão, permitindo através da sua abertura o escoamento dos efluentes salinos, directamente para o emissário da ETAR, através das condutas existentes a jusante que, assim, serão mantidas.

As ligações às condutas existentes da REPSOL e da PETROGAL só poderão ser executadas após a conclusão, ensaios, testes e entrada em funcionamento do Edifício do Posto de Medição e Controlo de Efluentes Salinos e da execução dos troços de ligação.

A execução das ligações àquelas condutas deverá ser realizada de modo faseado. Numa primeira fase, em cada ligação, deverá ser realizado o corte da tubagem, a montagem da junta de ligação com travamento, do tê de ligação, de um tampão provisório e a ligação ao troço de ligação, trabalhos que deverão decorrer num período máximo de 4 horas, para minimizar o tempo de interrupção dos sistemas de drenagem. Na 2.ª fase, deverá ser instalada a válvula de by-pass, executada a respectiva câmara e estabelecida a ligação com a conduta existente, sendo que para a execução destes trabalhos as interrupções do funcionamento dos sistemas de drenagem que venham a ser necessárias realizar também deverão possuir tempos máximos de 4 horas.

A jusante do posto de medição e controlo, o efluente final retornará à conduta da ARTLANT.

O ponto de restituição localizar-se-á, aproximadamente, a 50 m a jusante do ponto de intercepção da conduta da ARTLANT, prevendo-se a desactivação da conduta existente entre estes dois pontos.

As ligações à conduta da ARTLANT também só poderão ser executadas após a conclusão, ensaios, testes e entrada em funcionamento do Edifício do Posto de Medição e Controlo de Efluentes Salinos e da execução dos troços de ligação.

Nos pontos de ligação, deverá proceder-se ao corte da tubagem, à instalação de uma junta multimaterial, à instalação de uma curva e à execução de um maciço de amarração. Os trabalhos de execução deverão ser previamente preparados de modo a que o tempo de



interrupção do funcionamento da conduta seja, no máximo, de dois dias, devendo os maciços de amarração ser totalmente pré-fabricados com vista à sua implantação e ligação imediatamente após a instalação das curvas.

5 – EDIFÍCIO E CÂMARAS DE MEDIÇÃO E CONTROLO

A concepção do Posto de Medição e Controlo de Efluentes Salinos baseia-se nos seguintes pressupostos e objectivos:

- 1) Medição de caudal através de medidores do tipo electromagnético com tubagem em secção cheia, pois oferecem maiores garantias de precisão;
- 2) Mistura efectiva dos efluentes das três origens antes da recolha de amostras, de modo a que a determinação da qualidade do efluente descarregado no emissário da ETAR corresponda à realidade;
- 3) Adopção dos equipamentos de colheita automática de amostra já adquiridos pela AdSA.

O Posto de Medição e Controlo de Efluentes Salinos será constituído por dois corpos distintos: um conjunto de câmaras semi-enterradas e um edifício.

Descrevem-se, seguidamente, a constituição e a função de cada um dos elementos:

a) Câmara de entrada da conduta da AdSA / ARTLANT

Será o órgão de montante do sistema, correspondente à entrada da conduta com origem na ARTLANT, construída recentemente pela AdSA.

A conduta da ARTLANT em PEAD DN800 mm será reduzida para DN400 mm previamente à entrada na câmara. Nesta câmara será instalada uma válvula de borboleta DN400 mm e uma junta de desmontagem auto-travada permitindo, quando necessário, efectuar o by-pass ao posto.



b) Câmara de medição de caudal e de recolha de amostras dos efluentes da REPSOL e da PETROGAL

Esta câmara destina-se à instalação dos medidores de caudal electromagnéticos nas condutas com origem na REPSOL e na PETROGAL.

As condutas da REPSOL e da PETROGAL irão sofrer uma redução para DN 160mm a montante da entrada na câmara.

Estabeleceram-se a montante e a jusante dos medidores troços rectos de tubagem com os comprimentos necessários à estabilização do escoamento.

Para manter em carga as zonas de instalação dos medidores, previram-se a jusante troços verticais com “pescoço de cavalo”.

As recolhas de amostras serão realizadas através de picagens a executar a jusante dos medidores de caudal.

À entrada da câmara, existirá, em cada conduta, um conjunto de válvulas de seccionamento manuais, de cunha elástica, que, quando fechadas, permitirão o by-pass à câmara de mistura, encaminhando os respectivos efluentes para o emissário final sempre que as válvulas das câmaras de derivação se encontrem abertas.

c) Câmara de reunião dos efluentes

Esta câmara situar-se-á a jusante das duas câmaras descritas anteriormente e nela serão descarregados os efluentes das três origens.

Para acesso à câmara serão instalados apoios para colocação de escada móvel e na cobertura existirá uma tampa em FFD.

d) Câmara de mistura



Para garantir a efectiva mistura dos efluentes das diversas origens, prevê-se a criação de uma chicana de canais, que promoverá a mistura de forma gravítica.

Para acesso à câmara serão instalados apoios para colocação de escada móvel e na cobertura existirá uma tampa em FFD.

e) Câmara de carga

Para manter em carga o medidor de caudal dos efluentes misturados, prevê-se a jusante da câmara de reunião uma câmara rebaixada.

f) Edifício de medição de caudal e de recolha de amostras dos efluentes misturados, dos colhedores e do quadro eléctrico

A construção do edifício de apoio, terá acabamentos típicos da AdSA.

O edifício possuirá uma câmara na qual será instalada a tubagem de efluentes misturados que terá origem na câmara de carga. Esta tubagem será em PEAD DN 400mm.

Nessa tubagem será instalado um medidor de caudal electromagnético e a picagem de recolha de amostras.

No edifício de apoio serão instalados três colhedores automáticos ao nível térreo, nos quais serão armazenadas as amostras recolhidas nas condutas da REPSOL, da PETROGAL e de efluentes misturados. O fornecimento e instalação destes equipamentos não está incluído na empreitada, sendo realizado pela AdSA.

Os elementos secundários dos medidores de caudal deverão ser instalados no edifício, assim como o quadro eléctrico de potência e comando do sistema.

Para acesso à conduta de saída do posto será instalado um guarda-corpos que terá uma zona



para a colocação de apoios para escada móvel.

g) Câmara de restituição

No exterior do edifício existirá uma câmara de visita em betão armado, na qual será ligada a conduta de efluentes misturados.

A partir desta câmara será executada a ligação à conduta existente da ARTLANT.

A cota de saída da câmara de ligação foi estabelecida de modo a manter em carga o medidor de caudal dos efluentes misturados, localizado a jusante.

h) Recinto

Deverá ser criado um recinto para a instalação do Posto de Medição e Controlo de Efluentes Salinos.

O recinto será delimitado por uma vedação em painéis metálicos plastificados, assentes sobre um murete de betão simples.

À entrada do recinto deverá ser instalado um portão de correr com 4,0 m de largura, apoiado em dois muros de betão armado.

Ao longo da vedação deverão ser plantadas trepadeiras, espécie autóctones, de modo a ser criada uma cortina arbustiva que enquadre a nova construção no meio envolvente.

Paralelamente, no interior e na zona envolvente do recinto será criada uma área de circulação automóvel com pavimento em agregado britado e áreas de circulação pedonal com lajetas pré-fabricadas em betão.

5 – DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO

5.1 – CAUDAIS



De acordo com as informações fornecidas pela AdSA, os valores dos caudais a considerar para as actuais três origens de efluentes salinos são os seguintes:

- PETROGAL: $160 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (45 l s^{-1});
- REPSOL: $150 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (42 l s^{-1});
- ARTLANT: $680 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (189 l s^{-1}).

Desta forma, após a reunião das três condutas, estima-se que o caudal máximo instantâneo seja de $990 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (275 l s^{-1}).

5.2 – MEDIDORES DE CAUDAL

Com base nos caudais indicados no capítulo anterior, consideraram-se medidores de caudal com os diâmetros indicados no Quadro I.

Conduta	Caudal máximo instantâneo (l s^{-1})	Diâmetro do Medidor de Caudal (mm)	Velocidade de Escoamento (m s^{-1})
REPSOL	42	150	2,36
PETROGAL	45	150	2,52
Comum, após reunião	275	400	2,19

Quadro I – Dimensionamento dos medidores de caudal

5.3 – VERIFICAÇÃO DO FUNCIONAMENTO HIDRÁULICO DA CONDUTA FINAL

Uma vez que a jusante do posto de medição e controlo a conduta recentemente construída pela AdSA passará a transportar todos os efluentes salinos, procedeu-se à verificação da capacidade hidráulica desse troço.

O caudal adoptado nesta simulação foi o caudal máximo instantâneo estabelecido no Capítulo 5.1: $990 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ (275 l s^{-1}).



Para determinação das perdas de carga unitárias utilizou-se a fórmula de Sciemeni:

$$i = \left(\frac{Q}{a \times D^b} \right)^{1/c}$$

em que:

i – perda de carga unitária (m/m)

Q – caudal de escoamento (m³ s⁻¹)

a, b, c – valores adimensionais, função do material da conduta

As perdas de carga totais foram calculadas multiplicando-se o valor das perdas de carga unitárias pelo comprimento da conduta e por um factor multiplicativo de 1,25 para tomar em conta as perdas de carga localizadas.

No Anexo I apresentam-se os cálculos realizados, concluindo-se que, para este caudal, e estabelecendo-se como cota de carga a cota de saída da câmara de ligação a jusante do posto de medição e controlo, as alturas piezométricas dinâmicas são sempre positivas, ou seja, a conduta possui capacidade suficiente.

6 – ESTABILIDADE E BETÃO ARMADO

6.1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Este capítulo da memória descritiva é relativo ao cálculo dos elementos de betão armado e estruturas metálicas dos seguintes elementos/órgãos ou estruturas:

- Câmara de entrada;
- Câmara de medição de caudal e de recolha de amostras dos efluentes da REPSOL e da PETROGAL;



- Câmara de reunião dos efluentes;
- Câmara de mistura;
- Câmara de carga;
- Edifício de medição de caudal e de recolha de amostras dos efluentes misturados, dos colhedores e do quadro elétrico.

Na conceção global da estrutura e no dimensionamento dos seus elementos consideraram-se, para além dos aspectos da segurança estrutural e economia, as indicações mais recentes em termos de qualidade e durabilidade deste tipo de estruturas.

As soluções adoptadas, bem como os materiais a utilizar, encontram-se devidamente assinalados nas peças desenhadas.

Todo o processo construtivo deve respeitar o indicado no projecto e todas as normas existentes na regulamentação e legislação em vigor à data da execução da obra supracitada.

6.2 - CONDICIONALISMOS

6.2.1 - De natureza arquitectónica e estrutural

As soluções propostas deverão obedecer aos parâmetros definidos em termos regulamentares no que respeita aos estados limites últimos, de utilização e de segurança.

6.2.2 - Relacionados com a localização da obra

As soluções propostas deverão adaptar-se às condições, localização e ao enquadramento ambiental da obra.

6.3 - DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

6.3.1 - Estruturas enterradas (total ou parcialmente)



As câmaras são totalmente enterradas e em betão armado. As paredes variam entre 0,25 e 0,30 m de espessura, a laje de fundação e de topo têm 0,40 e 0,20 m de espessura, respetivamente.

6.3.2 - Elementos elevados

O edifício de medição de caudal e de recolha de amostras dos efluentes misturados, dos colhedores e do quadro elétrico será constituído por uma estrutura porticada, com fundação em sapatas e lintéis de fundação, de onde nascem pilares de 0,25 x 0,25 m² e que são ligados por uma viga de coroamento com 0,25x0,50 m² de secção.

6.4 - ACÇÕES E COMBINAÇÕES DE ACÇÕES

A definição, quantificação e combinação de acções tem por base a regulamentação portuguesa de estruturas, nomeadamente, a que se encontra patente no Regulamento de Segurança e Acções (RSA). Foram admitidas para o cálculo da estrutura seis tipos de acções distintas: cargas permanentes, sobrecargas, ação sísmica, ação do vento, impulso líquido/solo e ação da temperatura.

Os coeficientes de combinação de acções foram os considerados em termos regulamentares.

• Acções permanentes

- Peso volúmico do betão armado 25,0 kN/m³
- Peso volúmico do aço 77,0 kN/m³
- Restantes cargas permanentes em todas as superfícies (exceto cobertura) 3,0 kN/m²
- Restantes cargas permanentes na cobertura 2,0 kN/m²
- Peso de paredes de tijolo, incluindo revestimentos 2,30 kN/m² x h
- Peso volúmico do solo ($k_0 = 0,5/\text{repouso}$) 19,0 kN/m³

• Sobrecargas

- Sobrecarga na laje de cobertura (edifício de apoio) 0,3 kN/m²
- Sobrecarga no piso de fundação (edifício de apoio) 5,0 kN/m²



- Restantes sobrecargas..... 5,0 kN/m²
- Peso volúmico da água 10,0 kN/m²
- Sobrecarga a incidir no terreno contíguo aos órgãos 5,0 kN/m²

• Acção Variável Sísmica

- Localização geográfica Zona A
- Coeficiente de sismicidade 1,0
- Coeficiente de comportamento 1,5 (Parede)
- Terreno Tipo II

• Acção do Vento

- Zona eólica..... Zona A
- Rugosidade Tipo 2
- Coeficiente de carga (direcção X)..... 1
- Coeficiente de carga (direcção Y)..... 1

• Impulso do terreno

Adoptaram-se os seguintes parâmetros:

- Tipo de terreno II
- Tensão de segurança 250 a 300 kN/m²
- Cota do nível freático para dimensionamento 0,0 m (cota relativa)
- Ângulo de atrito interno, ϕ' 30°
- Peso específico do terreno 19,00 kN/m³
- Peso específico do terreno (saturado) (acção P1) 8,50 kN/m³
- Sobrecarga no terrapleno (fase definitiva) (acção P2) 5,0 kN/m²

6.5 - VERIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS ESTRUTURAIS



ECOserviços GROUP

6.5.1 – Considerações Gerais

Foi verificada a segurança de todos os elementos estruturais de acordo com as disposições regulamentares em vigor, tendo-se efectuado uma análise isolada para cada uma das combinações fundamentais de acções.

Com base nos resultados obtidos, através das análises realizadas, calcularam-se os vários elementos estruturais de forma a satisfazerem os critérios definidos, tanto para os Estados Limites Últimos de Resistência como para os Estados Limites de Utilização.

Todos os resultados dos cálculos obtidos para os vários órgãos e estruturas são apresentados em anexo.

6.5.2 - Lajes

Para a verificação da segurança das lajes ao Estado Limite Último de Resistência considerou-se, do espectro das combinações analisadas, a combinação mais desfavorável.

A verificação ao Estado Limite de Utilização foi feita para a combinação quase permanente de acções para verificação da deformação, garantido que os valores da deformação nas lajes são inferiores aos definidos regulamentarmente. Relativamente ao controlo da fendilhação utilizou-se a combinação quase-permanente de acções acautelando que as quantidades de armadura pormenorizadas limitam eventuais aberturas de fendas por efeitos de deformações impostas (retracção do betão, variações de temperatura, etc.).

Nos pontos seguintes são ilustrados os cálculos efectuados relativos à verificação dos diferentes Estados Limite.

6.5.2.1 - Estado Limite Último de Resistência

6.5.2.1.1 - Flexão



Para o cálculo das armaduras necessárias para verificar este estado limite, consideraram-se os diagramas de momentos actuantes nas duas direcções principais. A partir destes diagramas determinaram-se os momentos resistentes necessários, respectivas armaduras e sua distribuição pela laje.

Para a verificação dos órgãos recorreu-se às tabelas de Bahres de acordo com o modelo específico de condições de fronteira.

6.5.2.2 - Estados Limite de Utilização

6.5.2.2.1 - Fendilhação

O controlo do estado limite de fendilhação, ao abrigo do EC2, é efectuado do seguinte modo:

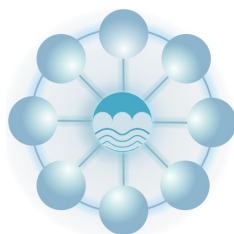
Na zona de momentos positivos ou negativos das lajes ou vigas tem-se um meio estrutural de betão armado com armaduras ordinárias. Os estados limites a considerar, correspondentes a edifícios correntes, apresentam-se no quadro seguinte.

Classe de exposição	Elementos de betão armado e elementos de betão pré-esforçado com armaduras não aderentes	Elementos de betão pré-esforçado com armaduras aderentes
	Combinação de acções quase-permanente	Combinação de acções frequente
X0, XC1	0,4 ¹	0,2
XC2, XC3, XC4		0,2 ²
XD1, XD2, XS1, XS2, XS3	0,3	Descompressão

Nota 1: Para as classes de exposição X0 e XC1, a largura de fendas não tem influência sobre a durabilidade e este limite é estabelecido para garantir um aspecto aceitável. Na ausência de especificações no que respeita ao aspecto, este limite pode ser alargado.

Nota 2: Para estas classes de exposição deve verificar-se, ainda, a descompressão para a combinação quase-permanente de acções.

Quadro II – Estado limite de fendilhação segundo o EC2; armaduras ordinárias. Valores recomendados para abertura de fendas



ECOserviços GROUP

Motivo ou Objectivo	Abertura máxima de fendas, w_{max}
Ductilidade mínima ou não plastificação da armadura	0,50mm ou um pouco superior
Durabilidade de estrutura de betão armado em ambiente agressivo	0,30 a 0,40mm
Critério Estéticos	0,20 a 0,30mm
Durabilidade em estruturas pré-esforçadas	0,20mm ou critério de descompressão
Estanquidade (em reservatórios)	0,05 a 0,20mm
Garantia de não ocorrência de fendilhação	Nula (critério de descompressão, garantia de reserva de compressão ou limitação da tracção)

Quadro III - Valores limite de abertura de fendas dependendo das condições de serviço

Considerou-se para o projecto um valor limite de 0,05 mm de abertura de fendas.

A armadura mínima, atrás referida, é quantificada pela expressão:

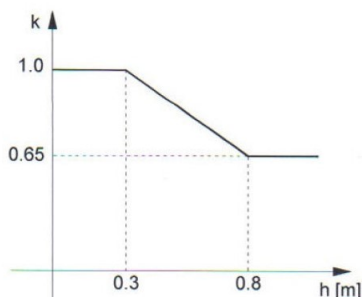
$$A_s^{min} = K_c \cdot K \cdot f_{ct,ef} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

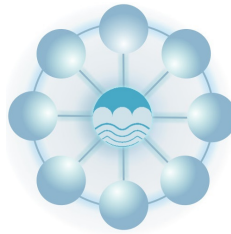
Onde:

A_s – armadura mínima (cm²/m);

$k_c = 1,0$ (tração simples) e 0,4 (flexão simples ou composta);

k – valor que varia com a espessura da secção;





ECOserviços GROUP

$f_{ct,ef}$ – resistência efectiva do betão à tracção (= $0,8 f_{ctm}$, para lajes com a idade de pelo menos 28 dias e uma espessura não superior a 30 cm);

A_{ct} – área da secção traccionada, imediatamente antes da formação da 1ª fenda ($h/2$) (m^2);

σ_s - tensão máxima permitida na armadura (f_{syk}) (kPa).

Momento de fendilhação M_{cr}

$$M_{cr} = \frac{bh^2}{6} \times f_{ctm}$$

$$M_{cr} < M_{QuasePermanente} \Rightarrow \text{há fendilhação}$$

Valor característico da abertura de fendas W_k

$$W_k = S_{r,m\acute{a}x} \cdot (\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm})$$

$$S_{r,m\acute{a}x} = 3,4c + 0,425.K_1.K_2 \frac{\phi}{\rho_{p,ef}}$$

Onde:

c – recobrimento (m);

$k_1 = 0,8$ (varões rugosos) e $1,6$ (varões lisos);

$k_2 = 0,5$ (flexão) ou 1 (tração simples) ou $k_2 = \frac{\epsilon_1 + \epsilon_2}{2\epsilon_1}$ (para tração excêntrica em que S_1 e S_2

são respectivamente extensões na face exterior e interior da área efectiva;

S – diâmetro utilizado (se os diâmetros utilizados forem diferentes deve utilizar-se o valor

equivalente - $\phi_{eq} = \frac{n_1\phi_1^2 + n_2\phi_2^2}{n_1\phi_1 + n_2\phi_2}$) (valor em m);

S_{ef} – Percentagem de armadura na área efetiva.

$$\epsilon_{sm} - \epsilon_{cm} = \frac{\sigma_s}{E_s} - K_t \cdot \frac{f_{ct,ef}}{E_s \cdot \rho_{p,ef}} (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,ef})$$



ECOserviços GROUP

Onde:

S_s – Tensão no aço calculada com base na seção fendilhada (kPa);

$k_t = 0,6$ (ações de curta duração) e $0,4$ (ações de longa duração);

S_e – Coeficiente de homogeneização dado por $\alpha_e = \frac{E_s}{E_c}$.

6.5.2.2.2 - Deformação

Foi dada especial atenção à deformação ocorrida no edifício. Da análise do modelo obtiveram-se as flechas elásticas para a combinação quase-permanente de acções com acção variável base sobrecarga de utilização. A flecha a longo prazo foi calculada afectando a flecha elástica por um coeficiente global de 4,0 (caso dos elementos de BA).

A verificação da deformação foi feita garantido que a flecha a longo prazo era inferior a $l/250$ para as cargas quase-permanentes.

No caso dos elementos metálicos procedeu-se de acordo com o EC3.

6.5.3 - Vigas

A verificação de segurança das vigas aos Estados Limite foi feita com base nos valores de esforços e deformações obtidos, da análise estática e dinâmica do modelo, para as diferentes combinações de cálculo.

6.5.3.1 - Estado Limite Último

6.5.3.1.1 - Flexão

Para a verificação da segurança das vigas ao Estado Limite Último de Flexão, assegurou-se que o momento resistente de cálculo é superior ao momento actuante de cálculo.



Com base nos esforços determinou-se a armadura de modo a se obter:

$$M_{Rd} \geq M_{sd}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} \\ \omega = \frac{(1 - \sqrt{1 - 2,352 \times \mu})}{1,176} \\ A_s = \omega \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{syd}} \end{array} \right.$$

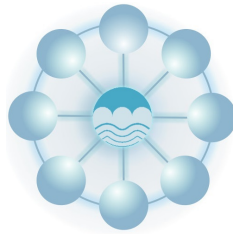
6.5.3.1.2 - Esforço Transverso

A verificação da segurança ao esforço transverso foi efectuada pelo método dos campos de compressão de inclinação variável. Com base nos diagramas de esforços transversos actuates, obtidos através das análises efectuadas, determinou-se o esforço transverso à distância de $0,9 \cdot d$ do apoio e calculou-se a armadura transversal necessária para este Estado Limite Último de Resistência. Para além disso verificou-se a tensão de compressão no betão, limitando o seu valor a $0,6 f_{cd}$.

Em resumo, para a verificação do esforço transverso houve a necessidade de garantir as seguintes condições:

$$V_{Rd} \geq V_{Sd}$$

Cálculo das armaduras:



ECOserviços GROUP

$$\frac{A_{sw}}{s} = \frac{V_{Sd}^{(z \times \cot g \theta)}}{z \times \cot g \theta \times f_{syd}}$$

Onde:

$\frac{A_{sw}}{s}$ - armadura do esforço transversal (estribos) (cm²/m);
 $V_{Sd}^{(z \times \cot g \theta)}$ - esforço transversal actuante na secção a $z \times \cot g \theta$ a partir do bordo do pilar (kN);
 f_{syd} - tensão admissível do aço para o dimensionamento (kN/m²);
 z - comprimento dado por 0,9.d.

Verificação do betão comprimido:

$$\sigma_c = \frac{V_{Sd}}{z \times b_w \times \sin \theta \times \cos \theta} \leq 0,6 \times f_{cd}$$

Sendo:

σ_c - tensão de compressão (kN/m²);
 V_{Sd} - esforço transversal actuante (kN);
 b_w - largura da secção (m);
 f_{cd} - tensão de compressão admissível no betão (kN/m²).

6.5.3.2 - Estado Limite de Utilização

6.5.3.2.1 - Fendilhação

Os critérios adoptados foram os mesmos observados para as lajes.



6.5.3.2.2 - Deformação

Os critérios adoptados foram os mesmos observados para as lajes.

6.5.4 - Pilares

A definição das armaduras dos pilares/paredes foi efectuada para garantir alguma reserva em termos de resistência à flexão e essencialmente uma boa ductilidade às acções horizontais. Procurou então garantir-se, no dimensionamento destes elementos, que o valor da tensão máxima nos pilares fosse da ordem dos $0,85.f_{cd}$ (considerando-se a secção bruta de betão nos pilares e a existência de pilares fictícios nas paredes).

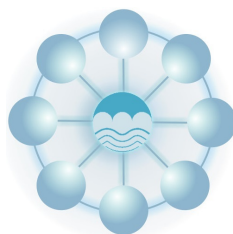
Refira-se que os valores de armadura encontrados tiveram por base a envolvente criada a partir da combinação fundamental de acções (sobrecarga e acção sísmica).

Respeitaram-se as seguintes condições:

$$\left\{ \begin{array}{l} \mu = \frac{M_{sd}}{b \cdot h^2 \cdot f_{cd}} \\ \nu = \frac{N_{sd}}{b \cdot h \cdot f_{cd}} \\ A_s = \omega_{total} \cdot b \cdot h \cdot \frac{f_{cd}}{f_{syd}} \end{array} \right.$$

6.5.5 - Fundações

Assumiu-se uma tensão admissível no solo de 250 kPa. Este valor corresponde aproximadamente a tensões de dimensionamento à rotura de 375 kPa, para as combinações fundamentais de acções de Estado Limite Último.

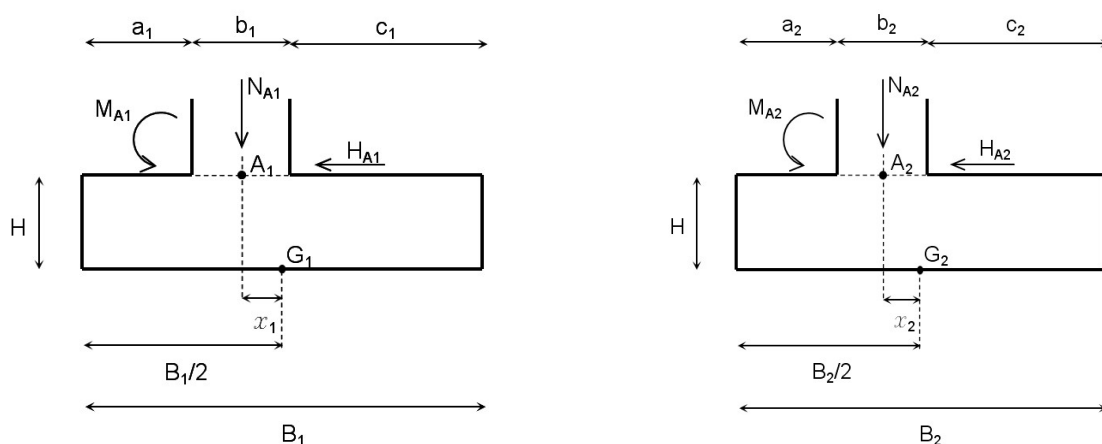


ECOserviços GROUP

A verificação da segurança das fundações fez-se garantido que as tensões actuantes no solo eram inferiores as tensões resistentes do mesmo, e calculando a armadura necessária para resistir aos esforços actuantes nestes elementos.

Na figura seguinte apresenta-se o modelo e as formulações adoptadas na verificação da segurança das fundações por sapata.

Modelo



Tensões de contacto

$$e_G < B / 6 ; \quad \begin{array}{c} \overline{B} \\ \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \end{array} \quad ; \quad \sigma_{\max.} = \frac{N_G}{A_B} \left(1 + \frac{6 e_G}{B} \right) \quad ; \quad \sigma_{\min.} = \frac{N_G}{A_B} \left(1 - \frac{6 e_G}{B} \right)$$

$$e_G > B / 6 ; \quad \begin{array}{c} \overline{B} \\ \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \end{array} \quad ; \quad Z = 3 \left(\frac{B}{2} - e_G \right) \quad ; \quad \sigma_{\max.} = \frac{2 N_G}{Z \times L}$$

6.6 - PROCESSO CONSTRUTIVO



O processo construtivo deve ser orientado tendo em conta as disposições do projecto e todas as normas e regulamentos em vigor que digam respeito à construção, principalmente no que diz respeito à natureza e qualidade dos elementos de betão e aço, bem como o seu fabrico, aplicação e controlo de qualidade.

Toda a pormenorização necessária à correcta execução dos elementos estruturais consta das peças desenhadas.

Eventuais dúvidas que surjam no decorrer ou na preparação dos trabalhos deverão, de imediato, ser colocadas à fiscalização.

6.7 - MATERIAIS E RECOBRIMENTOS

6.7.1 - Materiais

Betão:

Elementos estruturais.....	C35/45
Betão de enchimento e de regularização.....	C12/15

Aço

Armaduras Ordinárias.....	A500 NR.
Perfis	S275 JR
Parafusos.....	Cl. 8.8

6.7.2 – Recobrimentos

Em geral	3,0 cm
Fundações e outros elementos em contacto com o solo	5,0 cm

6.8 – REGULAMENTAÇÃO

Respeitou-se a legislação vigente aplicável, nomeadamente:

- Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes (RSA);



- Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado (REBAP);
- Eurocódigo 2;
- Eurocódigo 3;
- EN NP 206 -1.

7 – DISPOSIÇÕES CONSTRUTIVAS

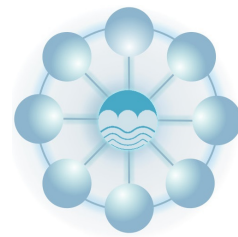
A empreitada de execução deverá ser regida por um conjunto de disposições construtivas discriminadas no Caderno de Encargos. Pela sua importância serão de salientar, no entanto, as seguintes:

- Antes de iniciar os trabalhos, o Empreiteiro deverá aferir as cotas do terreno e dos arruamentos, relativamente às adoptadas no cálculo, tomando quantos pontos os necessários para a boa execução da obra;
- As escavações deverão ser realizadas de forma a garantir a correcta implantação das tubagens, sem prejuízo de outras infra-estruturas, já existentes ou em construção;
- Durante a escavação, o Empreiteiro deverá estar preparado para proceder à execução de entivações e ao rebaixamento do nível freático, de modo a que o assentamento das tubagens se faça em condições de segurança e sem a presença de água;
- Os materiais e os diâmetros nominais a aplicar na construção do sistema são os indicados nos desenhos do projecto e nos cálculos hidráulicos. Nas condutas será utilizado o PEAD;
- As estruturas de betão enterradas deverão ser cuidadosamente executadas, com vista a evitar problemas de fissuração e, consequentemente, deficiente estanquicidade;
- As superfícies em betão armado destinadas a contactar com as águas residuais serão devidamente revestidas tendo em conta o grau de salinidade dos efluentes;
- As válvulas e os medidores de caudal deverão ser adequados ao contacto com águas



residuais salinas;

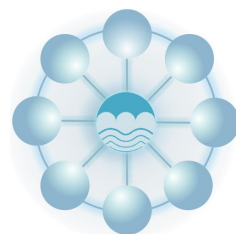
- A ventilação das câmaras será assegurada por chaminés de ventilação;
- As estruturas metálicas serão protegidas por revestimento de base epoxídica, adequado a ambientes agressivos.



ECOserviços GROUP

ANEXO I

DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO



ECOserviços GROUP

ANEXO II
CÁLCULOS ESTRUTURAIS