

DGADR

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME I – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
TOMO I – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ABRIL 2024

PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO

ÍNDICE GERAL DE VOLUMES

VOLUME I	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
VOLUME II	CONDUTA ELEVATÓRIA
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
VOLUME III	RESERVATÓRIO
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
VOLUME IV	REDE DE REGA
VOLUME IV.1	BLOCO DO CRATO
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 4 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
VOLUME IV.2	BLOCO DE ALTER DO CHÃO
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 4 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
VOLUME IV.3	BLOCO DE FRONTEIRA E AVIS
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 4 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
VOLUME IV.4	REDE DE REGA ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
VOLUME V	SISTEMA DE AUTOMAÇÃO E TELEGESTÃO
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL

**PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO
CRATO**

ÍNDICE GERAL DE VOLUMES

VOLUME VI	REDE VIÁRIA
	TOMO 1 MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
	TOMO 2 PEÇAS DESENHADAS
	TOMO 3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS
	TOMO 4 MEDIÇÕES E MAPA DE QUANTIDADES
	TOMO 5 ESTIMATIVA ORÇAMENTAL
VOLUME VII	RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO
VOLUME VIII	PLANO DE PREVENÇÃO E GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO
VOLUME IX	PLANO DE SEGURANÇA E SAÚDE
VOLUME X	COMPILAÇÃO TÉCNICA

PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO

PROJETO DE EXECUÇÃO

VOLUME I – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

EQUIPA TÉCNICA

Coordenação do projeto	Sofia Azevedo, Ph.D.
Coordenação adjunta do projeto	Eng ^o Victor Paulo
Conceção geral, hidráulica e equipamentos	Eng ^o Ricardo Serrano Sofia Azevedo, Ph.D. Eng ^o Victor Paulo Eng ^o Ricardo Serrano Eng ^o Amílcar Bernardo
Instalações elétricas e automação	Eng ^o Jose Botelho
Estruturas	Eng ^o João Vargas
Geologia e Geotecnia	Eng ^o Fernando Ferreira Dr. Eurico Teixeira Dr. Henrique Rézio
Desenho	Renato Barroso Mário Monteiro Rui Serrano
Medições e estimativa orçamental	Eng ^o Pedro Tenreiro Eng ^o Ricardo Serrano Sofia Azevedo, Ph.D.

DGADR

***PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO***

VOLUME I – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
TOMO I – MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ABRIL 2024

CONTRATO: C871
FICHEIRO: C871-EEG-PE-VOL_I-TOMO_1-MEM-R2.DOCX

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO.....	5
2.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO	5
2.2	CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS SECUNDÁRIAS.....	7
2.2.1	Infraestruturas de adução e armazenamento	7
2.2.2	Infraestruturas de rega, viária e SAT	8
3	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO PISÃO	11
3.1	LOCALIZAÇÃO, IMPLANTAÇÃO E CONSTITUIÇÃO GERAL.....	11
3.2	ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO	12
3.3	CONCEÇÃO GERAL DAS INSTALAÇÕES	13
3.4	ELEMENTOS DE BASE	14
3.4.1	Caudais de dimensionamento	14
3.4.2	Níveis de água na albufeira da Barragem do Pisão	14
3.4.3	Níveis de água no reservatório	15
3.5	GRUPOS ELETROBOMBA	15
3.5.1	Tipo de grupo eletrobomba.....	15
3.5.2	Número de grupos eletrobomba, principais características e regime de funcionamento.....	15
3.5.3	Sistema de regulação proposto	17
3.5.4	Dimensionamento dos grupos eletrobomba	18
3.5.5	Perdas de carga	20
3.5.6	Alturas manométricas de elevação.....	22
3.5.7	Curvas características da instalação e dos grupos eletrobomba	22
3.5.8	Condições de aspiração	26
3.6	TUBAGENS	27
3.7	VÁLVULAS E JUNTAS	30
3.7.1	Válvulas de dupla função (retenção/seccionamento)	30
3.7.2	Válvulas de seccionamento e atuadores	31
3.7.3	Juntas de desmontagem.....	32
3.7.4	Juntas mecânicas flexíveis	32
3.8	VENTOSAS DE TRIPLO EFEITO	32
3.9	RESERVATÓRIOS HIDROPNEUMÁTICOS	33
3.9.1	Considerações gerais	33
3.9.2	Características, constituição e equipamento comum dos reservatórios de proteção dos circuitos de compressão e da conduta elevatória.....	33
3.9.3	Características, constituição e equipamento comum do reservatório de proteção da conduta geral de aspiração	34
3.10	SISTEMA DE AR COMPRIMIDO.....	35
3.10.1	Considerações gerais	35
3.10.2	Unidade de produção e armazenamento de ar comprimido.....	35

3.10.3	Filtros e unidade de recolha de condensados	36
3.10.4	Rede de ar comprimido	36
3.11	EQUIPAMENTO DE ELEVAÇÃO	37
3.12	SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	37
3.12.1	Considerações gerais	37
3.12.2	Equipamento de climatização.....	38
3.13	SISTEMA DE VENTILAÇÃO	39
3.13.1	Considerações gerais	39
3.13.2	Sistemas de ventilação de instalação mural	39
3.13.3	Sistema de ventilação de instalação tubular	40
3.13.4	Sistemas de ventilação de instalação na cobertura.....	41
4	MODO DE FUNCIONAMENTO	43
4.1	SISTEMAS DE COMANDO DOS GRUPOS ELETROBOMBA E REGIMES DE FUNCIONAMENTO	43
4.1.1	Considerações gerais	43
4.1.2	Comando manual dos grupos eletrobomba	43
4.1.3	Comando automático dos grupos eletrobomba	44
4.1.4	Enchimento inicial da conduta elevatória.....	50
4.1.5	Gestão de arranque e paragem dos grupos.....	51
4.1.6	Condições de funcionamento e de arranque/ paragem	53
4.2	RESERVATÓRIOS HIDROPNEUMÁTICOS	56
4.2.1	Controlo do nível dos RH's – Considerações gerais	56
4.2.2	Controlo de nível contínuo	57
4.2.3	Controlo de nível discreto.....	59
4.3	SISTEMA DE AR COMPRIMIDO.....	60
4.4	SISTEMAS DE VENTILAÇÃO	61
4.4.1	Nave dos grupos	61
4.4.2	Sala dos variadores de velocidade.....	62
4.4.3	Sala dos quadros elétricos e sala de ar comprimido	62
4.4.4	Salas dos transformadores	63
4.5	SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO	63
5	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, AUTOMAÇÃO E TELEGESTÃO	65
5.1	CONSTITUIÇÃO DAS INSTALAÇÕES E ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA.....	65
5.2	REQUISITOS GERAIS	66
5.3	BALANÇO DE POTÊNCIAS	66
5.4	POSTO DE SECCIONAMENTO.....	67
5.4.1	Disposições gerais.....	67
5.4.2	Quadro de média tensão	67
5.4.3	Contagem de energia.....	68
5.4.4	Instalação de iluminação e tomadas	68
5.5	POSTO DE TRANSFORMAÇÃO.....	69
5.5.1	Disposições gerais.....	69
5.5.2	Quadro de média tensão	69
5.5.3	Transformadores	70

5.5.4	Acessórios de segurança.....	71
5.5.5	Ligações de terra.....	72
5.5.6	Instalações de iluminação e tomadas.....	72
5.6	REDES DE TERRAS.....	72
5.6.1	Terra de proteção.....	72
5.6.2	Terra de serviço.....	73
5.6.3	Ligações a efetuar à rede de terras.....	73
5.7	PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS.....	74
5.8	QUADROS ELÉTRICOS.....	74
5.8.1	Disposições gerais.....	74
5.8.2	Prescrições construtivas dos quadros.....	75
5.8.3	Equipamento de indicação, sinalização e comando a instalar nos quadros.....	75
5.9	COMANDOS LOCAIS.....	77
5.10	UNIDADE UPS.....	78
5.11	CONJUNTO CARREGADOR BATERIA 24V.....	78
5.12	VARIADORES DE VELOCIDADE.....	79
5.13	COMPENSAÇÃO DO FATOR POTÊNCIA.....	79
5.14	AUTÓMATO PROGRAMÁVEL.....	79
5.15	POSTO DE COMANDO E SUPERVISÃO.....	80
5.16	BASTIDOR DA SALA DE COMANDO.....	82
5.17	SINAIS A PROCESSAR PELO AUTÓMATO.....	82
5.18	SISTEMA DE DETEÇÃO DE INCÊNDIOS.....	82
5.19	SISTEMA DE DETEÇÃO DE INTRUSÃO.....	83
5.20	SISTEMA DE CCTV.....	84
5.21	CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS.....	84
5.22	ILUMINAÇÃO INTERIOR.....	85
5.23	ILUMINAÇÃO EXTERIOR.....	86
5.24	TOMADAS DE USOS GERAIS.....	87
6	ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO REGIME TRANSITÓRIO.....	89
7	ARQUITETURA DAS INSTALAÇÕES.....	91
7.1	PRINCÍPIOS ORIENTADORES.....	91
7.2	EDIFÍCIO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....	91
7.2.1	Caracterização formal, funcional e volumétrica das estruturas projetadas.....	91
7.2.2	Processo construtivo e acabamentos do edifício da estação elevatória.....	93
7.2.3	Estrutura do medidor de caudal e dos reservatórios hidropneumáticos de proteção dos circuitos hidráulicos de compressão e da conduta elevatória.....	96
7.2.4	Estrutura do reservatório hidropneumático de proteção do circuito de aspiração.....	97
7.2.5	Edifício dos quadros elétricos de chegada.....	98
8	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....	101
9	INSTALAÇÕES AUXILIARES.....	103

9.1	REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA	103
9.2	REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS	104
9.3	REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS PLUVIAIS	105
9.3.1	Descrição geral	105
9.3.2	Rede de drenagem pluvial das coberturas do edifício da estação elevatória.....	105
9.3.3	Rede de drenagem pluvial da plataforma da estação elevatória	106
9.3.4	Rede de drenagem pluvial das zonas envolventes à estação elevatória	109
10	ARRANJOS EXTERIORES.....	111
10.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	111
10.2	ARRUAMENTOS	111
10.3	ZONAS PEDONAIS.....	112
10.4	REVESTIMENTOS DO SOLO DAS ZONAS NÃO PAVIMENTADAS	112
10.5	VEDAÇÃO E PORTÃO DE ACESSO.....	112

QUADROS NO TEXTO

QUADRO 3.1 – ALTURAS MANOMÉTRICAS DE ELEVAÇÃO DOS GRUPOS ELETROBOMBA PARA O CAUDAL TOTAL DE DIMENSIONAMENTO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....	22
QUADRO 3.2 – NPSH DISPONÍVEL PARA FUNCIONAMENTO DOS GRUPOS ELETROBOMBA NA SITUAÇÃO NOMINAL	27
QUADRO 3.3 - NPSH DISPONÍVEL PARA FUNCIONAMENTO DOS GRUPOS ELETROBOMBA NA SITUAÇÃO MÍNIMA	27
QUADRO 3.4 – VÁLVULAS DE BORBOLETA. LOCAIS DE INSTALAÇÃO, DIÂMETROS E ACIONAMENTO.....	31
QUADRO 4.1 – NÚMERO DE GRUPOS EM SERVIÇO E NÍVEIS DE ARRANQUE E PARAGEM. CENÁRIO DE ENERGIA DE AUTOCONSUMO DISPONÍVEL.....	45
QUADRO 4.2 - NÚMERO DE GRUPOS EM SERVIÇO E NÍVEIS DE ARRANQUE E PARAGEM. CENÁRIO DE ENERGIA PROVENIENTE DA REDE ELÉTRICA NACIONAL	46
QUADRO 4.3 – CAUDAIS A DEBITAR PELOS VÁRIOS GRUPOS EM SERVIÇO	47
QUADRO 5.1 – BALANÇO DE POTÊNCIAS DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	66
QUADRO 9.1 – DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA DO EDIFÍCIO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA	106
QUADRO 9.2 – CAUDAIS DE CÁLCULO DOS COLETORES DE DRENAGEM PLUVIAL	107
QUADRO 9.3 – DIMENSIONAMENTO DOS COLETORES DE DRENAGEM PLUVIAIS	108
QUADRO 9.4 – DIMENSIONAMENTO DAS PASSAGENS HIDRÁULICAS. CARACTERÍSTICAS FISIGRÁFICAS DAS BACIAS HIDROGRÁFICAS.....	109
QUADRO 9.5 – DIMENSIONAMENTO DAS PASSAGENS HIDRÁULICAS. TEMPOS DE CONCENTRAÇÃO E CAUDAIS DE PONTA DE CHEIA	110
QUADRO 9.6 – DIMENSIONAMENTO DAS PASSAGENS HIDRÁULICAS. CONDIÇÕES DE ESCOAMENTO.....	110

FIGURAS NO TEXTO

FIGURA 2.1 - LOCALIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO.....	5
FIGURA 2.2 – ESQUEMA DO SISTEMA DE ADUÇÃO	8
FIGURA 3.1 - CURVAS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA E DOS GRUPOS ELETROBOMBA	23
FIGURA 3.2 - CURVAS CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA E DOS GRUPOS ELETROBOMBA (VELOCIDADE REDUZIDA EQUIVALENTE A UM RENDIMENTO DE 80%).....	24

ANEXOS

ANEXO I- PERDAS DE CARGA NO SISTEMA ELEVATÓRIO
ANEXO II – ANÁLISE DO REGIME TRANSITÓRIO
ANEXO III – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL
ANEXO IV – CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

1 INTRODUÇÃO

Na sequência do Concurso Público nº 384/DGADR/2021, a DGADR adjudicou à CAMPO D'ÁGUA, Engenharia e Gestão, Lda. a elaboração do “**Projeto de Execução de Infraestruturas de Regadio do Aproveitamento Hidroagrícola do Crato**”.

O Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato (AHFM do Crato) situa-se nos concelhos de Alter do Chão, Fronteira, Crato e Avis do distrito de Portalegre. Este integra-se num empreendimento que pretende garantir o abastecimento público às populações da região, mesmo em caso de períodos de seca prolongada. A sua implementação levará ao estímulo do crescimento económico e da competitividade agrícola e agropecuária e ao desenvolvimento e coesão da região.

O primeiro estudo com vista à implementação deste aproveitamento efetuou-se em 1957 pela então Direção Geral dos Serviços Hidráulicos (DGSH), estando enquadrado no Plano de Valorização do Alentejo. Nas décadas de 60 a 80 realizaram-se novos estudos que tinham em consideração novas tecnologias de rega mais eficientes, usadas atualmente de forma genérica, e cujo principal intuito era a minimização de limitações, nomeadamente pedológicas. No início deste século (2000-2011), avaliou-se novamente a viabilidade ambiental e económica deste empreendimento. Em 2003 foi reformulado o projeto de execução da barragem e elaborado um estudo de impacte ambiental. Em 2006 foi elaborado um Projeto de Execução da Rede de Rega do Crato. Já em 2010/2011 foi elaborado o Estudo de Viabilidade Técnica, Económica e Ambiental do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato. Mais recentemente, em 2021, efetuou-se a “Avaliação da Sustentabilidade e Desenvolvimento Integrado dos Recursos Hídricos e Energéticos do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato” promovida pela Comunidade Intermunicipal do Alto Alentejo (CIMAA) que incluiu o projeto de execução da barragem, central mini-hídrica e centrais fotovoltaicas e o estudo prévio do sistema de rega. Constata-se assim que este empreendimento se encontra em estudo há mais de 50 anos não tendo ainda sido implementado.

O Projeto de Execução teve em conta todos os estudos realizados anteriormente, baseando-se, no entanto, no Estudo Prévio realizado recentemente pela Aqualogus & TPF (2021), no Estudo de Impacte Ambiental (EIA) (Aqualogus & TPF, 2021, 2022) e na Declaração de Impacte Ambiental (DIA) (APA, 2022), assim como as revisões efetuadas no âmbito do processo de AIA e do RECAP das infraestruturas primárias, nomeadamente a revisão das disponibilidades hídricas, apresentadas no Tomo 2 – Estudos Hidrológicos e Gestão de Albufeiras do Volume 1 – Memória Geral do Projeto de Execução Infraestruturas Primárias do AHFM do Crato, datado de janeiro de 2023, bem como a revisão das necessidades hídricas úteis no pé da planta, apresentadas na

resposta ao Elemento 5 no DT 01 – E.5 do RECAPE das Infraestruturas Primárias do AHFM do Crato, datado de fevereiro de 2023.

A origem da água para rega será a albufeira da barragem de Pisão, a construir na ribeira de Seda. O AHFM do Crato será constituído por três blocos: Crato, Alter do Chão e Fronteira e Avis. A estação elevatória do Pisão captará a água da tomada da barragem do Pisão, que será bombada para um reservatório, a partir do qual se desenvolverá a rede de rega gravítica dos blocos de Alter do Chão e de Fronteira e Avis. Para o bloco do Crato as manchas localizadas junto à barragem serão beneficiadas ao longo da conduta elevatória.

Para melhor se atingirem os objetivos deste trabalho optou-se por dividir o projeto de execução em várias notas técnicas, articuladas em sequência e tendo como base o Estudo Prévio aprovado anteriormente, que consubstanciam o projeto de execução propriamente dito.

Nas notas técnicas anteriores, foram validadas as manchas de rega definidas no estudo prévio mencionado anteriormente, tendo-se excluído algumas áreas identificadas no mesmo estudo, nomeadamente a área correspondente à mancha de empréstimo para a barragem e zonas identificadas como tendo um potencial risco de contaminação das águas subterrâneas, bem como as áreas beneficiadas pelos agricultores diretamente a partir da ribeira da Seda e da albufeira do Maranhão tal como solicitado no âmbito do processo de avaliação de impacto ambiental (AIA) e posteriormente indicadas na DIA emitida a 1 de setembro de 2022.

Tendo em conta as disposições estabelecidas na DIA e os pedidos de correção apresentados pelos proprietários no decurso da consulta pública realizada em setembro de 2022, a área total para a qual serão projetadas as infraestruturas secundárias de rega do Crato corresponde atualmente a 5 494 ha distribuídas pelos seguintes blocos: Crato (654 ha), Alter do Chão (3 145 ha) e Fronteira e Avis (1 695 ha).

No âmbito da nota técnica relativa à estação elevatória procedeu-se à validação e ajustamento da solução definida no estudo prévio, que envolveu a realização das seguintes atividades principais:

- Validação e ajustamento geral da localização, implantação e definição da plataforma da estação elevatória;
- Validação do tipo e número dos grupos eletrobomba;
- Análise e revisão do dimensionamento hidráulico dos grupos eletrobomba e dos restantes equipamentos, tubagens e acessórios que constituem a estação elevatória, tendo em conta a alteração do caudal de dimensionamento decorrente da alteração das áreas dos blocos de rega;

- Estudo do regime transitório e revisão do dimensionamento e características técnicas dos reservatórios hidropneumáticos;
- Definição dos regimes de funcionamento e sistemas de regulação da estação elevatória;
- Ajustamento das características da instrumentação de medição de caudais, níveis e pressões a instalar na estação elevatória;
- Ajustamento das características dos restantes equipamentos a instalar na estação elevatória incluindo pórtilhos de elevação, sistemas de ventilação, válvulas, entre outros, em conformidade com as alterações preconizadas;
- Ajustamento dos espaços preconizados no edifício e plataforma da estação elevatória, incluindo os respetivos acessos, tendo em conta as alterações das características técnicas e dimensionais dos equipamentos, tubagens e acessórios a instalar;
- Definição geral das instalações elétricas, sistemas de automação, instrumentação e telegestão.

Após a aprovação das notas técnicas relativas às várias infraestruturas da rede secundária de rega, deu-se início ao desenvolvimento do projeto de execução que se apresenta dividido em vários volumes, sendo o presente relativo à estação elevatória do Pisão. No **Desenho 001** apresenta-se a planta de localização da estação elevatória, à escala 1:25 000 e no **Desenho 002** encontra-se a planta geral, à escala 1:500.

2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO SISTEMA DE ABASTECIMENTO DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO

2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO APROVEITAMENTO HIDRÁULICO DE FINS MÚLTIPLOS DO CRATO

O Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato situa-se na sub-região do Alto Alentejo (NUTS III), representada pela Comunidade Intermunicipal do Alto Alentejo (CIMAA). Tem uma área total de 5 494 ha, que se reparte pelos blocos do Crato (654 ha), de Alter do Chão (3 145 ha) e de Fronteira e Avis (1 695 ha), distribuindo-se pelos concelhos de Alter do Chão, Fronteira, Crato e Avis.

A rede de rega tem origem na estação elevatória, que elevará água a partir da albufeira criada pela barragem do Pisão até um reservatório de regularização. Na figura seguinte apresenta-se a constituição e disposição relativa dos blocos de rega e principais infraestruturas que constituem o Aproveitamento Hidroagrícola do Crato.

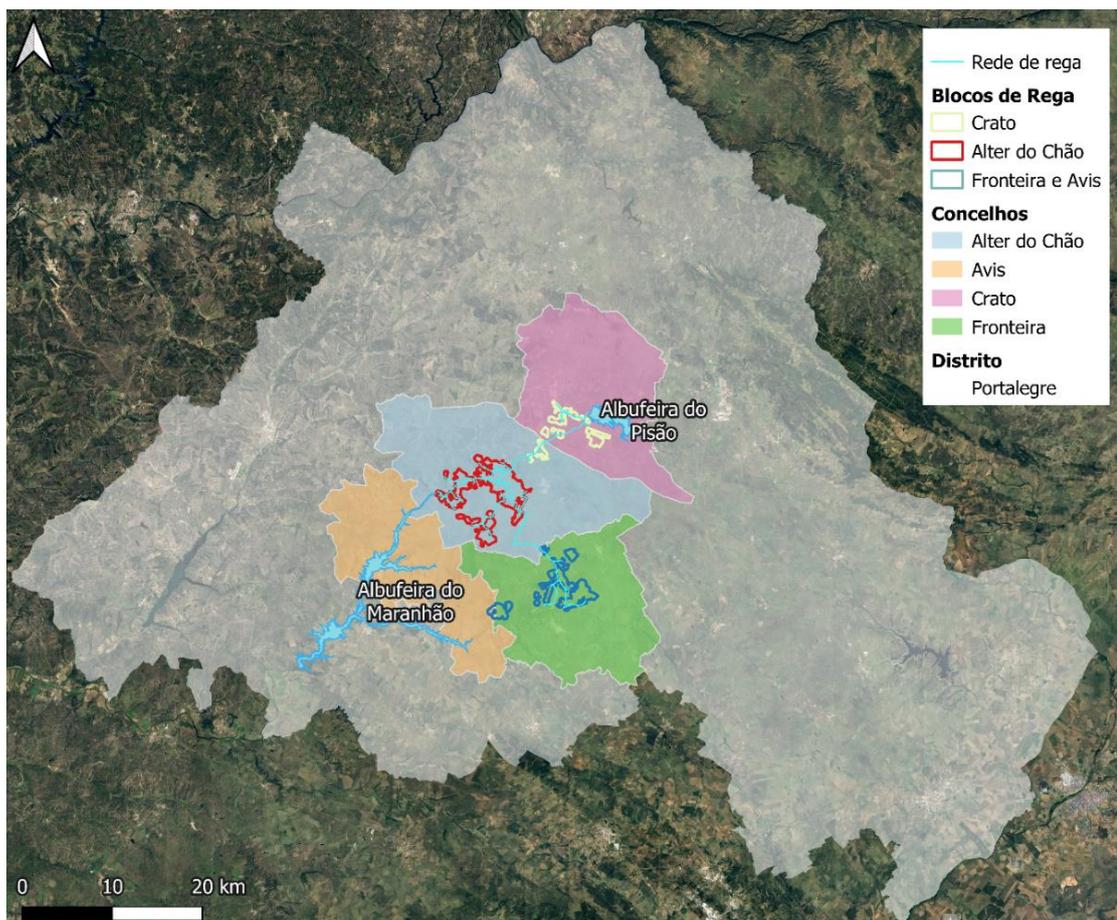


Figura 2.1 - Localização do Aproveitamento Hidráulico de Fins Múltiplos do Crato

Infraestruturas Primárias

A barragem do Pisão será implementada na ribeira de Seda e situa-se a montante da albufeira do Maranhão, já existente no mesmo curso de água. Esta permitirá a regularização de caudais para regadio e o reforço do sistema de abastecimento público e industrial da região. Será de aterro com aproximadamente 54 m de altura e um desenvolvimento total de cerca de 1 350 m, e a área inundada será de 726 ha à cota 248,00 m (Nível de Pleno Armazenamento - NPA), sendo que a albufeira a criar vai inundar a aldeia do Pisão, a qual deu origem ao seu nome. A bacia hidrográfica na ribeira da Seda na seção da barragem do Pisão possui uma área de 245 km².

A inclinação dos paramentos de montante e de jusante são respetivamente de 1(V):2,5(H) e 1(V):2,0(H). A largura do coroamento é de 10 m. A cota do coroamento da barragem será de 252,00 m, sendo o NPA à cota 248,00 e o NMC à cota 250,45. O NmE para rega situar-se-á à cota 221,30. O NmE para abastecimento urbano situa-se à cota 219,10.

A albufeira criada pela barragem ao NPA terá uma área inundada de 726 ha armazenamento total de 116,3 hm³ e um armazenamento útil de 109,3 hm³.

A barragem do Pisão será composta por um descarregador de cheias (caudal máximo descarregado de 36,70 m³/s), desvio provisório da ribeira de Seda, descarga de fundo, tomada de água e central hidroelétrica de pé de barragem.

A central mini-hídrica permitirá a produção de energia elétrica e a restituição dos caudais ecológicos na ribeira de Seda. Esta terá uma potência nominal de 500 kW. Também se construirá uma central solar fotovoltaica, com uma potência total de 150 MW, que será composta por dois tipos de instalações: terrestre (140 MW) e flutuante (10 MW). A instalação em terra será construída a sul da linha de caminho de ferro e a este do IC13.

De referir ainda que estes projetos de execução se encontram em fase de revisão, tendo em conta o estabelecido na DIA.

Infraestruturas Secundárias

As infraestruturas secundárias a construir são: o sistema elevatório de adução (estação elevatória e conduta elevatória), o reservatório de regularização e a rede de rega. Será ainda construída uma rede viária para acesso às infraestruturas primárias e um sistema de automação e telegestão (SAT).

2.2 CONSTITUIÇÃO E FUNCIONAMENTO DAS INFRAESTRUTURAS SECUNDÁRIAS

2.2.1 INFRAESTRUTURAS DE ADUÇÃO E ARMAZENAMENTO

O sistema de adução e armazenamento será constituído por uma estação elevatória, uma conduta elevatória e um reservatório de regularização.

A origem do sistema de adução será a barragem do Pisão. A água captada na albufeira da barragem será conduzida à estação elevatória do Pisão através do circuito da tomada de água e de uma conduta geral de aspiração, constituídas por tubagens em aço e PRFV DN1800 e tubagem em aço e betão com alma de aço DN2000 mm.

A estação elevatória do Pisão (EE) permitirá a elevação dos volumes necessários para alimentação dos blocos de rega do Crato, Alter do Chão, Fronteira e Avis, constituindo-se como a única estação elevatória do sistema adutor. Para permitir a elevação do caudal total necessário a estação será equipada com um total de 4 grupos eletrobomba principais com capacidade para elevar um caudal de 1,002 m³/s a 50,1 mca e um total de 2 grupos secundários com capacidade para elevar um caudal de 0,501 m³/s a 50,1 mca. A capacidade total de elevação da EE será assim de 5,01 m³/s. Todos os grupos eletrobomba serão equipados com sistemas de variação de velocidade por forma a permitir o ajustamento dos caudais elevados face à variação dos níveis de água na albufeira da barragem do Pisão, no reservatório de regularização e à variação das solicitações nas redes de rega a jusante. A estação elevatória disporá ainda de um conjunto de reservatórios hidropneumáticos que permitirão a proteção dos grupos eletrobomba e das condutas face ao regime transitório.

A conduta elevatória estabelecerá a ligação entre a estação elevatória do Pisão e o reservatório de regularização, desenvolvendo-se uma extensão total de cerca de 5,8 km. A conduta será constituída por tubagens em betão com alma de aço com diâmetros DN1800 e DN2000 mm e será equipada com um conjunto de órgãos de operação e segurança necessários ao seu correto funcionamento tais como ventosas, descargas de fundo e câmaras de seccionamento.

Na extremidade da conduta elevatória será executado um reservatório de regularização que terá, entre outras, a função de regulação do sistema de adução, nomeadamente do arranque e paragem dos grupos eletrobomba da estação elevatória. Este reservatório, do tipo semi-escavado revestido com telas terá um volume útil de 55 dam³. O reservatório permite o funcionamento da rede de rega durante cerca de 3h com o caudal de dimensionamento. O volume armazenado permitirá também a garantia total das necessidades de rega durante o período de inverno (novembro a janeiro), correspondentes a cerca de 26 dam³.

A tomada de água do reservatório incorporará um sistema de filtração dotado de uma saída para ligação à conduta principal para rega. O sistema de filtração será constituído por dois

tamisadores de banda rotativa, cada um com capacidade para um caudal de 2,20 m³/s, que irão assegurar um grau de filtração de 1,5 mm.

A partir do reservatório de será estabelecida a ligação às redes de rega dos blocos de Alter do Chão, Avis e Fronteira, por intermédio de uma conduta em betão com alma de aço DN1800 com origem na estrutura de tomada de água do reservatório. O bloco de rega do Crato será alimentado através de um conjunto de três derivações diretamente ligadas à conduta elevatória que estabelece a ligação entre a estação elevatória do Pisão e o reservatório a jusante das quais serão implementadas três estações de filtração com filtros em pressão.

Na figura seguinte apresenta-se um esquema do sistema de adução em estudo com a identificação e localização relativa das diversas infraestruturas que o constituem:



Figura 2.2 – Esquema do sistema de adução

2.2.2 INFRAESTRUTURAS DE REGA, VIÁRIA E SAT

A rede de rega dos diversos blocos possuirá um desenvolvimento de 86,6 km com DN 110 a DN 1800 e PN 6 a 16. A tubagem até 630 mm será em PEAD e para diâmetros superiores usar-se-á betão com alma de aço (BAA). Dimensionou-se a rede de rega de forma a garantir uma pressão mínima a montante das bocas de rega, que garanta o funcionamento dos equipamentos da rede coletiva (10 mca a montante do hidrante). Os órgãos de exploração e segurança das redes de rega são constituídos por ventosas, descargas de fundo, válvulas de seccionamento e hidrantes/ bocas de rega.

A rede viária apenas se prevê complementar a densa rede de caminhos já existente, com o acesso às infraestruturas a construir, nomeadamente acesso da estação fotovoltaica ao reservatório e à conduta elevatória e conduta principal. Assim, terá um desenvolvimento de 9 km, com uma largura de 4 m e camada de desgaste em betão betuminoso.

O sistema de automação e telegestão (SAT) da rede de rega será efetuado via rádio e será centralizado no posto de comando do reservatório, sendo transmitido um conjunto de informação do reservatório através de um cabo de fibra ótica que será instalado ao longo da conduta elevatória. Na estação elevatória ficará assim disponível toda a informação relativa à rede de rega, reservatório, conduta elevatória e estação elevatória, podendo a mesma ser também transmitida para a sede da CIMAA.

Para comunicação entre o posto de comando e o reservatório de regularização e a supervisão da estação elevatória existirá um sistema redundante em relação ao cabo de fibra ótica, via GSM.

.

3 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA DO PISÃO

3.1 LOCALIZAÇÃO, IMPLANTAÇÃO E CONSTITUIÇÃO GERAL

A estação elevatória do Pisão localizar-se-á imediatamente a jusante da barragem do Pisão, prevendo-se a sua implantação na margem direita da ribeira de Seda.

A água bombada através da estação elevatória do Pisão será captada na torre de tomada de água, sendo a mesma conduzida ao edifício da estação através do circuito hidráulico da tomada de água, constituído por tubagens em PRFV e aço DN1800, e da conduta geral de aspiração, constituída por tubagens em aço e betão armado com alma de aço, DN2000.

A implantação da estação elevatória foi estabelecida tendo por base os seguintes aspetos fundamentais:

- Orografia do terreno existente na margem direita da ribeira de Seda e otimização dos movimentos de terras necessários para execução da plataforma da estação elevatória;
- Interligação necessária com a tomada de água / descarga de fundo, descarregador de cheias e restantes órgãos previstos no projeto da barragem do Pisão, nomeadamente no que respeita ao alinhamento da conduta de aspiração;
- Níveis de cheia previstos na ribeira de Seda, a jusante do descarregador de cheias da barragem do Pisão, para a cheia de dimensionamento considerada no projeto da barragem;
- Interligação com os acessos previstos no âmbito do projeto da barragem;
- Características técnicas e dimensionais dos diversos equipamentos hidromecânicos e eletromecânicos necessários à estação elevatória do Pisão incluindo grupos eletrobomba, válvulas, equipamentos de proteção, entre outros.

De acordo com o projeto da barragem, o nível de água máximo resultante do ressalto hidráulico que ocorrerá na bacia de dissipação do descarregador de cheias, para a cheia de dimensionamento, localizar-se-á à cota 203,85 m. Face a este aspeto, optou-se por estabelecer a plataforma da estação elevatória a uma cota média de 206,00 m, obtendo-se assim uma folga de cerca de 2,15 m face ao referido nível de água.

A estação elevatória será constituída pelos seguintes elementos principais: edifício da estação elevatória, estrutura do medidor de caudal e reservatórios hidropneumáticos de proteção dos circuitos de compressão e conduta elevatória, estrutura do reservatório hidropneumático de

proteção do circuito de aspiração, edifício dos quadros elétricos de chegada e ainda de um conjunto de zonas de circulação.

Para acesso à estação elevatória utilizar-se-á o caminho de acesso da barragem do Pisão, que dará acesso simultaneamente à central mini-hídrica e à estação elevatória de abastecimento urbano.

A implantação geral da estação elevatória do Pisão é apresentada no **Desenho 002**.

3.2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Do ponto de vista geológico, a região em estudo onde se insere a futura estação elevatória do Pisão localiza-se na designada Faixa Blastomilonítica.

Esta faixa constitui um dos setores da Zona de Ossa Morena, caracterizada pela existência de uma faixa central constituída por gnaisses, migmatitos e anfibolitos, testemunhos de metamorfismo de alta pressão, ladeada por terrenos da Série Negra (Pré-Câmbrico Superior), constituídos por xistos e grauvaques com intercalações de liditos e calcários.

A região encontra-se cartografada à escala 1:50 000 na folha 32-B (Portalegre) da Carta Geológica de Portugal, publicada pela extinta Direção Geral de Minas e Serviços Geológicos em 1972, sendo complementada pela respetiva notícia explicativa coordenada por Gonçalves, F. 1973.

Por análise destes elementos verifica-se a interseção das infraestruturas projetadas com diversas formações geológicas, nomeadamente, rochas de idade Pré-Câmbrica (Série negra do Sudoeste peninsular e a Formação Gnaisso-migmatítica), de idade câmbrica (Cb₁), rochas ígneas (ortognaisses graníticos e granitos), rochas metamórficas de contacto (corneanas) e por fim, pontualmente, com filões de metagabros e metadoleritos.

No âmbito do presente projeto de execução procedeu-se à execução de um conjunto de trabalhos de prospeção geológico-geotécnica que visaram a caracterização geológico-geotécnica detalhada das formações intersetadas pelas infraestruturas da futura estação elevatória do Pisão, respetiva plataforma e caminho de acesso. Tais trabalhos de prospeção geológico-geotécnica incluíram a realização de sondagens com a realização de ensaios SPT, realização de perfis sísmicos, piezómetros e leituras de nível freático, poços, recolha de amostras e ensaios laboratoriais sobre as amostras recolhidas dos poços e sondagens, entre outros trabalhos.

Os resultados obtidos e a caracterização geológico-geotécnica detalhada das formações existentes encontram-se no relatório geológico-geotécnico, apresentado no Volume VII, sendo os resultados relativos à estação elevatória, apresentados nos **Desenhos G01 e G02**.

3.3 CONCEÇÃO GERAL DAS INSTALAÇÕES

A estação elevatória do Pisão será constituída por um conjunto de estruturas e circuitos hidráulicos que visam a condução da água captada na albufeira da barragem do Pisão e a sua elevação até ao reservatório de regularização previsto a jusante.

A água captada na albufeira da barragem do Pisão será assim conduzida até à plataforma da estação elevatória por intermédio do circuito hidráulico da tomada de água da barragem. Na extremidade deste circuito hidráulico prevê-se a execução de uma câmara de válvulas onde se efetuará o seccionamento da conduta da tomada de água, e a derivação para a estação de tratamento de água para abastecimento urbano. Esta câmara constitui o limite da empreitada da barragem do Pisão e da estação elevatória do Pisão, estando contemplada no projeto da barragem.

Após a câmara de válvulas do circuito da tomada de água dar-se-á início a um coletor de aspiração geral que se desenvolverá até ao interior da plataforma da estação elevatória, junto à fachada sul do edifício da estação elevatória.

O principal elemento da estação elevatória do Pisão corresponderá ao edifício propriamente dito, que albergará os grupos eletrobomba e respetivos circuitos individuais de aspiração e compressão e um coletor geral de compressão, instalados na nave geral dos grupos. O edifício disporá ainda de um conjunto de salas onde serão instalados todos os equipamentos e instrumentação necessária ao comando, automação e telegestão da instalação incluindo posto de transformação, sala dos quadros elétricos, sala dos variadores de velocidade, sala de comando e sala do sistema de ar comprimido. Adicionalmente prevê-se a execução de uma instalação sanitária.

A jusante do edifício da estação elevatória prevê-se a instalação de uma estrutura que albergará dois reservatórios hidropneumáticos, que terão como função a proteção dos circuitos de compressão da estação elevatória e da conduta elevatória, face à ocorrência de regimes transitórios. Nesta estrutura prevê-se ainda a instalação de um medidor de caudal ultrassónico e de uma válvula de seccionamento geral da estação elevatória, que permitirá o isolamento da conduta elevatória para realização de operações de limpeza e manutenção.

A montante do edifício da estação elevatória será instalada uma estrutura que albergará um outro reservatório hidropneumático, que terá como função a proteção da conduta de aspiração geral face à ocorrência de regimes transitórios.

Junto à entrada da estação elevatória prevê-se ainda a execução de um edifício de apoio pré-fabricado do tipo “KIOBET” para instalação das instalações elétricas de média tensão da rede elétrica nacional e da rede elétrica proveniente das origens renováveis previstas no âmbito do aproveitamento hidroagrícola, nomeadamente central mini-hídrica e centrais fotovoltaicas.

No capítulo 7 apresenta-se a caracterização detalhada das diversas estruturas previstas na estação elevatória do Pisão. A localização e disposição relativa das principais infraestruturas que constituem a estação elevatória é apresentada no **Desenhos 02**.

3.4 ELEMENTOS DE BASE

3.4.1 CAUDAIS DE DIMENSIONAMENTO

O caudal de dimensionamento da estação elevatória do Pisão será de 5,01 m³/s, em conformidade com as necessidades definidas para os blocos de rega previstos a jusante e o cálculo apresentado no projeto de execução das redes de rega.

O caudal total de dimensionamento da estação elevatória deverá ser conseguido através do funcionamento em paralelo dos quatro grupos principais mais os dois secundários, assentando a sua regulação no controlo de níveis no reservatório de regularização a jusante, no medidor de caudal previsto à saída da estação elevatória e na leitura do nível através do medidor de nível da albufeira.

3.4.2 NÍVEIS DE ÁGUA NA ALBUFEIRA DA BARRAGEM DO PISÃO

Os níveis de água na albufeira da barragem do Pisão condicionarão diretamente o dimensionamento dos grupos eletrobomba da estação elevatória do Pisão, assim como das tubagens, equipamentos e acessórios que constituirão os respetivos circuitos hidráulicos de aspiração.

Os níveis de água na barragem do Pisão variarão entre o nível de pleno armazenamento (NPA) e o nível mínimo de exploração definido para a rede de rega (NmE) correspondentes às seguintes cotas:

- Nível de pleno armazenamento (NPA): 248,00 m;
- Nível mínimo de exploração da rede de rega (NmE): 221,30 m.

Tendo em conta as necessidades dos blocos de rega de jusante e os volumes armazenados na albufeira da barragem do Pisão, considera-se ainda um nível mínimo de exploração para

elevação do caudal máximo (5,01 m³/s) igual a 230,00 m. A justificação da adoção deste nível é apresentada no subcapítulo 3.5.4.2.

3.4.3 NÍVEIS DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO

Tendo em conta o sistema de regulação preconizado para a estação elevatória do Pisão, o dimensionamento dos grupos eletrobomba será efetuado tendo apenas em conta os níveis de funcionamento do reservatório previsto a jusante da conduta elevatória.

Neste sentido, consideraram-se os seguintes níveis de referência correspondentes ao reservatório:

- Nível de pleno armazenamento (NPA): 271,00 m;
- Nível nominal (Nnom): 270,00 m;
- Nível mínimo de exploração (NmE): 266,00 m.

3.5 GRUPOS ELETROBOMBA

3.5.1 TIPO DE GRUPO ELETROBOMBA

A estação elevatória do Pisão será equipada com um conjunto de grupos eletrobomba centrífugos, monocelulares, de voluta bipartida com impulsor de dupla aspiração e de instalação horizontal. Os grupos serão de gama de produção normalizada pelos fabricantes com maior implementação a nível nacional.

3.5.2 NÚMERO DE GRUPOS ELETROBOMBA, PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E REGIME DE FUNCIONAMENTO

A experiência dos últimos anos em perímetros de rega do mesmo tipo demonstra a que as soluções mais económicas para sistemas elevatórios similares aos do presente projeto correspondam à utilização de conjuntos de grupos eletrobomba de características similares, associados em paralelo.

Tendo em vista a obtenção de uma eficiência energética elevada, na conceção deste tipo de sistemas elevatórios procura-se geralmente que o caudal elevado através das estações elevatórias seja o mais próximo possível dos caudais solicitados nas redes de rega de jusante. No sentido de atingir este objetivo, verifica-se ser especialmente benéfica a adoção de um conjunto de grupos eletrobomba principais e de grupos eletrobomba secundários, os quais

permitem um maior ajustamento da estação elevatória nos cenários de fornecimento de pequenos caudais.

A adoção de grupos secundários no presente projeto prende-se também com o facto de se pretender que na maioria dos casos os grupos sejam alimentados a partir das fontes de energia de autoconsumo disponíveis, nomeadamente da central mini-hídrica e central fotovoltaica flutuante da barragem do Pisão e da central fotovoltaica terrestre. Neste sentido, poderá haver períodos em que a produção de energia seja de tal forma baixa que não permite a alimentação dos grupos eletrobomba principais, de maior potência, mas é suficiente para alimentação de um grupo secundário, que apresentará uma potência absorvida mais baixa.

Tendo por base os pressupostos enunciados, considerou-se para a estação elevatória do Pisão a instalação de um total de seis grupos eletrobomba, compreendendo o seguinte escalonamento e características principais:

Grupos eletrobomba principais:

- Número de grupos eletrobomba principais: 4;
- Tipo de grupos eletrobomba: centrífugos, monocelulares, de voluta bi-partida;
- Instalação: Horizontal;
- Caudal nominal: 1,002 m³/s;
- Altura manométrica de elevação nominal: 50,1 m;
- Rendimento hidráulico nominal $\geq 88 \%$
- NPSHr nominal: $\leq 5,35$ m;
- Potência absorvida nominal: ≤ 560 KW
- Potência máxima absorvida na curva: ≤ 605 kW;
- Potência do motor de acionamento: ≤ 710 kW;
- Número de polos: 6 (1000 rpm);
- Tensão nominal: 690 V;
- Frequência: 50 Hz.

Grupos eletrobomba secundários:

- Número de grupos eletrobomba secundários: 2;
- Tipo de grupos eletrobomba: centrífugos, monocelulares, de voluta bi-partida;
- Instalação: Horizontal;
- Caudal nominal: 0,501 m³/s;
- Altura manométrica de elevação nominal: 50,1 m;
- Rendimento hidráulico nominal $\geq 87 \%$
- NPSHr nominal: $\leq 6,7$ m;

- Potência absorvida nominal: ≤ 285 KW;
- Potência máxima absorvida curva: ≤ 290 kW;
- Potência do motor de acionamento: ≤ 355 kW;
- Número de polos: 4 (1500 rpm);
- Tensão nominal: 690 V;
- Frequência: 50 Hz.

Os dados indicados dos grupos tiveram como base uma consulta a um fabricante de bombas de renome no mercado nacional.

Quando todos os grupos funcionarem em paralelo (4 grupos principais + 2 grupos secundários), o caudal total debitado pela estação elevatória será de $5,01 \text{ m}^3/\text{s}$.

Apesar de não ser pretendido debitar um caudal superior ao caudal de dimensionamento da instalação, quaisquer que sejam as condições de nível na albufeira ou reservatório de regularização, não sendo desta forma nunca ultrapassado o caudal nominal das bombas e, conseqüentemente, a sua potência absorvida nominal, considerou-se que a potência nominal dos motores elétricos de acionamento deverá ser superior à potência máxima absorvida pela bomba na sua curva de funcionamento.

O número de grupos eletrobomba e respetivo escalonamento resulta de uma análise técnico económica realizada em fase de estudo prévio, tendo-se optado por manter a mesma no presente projeto.

Tanto os grupos principais como os secundários serão todos eles alimentados a partir de variadores de frequência de forma a possibilitar a sua variação de velocidade de rotação.

Através da possibilidade da variação da sua velocidade, os grupos permitirão o funcionamento para alturas de elevação variáveis entre 18 e 58 mca, aproximadamente, não ultrapassando a potência nominal do seu motor.

A adoção de sistemas de variação de velocidade em todos os grupos eletrobomba prende-se com a variação significativa do nível de água que poderá ocorrer na albufeira da barragem do Pisão, procurando-se deste modo o controlo e uniformização dos caudais elevados em resposta à variação da altura geométrica de elevação e, simultaneamente, o aumento da eficiência energética do sistema elevatório.

3.5.3 SISTEMA DE REGULAÇÃO PROPOSTO

No presente projeto foi prevista uma regulação clássica, com bombagem para o reservatório de regularização a jusante, sendo o comando automático dos grupos eletrobomba efetuado pelos

níveis no reservatório, pelo medidor de caudal à saída da estação elevatória e pelo nível observado na albufeira.

O caudal de elevação da estação elevatória será monitorizado em tempo real através do medidor de caudal ultrassónico previsto na saída da estação e através da leitura do nível de água na albufeira. Através das leituras do medidor de caudal e do nível na albufeira será imposta uma velocidade de rotação máxima aos grupos eletrobomba por forma a que o caudal elevado não ultrapasse o respetivo caudal nominal (valores indicados no quadro 4.3, que devem poder ser parametrizáveis na consola).

O sistema de regulação/comando dos grupos é descrito em detalhe no Capítulo 4.

3.5.4 DIMENSIONAMENTO DOS GRUPOS ELETROBOMBA

3.5.4.1 NÍVEIS DE REFERÊNCIA CONSIDERADOS

Para determinar a altura manométrica nominal, correspondente ao caudal nominal total de 5,01 m³/s, foram consideradas as seguintes condições de fronteira:

Situação 1 (Regime nominal):

- Nível de água na barragem do Pisão situado à cota 230,00;
- Nível de água no reservatório de comando situado à cota 270,00.

Foram ainda analisados mais dois pontos de funcionamento correspondentes às alturas manométricas máximas e mínimas, que poderão ser obtidas tendo em conta as variações dos níveis na albufeira da barragem do Pisão e no reservatório de comando a jusante:

Situação 2 (Desnível geométrico máximo / Altura manométrica máxima):

- Nível de água na albufeira da barragem do Pisão: 221,30 m;
- Nível de água no reservatório de comando: 271,00 m;

Situação 3 (Desnível geométrico mínimo / Altura manométrica mínima):

- Nível de água na albufeira da barragem do Pisão: 248,00 m;
- Nível de água no reservatório de comando: 266,00 m;

A situação 1 corresponde a um cenário intermédio, em que o nível na albufeira da barragem do Pisão corresponde a cerca de 1/3 da altura útil da barragem e o nível no reservatório de jusante corresponde ao nível estabelecido para paragem do primeiro grupo eletrobomba, ou seja, ao

nível máximo em que se prevê que todos os grupos eletrobomba se encontrem em funcionamento simultâneo.

As situações 2 e 3 correspondem a cenários extremos máximo e mínimo, em que a albufeira da barragem do Pisão se encontra coincidente com o nível mínimo de exploração e nível de pleno armazenamento e o reservatório de regularização se encontra coincidente o nível de pleno armazenamento e com o nível mínimo de exploração, respetivamente.

3.5.4.2 JUSTIFICAÇÃO DO NÍVEL MÍNIMO CONSIDERADO NA ALBUFEIRA DA BARRAGEM DO PISÃO PARA ELEVÇÃO DO CAUDAL MÁXIMO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

Embora o nível mínimo de exploração para rega tenha sido definido à cota 221,30 m, para efeitos de dimensionamento dos grupos eletrobomba da estação elevatória do Pisão foi adotado um nível correspondente a cerca de 1/3 da altura útil da albufeira, fixado sensivelmente à cota 230,00 m.

A adoção deste nível prende-se sobretudo com o volume armazenado na albufeira a esta cota e à correlação do mesmo com as necessidades de rega anuais dos diversos blocos a alimentar e com o caudal a elevar para o reservatório de regularização.

Adicionalmente, dada a elevada variação que poderá ocorrer no nível de água na albufeira, procurou-se adotar um nível mínimo de dimensionamento a montante que permita garantir que as curvas características dos grupos eletrobomba selecionados para a estação elevatória abrangem todos os pontos de funcionamento possíveis e as correspondentes combinações de níveis de montante e jusante.

Analisando a curva de volumes armazenados da albufeira da barragem do Pisão, disponibilizada no estudo prévio, verifica-se que à cota 230,00 m corresponderá um volume útil de cerca de 26,2 hm³.

Por outro lado, no que respeita às necessidades de rega verifica-se que para totalidade da área dos blocos de rega do Crato, Alter, Fronteira e Avis será necessário um volume total anual de cerca de 28,0 hm³.

Para além disso, adicionando os volumes anuais correspondentes às perdas por evaporação (cerca de 2,7 hm³) com os volumes necessários para restabelecimento do caudal ecológico (cerca de 9,4 hm³) e os volumes necessários para abastecimento urbano (estimados em cerca de 1,0 hm³), obtém-se volume total anual de cerca de 13,1 hm³.

Deste modo, apenas metade do volume útil armazenado à cota 230,00 m se encontra disponível para rega, ou seja, cerca de 13,1 hm³. Considerando-se a dotação média anual adotada de

5107 m³/ha, verifica-se que o volume remanescente disponível permitiria apenas a rega de cerca metade da área total de rega dos blocos do Crato, Alter, Fronteira e Avis.

Considerando que a regularização da albufeira do Pisão é interanual, terá de existir rateio de água (redução da área de rega com culturas anuais e redução da dotação com culturas permanentes), caso no início da campanha de rega exista disponível apenas esse volume. Deste modo, o caudal máximo solicitado à estação elevatória será inferior ao caudal de dimensionamento, para níveis na albufeira iguais ou inferiores a essa cota (230,00).

Caso na albufeira seja atingida a cota 230,00 na fase final da época de rega (em setembro ou outubro, por exemplo), as necessidades de rega mensais serão inferiores às do mês de ponta, e consequentemente o caudal solicitado durante esses meses será inferior ao caudal de ponta (caudal de dimensionamento). Deste modo, o caudal máximo solicitado à estação elevatória durante esses meses será inferior ao caudal de dimensionamento, pelo que não resultará qualquer deficiência no regime de funcionamento do sistema elevatório.

Face ao exposto, considerou-se que abaixo da cota 230,00 m o caudal a elevar através do sistema elevatório deverá ser inferior ao caudal de dimensionamento adotado, de 5,01 m³/s.

3.5.4.3 ALTURAS GEOMÉTRICAS DE ELEVAÇÃO

As alturas geométricas de elevação a considerar no dimensionamento dos grupos eletrobomba resultam da diferença entre os níveis de referência considerados na albufeira da barragem do Pisão e no reservatório de regularização, tendo-se obtido para cada uma das situações estudadas:

Situação 1 (Regime nominal):

- Altura geométrica de elevação (Δz) = 270,00 – 230,00 = 40,00 m;

Situação 2 (Desnível geométrico máximo / Altura manométrica máxima):

- Altura geométrica de elevação (Δz) = 271,00 – 221,30 = 49,70 m;

Situação 3 (Desnível geométrico mínimo / Altura manométrica mínima):

- Altura geométrica de elevação (Δz) = 266,00 – 248,00 = 18,00 m.

3.5.5 PERDAS DE CARGA

Para se determinarem as alturas manométricas dos grupos eletrobombas na estação elevatória do Pisão, calcularam-se as perdas de carga que ocorrerão ao longo dos circuitos da tomada de água, circuitos de aspiração, circuitos de compressão e conduta elevatória.

As perdas de carga foram definidas através de expressões gerais, em função do caudal, que resultam do somatório de todas as perdas de carga contínuas e localizadas que ocorrerão ao longo das condutas e singularidades previstas.

As perdas de carga contínuas foram calculadas através do produto da perda de carga unitária em cada troço de tubagem com o respetivo comprimento:

$$\Delta H_C = JL$$

Em que,

- ΔH_C – Perda de carga contínua (m);
- J – Perda de carga unitária (m/m);
- L – Comprimento da tubagem (m).

Por sua vez, a perda de carga unitária nos diversos troços de tubagem foi obtida através da fórmula de *Colebrook-White*, dada por:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{k}{3,7D} + \frac{2,51\nu}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Em que,

- f – Fator de resistência ao escoamento;
- Re – Número de Reynolds;
- D – Diâmetro da tubagem;
- ν – Viscosidade cinemática da água;
- k – Rugosidade absoluta ($k=0,1$ mm em aço e $k=0,3$ mm em betão).

Quanto às perdas de carga localizadas nas diversas singularidades previstas, as mesmas foram obtidas com recurso à seguinte expressão:

$$\Delta H_L = K \frac{Q^2}{2gS^2}$$

Em que,

- K – Coeficiente de perda de carga localizada;
- Q – Caudal escoado (m^3/s);
- S – Secção de escoamento (m^2);

Da aplicação da metodologia descrita resultou assim a expressão de perda de carga seguinte:

$$\Delta H = 0,3239Q^2 + 0,3046Q + 0,4496$$

Em que:

- ΔH – Perda de carga total (m);
- Q – Caudal escoado (m^3/s);

As expressões de perda de carga contínuas e singulares correspondentes a cada um dos troços e singularidades previstos no circuito da tomada de água, circuitos de aspiração e compressão, conduta elevatória e circuito de entrada no reservatório são apresentadas no quadro constante no **Anexo I**.

3.5.6 ALTURAS MANOMÉTRICAS DE ELEVAÇÃO

Para valores de caudal compreendidos entre o caudal máximo da instalação e o caudal mínimo fornecido por um só grupo, o sistema elevatório funciona em regime contínuo.

Com base nos cálculos das perdas de carga no circuito hidráulico e nos níveis na albufeira da barragem do Pisão e no reservatório de regularização, obtiveram-se as alturas manométricas nominal, máxima e mínima, para o caudal total de dimensionamento da estação elevatória, através da aplicação da expressão seguinte:

$$H = \Delta z + \Delta H$$

Em que:

- H – Altura manométrica (m);
- Δz – Desnível geométrico (m);
- ΔH – Perda de carga total (m).

Os resultados obtidos são indicados no quadro seguinte:

Quadro 3.1 – Alturas manométricas de elevação dos grupos eletrobomba para o caudal total de dimensionamento da estação elevatória

Situação (-)	Nível na albufeira (m)	Nível no reservatório (m)	Desnível geométrico (m)	Perda de carga total (m)	Altura manométrica (m)
Nominal	230,00	270,00	40,00	10,13	50,13
Máxima	221,30	271,00	49,70	10,13	59,83
Mínima	248,00	266,00	18,00	10,13	28,13

3.5.7 CURVAS CARACTERÍSTICAS DA INSTALAÇÃO E DOS GRUPOS ELETROBOMBA

Tendo em consideração as condições hidráulicas do sistema, e com base em consulta a um fabricante de bombas, para melhor ilustrar a gama de funcionamento dos grupos, apresentam-se na figura seguinte as curvas características dos grupos eletrobomba e da instalação.

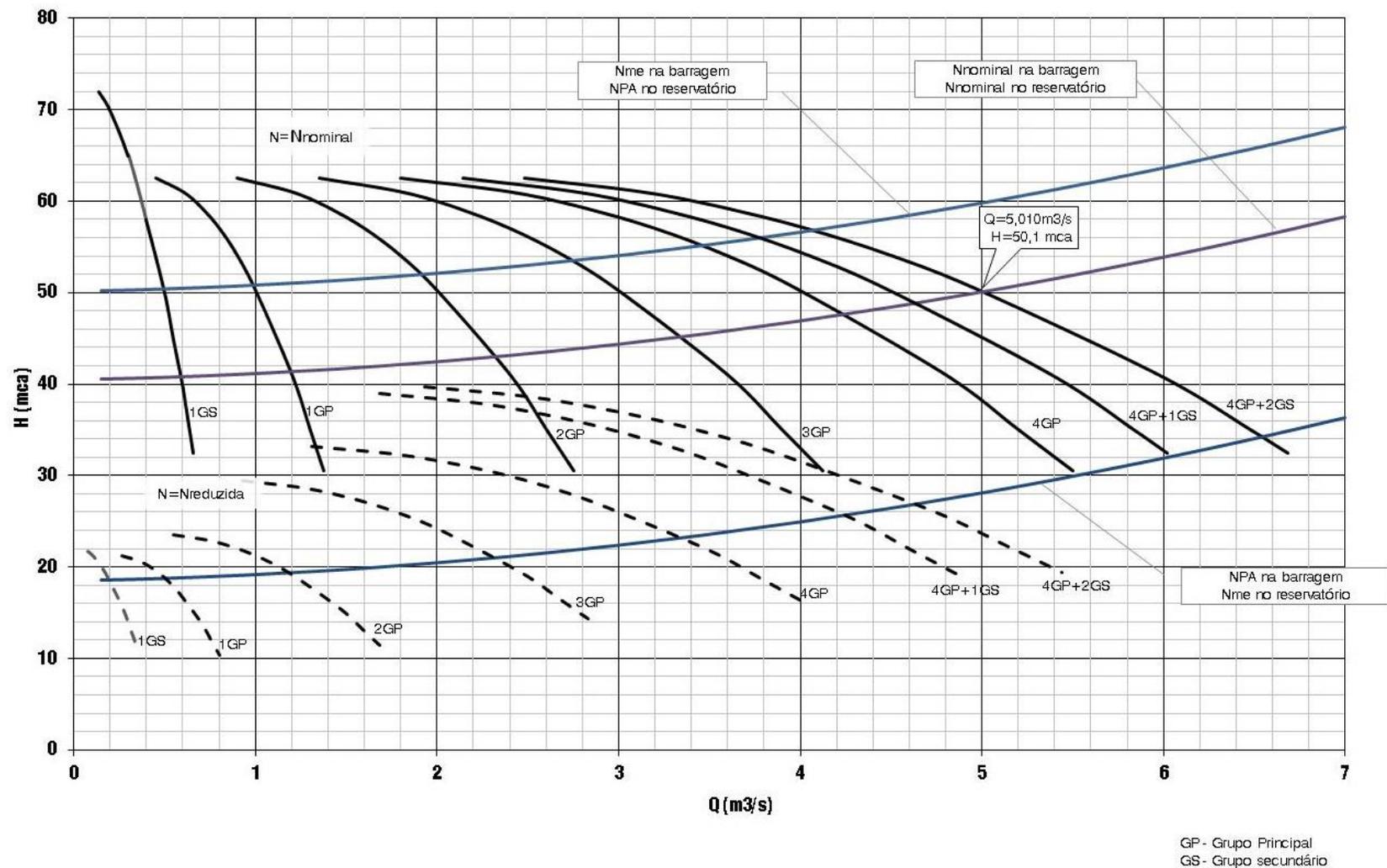


Figura 3.1 - Curvas características do sistema e dos grupos eletrobomba

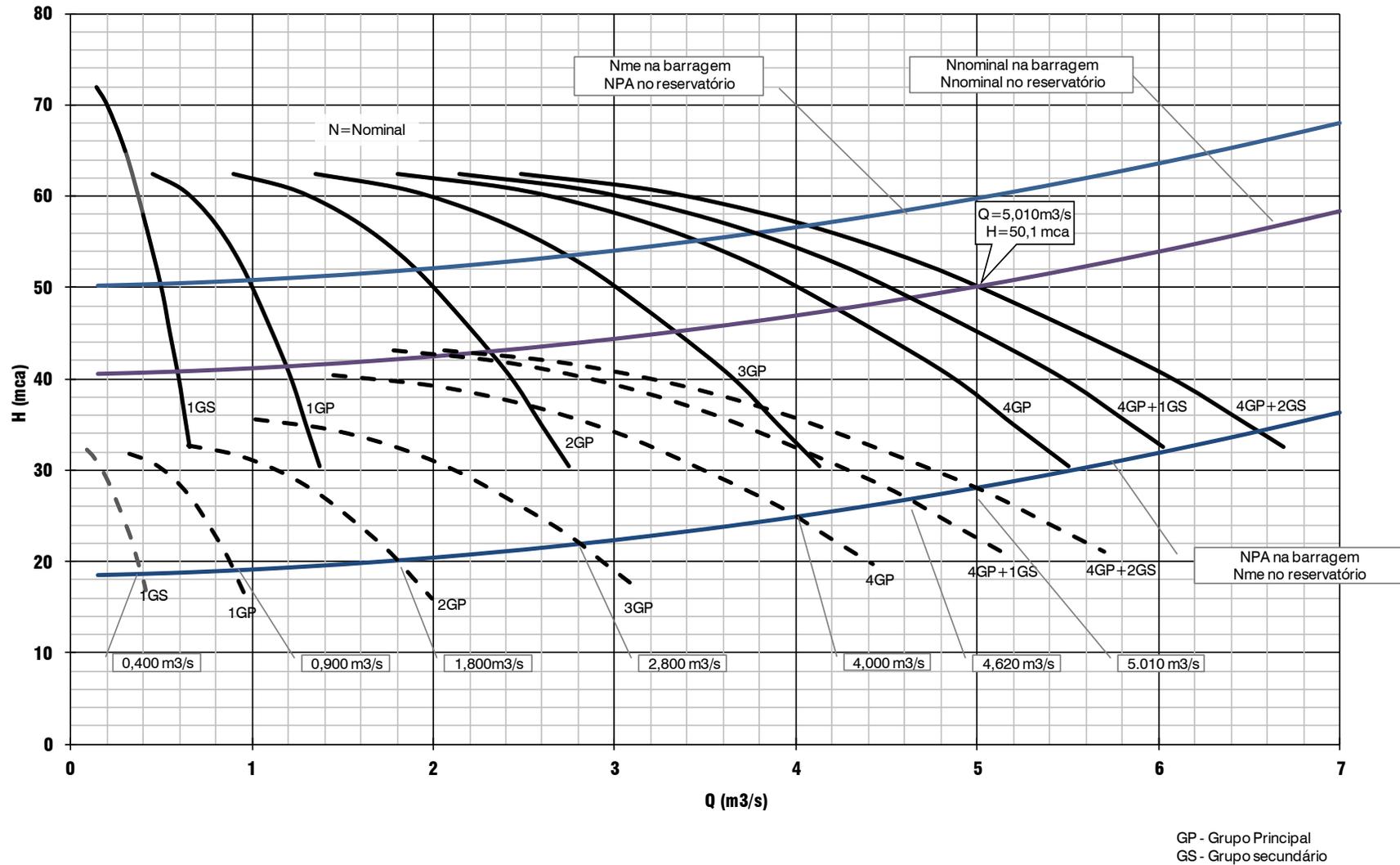


Figura 3.2 - Curvas características do sistema e dos grupos eletrobomba (velocidade reduzida equivalente a um rendimento de 80%)

As curvas características das bombas apresentadas são relativas a um fabricante com representação no mercado nacional e têm apenas um carácter indicativo.

Para a situação nominal de funcionamento, quando todos os grupos funcionarem em paralelo (4 grupos principais + 2 grupos secundários), o caudal total debitado pela estação elevatória será de 5,01 m³/s a uma altura de elevação de 50,13 mca.

Através da possibilidade da variação da sua velocidade, os grupos permitirão o funcionamento para alturas de elevação variáveis entre 18 e 58 mca, aproximadamente, não ultrapassando a potência nominal do seu motor.

Desta forma, qualquer que seja a combinação de nível na albufeira e no reservatório de regularização, entre a curva de instalação nominal e mínima consideradas, o funcionamento dos grupos, quer seja à sua velocidade nominal, quer a velocidade reduzida, permitirá sempre responder aos caudais solicitados pela rede de rega, até ao caudal de dimensionamento da estação (5,01 m³/s).

Entre a curva de instalação nominal e a curva máxima, os grupos funcionarão à sua velocidade nominal e, quando todos os grupos estiverem em funcionamento paralelo e se estiver sob a curva máxima da instalação, garantirão um caudal máximo de cerca de 4,100 m³/s.

As curvas dos grupos a velocidade reduzida apresentadas na figura 3.1 representam as seguintes velocidades em percentagem da velocidade nominal do grupo:

- 1 grupo secundário (1GS): ≈55% da velocidade nominal;
- 1 grupo principal (1GP): ≈58% da velocidade nominal;
- 2 grupos principais (2GP): ≈60% velocidade nominal;
- 3 grupos principais (3GP): ≈70% velocidade nominal;
- 4 grupos principais (4GP): ≈73% da velocidade nominal;
- 4 grupos principais + 1 grupo secundário (4GP+1GS): ≈80% da velocidade nominal;
- 4 grupos principais + 2 grupos secundários (4GP+2GS): ≈80% da velocidade nominal.

Para a curva da instalação mínima, estabeleceu-se que o caudal máximo a debitar por todos os grupos em funcionamento (4 principais + 2 secundários) nunca será superior ao caudal de dimensionamento da estação elevatória, ou seja, 5,01 m³/s. Nestas condições, os grupos principais e secundários rodarão a cerca de 80% da sua velocidade nominal

Também nesta situação em específico, um grupo principal quando funcionar isoladamente debitará um caudal mínimo de cerca de 0,500 m³/s, rodando a uma velocidade de aproximadamente 58% da nominal.

Analogamente, um grupo secundário funcionando isoladamente, para a curva da instalação mínima, debitará um caudal mínimo de cerca de 0,200 m³/s, rodando a uma velocidade de aproximadamente 55% da nominal.

As curvas dos grupos a velocidade reduzida apresentadas na figura 3.2 representam as velocidades de rotação equivalentes à obtenção de um rendimento mínimo de 80%:

- 1 grupo secundário (1GS): ≈67% da velocidade nominal;
- 1 grupo principal (1GP): ≈71% da velocidade nominal;
- 2 grupos principais (2GP): ≈72% velocidade nominal;
- 3 grupos principais (3GP): ≈75% velocidade nominal;
- 4 grupos principais (4GP): ≈80% da velocidade nominal;
- 4 grupos principais + 1 grupo secundário (4GP+1GS): ≈83% da velocidade nominal;
- 4 grupos principais + 2 grupos secundários (4GP+2GS): ≈83% da velocidade nominal.

Adotando o pressuposto de que os grupos deverão funcionar, em situação normal, com rendimentos iguais ou superiores a 80%, verifica-se através da figura 3.2 que um grupo principal quando funcionar isoladamente debitará um caudal mínimo de cerca de 0,900 m³/s, rodando a uma velocidade de cerca de 71% da nominal. Analogamente, um grupo secundário funcionando isoladamente, debitará um caudal mínimo de 0,400 m³/s, rodando a uma velocidade de cerca de 67% da nominal.

3.5.8 CONDIÇÕES DE ASPIRAÇÃO

Para o cálculo do NPSH disponível da instalação, entrou-se em linha de conta com a variação dos níveis na albufeira e com as perdas de carga nos circuitos hidráulicos de aspiração.

Procedeu-se assim à comparação do NPSH requerido pelos grupos eletrobomba principais e secundários e o NPSH disponível, tanto para a situação mais desfavorável em termos de NPSH requerido (quando se tiver um só grupo em funcionamento à sua velocidade nominal para o nível de exploração nominal), como para a situação mais desfavorável em termos de NPSH disponível (quando o nível de exploração da albufeira for o nível mínimo).

Com base nas perdas de carga calculadas nos circuitos de ligação procedeu-se ao cálculo do NPSH disponível para funcionamento dos grupos eletrobomba. Para tal recorreu-se à aplicação da seguinte expressão:

$$NPSH_{disp} = P_{atm} - P_v + (N - Z) - \Delta H$$

Em que:

- P_{atm} – Pressão atmosférica a 200 m de altitude (igual a 9,89 mca);
- P_v – Pressão de vapor de água a 25º (igual a 0,30 mca);
- N_{nom} – Nível de exploração na albufeira na situação nominal (igual a 230,00 m);
- N_{min} – Nível de exploração na albufeira na situação mínima (igual a 221,30 m);
- Z – Cota do eixo do grupo eletrobomba (204,55 m);
- ΔH – Perda de carga no circuito hidráulico de ligação ao grupo eletrobomba (m).

Apresentam-se nos quadros seguintes os valores de $NPSH_{disp}$ obtidos através da aplicação dos valores anteriores na expressão apresentada, para cada tipo de grupo eletrobomba:

Quadro 3.2 – NPSH disponível para funcionamento dos grupos eletrobomba na situação nominal

Grupo eletrobomba (-)	P_{atm} (m)	P_v (m)	N_{min} (m)	Z (m)	ΔH (m)	$NPSH_{disp}$ (m)
Grupo Principal	9,89	0,30	230,00	204,55	0,06	34,98
Grupo Secundário	9,89	0,30	230,00	204,55	0,02	35,02

Nesta situação, sendo o NPSH requerido pela bomba para a gama de caudais em consideração, inferior a 6,2 m para a bomba principal e inferior a 9,5 m para a bomba secundária, verifica-se que o NPSH disponível será sempre superior ao requerido, em qualquer dos casos, tal como é pretendido.

Quadro 3.3 - NPSH disponível para funcionamento dos grupos eletrobomba na situação mínima

Grupo eletrobomba (-)	P_{atm} (m)	P_v (m)	N_{min} (m)	Z (m)	ΔH (m)	$NPSH_{disp}$ (m)
Grupo Principal	9,89	0,30	221,30	204,55	0,04	26,30
Grupo Secundário	9,89	0,30	221,30	204,55	0,01	26,33

Da mesma forma, nesta situação, sendo o NPSH requerido pela bomba para a gama de caudais em consideração, inferior a 6,5 m para a bomba principal e inferior a 7 m para a bomba secundária, verifica-se que o NPSH disponível será também sempre superior ao requerido em qualquer dos casos.

3.6 TUBAGENS

As tubagens principais da estação elevatória repartem-se pelos seguintes conjuntos:

- Conduta geral de aspiração;
- Conduas individuais de aspiração dos grupos eletrobomba;
- Conduas individuais de compressão dos grupos eletrobomba;
- Coletor geral de compressão;
- Tubagens de ligação aos reservatórios hidropneumáticos;
- Tubagens acessórias.

De uma forma geral, as tubagens associadas à estação elevatória serão em aço, devendo ser adotada uma classe de pressão PN10 para as flanges e acessórios, tanto do lado da aspiração, como do lado da compressão. As tubagens farão a ligação entre o coletor geral de aspiração, os grupos eletrobomba e o coletor geral de compressão, bem como, a ligação entre este último e a saída para a conduta elevatória, incluindo ainda, as derivações para os reservatórios hidropneumáticos.

Na entrada da estação o coletor geral de aspiração apresentará uma ligação ao reservatório hidropneumático de proteção da conduta geral de aspiração. Esta ligação será realizada através de uma derivação em aço DN2000 x DN1000. A ligação ao reservatório hidropneumático será equipada com válvula de seccionamento de borboleta e respetiva junta de desmontagem DN1000, com derivação flangeada de DN100 para ligação à tubagem de descarga de fundo do reservatório.

O coletor geral de aspiração da estação elevatória será constituído por tubagens em aço DN2000. Estas tubagens serão envolvidas em um maciço de betão a partir da câmara do reservatório de montante.

O coletor geral de aspiração disporá de um conjunto de 4 derivações em aço DN2000 x DN900 para os grupos eletrobomba principais e 2 derivações em aço DN2000 x DN600 para os grupos eletrobomba secundários. Na extremidade de jusante o coletor geral de aspiração disporá de uma flange cega DN2000 em aço e ainda de uma derivação DN2000 x DN600 em aço para instalação de duas ventosas de triplo efeito e uma derivação em aço DN2000 x DN250 para ligação a descarga de fundo e ainda uma picagem para instalação de medidor de pressão.

Nos circuitos individuais de aspiração individual dos grupos, a jusante das derivações a partir do coletor de aspiração geral, será instalado um cone de transição excêntrico com dimensões DN da flange da bomba x DN 900 mm nos grupos eletrobomba principais e DN da flange da bomba x DN 600 mm nos grupos eletrobomba secundários.

As tubagens individuais de compressão dos grupos eletrobomba principais serão DN 800, enquanto as dos grupos eletrobomba secundários serão DN 600, garantindo desta forma velocidades de escoamento não muito elevadas nas respetivas tubagens. Imediatamente a jusante dos grupos eletrobomba, previu-se a instalação de um cone divergente concêntrico DN da flange de compressão da bomba x DN 600, nos grupos secundários, e DN da flange de compressão da bomba x DN 800, nos grupos eletrobomba principais. Entre as válvulas de dupla função (retenção/seccionamento) e as juntas de desmontagem auto-travadas foi prevista a instalação de um troço reto DN600, no caso dos grupos secundários e DN800, no caso dos grupos principais. Será ainda instalada uma picagem para instalação de medidor de pressão em cada uma das tubagens individuais de compressão.

No primeiro grupo eletrobomba secundário existirá um circuito de by-pass entre o circuito individual de aspiração e o circuito individual de compressão, que será constituído por tubagens DN250. Este by-pass terá como função o enchimento lento do circuito de compressão geral e da conduta elevatória no seu primeiro enchimento ou sempre que seja necessário proceder-se ao respetivo esvaziamento para realização de operações de limpeza e manutenção. O circuito de by-pass será equipado com duas válvulas de seccionamento de cunha elástica e duas juntas de desmontagem, dispostas em pontos opostos conforme indicado nas peças desenhadas. A adoção de duas válvulas de seccionamento prende-se com a necessidade de garantir redundância nos equipamentos e, deste modo, assegurar a estanquidade do circuito quando fechado. Esta estanquidade das válvulas de seccionamento será determinante para evitar a bombagem em sentido contrário, através do circuito de by-pass.

No que respeita ao coletor geral de compressão, o mesmo apresentará um diâmetro único de DN1800 em toda a sua extensão. O diâmetro do coletor geral de compressão foi selecionado de modo que a velocidade máxima fosse da ordem de 2,0 m/s. Na extremidade de montante do coletor será instalada uma flange cega em aço DN1800. Ao longo do troço de coletor de compressão geral que se desenvolverá no interior da estação elevatória existirão ainda três derivações flangeadas DN1800 x DN200 para instalação de ventosas.

No interior do edifício da estação elevatória o coletor geral de compressão ficará pontualmente envolvido em maciços de betão armado, com as dimensões indicadas nas peças desenhadas. Entre os maciços de envolvimento e sob os principais equipamentos prevê-se ainda a execução de maciços de apoio parciais com a configuração indicada nas peças desenhadas.

A conduta geral de compressão desenvolve-se depois no exterior do edifício da estação, até à ligação à estrutura do medidor de caudal e dos reservatórios hidropneumáticos de proteção dos circuitos de compressão e conduta elevatória.

No interior da estrutura dos reservatórios hidropneumáticos e do medidor de caudal, a conduta geral de compressão possui duas derivações flangeadas DN1800 x DN 800, para ligação aos reservatórios hidropneumáticos, uma derivação flangeada DN1800 x DN200 para descarga de fundo e uma derivação flangeada DN1800 x DN200 para ventosa. As ligações aos reservatórios hidropneumáticos serão equipadas com válvula de seccionamento de borboleta e respetiva junta de desmontagem DN 800, e com derivação flangeada de DN 100 para ligação da tubagem de descarga de fundo dos reservatórios.

A jusante da ligação aos reservatórios hidropneumáticos o coletor geral de compressão apresenta uma redução concêntrica DN1800 x DN1500 para o medidor de caudal e válvula de seccionamento geral da estação elevatória. Neste troço o coletor disporá ainda de uma derivação flangeada DN1500 x DN200 para ventosa e duas derivações flangeadas

DN1500 x DN450 mm para o by-pass da válvula de corte geral da estação elevatória, que será constituído por um conjunto de tubagens e acessórios e ainda por uma válvula de seccionamento de borboleta e respetiva junta de desmontagem, com o referido diâmetro. Será ainda instalada uma picagem para medidor de pressão.

A jusante da estrutura do medidor de caudal e dos reservatórios hidropneumáticos de proteção da conduta elevatória, o coletor geral de compressão apresentará ainda uma curva a 90º em planta e um cone concêntrico DN1500 x DN2000. A jusante do maciço de betão terminal da conduta individual de compressão, será feita a transição para tubagem de betão com alma de aço DN 2000 da conduta elevatória, que estabelecerá a ligação ao reservatório de regularização de jusante. A ligação às tubagens em betão com alma de aço será efetuada através de adaptador específico em aço, conforme indicado nas peças desenhadas.

Ao longo dos diversos troços dos circuitos de aspiração e compressão geral existirão ainda um conjunto de juntas mecânicas flexíveis com diâmetros entre DN 2000 e DN1800, e um conjunto entradas de homem tamponadas com flanges em aço DN 700 para inspeção interior dos coletores.

3.7 VÁLVULAS E JUNTAS

3.7.1 VÁLVULAS DE DUPLA FUNÇÃO (RETENÇÃO/SECCIONAMENTO)

Nas tubagens individuais de compressão dos grupos eletrobomba prevê-se a instalação de válvulas de borboleta com atuador óleo-hidráulico e contrapeso, com a dupla função de seccionamento e de retenção.

As válvulas serão do tipo borboleta com obturador de dupla excentricidade, ligações flangeadas e corpo longo, e classe de pressão PN 10.

Nos circuitos de compressão dos grupos eletrobomba principais a válvula será DN800 enquanto nos circuitos de compressão dos grupos secundários se prevê a instalação de válvulas de retenção DN600 mm.

Esta válvula interferirá nas condições de arranque e paragem dos grupos eletrobomba, sendo manobrada por intermédio de um atuador óleo-hidráulico que permitirá respeitar os tempos de abertura e fecho da mesma. Munida de uma alavanca e contrapeso, terá também a função de retenção com amortecimento no fecho.

A adoção deste tipo de válvula prende-se com o facto da variação de nível na barragem originar contrapressões bastante variáveis o que, na hipótese alternativa de colocação de uma válvula de retenção somente munida de contrapeso e sem qualquer atuador hidráulico, seguida de uma

válvula de seccionamento motorizada, originaria um mau funcionamento da válvula de retenção, pois as condições variáveis de montante, não garantiriam em todas as situações a sua total abertura e, conseqüente perturbação no escoamento.

A abertura da válvula será conseguida através do cilindro hidráulico e respetiva bomba de óleo, que permitirão elevar o contrapeso num tempo pré-definido e assim abrir a válvula. A válvula será também equipada com fins de curso para a posição aberta e fechada.

O fecho da válvula será conseguido através da descida do contrapeso que, através da unidade de controlo, regulará o movimento do mesmo.

O fecho da válvula acontecerá em duas fases e num espaço de tempo ajustável.

3.7.2 VÁLVULAS DE SECCIONAMENTO E ATUADORES

Na estação elevatória serão instaladas válvulas de vários tipos, quer para permitir as operações habituais de manutenção, quer por questões de segurança ou de operacionalidade.

As válvulas de seccionamento a instalar circuitos individuais de aspiração e compressão dos grupos eletrobomba, nos circuitos de ligação aos reservatórios hidropneumáticos e para corte geral da instalação serão do tipo borboleta. As válvulas serão flangeadas, de corpo longo, obturador duplamente excêntrico, classe de pressão PN 10.

Consoante o local de instalação, os diâmetros e o respetivo meio de acionamento, serão de acordo com o quadro seguinte:

Quadro 3.4 – Válvulas de borboleta. Locais de instalação, diâmetros e acionamento

Local de Instalação (-)	Diâmetro (mm)	Acionamento
Circuito de ligação ao RH da Aspiração	1000	Manual
Circuitos individuais de aspiração dos grupos principais	900	Manual
Circuitos individuais de aspiração dos grupos secundários	600	Manual
Circuitos individuais de compressão dos grupos principais	800	Manual
Circuitos individuais de compressão dos grupos secundários	600	Manual
Circuitos de ligação ao RH da Compressão	800	Manual
Válvula de Corte Geral	1500	Elétrico
By-Pass à Válvula de Corte Geral	450	Elétrico

Todas as válvulas de seccionamento de borboleta, independentemente do seu meio de acionamento, serão equipadas com contactos de fim de curso de “válvula aberta” e “válvula fechada” para permitir o modo de funcionamento e os encravamentos previstos.

No que diz respeito aos atuadores elétricos, os mesmos serão equipados com cabeça específica para acionamento local e deverão respeitar os tempos mínimos de manobra necessários para minimizar os efeitos do golpe de aríete.

Para os circuitos das descargas de fundo, para isolamento das ventosas, e na ligação dos reservatórios hidropneumáticos ao barrilete prevê-se a instalação de válvulas de seccionamento do tipo cunha elástica com DN200, DN150, DN100 e DN80, flangeadas, com órgão de atuação manual e classe de pressão PN 10.

Nos casos onde se preveja a instalação de válvulas de macho esférico para isolamento de aparelhos de instrumentação, as mesmas deverão ser do tipo 3 vias. Para os restantes casos deverão ser adotadas válvulas de macho esférico de passagem integral.

3.7.3 JUNTAS DE DESMONTAGEM

Serão instaladas juntas rígidas de montagem (auto-travadas) junto às válvulas de forma a facilitar a montagem e a desmontagem dos equipamentos, garantindo a continuidade de transmissão de esforços hidráulicos.

As juntas deverão ser dimensionadas para uma classe de pressão PN10 e terão diâmetros de acordo com as peças desenhadas.

3.7.4 JUNTAS MECÂNICAS FLEXÍVEIS

Em pontos notáveis da estação elevatória foi prevista a instalação de juntas mecânicas flexíveis, de modo a permitir o ajustamento a eventuais assentamentos diferenciais que possam ocorrer, devido a pequenos deslocamentos das estruturas de betão adjacentes.

As juntas deverão ser dimensionadas para uma classe de pressão PN10 e terão diâmetros de acordo com as peças desenhadas.

3.8 VENTOSAS DE TRIPLO EFEITO

Ao longo dos coletores gerais de aspiração e compressão serão instaladas ventosas de triplo efeito com dispositivo anti golpe de aríete.

Todas as ventosas serão DN200, terão corpo flangeado, classe de pressão PN10, e deverão ser equipadas com válvula de seccionamento independente, que permita o seu isolamento. Os flutuadores das ventosas deverão possuir guias.

3.9 RESERVATÓRIOS HIDROPNEUMÁTICOS

3.9.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os reservatórios hidropneumáticos (RHs), a associar ao coletor geral de compressão e ao coletor geral de aspiração da estação deverão armazenar volumes de reserva de modo a garantir a segurança contra o golpe de aríete originado pela paragem da totalidade dos grupos eletrobomba em funcionamento devido a falha na alimentação de energia.

Os volumes dos reservatórios hidropneumáticos foram determinados na sequência da simulação do regime transitório descrita no capítulo 6 e Anexo II.

3.9.2 CARACTERÍSTICAS, CONSTITUIÇÃO E EQUIPAMENTO COMUM DOS RESERVATÓRIOS DE PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS DE COMPRESSÃO E DA CONDUTA ELEVATÓRIA

Os reservatórios de proteção da conduta elevatória terão uma geometria cilíndrica, de eixo vertical, com 4100 mm de diâmetro, sendo de construção em aço, montados com o seu eixo principal na vertical sob uma plataforma elevada. A pressão de cálculo dos reservatórios será de 1,0 MPa. Para as flanges e acessórios deverá ser adotada a classe de pressão PN 10.

Dadas as elevadas dimensões dos reservatórios não se prevê a separação entre o ar e a água no seu interior, pelo que será necessária a instalação de um sistema de ar comprimido para compensar o ar que se dissolva na água, ou para enchimento inicial ou posterior, e de válvulas de segurança para saída e entrada de ar.

Cada reservatório de proteção será equipado com uma derivação flangeada para ligação à conduta geral de compressão, um postigo de visita, manómetro, uma escada exterior com guarda-corpos e plataforma com guardas para acesso ao equipamento instalado no topo superior, uma derivação em bifurcação para instalação de duas válvulas de segurança, uma derivação para ligação à tubagem de ar comprimido, uma derivação, para ligação ao manómetro aferido, e duas derivações para ligação ao barrilete comum aos dois RHs, onde será instalada a instrumentação de medição de nível.

Como referido, no topo de cada RH será considerada a instalação de válvulas de segurança em redundância, e válvulas para entrada natural de ar, com válvulas de retenção invertidas.

Para além destes elementos relacionados com a segurança, os RHs serão equipados com um dispositivo para controlo da relação de volumes ar/água no seu interior (barrilete). Foi portanto, prevista a instalação de um barrilete vertical DN 300, flangeado nas duas extremidades, em aço inoxidável AISI 316, onde será instalada toda a aparelhagem de medição de nível. O barrilete será comum aos dois reservatórios hidropneumáticos. Isso permitirá a instalação de apenas um

equipamento de medição, evitando assim a sua duplicação. O barrilete ficará apoiado na laje de assentamento dos reservatórios hidropneumáticos.

O barrilete, para além da flange superior onde será montado o equipamento de medição contínua de nível do tipo radar e uma picagem para instalação de um purgador, terá uma saída inferior equipada com válvula de esfera para drenagem, duas derivações flangeadas para ligação ao cada um dos RHs, e duas derivações com flange para instalação do indicador contínuo de nível de flutuador magnético.

A localização e disposição dos reservatórios hidropneumáticos de proteção da conduta elevatória e equipamentos acessórios é apresentada no **Desenhos 018 e M03**.

3.9.3 CARACTERÍSTICAS, CONSTITUIÇÃO E EQUIPAMENTO COMUM DO RESERVATÓRIO DE PROTEÇÃO DA CONDUTA GERAL DE ASPIRAÇÃO

O reservatório de proteção do circuito de aspiração terá uma geometria cilíndrica, de eixo vertical, com 3500 mm de diâmetro, sendo de construção em aço, montado com o seu eixo principal na vertical sob uma plataforma elevada. A pressão de cálculo deste reservatório será de 0,70 MPa. Para as flanges e acessórios deverá ser adotada a classe de pressão PN 10.

À semelhança dos reservatórios de proteção dos circuitos de compressão e da conduta elevatória, também neste caso, dadas as elevadas dimensões do reservatório não se prevê a separação entre o ar e a água no seu interior, pelo que será necessária a instalação de um sistema de ar comprimido para compensar o ar que se dissolve na água, ou para o seu enchimento inicial ou posterior, e de válvulas de segurança para saída e entrada de ar.

O reservatório proteção será equipado com uma derivação flangeada para ligação à conduta geral de aspiração, um postigo de visita, manómetro, uma escada exterior com guarda-corpos e plataforma com guardas para acesso ao equipamento instalado no topo superior, uma derivação em bifurcação para instalação de duas válvulas de segurança, uma derivação para ligação à tubagem de ar comprimido, uma derivação, para ligação ao manómetro aferido, e duas derivações para ligação ao medidor de nível de flutuador magnético. Deverá ainda possuir uma derivação superior para instalação de equipamento de medição contínua de nível do tipo radar.

A localização e disposição do reservatório hidropneumático de proteção da conduta de aspiração e equipamentos acessórios é apresentada no **Desenhos 019 e M04**.

3.10 SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

3.10.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os reservatórios hidropneumáticos não terão separação física ar/água, sendo, conseqüentemente, necessária a alimentação dos reservatórios em ar sob pressão, para reposição do ar que se for dissolvendo na água, ou, para o enchimento inicial ou posterior dos mesmos.

Para o efeito será necessário instalar um sistema de ar comprimido, que será constituído essencialmente por:

- Uma unidade de produção e armazenamento, onde se incluem dois compressores e um reservatório de armazenamento;
- Um conjunto de filtros, a linha de recolha de condensados e a unidade de tratamento de condensados;
- Uma rede de distribuição de ar comprimido.

A localização e disposição dos diversos equipamentos de produção e armazenamento de ar comprimido previstos na estação elevatória é apresentada nos **Desenhos 007 a 013 e no Desenho M02**.

3.10.2 UNIDADE DE PRODUÇÃO E ARMAZENAMENTO DE AR COMPRIMIDO

Os principais consumidores de ar comprimido serão os reservatórios hidropneumáticos. Adicionalmente, previram-se ainda tomadas para usos gerais em diversos locais da estação elevatória.

Neste sentido, tendo em conta que a situação de caudal máximo ocorre na fase de enchimento dos reservatórios para as pressões de serviço, preconiza-se a instalação de uma unidade de ar comprimido composta por dois compressores rotativos de parafuso, com um débito unitário na ordem dos 1 375 l/min (FAD) para uma pressão de serviço de 1,0 MPa.

Os compressores deverão ser canopiados e possuir separador óleo/água e purga de condensados automática.

O sistema de ar comprimido deverá possuir ainda um quadro elétrico de alimentação e comando de todos os equipamentos. Este quadro, para além de poder possibilitar o modo de funcionamento pretendido para os compressores, deverá poder efetuar a gestão horária de funcionamento dos compressores, de modo a entrar em serviço o que possuir menor número

de horas de funcionamento, e aquando da paragem, deverá seleccionar o que apresentar um maior número de horas de funcionamento.

Para o armazenamento do ar comprimido deverá ser instalado um reservatório com uma capacidade de 2,5 m³ e para uma pressão de serviço de 1,0 MPa. O reservatório deverá possuir purga de condensados automática.

3.10.3 FILTROS E UNIDADE DE RECOLHA DE CONDENSADOS

Deverá assegurar-se uma boa qualidade do ar, tendo em conta os equipamentos a abastecer, bem como um correto tratamento dos condensados. Assim, deverão ser instalados os seguintes equipamentos:

- Filtro coalescente para proteção geral, com remoção de água, aerossóis de óleo até 0,01 ppm mg/m³ e partículas até 0,01 µm;
- Filtro de carvão ativo que remove vapor de óleo e contaminantes de odores de hidrocarbonetos;
- Estação de tratamento de condensados com capacidade de 50 l/s.

Será também instalada uma linha de recolha de condensados, com os respetivos acessórios, dos diversos equipamentos (compressores, reservatório e filtros) que será encaminhada para a unidade de tratamento de condensados.

3.10.4 REDE DE AR COMPRIMIDO

Para distribuição do ar comprimido existirá uma rede de condutas constituída por tubagens em aço inoxidável AISI 304.

Existirão circuitos DN50, DN32 e DN25 mm, conforme indicação nas peças desenhadas (dimensões a retificar pelo adjudicatário).

Cada circuito será equipado com os equipamentos e acessórios necessários ao seu correto funcionamento.

A tubagem individual de alimentação de cada reservatório hidropneumático deverá ser equipada com:

- Três válvulas de isolamento;
- Uma electroválvula de admissão de ar;
- Uma electroválvula de escape de ar;
- Uma válvula de retenção;
- Uma purga de condensados.

Estão previstas um conjunto tomadas de ar de ligação rápida nos locais indicados nas peças desenhadas

3.11 EQUIPAMENTO DE ELEVAÇÃO

Para auxiliar nas operações de manutenção e exploração, bem como na montagem inicial dos diversos equipamentos da estação elevatória, está prevista a instalação, na nave das bombas, de uma ponte rolante com a capacidade de 60 kN (6,0 ton), para um vão de aproximadamente 10,85 m, uma altura de elevação de aproximadamente 7,9 m e um comprimento do caminho de rolamento de aproximadamente 44,8 m.

A ponte rolante terá a capacidade necessária para elevação do equipamento de maior peso, neste caso, os elementos constitutivos de cada grupo eletrobomba (bomba ou motor). A sua capacidade deverá ser ratificada/retificada em função do equipamento efetivamente instalado.

A ponte será do tipo monoviga e terá caminhos de rolamento assentes sobre duas vigas contínuas em betão armado.

Todos os movimentos serão de acionamento elétrico e comandados à distância por telecomando, constituído por uma caixa com botoneiras correspondentes a todos os movimentos.

De modo a evitar acidentes na movimentação da ponte, os movimentos longitudinais e transversais serão sempre parados por fim de curso de segurança específico, sendo a sua continuação sempre reiniciada pelo operador, na velocidade mais baixa existente.

A localização e disposição da ponte rolante prevista na estação elevatória é apresentada nos **Desenhos 007 a 013 e no Desenho M02**.

3.12 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

3.12.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Devido às temperaturas que se verificam na zona onde será implantada a estação elevatória e o calor libertado pelos equipamentos, entendeu-se vantajoso promover a climatização da sala dos variadores de frequência e dos quadros elétricos, para o bom funcionamento dos equipamentos aí instalados.

Adicionalmente, para conforto dos seus operadores, foi igualmente prevista a climatização da sala de comando.

Os sistemas de climatização (só frio) propostos para a sala dos variadores de frequência e dos quadros elétricos foram dimensionados de modo a assegurar que a temperatura ambiente não ultrapasse os 30°C. Os sistemas permitirão satisfazer as necessidades térmicas das respetivas salas para as condições climáticas existentes no local e para a carga térmica produzida pelos equipamentos lá existentes, nomeadamente a dos variadores de frequência e dos quadros elétricos.

Uma vez que para a sala dos variadores se previu adicionalmente um sistema de extração do ar proveniente dos variadores de velocidade, de forma a colocá-lo imediatamente no exterior da sala, não foi considerada a carga térmica produzida pelos variadores para efeitos de dimensionamento da capacidade do sistema de climatização.

O sistema de climatização (frio + calor) proposto para a sala de comando foi dimensionado de modo a assegurar que a temperatura ambiente não ultrapasse os 22°C no Verão e os 20°C, no Inverno. O seu acionamento será no entanto efetuado em modo manual.

Nestas circunstâncias foram previstas unidades de climatização do tipo “split” para instalação tanto na sala dos variadores e dos quadros elétricos, como na sala de comando da Estação Elevatória.

A localização e disposição dos diversos equipamentos de climatização previstos na estação elevatória é apresentada nos **Desenhos 007 a 013 e no Desenho M02**.

3.12.2 EQUIPAMENTO DE CLIMATIZAÇÃO

Para a climatização das salas dos variadores, dos quadros elétricos e da sala de comando da estação elevatória, serão instaladas unidades de ar condicionado de expansão direta, com funcionamento reversível, bomba de calor, do tipo “split”, compostas por uma unidade interior, interligada à correspondente unidade exterior, com as seguintes capacidades:

- Sala dos variadores (só frio): capacidade de arrefecimento mínima de 10 kW;
- Sala dos quadros elétricos (só frio): capacidade de arrefecimento mínima de 6,3 kW;
- Sala de comando (frio + calor): capacidade de arrefecimento mínima de 4,9 kW, capacidade de aquecimento mínima de 3,0 kW.

Deverão ser igualmente consideradas tubagens de recolha de condensados ligadas diretamente a tubo de queda com descarga direta para o pavimento.

3.13 SISTEMA DE VENTILAÇÃO

3.13.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Para retirar dos vários espaços da estação elevatória o calor dissipado pelos equipamentos elétricos aí existentes, ou para simples renovação do ar, foram previstos vários sistemas de ventilação, cujas características se apresentam seguidamente.

A localização e disposição dos diversos equipamentos de ventilação previstos na estação elevatória são apresentadas nos **Desenhos 007 a 013 e no Desenho M02**.

3.13.2 SISTEMAS DE VENTILAÇÃO DE INSTALAÇÃO MURAL

Para dissipação do calor libertado e/ou renovação do ar na nave dos grupos eletrobomba, na sala dos compressores e na sala dos quadros elétricos, foram previstos instalar ventiladores axiais que permitirão conjuntamente com grelhas de admissão de ar, fazer a ventilação dos vários locais.

A capacidade dos ventiladores a instalar na nave das bombas será suficiente para retirar da nave, a carga térmica resultante da dissipação de energia proveniente dos motores elétricos das bombas, garantindo uma diferença máxima entre temperatura interior e exterior de 5°C.

Os ventiladores a instalar na sala dos compressores e dos quadros elétricos garantirão uma taxa de renovação do ar no interior das respetivas salas de aproximadamente 3 ren/h.

Os ventiladores cumprirão a sua missão através da extração de ar do interior para o exterior, tirando partido das grelhas de admissão de ar a instalar.

No caso da nave das bombas, uma vez que os grupos eletrobomba se encontram instalados a uma cota mais baixa que aquela de instalação das grelhas de admissão de ar, previu-se a instalação de condutas ligadas diretamente às referidas grelhas, para que o ar captado chegue à zona de instalação dos grupos antes de ser extraído pelos ventiladores instalados na parede oposta à de instalação das grelhas.

Os ventiladores serão instalados em molduras metálicas para montagem nos vãos existentes, de acordo com os desenhos de projeto, e terão as características principais seguintes:

Nave dos grupos eletrobomba:

- Número de ventiladores: 6;
- Tipo: axial de parede;
- Caudal de ar unitário: 12500 m³/h;

- Pressão estática: 60 Pa.

Sala da unidade de ar comprimido:

- Número de ventiladores: 1;
- Tipo: axial de parede;
- Caudal de ar unitário: 1000 m³/h;
- Pressão estática: 40 Pa.

Sala dos quadros elétricos:

- Número de ventiladores: 1;
- Tipo: axial de parede;
- Caudal de ar unitário: 1000 m³/h;
- Pressão estática: 40 Pa.

O comando dos ventiladores da nave das bombas será manual na gestão técnica ou automático, sendo o arranque e a paragem em modo automático conseguidos através de termóstatos de ambiente instalados na nave dos grupos.

Em alternativa ao funcionamento através dos termóstatos de ambiente, os ventiladores da nave das bombas poderão ter um funcionamento temporizado.

Os ventiladores da sala dos quadros elétricos e da sala dos compressores terão um funcionamento temporizado.

3.13.3 SISTEMA DE VENTILAÇÃO DE INSTALAÇÃO TUBULAR

Para instalação na sala dos variadores de velocidade, com a função de extração do ar de ventilação proveniente dos variadores de velocidade para o exterior, foram previstos instalar três sistemas de ventilação independentes associados, cada um deles, a cada conjunto de dois variadores.

Com esta solução, pretende-se extrair imediatamente o calor dissipado pelos variadores de velocidade para o exterior da sala e, desta forma, reduzir a carga térmica da mesma.

A capacidade dos ventiladores foi calculada de acordo com o caudal de ventilação necessário a cada variador, devendo ser ratificada ou retificada em função dos variadores a instalar.

Os ventiladores cumprirão a sua missão através da extração de ar do interior para o exterior.

Os ventiladores previstos serão axiais de instalação tubular e terão as características principais seguintes:

Variadores dos grupos principais:

- Número de ventiladores: 2;
- Tipo: axial tubular;
- Caudal unitário: 10600 m³/h;
- Pressão estática: 105 Pa.

Variadores dos grupos secundários:

- Número de ventiladores: 1;
- Tipo: axial tubular;
- Caudal unitário: 6000 m³/h;
- Pressão estática: 90 Pa.

Associado a estes ventiladores, foram previstas condutas e grelhas de ventilação com as dimensões e configuração apresentadas nas peças desenhadas do projeto.

Com vista à proteção dos equipamentos eletrónicos a instalar na sala, a admissão de ar deverá prever filtros de poeiras.

O comando dos ventiladores será automático, estando o arranque e a paragem dos mesmos associado ao funcionamento dos respetivos variadores.

3.13.4 SISTEMAS DE VENTILAÇÃO DE INSTALAÇÃO NA COBERTURA

Para dissipação do calor libertado pelos transformadores e renovação do ar, serão previstos ventiladores axiais (1 por sala) a instalar na cobertura de cada uma das salas de instalação dos transformadores.

A capacidade dos ventiladores será suficiente para retirar das salas dos transformadores a carga térmica resultante da dissipação de energia dos equipamentos, garantindo uma diferença máxima entre temperatura interior e exterior de 5°C.

Os ventiladores cumprirão a sua missão através da extração de ar do interior para o exterior, tirando partido das grelhas que equipam as portas das salas dos transformadores.

Os ventiladores previstos a instalar na cobertura de cada uma das salas dos transformadores, terão as características principais seguintes:

Salas dos transformadores de 2500 kVa:

- Número de ventiladores: 2 (1 por sala);
- Tipo: axial de cobertura;
- Caudal unitário: 15000 m³/h;
- Pressão estática: 50 Pa.

Sala do transformador de 250 kVa:

- Número de ventiladores: 1;
- Tipo: axial de cobertura;
- Caudal unitário: 2500 m³/h;
- Pressão estática: 50 Pa.

O comando dos ventiladores será manual na gestão técnica ou automático, sendo o arranque e a paragem em modo automático conseguidos através de termóstatos de ambiente instalados nas salas dos transformadores.

4 MODO DE FUNCIONAMENTO

4.1 SISTEMAS DE COMANDO DOS GRUPOS ELETROBOMBA E REGIMES DE FUNCIONAMENTO

4.1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O sistema elevatório irá elevar água entre a albufeira da barragem do Pisão e o reservatório de regularização, a partir do qual se iniciará a adução gravítica dos blocos de rega de Alter Chão, Fronteira e Avis. Por outro lado, o bloco de rega do Crato será alimentado através de 3 derivações executadas diretamente a partir da conduta elevatória.

Os grupos eletrobomba instalados na estação elevatória terão dois modos de comando: comando manual; e comando automático.

O comando manual poderá ser feito:

- Através da unidade de supervisão da estação elevatória;
- Através de botoneiras junto a cada grupo;
- Através dos conversores de frequência.

Em comando automático, o funcionamento da estação elevatória incluindo as ordens de arranque e paragem dos diversos grupos eletrobomba, será efetuado pelo autómato da estação elevatória.

A descrição detalhada dos regimes de funcionamento correspondentes a cada um dos sistemas de regulação definidos é apresentada nos subcapítulos seguintes.

4.1.2 COMANDO MANUAL DOS GRUPOS ELETROBOMBA

O comando em modo manual foi previsto para a realização de ensaios.

Neste modo de comando, os grupos poderão ser comandados a partir da unidade de supervisão, a partir dos conversores de frequência ou a partir das botoneiras instaladas junto a cada um dos grupos eletrobomba.

O comando manual de um grupo deverá permitir selecionar a sua velocidade de rotação, dar ordem de arranque, alterar a velocidade de rotação e dar ordem de paragem.

Não deverá ser possível operar um grupo em comando manual, estando a instalação e os restantes grupos a funcionar em modo automático.

4.1.3 COMANDO AUTOMÁTICO DOS GRUPOS ELETROBOMBA

O funcionamento automático dos grupos eletrobomba obedecerá aos seguintes princípios:

- O número de grupos eletrobomba em serviço, assim como o arranque e a paragem é função dos níveis de água atingidos no reservatório de regularização;
- A velocidade de rotação é determinada em função do caudal lido no medidor de caudal instalado à saída da estação elevatória e da informação proveniente do medidor de nível na albufeira. Caso o medidor de caudal se encontre fora de serviço, a velocidade de rotação dos grupos será definida através dos pontos de funcionamento (Q-caudal; Hm-altura manométrica de elevação) dos grupos eletrobomba;
- Os grupos em serviço devem funcionar todos com a mesma variação de velocidade (%) em relação à nominal.

4.1.3.1 NÚMERO DE GRUPOS EM SERVIÇO E NÍVEIS DE ARRANQUE E PARAGEM

O número de grupos em serviço, assim como o arranque e paragem, é determinado pelos níveis de água atingidos no reservatório de regularização a jusante.

Tendo em consideração a máxima eficiência de exploração da infraestrutura, a definição dos níveis e disponibilização de grupos para arranque deverá estar também relacionada com o respetivo tarifário energético.

Deste modo, prevêem-se dois conjuntos de níveis de arranque, cuja seleção deverá ser efetuada consoante a disponibilidade, ou ausência, de energia elétrica de autoconsumo, com origem na central mini-hídrica ou central fotovoltaica flutuante da barragem do Pisão ou ainda na central fotovoltaica terrestre.

O número de grupos em serviço, assim como os níveis de arranque e paragem estabelecidos em cada um dos regimes serão de acordo com o indicado nos quadros seguintes:

Quadro 4.1 – Número de grupos em serviço e níveis de arranque e paragem. Cenário de energia de autoconsumo disponível

Níveis de regulação (-)	Grupos em serviço (-)	Energia de autoconsumo (m)	Desníveis (m)	Volume (m ³)
Nível alto de alarme		271,10		
	-		0,10	0
Paragem 1 GP ou 1 GS		271,00		
	1 GP ou 1 GS		0,20	2589
Paragem 2 GP		270,80		
	2 GP		0,20	2589
Paragem 3 GP		270,60		
	3 GP		0,20	2543
Paragem 4 GP		270,40		
	4 GP		0,20	2497
Paragem 1 GS		270,20		
	4 GP + 1 GS		0,20	2497
Paragem 2 GS		270,00		
	4 GP+2 GS		0,20	2406
Arranque 1 GS ou 1 GP		269,80		
	1 GS ou 1 GP		0,20	2406
Paragem 1 GS* e Arranque 1 GP		269,60		
	1 GP		0,20	2361
Arranque 2 GP		269,40		
	2 GP		0,20	2317
Arranque 3 GP		269,20		
	3 GP		0,20	2317
Arranque 4 GP		269,00		
	4 GP		0,20	2228
Arranque 1 GS		268,80		
	4 GP+1 GS		0,20	2228
Arranque 2 GS		268,60		
	4 GP+2 GS		2,00	20314
Nível de alarme baixo		266,60		

*Paragem do GS caso este tenha arrancado e, entretanto, o consumo tenha aumentado provocando a descida do nível no reservatório.

Quadro 4.2 - Número de grupos em serviço e níveis de arranque e paragem. Cenário de energia proveniente da rede elétrica nacional

Níveis de regulação (-)	Grupos em serviço (-)	Energia da rede elétrica nacional (m)	Desníveis (m)	Volume (m³)
Nível alto de alarme		271,10		
	-		0,10	0
Paragem 1 GP ou 1 GS		271,00		
	1 GP ou 1 GS		0,20	2589
Paragem 2 GP		270,80		
	2 GP		0,20	2589
Paragem 3 GP		270,60		
	3 GP		0,20	2543
Paragem 4 GP		270,40		
	4 GP		0,20	2497
Paragem 1 GS		270,20		
	4 GP + 1 GS		0,20	2497
Paragem 2 GS		270,00		
	4 GP+2 GS		2,00	22732
Arranque 1 GS ou 1 GP		268,00		
	1 GS ou 1 GP		0,20	2056
Paragem 1 GS* e Arranque 1 GP		267,80		
	1 GP		0,20	2056
Arranque 2 GP		267,60		
	2 GP		0,20	2014
Arranque 3 GP		267,40		
	3 GP		0,20	1972
Arranque 4 GP		267,20		
	4 GP		0,20	1972
Arranque 1 GS		267,00		
	4 GP+1 GS		0,20	1888
Arranque 2 GS		266,80		
	4 GP+2 GS		0,20	1888
Nível de alarme baixo		266,60		

*Paragem do GS caso este tenha arrancado e, entretanto, o consumo tenha aumentado provocando a descida do nível no reservatório.

Arranque do Primeiro Grupo Eletrobomba

Para definir se arranca 1GS ou 1GP, imediatamente antes do arranque do primeiro grupo eletrobomba deverá verificar-se o valor do caudal que se encontra a ser solicitado pelas redes de rega, mediante a soma dos valores de caudal registados nos diversos medidores de caudal: a jusante do reservatório de regularização; e nas 3 derivações da conduta elevatória.

Caso o caudal solicitado e registado em todos os medidores de caudal previstos a jusante do reservatório de regularização e derivações para as estações de filtração seja inferior a 500 l/s, entrará em funcionamento 1 Grupo Secundário. Por outro lado, caso esse caudal seja igual ou superior a 500 l/s deverá entrar logo em funcionamento 1 Grupo Principal.

4.1.3.2 CAUDAIS A DEBITAR E VELOCIDADE DE ROTAÇÃO

Caudais a Debitar

O caudal a fornecer pelos grupos eletrobomba deverá ser próximo do caudal nominal das bombas que vierem a ser instaladas.

Tendo em conta a elevada variação de nível na albufeira, não será possível os grupos eletrobomba funcionarem com velocidade nominal para todos os níveis que possam ocorrer na albufeira.

Assim, os grupos deverão funcionar com uma velocidade de rotação reduzida, que garanta o rendimento mínimo de 80%, quando nível na albufeira se encontrar próximo do NPA. Por outro lado, quando o nível na albufeira se encontrar próximo do nível nominal de dimensionamento (cota 230 m), os grupos deverão funcionar à sua velocidade nominal.

Estes pressupostos visam garantir uma eficiência máxima dos grupos, para os diversos níveis que possam ocorrer na barragem.

Os caudais a elevar por cada um dos grupos eletrobomba em funcionamento, em cada uma das situações, deverão assim ser de acordo com os valores definidos no quadro seguinte:

Quadro 4.3 – Caudais a debitar pelos vários grupos em serviço

Níveis na albufeira	NPA = 248,00 m	N _{nominal} = 230,00 m
Número de grupos em serviço	Caudais (m ³ /s)	Caudais (m ³ /s)
1 Grupo Secundário	0,400	0,600
1 Grupo Principal	0,900	1,200
2 Grupos Principais	1,800	2,250
3 Grupos Principais	2,800	3,250
4 Grupos Principais	4,000	4,200
4 Grupos Principais + 1 Grupo Secundário	4,600	4,650
4 Grupos Principais + 2 Grupos Secundários	4,950	5,010

Estes valores deverão poder ser parametrizáveis na consola do autómato e na supervisão, e ser ajustados aos caudais nominais das bombas que vierem a ser efetivamente instaladas.

Velocidade de Rotação dos Grupos Eletrobomba

Com o medidor de caudal à saída da estação elevatória em funcionamento

Os grupos eletrobomba arrancarão sempre a velocidade reduzida tirando partido dos sistemas de variação de velocidade previstos e aumentarão progressivamente a sua velocidade de rotação até ser atingido o caudal nominal definido no quadro anterior.

Será programada uma curva de arranque para cada grupo eletrobomba que estabelecerá o período decorrido entre o arranque a velocidade reduzida e o momento em que o grupo passa elevar o caudal nominal.

A velocidade de rotação dos grupos eletrobomba será controlada pelo autómato da estação, através da medição de caudal no medidor ultrassónico instalado à saída da estação elevatória, e através da informação proveniente do medidor de nível da albufeira da barragem, sendo a mesma ajustada por cada variador de velocidade de cada grupo individualmente em funcionamento, de modo que estes elevem um caudal máximo para o correspondente número de grupos em funcionamento e ponto de funcionamento, conforme os intervalos definidos no quadro 4.3, mantendo em qualquer situação um rendimento igual ou superior a 80%.

Caso o caudal elevado por cada grupo eletrobomba não atinga o respetivo caudal nominal, os mesmos serão acelerados até, no limite, se encontrarem a funcionar à sua velocidade nominal e a debitarem o caudal máximo correspondente a esse respetivo ponto de funcionamento. Este cenário aplicar-se-á sempre que o nível na albufeira seja inferior ao nível nominal (cota 230.00 m).

Todos os grupos em serviço devem funcionar todos com a mesma variação de velocidade (%) em relação à velocidade nominal. Isto é, se os grupos principais estiverem a funcionar a 85% da sua velocidade de rotação nominal, os grupos secundários, caso entrem em serviço, deverão também funcionar a 85% da sua velocidade de rotação nominal.

Após arranque dos diversos grupos eletrobomba estes funcionarão até serem atingidos os respetivos níveis de paragem. As suas velocidades de rotação deverão ser ajustadas de modo a serem garantidos os caudais estabelecidos no quadro 4.3.

Dado terem-se adotado dois conjuntos de níveis distintos, conforme indicado nos quadros 4.1 e 4.2, a regulação do funcionamento dos grupos eletrobomba (arranque e paragem) será efetuada com base nos níveis do reservatório de regularização, mas tendo também em consideração o custo de energia em utilização, isto é, pretende-se que o enchimento do reservatório seja efetuado preferencialmente em períodos em que esteja disponível a energia proveniente de fontes de autoconsumo.

No caso do modo de funcionamento com energia disponibilizada através da rede elétrica nacional, optou-se por manter os mesmos níveis de paragem do que o modo de funcionamento com energia disponibilizada das fontes de autoconsumo, de modo a garantir que o reservatório é totalmente cheio em ambos os casos. Este princípio visa garantir que o volume do reservatório se encontra normalmente disponível na sua totalidade para fazer face às solicitações das redes de rega a jusante, mesmo em caso de necessidade de interrupção do sistema elevatório para limpeza ou por motivo de avaria.

Com o medidor de caudal à saída da estação elevatória fora de serviço

Caso o medidor de caudal ultrassónico instalado à saída da estação elevatória se encontre fora de serviço, para um dado número de grupos em serviço, o autómato definirá a velocidade de rotação dos grupos da seguinte forma:

- Determina a altura manométrica de elevação teórica necessária: $H_m = N_{res} - N_{alb} + \Delta H$, sendo
 - N_{res} – nível de água medido no reservatório de regularização a jusante;
 - N_{alb} – nível de água medido na albufeira a montante
 - ΔH – perda de carga teórica em todo o circuito hidráulico, dada pela seguinte expressão:

$$\Delta H = 0,3247Q^2 + 0,3047Q + 0,4496, \text{ na qual } Q \text{ é o caudal elevado (m}^3\text{/s);}$$

- Uma vez fixados o caudal e a altura de elevação, define a velocidade de rotação necessária para que os grupos trabalhem sobre o ponto de funcionamento requerido (Q ; H_m).
- Durante o funcionamento dos grupos, a velocidade de rotação deverá ser continuamente ajustada pelo autómato, em função dos valores medidos do nível de água na albufeira e do nível de água no reservatório de regularização a jusante.

Por exemplo, se em determinado instante estiverem dois grupos principais em operação, por atuação dos níveis de arranque respetivos no reservatório de regularização, as duas bombas deverão fornecer um caudal de $2,004 \text{ m}^3\text{/s}$, de acordo com o indicado no quadro 4.3, sendo a perda de carga total igual a $\Delta H = 2,4 \text{ m}$. Se o nível de água na albufeira estiver à cota (240,00), o nível no reservatório de regularização à cota (269,50), a altura de elevação será:

$$H_m = 269,50 - 240,00 + 2,4 = 31,9 \text{ m.}$$

O ponto de funcionamento pretendido será então ($Q = 2,004 \text{ m}^3\text{/s}$; $H_m = 31,9 \text{ mca}$), devendo a velocidade de rotação dos grupos ser ajustada para este ponto de funcionamento.

A velocidade de rotação de cada um dos grupos eletrobomba poderá ser calculada com base na equação:

$$N = \frac{-bQ + \sqrt{(b^2 - 4ac)Q^2 + 4cHm}}{2c}$$

Na qual N é a velocidade de rotação do grupo eletrobomba (rpm), a, b e c são coeficientes determinados com base na curva característica da bomba que vier a ser efetivamente instalada, Q o caudal a elevar (m³/s) e Hm a altura manométrica de elevação (mca).

Caso seja atuado o nível alto de alarme definido no reservatório (cota 271,10) será emitido o correspondente sinal de alarme. Se após alguns segundos não forem desencadeados os procedimentos normais de paragem, deverá ser dada ordem de paragem a todos os grupos que estiverem em funcionamento.

De modo similar, caso seja atuado o nível de alarme baixo no reservatório (cota 266,60) e emitido o correspondente sinal de alarme, se após alguns segundos não forem desencadeados os procedimentos normais de paragem, deverá ser dada ordem de paragem normal e sequencial de todos os grupos que se encontrarem em funcionamento.

4.1.4 ENCHIMENTO INICIAL DA CONDUTA ELEVATÓRIA

O enchimento e pressurização inicial da conduta elevatória é um processo de elevada importância, o qual deverá merecer particular atenção. Trata-se de um processo faseado, em que o enchimento é realizado em modo manual e a pressurização final em modo automático, devendo ser estabelecida a seguinte sequência:

1. Todas as válvulas dos circuitos hidráulicos de aspiração e compressão individuais dos grupos eletrobomba principais e do segundo grupo secundário deverão estar fechadas.
2. Efetua-se a abertura das válvulas dos circuitos de bypass do primeiro grupo eletrobomba secundário, para enchimento do circuito de compressão e da conduta elevatória. Nos pontos altos das tubagens foram previstas purgas de ar e ventosas com dimensão e em número adequado à expulsão do ar, quer durante a fase de enchimento, quer durante o funcionamento normal;
3. O enchimento da conduta deverá ser efetuado com um caudal máximo corresponde a uma velocidade de escoamento de 0,30 a 0,40 m/s, para que o ar saia de forma adequada pelas ventosas previstas ao longo dos circuitos hidráulicos e conduta elevatória;
4. Após o enchimento inicial dos circuitos de compressão da estação elevatória procede-se ao fecho do circuito de by-pass e à abertura das válvulas de seccionamento manuais dos circuitos de aspiração e compressão individuais de todos os grupos eletrobomba;

5. O autómato dará ordem de arranque a um grupo eletrobomba secundário com velocidade de rotação reduzida (ou a um grupo principal, caso ambos os grupos secundários se encontrem indisponíveis). Se a pressão na conduta for muito baixa (diferença entre a cota piezométrica na estação e o nível de água na aspiração inferior a um valor de altura manométrica mínima permitido pelo grupo secundário ou grupo principal) a bomba funcionará com a respetiva válvula de retenção/seccionamento em abertura parcial, que introduzirá a perda de carga suficiente para garantir que a bomba opera em pontos de funcionamento aceitáveis. A abertura da válvula aumentará à medida que a pressão na conduta geral de compressão for aumentando. Se a pressão na rede for superior a um determinado valor mínimo o grupo secundário poderá funcionar com a válvula totalmente aberta.
6. O funcionamento do grupo eletrobomba manter-se-á até que se instalem nos reservatórios hidropneumáticos os níveis de água / pressões de referência e, simultaneamente, até que o reservatório regularização fique cheio. A velocidade de rotação do grupo será tanto maior quanto mais elevada for a pressão na conduta, no entanto deverá ser controlada através do medidor de caudal na saída por forma a não ultrapassar os 600 l/s, caso se encontre em funcionamento um grupo secundário, ou 1200 l/s, caso se encontre em funcionamento um grupo principal.
7. Durante a fase de enchimento serão monitorizadas as condições de pressão e de nível de água nos reservatórios hidropneumáticos e ao longo dos circuitos hidráulicos da estação elevatória e conduta elevatória. Para a afinação das condições nos reservatórios hidropneumáticos recorrer-se-á também aos compressores, que garantirão a introdução da quantidade de ar necessária.
8. Quando as condições de pressão e de nível de água nos reservatórios hidropneumáticos estiverem estabelecidas e o reservatório de regularização estiver no seu nível máximo, o sistema está pronto a fornecer caudal às redes de rega, podendo passar automaticamente para o funcionamento normal (em modo automático).

4.1.5 GESTÃO DE ARRANQUE E PARAGEM DOS GRUPOS

O programa de arranque e paragem dos grupos terá por função a gestão dos grupos disponíveis de modo a satisfazer as condições de funcionamento em dado instante.

Neste sentido, um grupo considera-se disponível se:

- Estiver selecionado em modo de comando automático;
- Não estiver em avaria;
- Seja considerado em condições para funcionamento.

O estado de disponibilidade dos grupos é definido pelo autómato que gerará as seguintes informações:

- Grupo disponível, ou seja, o grupo encontra-se em condições para funcionar;
- Grupo indisponível, ou seja, o grupo não está em condições para funcionar (ex: falha de comunicações, excesso de temperatura, etc.);
- Grupo alarme, ou seja, o grupo não se encontra em condições normais de funcionamento (alarme máximo de temperatura nos enrolamentos ou nas chumaceiras).

As disponibilidades deverão ser divididas em três grupos nomeadamente:

- Disponibilidade comando, associando e apresentando os estados de todos os seletores e modos de operação que podem condicionar a operação do grupo;
- Disponibilidade elétrica, associando e apresentado o estado de todos os encravamentos elétricos associados ao grupo;
- Disponibilidade hidráulica, associando e apresentando o estado de todos os encravamentos hidráulicos associados ao grupo.

O programa de arranque e paragem dos grupos deverá também fazer a gestão de avarias e alarmes dos grupos do seguinte modo:

- Quando um grupo ficar no estado de alarme, o autómato deverá executar uma das duas ações, que se poderão selecionar a partir da central de supervisão:
 - dar ordem de paragem imediata ao grupo e mudar o estado do mesmo para indisponível;
 - inquirir a central de supervisão sob a ação a tomar perante a situação.
- Quando um grupo ficar no estado de indisponível, o autómato deverá dar ordem de arranque a um dos grupos disponíveis que não esteja em funcionamento em substituição do grupo que ficou indisponível. Caso não haja mais grupos disponíveis, os grupos em funcionamento deverão tentar satisfazer, o melhor possível, as condições de funcionamento pretendidas e deverá ser emitido o correspondente alarme.

O programa de arranque e paragem dos grupos deverá ainda efetuar a gestão horária dos mesmos da seguinte forma:

- Aquando do arranque dos grupos, deverá selecionar, de entre os disponíveis, aquele com menor número de horas de funcionamento;
- Aquando da paragem, deverá selecionar, de entre os grupos em funcionamento, aquele com um maior número de horas de funcionamento.

4.1.6 CONDIÇÕES DE FUNCIONAMENTO E DE ARRANQUE/ PARAGEM

Em geral, para um grupo eletrobomba poder entrar normalmente em serviço de modo automático, devem verificar-se as seguintes condições:

- O nível de água na albufeira da barragem do Pisão deverá estar acima do NME – Cota = 221,30 m;
- Comporta da conduta da tomada de água da barragem do pisão aberta;
- Válvula de seccionamento geral da conduta de aspiração aberta;
- Válvula de seccionamento da conduta de ligação ao RH da aspiração aberta;
- Nível de água no reservatório hidropneumático da aspiração (RH) compreendido entre o nível mínimo e nível máximo;
- Válvula de seccionamento do circuito individual de aspiração aberta;
- Válvula de seccionamento manual do circuito individual de compressão aberta;
- Válvula de seccionamento/retenção do circuito individual de compressão fechada;
- Válvulas de seccionamento das condutas de ligação aos RH da compressão abertas;
- Nível de água nos reservatórios hidropneumáticos (RHs) compreendido entre o nível mínimo e nível máximo;
- Pressão à entrada da estação elevatória (PIT) deverá ser superior a uma pressão mínima de alarme, na ordem de 1,6 bar (conduta aspiração cheia);
- Pressão à saída da estação elevatória (PIT) deverá ser superior a uma pressão mínima de alarme, na ordem de 6,2 bar (conduta elevatória cheia);
- O nível no reservatório de regularização deverá ser igual ou superior ao nível mínimo e inferior ao nível máximo de alarme;
- Válvula de seccionamento instalada na conduta elevatória aberta;
- Válvula de seccionamento instalada à entrada do reservatório de regularização aberta;
- Caudal lido pelo medidor de caudal (localizado à saída do reservatório de regularização) deverá ser igual ou inferior à capacidade máxima da estação elevatória.

As condições acima referidas são relativas a disponibilidade hidráulica, devendo manter-se as restantes condições de disponibilidade elétricas e de comando previstas.

Em comando automático, no caso de não se verificar alguma destas condições, os grupos eletrobomba deverão ser impedidos de arrancar ou, se estiverem em funcionamento deverá ser desencadeado o processo de paragem. Serão igualmente emitidos os correspondentes sinais de alarme.

Em modo manual, a não verificação de alguma das condições enumeradas deverá desencadear um sinal de alarme.

No presente caso, o arranque de um grupo deverá ser efetuado com a respetiva válvula de seccionamento/retenção fechada. A válvula deverá ser progressivamente aberta após o arranque do grupo e o aumento da sua velocidade de rotação. Se ao fim de determinado tempo ajustável, tendo em conta o tempo de abertura da válvula, esta não estiver completamente aberta, deverá ser desencadeada uma ordem normal de paragem, passando este grupo a situação de indisponível.

Só deverá ser dado início a uma sequência de arranque de um novo grupo após a anterior já se encontrar concluída.

A entrada ou saída de funcionamento dos vários grupos elevatórios nunca ocorre simultaneamente, devendo definir-se para o efeito, um período mínimo da ordem dos 120 segundos, entre cada manobra de arranque ou paragem.

Durante o funcionamento normal, deverá ser dada ordem de paragem a um grupo, sempre que:

- For atuado o respetivo nível de paragem no reservatório de comando;
- O nível de água na barragem atingir um valor abaixo do NME – Cota = 221,30 m;
- Válvula de seccionamento geral da conduta de aspiração seja fechada;
- Válvula de seccionamento da conduta de ligação ao RH da aspiração seja fechada;
- Válvula de seccionamento do circuito individual de aspiração seja fechada;
- Válvula(s) do circuito individual de compressão seja fechada;
- Válvulas de seccionamento na ligação aos RH da compressão sejam fechadas;
- O nível no reservatório de regularização seja inferior ao nível mínimo ou superior ao nível máximo de alarme;
- Válvula de seccionamento instalada na conduta elevatória seja fechada;
- Válvula de seccionamento instalada à entrada do reservatório de regularização seja fechada;
- Caudal lido pelo medidor de caudal (localizado à saída do reservatório de regularização) superior à capacidade máxima da estação elevatória;
- Pressão à entrada da estação elevatória (PIT) inferior a determinado valor pré-estabelecido;
- Pressão à saída da estação elevatória (PIT) inferior ou superior a determinados valores pré-estabelecidos;
- Quando os níveis nos RH atingirem os níveis de alarme estabelecidos por um determinado período de tempo.

A sequência normal de paragem de um grupo será feita fechando a respetiva válvula de seccionamento/retenção em determinado tempo ajustável, de modo a minimizar os efeitos do choque hidráulico, parando-se de seguida o grupo.

Em modo de operação normal, só se deverá dar início a uma sequência de paragem de um grupo quando a do anterior já estiver concluída.

Para verificação das condições de arranque/paragem dos grupos, tanto na aspiração como na compressão, existirão fins de curso nas diversas válvulas existentes, medidores de pressão, medidores de caudal, um medidor de nível na barragem e medidores de nível nos RH e no reservatório de regularização.

As verificações de pressão na aspiração e na compressão têm como objetivo detetar eventuais roturas nessas condutas, para além de:

- No caso da aspiração, garantir a existência de condições hidráulicas que permitam a operação dos grupos em segurança;
- No caso da compressão, permitir fazer a regulação das condições de funcionamento dos grupos.

As ordens de paragem devidas a alarmes ou condições anómalas de funcionamento, deverão ser tratadas de diferente modo conforme a sua origem, nomeadamente:

- No caso de a ordem de paragem ter origem na aspiração (ausência de sinal relativo à posição “aberta” das válvulas de seccionamento existentes a montante dos grupos eletrobomba e nível no RH da aspiração), os respetivos grupos deverão parar imediatamente.
- No caso de a ordem de paragem ter origem na compressão (medidor de pressão, medidor de caudal, detetores de nível dos RH da compressão), os grupos deverão parar sequencialmente, um após outro, seguindo o procedimento normal de paragem.

Se no caso de serem atuados os níveis de alarme e, após alguns segundos, não forem desencadeados os procedimentos normais de paragem, deverá ser dada ordem de paragem a todos os grupos como reforço das ordens dadas anteriormente.

Caso um dos reservatórios hidropneumáticos da compressão se encontre inoperacional ou seja colocado fora de serviço, a estação elevatória poderá manter-se em funcionamento, no entanto, para se manter as condições de funcionamento semelhantes ao regime normal recomenda-se que o caudal máximo elevado seja limitado a cerca de 4,00 m³/s.

Em modo manual, cada grupo poderá ser posto em funcionamento a partir da sala de comando ou a partir da unidade de comando instalada junto a cada um dos grupos eletrobomba, devendo ser desencadeados todos os procedimentos como se tratasse de um arranque em automático. A paragem será igualmente efetuada com os procedimentos normais do regime automático.

Na situação de comando a partir das botoneiras locais e dos variadores de velocidade, estes funcionarão com as seguranças principais ativadas.

Quando a válvula de seccionamento instalada na conduta elevatória e/ou à entrada do reservatório de regularização estiverem fechadas, o autómato deverá impedir o arranque de qualquer dos grupos eletrobomba. Mesmo no modo de comando manual, a partir da sala de comando ou a partir das caixas de comando local instaladas junto dos grupos, o autómato deverá impedir o arranque de qualquer grupo eletrobomba da estação elevatória.

Para evitar que os grupos se mantenham sem rodar por períodos prolongados, cada grupo que esteja parado mais do que determinado período pré-estabelecido, receberá uma ordem de arranque durante um tempo inferior à ordem de abertura da respetiva válvula de compressão.

4.2 RESERVATÓRIOS HIDROPNEUMÁTICOS

4.2.1 CONTROLO DO NÍVEL DOS RH'S – CONSIDERAÇÕES GERAIS

Funcionalmente, os reservatórios hidropneumáticos permitirão a proteção das condutas onde se inserem, contra os transientes hidráulicos que venham a ocorrer.

Para o efeito, o nível de água no RH da aspiração será controlado de modo contínuo em função do nível de água na barragem e do número de grupos em funcionamento em cada instante.

No caso dos RH da compressão, o nível será controlado de modo contínuo em função do número de grupos em funcionamento e, conseqüentemente, das pressões registadas na conduta de compressão.

Para o efeito, os reservatórios hidropneumáticos serão dotados de dois sistemas de medição do nível de água em contínuo: um sistema será do tipo radar, e em redundância, um indicador tubular do nível de água do tipo de palhetas magnéticas associado a um transmissor de nível.

Este será o sistema utilizado pelo autómato para o controlo do nível de água nos reservatórios hidropneumáticos que, mediante o estabelecimento de cinco níveis discretos, permitirá a emissão de avisos / ordens de encravamentos.

Em simultâneo com o controlo do nível contínuo, será também efetuado um controlo do nível da água nos RH's com base nos cinco níveis discretos seguintes:

- Nível Alto de Alarme – LSHA;
- Nível Normal Alto – LSH;
- Nível Médio – LSM;
- Nível Normal Baixo – LSL;

- Nível Baixo de Alarme – LSLA.

Este sistema discreto funcionará como proteção adicional ao sistema de medição em contínuo.

4.2.2 CONTROLO DE NÍVEL CONTÍNUO

O controlo do nível de água nos RH efetua-se com base na informação da medição do nível de água em contínuo. Os níveis discretos do nível da água nos RH destinam-se a monitorizar o nível de água e a emitir avisos e ordens de encravamentos.

O controlo de nível de água nos RH processa em duas fases, descritas nos subcapítulos seguintes.

4.2.2.1 PRIMEIRA FASE:

Corresponde à verificação do nível de água nos RH quando não está nenhum grupo em funcionamento. O autómato deverá verificar se o nível no RH da aspiração corresponde ao nível na barragem e se o nível nos RH da compressão corresponde à pressão registada na conduta de compressão. Estes níveis serão função, quer do nível da barragem, quer da pressão registada na compressão.

Deverá ser estabelecida uma relação entre o nível de água nos RH (com todos os grupos eletrobomba parados) e o nível de água na barragem para o RH da aspiração e, no caso dos RH da compressão, uma relação entre o nível dos mesmos e a pressão medida na conduta de compressão, sendo as mesmas incluídas na programação do autómato de modo a poderem ser modificadas quer localmente, quer à distância, a partir da central de telegestão.

Para o controlo do nível de água nos RH, o autómato deverá emitir ordens de abertura/fecho às electroválvulas de admissão ou extração de ar, em função, quer do nível da barragem, quer das pressões registadas na conduta de compressão e dos respetivos níveis esperados nos RH, do seguinte modo e consoante os RH sejam da aspiração ou da compressão:

RH da aspiração:

- Se ao nível da barragem não corresponder o nível no RH esperado, estando o nível medido acima do esperado durante um período de tempo (t_1), então, deverá ser dada ordem de abertura da electroválvula de entrada de ar comprimido até o nível no RH atingir o nível esperado.
- Se após um período de tempo (t_2) de ter sido dada a ordem de abertura da electroválvula de entrada de ar no RH, a água não tiver atingido o nível esperado, deverá ser enviado um alarme à central de telegestão.
- Se o nível no RH estiver durante um período de tempo (t_1) abaixo do nível baixo, então deverá ser dada ordem de abertura da electroválvula de saída de ar até o nível atingir o nível esperado.

- Se após um período de tempo (t_2) de ter sido dada a ordem de abertura da electroválvula de saída de ar no RH, a água não tiver atingido o nível esperado, deverá ser enviado um alarme à central de telegestão.
- Só após se ter verificado que o nível de água no RH se mantém no nível esperado durante um período de tempo igual ou superior a (t_1) é que se pode dar início ao arranque dos grupos eletrobomba e à segunda fase de controlo do nível de água no RH.

RHs da compressão:

- Se à pressão medida na compressão não corresponder o nível nos RH esperado, estando o nível medido acima do esperado durante um período de tempo (t_1), então, deverá ser dada ordem de abertura da electroválvula de entrada de ar comprimido até o nível nos RH atingir o nível esperado.
- Se após um período de tempo (t_2) de ter sido dada a ordem de abertura da electroválvula de entrada de ar nos RH, a água não tiver atingido o nível esperado, deverá ser enviado um alarme à central de telegestão.
- Se à pressão medida na compressão não corresponder o nível nos RH esperado, estando o nível medido abaixo do esperado durante um período de tempo (t_1), então, deverá ser dada ordem de abertura da electroválvula de saída de ar comprimido até o nível nos RH atingir o nível esperado.
- Se após um período de tempo (t_2) de ter sido dada a ordem de abertura da electroválvula de saída de ar nos RH, a água não tiver atingido o nível esperado, deverá ser enviado um alarme à central de telegestão.
- Só após se ter verificado se o nível de água nos RH é o esperado face à pressão registada na conduta de compressão e, estes valores se mantêm durante um período de tempo igual ou superior a (t_2), é que se pode dar início ao arranque dos grupos eletrobomba e à segunda fase de controlo do nível de água nos RH.

4.2.2.2 SEGUNDA FASE

Após o arranque de um ou mais grupos, deverá verificar-se, em contínuo, se os níveis de água nos RH correspondem a determinados valores esperados, os quais são função do número de grupos em funcionamento, do nível na barragem (RH aspiração) e da pressão registada na compressão (RHs compressão).

Deverá ser estabelecida uma relação entre o nível de água nos RH e o número de grupos em funcionamento, tendo em consideração o nível de água na barragem no caso do RH da aspiração e, a pressão medida na conduta de compressão, no caso dos RH da compressão, sendo as mesmas incluídas na programação do autómato de modo a poderem ser modificadas quer localmente, quer à distância a partir da central de telegestão.

Para um determinado número de grupos em funcionamento, se o nível medido nos RH em dado instante não estiver em concordância com o nível da barragem (RH aspiração) ou com a pressão registada na compressão (RH compressão), nesse mesmo instante, será adicionado ou retirado ar dos RH, consoante o nível de água esteja acima ou abaixo do esperado.

Para o controlo do nível nos RH, o autómato deverá emitir ordens de abertura/fecho às electroválvulas de admissão ou extração de ar, em função do número de grupos em funcionamento, do nível na barragem e das pressões registadas na conduta de compressão e, conseqüentemente, dos respetivos níveis esperados nos RH, do seguinte modo:

- Em dado instante, se a determinadas condições de funcionamento não corresponder o nível nos RH esperado, estando o nível medido acima do esperado durante um período de tempo (t_1), então, deverá ser dada ordem de abertura da electroválvula de entrada de ar comprimido até o nível nos RH atingir o nível esperado.
- Se após um período de tempo (t_2) de ter sido dada a ordem de abertura da electroválvula de entrada de ar nos RH, a água não tiver atingido o nível esperado, mantendo-se as condições de funcionamento dos grupos, deverá ser enviado um alarme à central de telegestão.
- Em dado instante, se a determinadas condições de funcionamento não corresponder o nível nos RH esperado, estando o nível medido abaixo do esperado durante um período de tempo (t_1), então deverá ser dada ordem de abertura da electroválvula de saída de ar até o nível nos RH atingir o nível esperado.
- Se após um período de tempo (t_2) de ter sido dada a ordem de abertura da electroválvula de saída de ar nos RH, a água não tiver atingido o nível esperado, mantendo-se as condições de funcionamento dos grupos, deverá ser enviado um alarme à central de telegestão.

O período de tempo (t_1) corresponde à duração do golpe de aríete até que o nível da água no RH estabilize a um determinado nível, correspondendo o tempo (t_2) ao tempo máximo necessário para que o nível dos RH atinja o nível baixo quando uma das electroválvulas seja atuada. Em fase de arranque do sistema poder-se-á tomar (t_1) e (t_2) igual a 2 minutos; valores a acertar posteriormente durante a fase de testes. Estes valores poderão ser ajustados a partir da central de telegestão.

4.2.3 CONTROLO DE NÍVEL DISCRETO

Em simultâneo com o controlo do nível da água contínuo, será também, efetuado um controlo do nível da água nos RH com base nos cinco níveis discretos considerados, sendo dois deles de alarme:

- Nível Alto de Alarme – LSHA;
- Nível Normal Alto – LSH;
- Nível Médio – LSM;
- Nível Normal Baixo – LSL;
- Nível Baixo de Alarme – LSLA.

Se o nível nos RH estiver durante um período de tempo (t_1) acima do nível de alarme alto LSHA, então, deverá ser emitido um alarme de nível alto nos RH à central de telegestão.

Se o nível nos RH estiver durante um período de tempo (t_1) abaixo do nível de alarme baixo LSLA, então, deverá ser emitido um alarme de nível baixo nos RH à central de telegestão.

Se o nível nos RH estiver durante um período de tempo (t_1) entre o nível de alarme alto LSHA e o nível normal alto LSH, então, deverá ser emitido um alarme de aviso de nível acima do normal nos RH à central de telegestão.

Se o nível nos RH estiver durante um período de tempo (t_1) entre o nível de normal baixo LSL e o nível de alarme baixo LSLA, então, deverá ser emitido um alarme de aviso de nível abaixo do normal nos RH à central de telegestão.

O período de tempo (t_1) corresponde à duração do golpe de aríete até que o nível da água nos RH estabilize entre o nível alto e o baixo, sendo o tempo (t_2) correspondente ao tempo máximo necessário para que o nível dos RH atinja o nível baixo quando uma das electroválvulas seja atuada. Em fase de arranque do sistema poder-se-á tomar (t_1) e (t_2) igual a 2 minutos; valores a acertar posteriormente durante a fase de testes. Estes valores poderão ser ajustados a partir da central de telegestão.

4.3 SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

O equipamento de produção de ar comprimido será constituído por dois compressores rotativos de parafuso, sendo um, reserva do outro.

Em automático, um compressor entrará em funcionamento sempre que a pressão no reservatório de armazenamento de ar comprimido seja inferior a um determinado valor regulável, deixando de funcionar quando for atingida uma determinada pressão limite. Nestes termos poderá estabelecer-se que a pressão de arranque de um compressor será de 0,75 MPa e a pressão de paragem será de 1,0 MPa.

O segundo compressor, embora seja uma reserva do outro, quando disponível, deverá entrar em funcionamento simultâneo com o primeiro se, a pressão no reservatório de armazenamento de ar comprimido cair abaixo de um determinado valor pré-definido. Caso se tenha verificado

esta condição, o segundo compressor parará em simultâneo com o primeiro quando for também atingida uma determinada pressão limite. Poder-se-á estabelecer que a pressão de arranque do segundo compressor (quando o primeiro estiver em funcionamento) será de 0,6 MPa, sendo a pressão de paragem de 1,0 MPa.

O programa de arranque e paragem dos compressores deverá ainda efetuar a gestão horária dos mesmos, de modo a entrar em serviço o que possuir menor número de horas de funcionamento. As pressões de arranque e paragem e os alarmes dos equipamentos de sistema de ar comprimido deverão ser parametrizáveis no equipamento e no autómato da estação elevatória.

Em funcionamento manual os compressores arrancam e param através de acionamento das betoneiras locais.

Se a pressão no reservatório de armazenamento de ar comprimido ultrapassar o valor máximo estabelecido (1,0 MPa), deverá ser dada ordem automática de paragem aos compressores que estiverem em funcionamento, quer esteja em modo de comando automático ao manual.

4.4 SISTEMAS DE VENTILAÇÃO

4.4.1 NAVE DOS GRUPOS

Em funcionamento automático, os ventiladores serão comandados pelo autómato, em função dos termóstatos de ambiente instalados na nave dos grupos.

A entrada sucessiva em funcionamento dos ventiladores realizar-se-á de acordo com as condições de temperatura ambiental na nave dos grupos eletrobomba. Assim, se a temperatura detetada por um dos termóstatos de ambiente for de 30°C, entrarão sucessivamente 2 ventiladores em funcionamento. Se a temperatura subir até 35°C arrancarão sucessivamente mais 2 ventiladores, e se a temperatura atingir os 40°C entram em serviço os restantes 2 ventiladores.

A paragem dos ventiladores realizar-se-á de uma forma automática, em sentido inverso, em função do diferencial de temperatura ajustável adotado e permitido pelos termóstatos (por exemplo, 5°C).

O programa de arranque e paragem dos compressores deverá ainda efetuar a gestão horária dos mesmos, de modo a entrar em serviço o que possuir menor número de horas de funcionamento e a parar aquele que tiver mais horas de funcionamento.

As temperaturas de arranque, paragem e alarmes dos ventiladores deverão ser parametrizáveis no autómato da estação elevatória.

Em caso de incêndio na estação, o sistema de deteção de incêndios desencadeará uma ordem de paragem dos ventiladores.

Adicionalmente, para efeitos de renovação do ar ambiente naqueles períodos do ano em que sejam menos utilizados, o funcionamento dos ventiladores poderá ser temporizado.

A leitura das temperaturas na nave será efetuada pelos três termostatos que serão instalados no interior da nave dos grupos. O valor adquirido para comparação com os set-points definidos será, em princípio, o valor médio obtido através deles. No entanto, em função do que se vier a verificar em exploração, o sistema deverá permitir a aquisição individual do valor de cada termostato, de forma que se possa selecionar para comparação aquela que mais fielmente traduzir a temperatura efetiva no interior da nave.

Em manual, os ventiladores arrancarão a partir do quadro de comando por sobreposição ao arranque em automático, parando pela atuação da respetiva botoneira ou pela ordem em automático.

4.4.2 SALA DOS VARIADORES DE VELOCIDADE

Em funcionamento automático, os ventiladores serão comandados pelo funcionamento dos respetivos variadores de velocidade, ou seja, cada um dos ventiladores previstos entrará em funcionamento sempre que um dos variadores de velocidade a que se encontra associado entre em funcionamento.

Por outro lado, os ventiladores apenas se desligarão quando ambos os variadores de velocidade (e respetivos grupos eletrobomba) a que se encontram associados se encontrem parados.

Em caso de incêndio na estação, o sistema de deteção de incêndios desencadeará uma ordem de paragem dos ventiladores.

Em manual, os ventiladores arrancarão a partir do quadro de comando por sobreposição ao arranque em automático, parando pela atuação da respetiva botoneira ou pela ordem em automático.

4.4.3 SALA DOS QUADROS ELÉTRICOS E SALA DE AR COMPRIMIDO

Em funcionamento automático, uma vez que se pretende que os ventiladores tenham a função somente de renovação do ar, os ventiladores serão comandados pelo autómato e terão um funcionamento temporizado.

Em manual, os ventiladores arrancarão a partir do quadro de comando por sobreposição ao arranque em automático, parando pela atuação da respetiva botoneira ou pela ordem em automático.

4.4.4 SALAS DOS TRANSFORMADORES

Em funcionamento automático, os ventiladores serão comandados pelo autómato geral de comando, em função dos termóstatos de ambiente instalados em cada um dos locais.

A entrada em funcionamento de cada um dos ventiladores realizar-se-á de acordo com as condições de temperatura ambiental existentes em cada uma das respetivas salas. Se a temperatura em determinada sala subir até 35°C, arrancará o respetivo ventilador.

A paragem dos ventiladores realizar-se-á de uma forma automática, quando a temperatura ambiente registada for inferior a 35°C.

As temperaturas de arranque e paragem dos ventiladores deverão ser parametrizáveis na consola táctil do autómato da estação elevatória.

Em caso de incêndio na estação, o sistema de deteção de incêndios desencadeará uma ordem de paragem dos ventiladores.

Adicionalmente, o funcionamento dos ventiladores poderá ser temporizado, para efeitos de renovação do ar ambiente naqueles períodos do ano em que sejam menos utilizados.

A leitura da temperatura ambiente em cada uma das salas dos transformadores será efetuada por um termostato aí colocado.

Em manual, os ventiladores arrancarão a partir do quadro de comando por sobreposição ao arranque em automático, parando pela atuação da respetiva botoneira ou pela ordem em automático.

4.5 SISTEMAS DE CLIMATIZAÇÃO

As unidades de climatização a instalar na sala dos variadores de frequência e na sala dos quadros elétricos funcionarão automaticamente, comandadas por termóstato a colocar nas respetivas salas, através de set-point pré-definido.

Assim, se a temperatura detetada pelo termóstato de ambiente for de 30°C, entrará em funcionamento a unidade de climatização.

Se após entrarem em funcionamento, a temperatura não subir e permaneça uma tendência de descida, será dada ordem de paragem à unidade que estiver em funcionamento.

Caso a temperatura ambiente atinja valores de temperatura superiores aos 35º C por um determinado período de tempo, deverá ser emitido um sinal de alarme.

Em caso de incêndio na estação, o sistema de deteção de incêndios desencadeará uma ordem de paragem das unidades de climatização.

As temperaturas de arranque e paragem e alarmes dos sistemas de climatização deverão ser parametrizáveis na consola táctil do autómato da estação elevatória.

A leitura da temperatura ambiente na sala dos variadores de frequência e dos quadros elétricos será efetuada por termostatos aí colocados.

Em manual, as unidades de climatização arrancarão a partir do quadro de comando por sobreposição ao arranque em automático, parando pela atuação da respetiva botoneira ou pela ordem em automático.

A unidade de climatização da sala de comando funcionará apenas em modo manual.

5 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, AUTOMAÇÃO E TELEGESTÃO

5.1 CONSTITUIÇÃO DAS INSTALAÇÕES E ALIMENTAÇÃO DE ENERGIA

O presente capítulo refere-se às instalações elétricas da Estação Elevatória do Pisão.

A alimentação de energia elétrica à estação elevatória será feita por ramal em média tensão a 30kV, a solicitar à E-Redes. O Posto de Seccionamento será instalado no edifício técnico a construir na entrada da estação elevatória e que comportará o quadro de ligação das instalações de produção de energia (incluído no projeto das centrais de produção de energia).

Para obviar eventuais desfasamentos nas várias empreitadas que constituirão o empreendimento, considerou-se que o posto de seccionamento a 30kV, será posteriormente expandido para receber as infraestruturas de produção de energia.

As instalações elétricas da estação elevatória são essencialmente compostas por:

- Um Posto de Seccionamento,
- Um Posto de Transformação para as tensões de 690 e 400V
- Quadro de Baixa Tensão à tensão de 690
- Variadores de velocidade para acionamento dos grupos eletrobomba
- Quadro de Serviços Auxiliares de 400V
- Um Quadro de Comando
- Redes de terras de serviço e de proteção
- Para-raios
- Instalação de iluminação e tomadas interior e exterior
- Sistema de deteção de incêndio
- Sistema de deteção de intrusão
- Sistema de CCTV
- Cabos e caminhos de cabos
- Sistema de automação e supervisão

O quadro de 690V recebe energia de dois transformadores iguais e acopláveis. Os grupos eletrobomba são alimentados através de variadores de velocidade em número de 6 (seis). O QSA com barramento à tensão de 400/231V recebe energia de um transformador e alimenta os circuitos de força motriz auxiliares, os circuitos de iluminação interior e de socorro, circuitos de tomadas, instalação de comando, instrumentação de medida e controlo, e compensação do fator de potência.

No Quadro de Comando estão instalados o PLC e uma consola tátil para visualização dos instrumentos de medida e comando. Para alimentação do autómato, instrumentação e equipamento de supervisão e comunicações, existe uma unidade UPS e um conjunto retificador-bateria de 24V.

5.2 REQUISITOS GERAIS

As instalações elétricas serão executadas de acordo com as presentes condições construtivas e de funcionamento e será observado o prescrito na legislação portuguesa aplicável e em vigor, nomeadamente:

- Regras Técnicas das Instalações Elétricas de Baixa Tensão
- Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Elétrica em Baixa Tensão;
- Regulamento de Segurança de Subestações e Postos de Transformação e Seccionamento

Foram também consideradas as determinações da E-REDES e respetivas DMA's.

5.3 BALANÇO DE POTÊNCIAS

Os equipamentos principais a alimentar (grupos eletrobomba) serão os seguintes:

Quadro 5.1 – Balanço de potências da estação elevatória

Grupo eletrobomba	Total (un)	Em serviço (un)	Potência (kW)	Em serviço (un)	Em serviço (kVA)
Principais	4	4	710	2840	3488
Secundários	2	2	355	710	856
				Total	4344

Para alimentação dos grupos eletrobomba o QGBT será servido por dois transformadores de 2500kVA 30/0,69kV, cada um deles sobre um semi-barramento do QGBT, podendo operar em paralelo, ou isolados consoante as necessidades de exploração da instalação.

Os acionamentos auxiliares e as instalações de uso geral serão alimentados a 400/231 V a partir de um transformador de 250 kVA que servirá o QSA.

5.4 POSTO DE SECCIONAMENTO

5.4.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

O Posto de Seccionamento (PS) será instalado numa cabina independente destinada unicamente a esta finalidade. O quadro de Média Tensão do Posto de seccionamento será ampliado numa segunda fase com celas destinadas a receber as futuras produções de energia do empreendimento, sendo para o efeito deixada uma reserva de espaço. O edifício será de construção pré-fabricada em betão armado, adequado para a instalação de um PS e obedecendo a toda a legislação em vigor, e será de tipo homologado pela E-Redes. O edifício situa-se na entrada do recinto da estação elevatória, no local indicado nas peças desenhadas do projeto. Terá uma zona destinada ao distribuidor com acesso dedicado. O restante espaço será acessível pelos operadores das diversas instalações a servir, (estação elevatória de abastecimento e instalações de produção de energia).

A chegada será subterrânea, alimentada da rede de Média Tensão de 30KV, frequência de 50Hz. O cabo de alimentação será a definir e instalar pela E-Redes.

Os equipamentos de média tensão serão dimensionados para uma tensão 30kV e uma potência de curto-circuito de 500MVA, como definido pela E-Redes.

O quadro de média tensão a instalar no Posto de Seccionamento objeto do presente projeto será para instalação interior, composto por celas pré-fabricadas em invólucro metálico do tipo bloco compacto em SF6, constituindo um bloco para redes em anel (BRA) como definido pela E-Redes e por uma cela de medida.

5.4.2 QUADRO DE MÉDIA TENSÃO

O Posto de Seccionamento, será equipado com um quadro de média tensão composto por celas pré-fabricadas em invólucro metálico para 30 kV, do tipo bloco compacto em SF6, constituindo um bloco para redes em anel (BRA), motorizado, como definido pela E-Redes, e terá a seguinte composição, como indicado no respetivo esquema unifilar:

- Duas celas de chegada, com interruptor-seccionador;
- Uma cela de saída com interruptor-seccionador.

Para telecomando das celas do bloco BRA será prevista uma URT de acordo com a especificação da E-Redes.

Será instalada uma cela de medida para instalação de transformadores de corrente e de tensão. Esta cela será isolada no ar. A ligação desta cela ao bloco BRA e às celas do lado cliente do posto de seccionamento serão efetuadas por cabo de média tensão de acordo com definido no manual de ligações à rede da E-Redes.

O quadro de média tensão do lado cliente a instalar no Posto de Seccionamento será para instalação interior, composto por celas modulares pré-fabricadas em invólucro metálico com isolamento integral em SF6, e terá a seguinte composição, como indicado no respetivo esquema unifilar:

- Uma cela de chegada, com disjuntor, com comando motorizado;
- Uma cela de saída com disjuntor (para PT da EE de rega), com comando manual
- Uma cela de saída com disjuntor (para PT da EE de abastecimento), com comando manual

As celas de saída para os Posto de Transformação, terão proteção por disjuntor e relés de proteção de acordo com o fascículo 19 do manual de ligações da E-Redes.

A cela de chegada do lado cliente será preparada para ser encravada com a cela de chegada da central fotovoltaica terrestre de modo a que as celas não possam estar ligadas em simultâneo.

Será fornecido um conjunto de acessórios regulamentares de segurança para instalação no PS.

5.4.3 CONTAGEM DE ENERGIA

A contagem de energia será feita em Média Tensão por meio de contador a instalar no quadro de contagem a localizar no edifício do Posto de Seccionamento. O quadro de contagem estará de acordo com a norma da EDP DMA-C17-510/N e terá as dimensões mínimas de 800x600 (h x l). As ligações entre os transformadores de medição e o contador de energia, devem ser executadas em cabos do tipo XV (0,6/1kV) com a secção mínima de 5x4mm² e com bainha exterior de cor preta.

O contador, TI's e TT's serão fornecidos pela E-Redes, salvo indicação desta em contrário.

A telecontagem será feita por modem GSM fornecido e instalado pelo distribuidor.

5.4.4 INSTALAÇÃO DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS

O Posto de Seccionamento será dotado de uma instalação de iluminação e tomadas.

No interior do PS serão instalados pontos de luz, constituídos por armaduras estanques LED, 1x36W. Serão instalados blocos autónomos para sinalização de saídas.

Serão instaladas duas tomadas monofásicas do tipo schuko, 16A, IP55, do lado E-Redes e quatro do lado cliente.

5.5 POSTO DE TRANSFORMAÇÃO

5.5.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

O Posto de Transformação (PT) será instalado no interior da estação elevatória. O quadro de média tensão ficará instalado numa sala própria e independente e os transformadores em celas próprias com porta exterior e porta de rede. Serão instalados dois transformadores de 2500kVA (TR1 e TR2) que alimentarão o quadro de 690V (QGBT-690) e um transformador de 250kVA (TR3) que alimentará o quadro de serviços auxiliares (QSA).

O Posto de Transformação será alimentado a partir do PS, por cabo instalado em tubagens enterradas.

Os equipamentos de média tensão serão dimensionados para uma tensão 30kV e uma potência de curto-circuito de 500MVA, como definido pela E-Redes.

O quadro de média tensão a instalar no Posto de Transformação objeto do presente projeto será para instalação interior, composto por celas pré-fabricadas em invólucro metálico, modulares com isolamento integral em SF6.

5.5.2 QUADRO DE MÉDIA TENSÃO

O Posto de Transformação, será equipado com um quadro de média tensão composto por celas modulares com isolamento integral em SF6, para 30kV, fixas, e terá a seguinte composição, como indicado no respetivo esquema unifilar:

- Uma cela de chegada, com interruptor-seccionador;
- Duas celas de saída para transformador, com proteção por disjuntor;
- Uma cela saída para transformador com proteção por rupto fusível;

5.5.3 TRANSFORMADORES

5.5.3.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

O Posto de Transformação será previsto para a instalação de três transformadores, sendo dois de 2500kVA-690V e um de 250kVA-400V-231V. Os transformadores a instalar terão as características indicadas nos pontos seguintes.

5.5.3.2 TRANSFORMADORES DE 2500 kVA-690 V

Será uma máquina trifásica redutora de tensão, sendo a tensão entre fases na entrada de 30KV e a tensão na saída em carga de 690V entre fases obedecendo às Normas Portuguesas NP443, NP2627 e CEI 60076.

O transformador a instalar terá o neutro acessível em Baixa Tensão e refrigeração natural, em banho de óleo mineral. A tecnologia empregada será de enchimento integral.

As suas características mecânicas e elétricas estarão de acordo com as normas e recomendações internacionais, IEC standards, sendo as seguintes:

- Potência estipulada: 2500kVA
- Tensão estipulada primária: 30kV
- Regulação no primário: +/-2,5% +/-5%
- Tensão estipulada secundária em vazio: 690V-400V
- Tensão de curto-circuito: 6 %

O transformador será equipado com relé de proteção do tipo DGPT2 para deteção de gás, pressão e temperatura do transformador com 2 contactos, com as suas ligações à alimentação e ao elemento disparador da proteção correspondente, devidamente protegidas contra sobreintensidades.

O acesso à porta de rede da cela do transformador estará encravado por fechadura com a cela de MT que alimenta o transformador de modo que só seja possível o acesso ao interior da cela com o seccionador aberto e o seccionador de terra ligado. As celas dos transformadores serão dotadas de porta exterior e grelhas para garantir a ventilação natural dos transformadores e um ventilador para garantir a remoção do ar quente das respetivas salas. As celas terão bacia para recolha de eventuais fugas de óleo, as quais serão encaminhadas para uma fossa comum a todos os transformadores.

5.5.3.3 TRANSFORMADORES DE 250 kVA-400 V

Será uma máquina trifásica redutora de tensão, sendo a tensão entre fases na entrada de 30KV e a tensão na saída em carga de 400V entre fases obedecendo às Normas Portuguesas NP443 e NP2627 e CEI 60076.

O transformador a instalar terá o neutro acessível em Baixa Tensão e refrigeração natural, em banho de óleo mineral.

A tecnologia empregada será de enchimento integral a fim de conseguir uma degradação mínima do óleo por oxidação e absorção de humidade, assim como umas dimensões reduzidas da máquina e uma manutenção mínima.

As suas características mecânicas e elétricas estarão de acordo com as normas e recomendações internacionais, IEC standards, sendo as seguintes:

- Potência estipulada: 250kVA
- Tensão estipulada primária: 30kV
- Regulação no primário: +/-2,5% +/-5%
- Tensão estipulada secundária em vazio: 420V-240V
- Tensão de curto-circuito: 5 %

O transformador será equipado com relé de proteção do tipo DGPT2 para deteção de gás, pressão e temperatura do transformador com 2 contactos, com as suas ligações à alimentação e ao elemento disparador da proteção correspondente, devidamente protegidas contra sobreintensidades.

O acesso à porta de rede da cela do transformador estará encravado por fechadura com a cela de MT que alimenta o transformador de modo que só seja possível o acesso ao interior da cela com o seccionador aberto e o seccionador de terra ligado. A cela do transformador será dotada de porta exterior e grelhas para garantir a ventilação natural do transformador e um ventilador para garantir a remoção do ar quente da respetiva sala.

5.5.4 ACESSÓRIOS DE SEGURANÇA

Serão fornecidos todos os acessórios regulamentares para instalação no PT.

5.5.5 LIGAÇÕES DE TERRA

Serão ligados à terra de proteção os elementos metálicos do Posto de Transformação que normalmente não estão em tensão, mas que poderão eventualmente estar. Serão igualmente ligadas à terra de proteção todas as partes metálicas das celas dos transformadores, incluindo as massas metálicas do transformador. As secções e instalação dos condutores de ligação à terra devem satisfazer o especificado no Regulamento de Segurança dos Postos de Transformação.

5.5.6 INSTALAÇÕES DE ILUMINAÇÃO E TOMADAS

O Posto de Transformação será dotado de uma instalação de iluminação e tomadas, na sala do quadro de média tensão e nas celas dos transformadores. Serão instalados blocos autónomos na sala do PS e nas celas dos transformadores.

5.6 REDES DE TERRAS

5.6.1 TERRA DE PROTEÇÃO

Será prevista uma rede de terras de proteção à qual serão ligadas todas as massas metálicas da instalação.

A rede de terras a estabelecer terá a seguinte constituição:

- um anel de terra em cabo de cobre nu de 120mm², circundando o edifício.
- quadros de terras constituídos por seccionador /medidor/repartidor, instalados no interior do edifício;
- elétrodos de terra, constituídos por varetas de aço cobreado com 2m de comprimento e 15mm de diâmetro.

As armaduras das lajes serão interligadas ao longo da periferia do edifício por um cabo de cobre nú de 50mm² e serão realizadas ligações pelo processo “termoweld” entre o cabo e as armaduras a cada 5 metros. Este anel será interligado ao anel enterrado e serão deixadas pontas para ligação a barras de distribuição de terra a localizar no interior do edifício. Essas barras de terra serão seccionáveis e a partir delas serão feitas as ligações à terra de todas as massas metálicas da instalação.

Os elétrodos de terra serão instalados na vertical a uma profundidade da ordem dos 80cm do piso. O número de elétrodos a instalar deverá ser tal que se garanta, mesmo em época seca, uma resistência de terra menor ou igual a 10 Ohm.

5.6.2 TERRA DE SERVIÇO

Serão instalados dois elétrodos de terra de serviço, um para a tensão de 690V e outro para a tensão de 400V.

Ambos os elétrodos serão constituídos por chapas de aço cobreado com 1 m² e 3 mm de espessura, dispostas em pé de galo.

Os elétrodos de terra serão instalados na vertical a uma profundidade da ordem dos 1 m do piso. O número de elétrodos a instalar deverá ser tal que se garanta, mesmo em época seca, uma resistência de terra menor ou igual a 10 Ohm.

Os elétrodos de terra de serviço deverão ficar afastados o mais possível entre si e dos elétrodos de terra de proteção, com um mínimo de 10 metros.

Serão ligados à terra de serviço de 690V, os neutros dos transformadores 30/0,69kV.

O regime de neutro dos 690V será o TT sem neutro distribuído.

A ligação à terra de serviço da instalação de 400V será feita no QSA, a jusante do disjuntor de corte geral. O regime de neutro dos 400V será o TT.

5.6.3 LIGAÇÕES A EFETUAR À REDE DE TERRAS

As ligações do anel de terras aos elétrodos serão executadas em cabo nú.

Deverão ser ligadas à terra de proteção todas as peças metálicas das instalações normalmente não sob tensão. Os barramentos de terra dos quadros deverão ser ligados aos quadros de terras. Para tal será utilizado um condutor adicional no cabo de alimentação dos diferentes recetores que deverá ser ligado ao barramento de terra do quadro. As blindagens dos cabos de sinais blindados deverão ser ligadas à terra numa só das extremidades que deverá ser a do lado do quadro.

Serão realizadas ligações equipotenciais entre todos os elementos metálicos das tubagens, de modo a que seja garantida a equipotencialidade entre todos os elementos. As ligações serão realizadas nas flanges, com aperto por parafuso e terminal, com ligadores em condutor de cobre, flexível, de cor verde amarelo com uma secção mínima de 6 mm².

Serão ligados à terra todos os elementos metálicos da construção tais como pilares, estruturas de suporte, portas e janelas.

5.7 PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

Será fornecido e montado um sistema de proteção contra descargas atmosféricas.

O método utilizado consistirá na instalação de dois pára-raios do tipo ionizante, montados sobre mastro de aço galvanizado de 6m de altura a instalar no topo do edifício da estação elevatória em cada um dos extremos, nos locais assinalados.

O sistema deverá proporcionar proteção com nível I, a toda a área correspondente ao recinto da instalação.

A ligação à terra dos pára-raios será efetuada por cabo de cobre nú de 70 mm² de secção, fixado à parede do edifício por intermédio de isoladores e protegido por tubo PVC nos primeiros 3 m a partir do solo.

O eléctrodo vertical de terra de proteção mais próximo do local de descarga dos pára-raios deverá ser em pata de ave e instalado o mais profundo possível de modo a melhorar o escoamento da corrente da descarga para a terra. Em ambos os para raios serão instalados contadores de descargas atmosféricas.

5.8 QUADROS ELÉTRICOS

5.8.1 DISPOSIÇÕES GERAIS

Serão instalados os seguintes quadros elétricos principais:

QGBT- Quadro Geral de Baixa Tensão (690V):

- Terá por função a alimentação dos grupos eletrobomba

QSA- Quadro de Serviços Auxiliares:

- Terá por função a alimentação e comando dos equipamentos auxiliares, da instalação, nomeadamente, válvulas motorizadas, ventiladores, equipamentos de climatização, electroválvulas, circuitos de iluminação e tomadas, como indicado nos esquemas unifilares respetivos.

QC– Quadro de comando:

- Terá por função o comando do equipamento, estando para tal equipado com um autómato programável, equipamentos de interface e toda a aparelhagem de sinalização e comando para o comando automático do equipamento. Será equipado com uma UPS,

fonte de alimentação de corrente contínua a 24V, como indicado nos esquemas unifilares respetivos

QIT-PS- Quadro de Iluminação e tomadas do Posto de Seccionamento

- Terá por função a alimentação da instalação de iluminação e tomadas do PS.
- Os quadros da unidade de ar comprimido e da ponte rolante farão parte integrante dos respetivos equipamentos.

5.8.2 PRESCRIÇÕES CONSTRUTIVAS DOS QUADROS

Os painéis dos quadros QGBT, QSA e QC, deverão ser de acesso frontal, com portas com chave tipo armário para fixação ao solo. A entrada e saída de cabos será realizada pela parte inferior do quadro, sendo o respetivo índice de proteção não inferior a IP43 e o índice de robustez IK08. O fundo dos quadros será dotado de chapas de fecho com rasgos para travessia dos cabos. Os quadros elétricos serão da classe II de isolamento ou terão características construtivas que lhe garantam essa equivalência.

Os quadros deverão ter dimensões adequadas, de modo a garantir uma disposição correta e lógica dos equipamentos a instalar no seu interior, separando o equipamento de comando do equipamento de potência. Serão construídos em chapa de aço galvanizada, lavada e desengordurada, pintada com duas demãos de primário contra a corrosão, e acabada com uma demão de esmalte com resina de poliéster - epóxi na cor RAL 7032 e deverão ser de tipo normalizado, de um fabricante de reconhecida qualidade, de construção modular, permitindo assim o aumento ou alteração destes, sempre que necessário, utilizando acessórios normalizados.

Os quadros serão dimensionados de modo albergar todo o equipamento previsto garantindo o seu fácil acesso e deve ser previsto, no mínimo, 25% de espaço de reserva para futuras ampliações.

Os quadros serão instalados sobre rodapé metálico, com um mínimo de 100 mm de altura. Os circuitos de comando e sinalização funcionarão à tensão de 24V.

5.8.3 EQUIPAMENTO DE INDICAÇÃO, SINALIZAÇÃO E COMANDO A INSTALAR NOS QUADROS

O comando da instalação será feito em automático a partir do sistema de supervisão SCADA e autómato. Para ensaio e comando local serão previstas botoneiras de comando junto aos equipamentos. No entanto, os quadros devem indicar ao operador o estado de algumas

variáveis da instalação e permitir o comando manual de alguns equipamentos a partir dos botões de comando e dos dispositivos de sinalização instalados na porta.

Deve ser instalado, pelo menos, o seguinte equipamento de indicação, sinalização e comando:

Quadro de Serviços Auxiliares:

- Geral:
 - 1 botoneira de ensaio de lâmpadas
 - 1 botoneira de aceitação de defeitos
 - 1 botoneira de corte de sinalizações

Quadro QC

- Consola tátil para indicação de:
 - Por medidor de caudal: caudal instantâneo e volume
 - Por medidor de pressão: valor da pressão medida
 - Por medidor de nível: valor do nível medido
 - Por RH: indicação dos níveis discretos
- Por ventilador:
 - 3 sinalizadores luminosos “em automático/marcha /defeito”
- Por grupo eletrobomba:
 - 3 sinalizadores luminosos “marcha /paragem/defeito”
- Por válvula de seccionamento:
 - 3 sinalizadores luminosos “aberta/fechada”
- Por válvula motorizada:
 - 3 sinalizadores luminosos “aberta /fechada/defeito”
- Sinalizadores de:
 - Avaria da UPS
 - Falta de tensão de 230V socorrida
 - Falta de tensão de 24V
 - UPS em bypass
 - Disparo e alarme dos relés DGPT2 para cada um dos transformadores (4 sinalizadores por transformador)

As cores das botoneiras e sinalizadores devem ser as seguintes:

- botoneiras de marcha: verde;
- botoneiras de paragem: vermelho;
- sinalizador de marcha: verde;
- sinalizador de paragem: amarelo;
- sinalizador de avaria: vermelho;
- sinalizador de informação complementar: azul;

Em cada uma das chegadas do QGBT, nas saídas para os grupos eletrobomba e na chegada do QSA serão instalados analisadores de energia que permitirão:

- Medida da corrente nas 3 fases
- Medida de tensões nas 3 fases
- Medida da potência ativa nas 3 fases
- Medida do fator de potência
- Contagem de energia ativa
- Contagem de energia reativa

Os equipamentos a instalar comunicarão por Ethernet com o autómato instalado no quadro de comando para monitorização dos consumos de energia.

Os quadros elétricos serão equipados com um sistema de extinção de incêndios do tipo Firepro ou Firetrace ou equivalente com agente extintor que não danifique o equipamento elétrico e eletrónico instalado no interior do quadro.

O sistema será dimensionado de acordo com a dimensão do quadro elétrico, descarregando em caso de incêndio a quantidade de agente extintor necessário para a extinção total.

5.9 COMANDOS LOCAIS

Para comando manual dos grupos eletrobomba e para manobras de ensaio, serão instalados junto de cada um dos grupos eletrobomba uma caixa de comando local para comando manual do grupo e da respetiva válvula motorizada (VSR).

O comando local será constituído por uma caixa em PVC, IP 54, IK07, instalada sobre postelete em aço galvanizado e equipada com:

- Dois seletores manual /0 /automático;
- Duas botoneiras de impulso para aumento/redução da velocidade dos motores;
- Botoneira de marcha do grupo eletrobomba;

- Botoneira de paragem do grupo eletrobomba;
- Botoneira de abertura da válvula;
- Botoneira de fecho da válvula;
- Botoneira de paragem de emergência do tipo cabeça de cogumelo, com retenção, e cor vermelha;

Na situação de comando local dos grupos eletrobomba as botoneiras de impulso deverão permitir que em cada impulso manual o grupo eletrobomba aumente ou diminua 1 Hz a velocidade de rotação do grupo. Estas ordens deverão, contudo, ter o limite de baixar até 30 Hz e levantar até 50 Hz.

Serão também previstas botoneiras de comando local para as eletroválvulas de entrada e saída de ar dos RH's, para os ventiladores e para as válvulas motorizadas de seccionamento e bypass na saída da estação elevatória.

Os comandos locais serão constituídos por uma caixa em PVC, IP 55, IK07, instaladas sobre postelete em aço galvanizado.

5.10 UNIDADE UPS

Na sala do quadro de comando (QC) será instalada uma unidade UPS. Esta unidade destina-se a socorrer as falhas de pequena duração e os micro cortes da rede na alimentação dos equipamentos.

O sistema previsto deverá ser do tipo "on-line" concebido para proporcionar uma corrente alternada de alimentação, regulada em tensão e frequência, livre de ruídos elétricos e parasitas.

A autonomia da UPS deverá ser no mínimo de uma hora com a bateria completamente carregada. A UPS deverá ter uma potência mínima de 6kVA.

5.11 CONJUNTO CARREGADOR BATERIA 24V

Será instalada na sala dos quadros e ligado ao Quadro de Comando um conjunto carregador bateria em armário dedicado com a função de alimentar a instrumentação e o equipamento de automação. O carregador de baterias será para 24V/ com um mínimo de 25A e as baterias terão uma capacidade não inferior a 55Ah.

O carregador deverá ter indicação de avaria através de um contacto livre de potencial.

5.12 VARIADORES DE VELOCIDADE

Os grupos eletrobomba a instalar na estação elevatória serão alimentados através de conversores tensão - frequência, de modo a adaptar as condições de pressão e caudal existentes na conduta e otimizar o rendimento da estação elevatória. Os conversores serão instalados em armário independente, para montagem sobre pavimento, alimentados a partir do QGBT e deverão dispor de:

- Interruptor de corte geral
- Fusíveis de proteção rápidos
- Contator de linha
- Indutância de linha
- Filtros CEM
- Consola gráfica para comando e parametrização
- Ventilação forçada
- Iluminação interior
- Aquecimento quando fora de serviço
- Grau de proteção IP54
- Botoneira de paragem de emergência

Os equipamentos a instalar devem respeitar a legislação nacional e europeia relativa à compatibilidade eletromagnética e limitação de harmónicas injetadas na rede e emissões radiadas e conduzidas. Devem cumprir as normas IEC22G/109 e IEC61800-5

5.13 COMPENSAÇÃO DO FATOR POTÊNCIA

A minimização do consumo de energia reativa na estação elevatória será feita utilizando conversores eletrónicos de potência do tipo AC/AC, com filtro de entrada, para a alimentação dos grupos eletrobomba. Para tal, os conversores deverão garantir, na entrada, que o fator de potência total satisfaça a condição: $0,96 < \cos\phi < 1$.

Será instalada uma bateria de condensadores ao nível dos 400V.

5.14 AUTÓMATO PROGRAMÁVEL

O Quadro de Comando será equipado com um autómato programável, que terá por função o controlo automático dos equipamentos, a monitorização das instalações, a comunicação com o autómato principal do reservatório e equipamentos instalado ao longo da conduta elevatória (tal como definido no projeto da conduta).

O autómato a instalar será modular, composto por cartas de entradas e saídas analógicas e entradas e saídas digitais, fonte de alimentação protegida e estabilizada.

A programação será efetuada por lista de instruções ou por blocos lógicos, devendo o autómato ser fornecido programado e testado de modo a executar as seguintes tarefas:

- Comunicação com o reservatório e equipamentos da conduta elevatória para receção de comandos e transmissão dos estados e alarmes;
- Realização dos automatismos locais da instalação e respetivas seguranças.

Para visualização dos valores de medição dos instrumentos será instalada no quadro de comando uma Consola de Visualização e Operação (HMI) do tipo TFT de 12,1”.

5.15 POSTO DE COMANDO E SUPERVISÃO

Na sala de comando será instalado um posto de comando e supervisão composto essencialmente por:

- Dois servidores redundantes para instalação em rack no bastidor
- Duas estações de trabalho a colocar em postos de trabalho na EE
- Uma rede local, tipo LAN Ethernet;
- Um modem GSM para envio de alarmes SMS.

O software a fornecer constará no mínimo de:

- Software SCADA run time para 5000 pontos com licenciamento para servidores e estações de trabalho
- Uma licença de desenvolvimento
- Base de Dados SQL SERVER Express Edition, ou equivalente.
- Software de virtualização do tipo VMWARE, ou equivalente
- Módulo de relatórios e histórico com capacidade para armazenamento de 3 anos de eventos

O software de supervisão funcionará sobre ambiente virtualizado.

Software de supervisão

O software tipo SCADA, em língua portuguesa, a instalar deverá permitir:

- Comunicação com os autómatos por interrogação automática com uma frequência de amostragem definida pelo operador. A informação adquirida do autómato de comando e monitorização deverá ser atualizada automaticamente numa base de dados standard.

No caso de falha nas comunicações, o sistema deverá ter capacidade de sinalizar a avaria;

- Supervisão da EE, através de sinópticos do sistema atualizados “on-line” a partir da base de dados, de modo a que o operador possa aceder ao estado e comandar qualquer componente da estação elevatória.
- Análise histórica de dados, com base em gráficos, de modo a facilitar a gestão e exploração do sistema;
- Exportação de dados, para processamento em outros softwares, tipo EXCEL, etc.
- Executar ações de comando automáticas, em função dos dados recolhidos de acordo com rotinas programadas;
- Geração periódica de relatórios sobre os vários componentes do sistema, para apoio à gestão do sistema;
- Gravação de arquivos com toda a informação do sistema para posterior utilização.
- Gestão de alarmes;
- O software de supervisão deverá ser totalmente aberto de modo a permitir a integração com outras plataformas

Deverão ser desenvolvidos sinópticos gerais das instalações e sinótico de cada um dos sistemas em particular (elevatória, reservatório, RH's, equipamentos ao longo da conduta elevatória) indicando o estado dos equipamentos e valores medidos associados, quando for o caso. Para cada equipamento específico deverão ser desenvolvidas janelas pop-up para comando.

Em situação normal, a instalação funcionará em automático a partir do SCADA e autómato. Os equipamentos poderão ser comandados em manual a partir da supervisão, sob responsabilidade do operador, salvaguardadas as condições de segurança. Os comandos manuais nas botoneiras de comando serão da responsabilidade do operador.

Software de base

O software de base a instalar no computador de supervisão deverá ser em língua portuguesa e deverá ser fornecido com as respetivas licenças de utilização, e deverá consistir nos seguintes elementos:

- Sistema operativo multiutilizador/tarefa tipo Windows última geração;
- Web browser tipo Microsoft Internet Explorer, ou equivalente de última geração;
- Antivírus tipo Kaspersky, Norton, McAfee, ou equivalente;
- Pacote de software para processamento de texto, folha de cálculo, base de dados e criação de apresentações, tipo Microsoft Office última versão ou equivalente.

5.16 BASTIDOR DA SALA DE COMANDO

Na sala de comando será instalado um quadro tipo bastidor, com ventilação forçada, régua de tomadas e porta em vidro, com chave, para instalação de:

- Servidores SCADA
- Switch da rede local;
- Servidor de CCTV
- Switch do sistema de CCTV;
- Modem para alarmes SMS.
- Central de deteção de incêndios;
- Central de intrusão;

Deverá ser previsto espaço de reserva para instalação de equipamentos de comunicação da estação elevatória com as restantes infra-estruturas desta empreitada, nomeadamente switch layer 2. Para os restantes equipamentos não incluídos nesta empreitada, deverá ser deixado um espaço de reserva com um mínimo de 7U.

O bastidor terá a dimensão mínima de 43U e 600mm de profundidade.

5.17 SINAIS A PROCESSAR PELO AUTÓMATO

Os sinais a processar pelo autómato estão indicados na lista de entrada/saídas, incluída em anexo às especificações técnicas do projeto. Consideram-se incluídos eventuais sinais omissos que venham a ser necessários para o correto funcionamento da estação. O adjudicatário deverá adaptar a lista de sinais aos equipamentos que efetivamente vier a instalar.

5.18 SISTEMA DE DETEÇÃO DE INCÊNDIOS

A estação elevatória será equipada com um sistema de deteção de incêndios constituída por:

- Central de incêndios programável;
- Detetores óticos de fumos;
- Detetores lineares de fumos;
- Sinalizadores de ação;
- Botoneiras de alarme manual.

A operação de um detetor ou botão de alarme manual deverá desencadear sempre um processo de alarme local e à distância.

Em caso de incêndio será enviado um alarme SMS para a segurança das instalações. O sistema deverá permitir a configuração de pelo menos mais três alarmes por SMS, para entidades a designar.

A central, após a receção dos sinais provenientes dos detetores automáticos, deverá acionar os alarmes acústicos e visuais da própria central e iniciar uma temporização de reconhecimento (regulável), finda a qual os alarmes acústicos do edifício respetivo entrarão em funcionamento e, simultaneamente será enviado um alarme, caso não se verifique, entretanto, uma intervenção manual na central, bloqueando este processo (aceitação do alarme).

Quando se tratar de sinais provenientes de botões de alarme manual, o processo de alarme será idêntico, porém sem qualquer temporização.

Serão adicionalmente instalados cinco extintores de incêndio:

- No Posto de Seccionamento;
- Na sala do QMT do Posto de transformação;
- Na sala de quadros;
- Na sala dos variadores
- Na sala de comando.

Serão de instalação mural, de pó químico, classe E, com a capacidade de 10 kg.

5.19 SISTEMA DE DETEÇÃO DE INTRUSÃO

Existirá uma instalação de deteção de intrusão constituída pelos detetores de intrusão, fixos às paredes em zona não acessível, localizados conforme se indica no desenho, ligados em série e controlados por central de intrusão programável.

Adicionalmente, também ligados em série existirá um outro circuito, ligado à mesma central, constituído por contactos magnéticos instalados em todas as portas e que devem sinalizar ausência de intrusos com estas fechadas.

A Central do SADIR será alimentada por uma bateria em tampão para que o sistema continue a funcionar no caso de falha de energia da rede pública.

Deverá ser possível armar e desarmar a Central mediante a introdução de um código. A Central não deve estar exposta, i.e. deve estar em local reservado, para não haver tentativa de vandalização.

5.20 SISTEMA DE CCTV

Para vigilância periférica da Estação Elevatória, previu-se a instalação de um CCTV, de acordo com o indicado nas peças desenhadas. A disposição das câmaras deve permitir que todas as câmaras estejam vigiadas, assim como o perímetro da estação.

O sistema CCTV deverá utilizar um sistema de câmaras de vídeo em IP com PoE a instalar de acordo com o diagrama, e ainda um sistema de gravação de imagens em disco rígido que permita a consulta local e à distância via rede Ethernet. O software deve permitir a sequenciação das câmaras.

As câmaras a instalar deverão permitir a visualização da periferia da instalação até uma distância de cerca de 50m e deverão permitir a gravação de imagens noturnas em ausência de luz.

Na sala de comando será instalado um servidor integrado na rede de comunicações, equipado com software de parametrização, visualização das câmaras e gravação de imagens. O computador deverá ser para instalação em rack de 19" e ficará no interior do bastidor na sala de comando.

O software deverá permitir a visualização de imagens gravadas por câmara e por data e obtenção de imagens paradas.

Será fornecido um switch com um mínimo de 16 portas com PoE, para ligação das câmaras de videovigilância.

O sistema de CCTV deverá ser licenciado junto da Comissão Nacional de Proteção de dados, devendo o empreiteiro fornecer ao dono de obra todos os dados necessários, nomeadamente desenhos e características dos equipamentos efetivamente instalados.

5.21 CANALIZAÇÕES ELÉTRICAS

As canalizações elétricas a executar compreenderão as ligações a partir dos quadros aos equipamentos elétricos e eletromecânicos, instrumentos de controlo e medida, às tomadas e armaduras de iluminação.

Os cabos de média tensão a instalar serão do tipo LXHIOV para a tensão de 30kV, os cabos de potência usar serão dos tipos NYCWY e XV, os cabos de comando serão dos tipos XV, LiYCY e PiMF. Os cabos serão instalados como se indica nos desenhos.

Os cabos a usar no interior serão instalados em esteiras fixas às paredes, no interior das caleiras ou no piso técnico e em tubo metálico ou abraçadeiras. Nas ligações aos motores das bombas e válvulas os cabos de potência serão instalados em caleiras.

O encaminhamento dos cabos será separado de, pelo menos 200mm, para os cabos de potência e para os cabos de comando.

No exterior os cabos serão instalados em tubos de PVC nos caminhos principais e depois conduzidos em tubos de aço galvanizado nas ligações aos equipamentos.

As esteiras a instalar deverão ser do tipo escada em aço galvanizados a quente por imersão, sendo as ligações e fixações realizadas com acessórios específicos. Foram dimensionadas de modo a que os cabos a instalar se disponham numa só camada.

No exterior, em geral, os cabos serão instalados em esteiras fixas às paredes das câmaras e aos muros e lajes das estruturas de betão armado. Em cada troço as caleiras serão cobertas de modo a evitar a deterioração do revestimento dos cabos devido à ação dos agentes atmosféricos.

Para proteção dos cabos desde o chão até aos equipamentos serão também utilizadas esteiras com tampa, para proteção dos cabos.

Nas ligações aos equipamentos serão utilizados tubos metálicos para proteção dos cabos.

Todas as travessias, nomeadamente entre compartimentos e quadros, caleiras e saídas inferiores de quadros e saídas de tubos devem ser seladas para evitar a passagem de insetos e roedores e infiltrações de água.

5.22 ILUMINAÇÃO INTERIOR

As armaduras para iluminação interior deverão ser equipadas com uma lâmpada tubular LED com a potência de 36W ou 20W, como indicado nas peças desenhadas

O comando das armaduras será feito por um interruptor de montagem saliente, unipolar ou comutador de escada, 230V, 10A, IP não inferior a 55 ou por botão de pressão e teleruptor.

Os circuitos de iluminação normal serão complementados com circuitos de iluminação de emergência para indicação das saídas, realizados com blocos autónomos, que garantam um nível de iluminância médio de cerca de 0,5 lux no pavimento. Os blocos autónomos serão dotados de duas lâmpadas LED e terão uma autonomia de 2 horas. Os blocos autónomos situados sobre as portas terão um pictograma com identificação de “saída”. Os blocos autónomos serão dotados de telecomando para desativação durante os períodos de paragem ou de não ocupação da estação elevatória.

A iluminação da nave dos grupos eletrobomba será feita com projetores equipados com lâmpadas LED de 150W, instalados na parede a uma altura de cerca de 6m, orientados a 45º em direção ao pavimento.

O comando da iluminação da nave dos grupos será feito, através de teleruptores que comandam contatores

A iluminação será alimentada a partir do QSA, no edifício da estação elevatória e a partir de um quadro específico no PS.

Os níveis de iluminação a obter serão:

- Nave dos grupos: 200lux
- Salas de quadros: 300lux
- Sala de comando: 400lux
- Corredores e circulações: 150lux
- Sala do QMT: 200lux

5.23 ILUMINAÇÃO EXTERIOR

As armaduras para iluminação exterior serão próprias para iluminação de vias tipo LED.

Serão instaladas em braços metálicos de 1m ao longo da periferia do edifício. Na zona dos filtros e RH's as armaduras serão instaladas em colunas com uma altura útil de 7 m e equipadas com 2 ou 3 braços de 1m para instalação das armaduras.

No QSA existirá um seletor manual/O/automático para controlar o funcionamento da iluminação exterior.

Os níveis de iluminação a obter serão de 20lux na proximidade do edifício e órgãos.

As colunas terão uma altura útil de 7 m e equipadas para montagem das armaduras e possuirão serão metálicas, galvanizadas interior e exteriormente por imersão a quente; para montagem sobre maciço de betão

O comando da iluminação exterior será feito por interruptor programador horário instalado no quadro. O traçado da instalação é o que consta dos desenhos anexos.

Para reduzir o impacto da iluminação exterior e minimizar o excesso de luz artificial, os braços para montagem das armaduras serão montados na horizontal, de modo que as armaduras também fiquem na horizontal, reduzindo a visibilidade do ponto de luz. As armaduras de iluminação deverão ter ULOR 0% e controlo de fluxo luminoso. O fluxo será reduzido até 25% na ausência de pessoas no recinto, sendo aumentado por telecomando ou sensor na entrada do

portão, na presença de pessoas, ou aquando da realização de intervenções que necessitem de iluminação exterior.

5.24 TOMADAS DE USOS GERAIS

Serão instaladas tomadas monofásicas 230Vac, 16A, tipo Schuko, de montagem saliente, índice de proteção não inferior a IP43 e tomadas trifásicas 400V, 3P+N+T, IP não inferior a 43, montagem saliente.

As tomadas deverão ser instaladas a cerca de 1,20 m do pavimento.

A localização das tomadas encontra-se indicada nos desenhos do projeto.

No exterior e no hall de descarga da EE serão instaladas caixas de tomadas compostas por um quadro em PVC, IP44, equipado com:

- Proteção diferencial 25A-30mA
- Uma tomada trifásica CEE estanque, de 16A
- Duas tomadas monofásicas Schuko estanques de 16A
- Disjuntor de proteção individual para cada uma das tomadas

As caixas de tomadas serão instaladas em postaletes metálicos em aço galvanizado.

6 ANÁLISE E SIMULAÇÃO DO REGIME TRANSITÓRIO

Além do dimensionamento do sistema elevatório em regime permanente, apresentado no capítulo 3, efetuou-se também no âmbito do presente projeto uma análise e simulação do comportamento do sistema em regime transitório.

No presente caso o cenário de simulação correspondeu à ocorrência de uma falha de energia repentina, com paragem brusca dos grupos eletrobomba, após o normal funcionamento em regime permanente para o caudal do regime nominal da conduta elevatória. Analisou-se também o comportamento similar na conduta de aspiração, a montante dos grupos eletrobomba.

A análise foi efetuada através de uma simulação computacional que tem por base o método das características e que permitiu determinar as envolventes máximas e mínimas de pressão ao longo da conduta elevatória e da conduta de aspiração e as características dos dispositivos de proteção a adotar contra o regime transitório.

Com base na análise realizada verificou-se a necessidade de se proceder à instalação de dois reservatórios hidropneumáticos em paralelo, com um volume unitário de 90 m³, para proteção dos circuitos de compressão e da conduta elevatória. Para proteção dos circuitos de aspiração resultou da análise realizada a necessidade de instalação de um reservatório hidropneumático com um volume de 60 m³.

Os pressupostos considerados na análise do funcionamento em regime transitório e dos resultados obtidos encontram-se descritos em detalhe no **Anexo II** da presente memória descritiva.

7 ARQUITETURA DAS INSTALAÇÕES

7.1 PRINCÍPIOS ORIENTADORES

Um aspeto tido em consideração na conceção da estação elevatória, foi a minimização de custos, tendo-se reduzido ao máximo os espaços mortos.

No que respeita ao edifício da estação elevatória, a geometria e configuração da nave dos grupos foi otimizada em função do espaço necessário para instalação e manutenção dos grupos eletrobomba, tubagens de aspiração e compressão e respetivos equipamentos de operações e segurança. A localização e disposição da sala de comando foi definida de modo a ter visão total da nave dos grupos eletrobomba. Procurou-se otimizar a localização das salas dedicadas às instalações elétricas, por forma a promover a redução do comprimento dos cabos instalados, uma vez que estes, em estações com estas potências, têm um peso significativo.

No que respeita às estruturas dos reservatórios hidropneumáticos, procurou-se um equilíbrio entre a minimização dos espaços e a criação das áreas e acessos necessários para a instalação e manutenção dos equipamentos. Foram tidos também em atenção os requisitos de segurança definidos pela legislação em vigor relativos à instalação e manutenção dos reservatórios hidropneumáticos.

7.2 EDIFÍCIO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

7.2.1 CARACTERIZAÇÃO FORMAL, FUNCIONAL E VOLUMÉTRICA DAS ESTRUTURAS PROJETADAS

O edifício, com uma dimensão da ordem de 50 x 18 m, é na totalidade condicionado na sua organização espacial pela localização dos equipamentos e da funcionalidade requerida para trabalharem em boas condições. A área total de implantação do edifício da estação elevatória é da ordem de 886 m².

Assumindo fisicamente a diversidade de funções a que responde, foi definido através de dois corpos distintos, nomeadamente:

- Nave onde serão instalados os grupos eletrobomba e hall de entrada;
- Módulo de apoio, com configuração em planta de “L”, mais baixo, que alberga, a sala das celas, as salas dos transformadores (3), a sala dos quadros, sala dos variadores de velocidade, sala do sistema de ar comprimido, instalação sanitária e a sala de comando.

A nave dos grupos, onde se localizam os elementos de bombagem, é o corpo mais compacto, com uma área com aproximadamente 566 m². Poderá ser dividida em duas zonas: fosso onde

se encontram instalados os grupos eletrobomba e hall de carga e descarga. Dispõem ainda de um passadiço de circulação e acesso às salas edifício de apoio.

O facto de o fosso dos grupos eletrobomba estar implantado a uma cota inferior visa permitir a ligação direta entre os coletores gerais de aspiração e compressão da estação elevatória e os circuitos individuais de aspiração e compressão dos grupos eletrobomba, sensivelmente à mesma cota, sem necessidade de instalação de curvas adicionais, tendo em conta as dimensões dos grupos.

O pé-direito na zona do hall de carga e descarga é de 7,2 m, enquanto na zona do fosso atinge os 10,1 m.

A nave tem acesso direto ao exterior através de um portão localizado no topo Nordeste que permite a entrada de veículos pesados para a descarga dos equipamentos. A altura elevada da nave deve-se à existência da ponte rolante para apoio e manutenção das bombas.

O módulo de apoio, com aproximadamente uma área de implantação de 320 m² e um pé direito máximo de 4,8 m, alberga todas as compartimentações destinadas às zonas elétricas, sala de comando, instalações sanitárias, e sistema de ar comprimido.

Em todas as salas alocadas a instalações elétricas nomeadamente, celas, transformadores, sala dos quadros elétricos e sala dos variadores de velocidade terão a laje do piso rebaixada, sendo a cota do pavimento final estabelecida com recurso a enchimento com betão pobre, no caso da sala das celas e transformadores, ou através da instalação de pavimento técnico sobrelevado, como nos casos da sala dos quadros elétricos e sala dos variadores de velocidade.

As sala de ar comprimido, instalação sanitária e sala de comando apresentarão uma laje alinhada com a cota final dos pavimentos das restantes salas, dada a necessidade de garantir a passagem do coletor geral de compressão sob as mesmas.

A sala de comando apresentará também piso técnico sobre elevado por forma a facilitar a passagem dos cabos para os quadros elétricos a instalar no seu interior. Desta opção resulta o facto de a cota do pavimento final da sala de comando se encontrar ligeiramente sobrelevada comparativamente com as restantes salas do edifício de apoio. Embora este aspeto leve à necessidade de constituição de uma escada de acesso à sala de comando, traz como vantagem o facto de aumentar o nível da sala de comando face à nave dos grupos eletrobomba, o que facilita a visualização da mesma.

Todas as salas do edifício de apoio terão acesso direto pelo interior e pelo exterior, à exceção das salas dos transformadores, que apenas terão acesso direto pelo exterior, e da sala de comando e instalação sanitária, que apenas terão acesso pelo interior do edifício.

As ligações interiores aos diversos compartimentos fazem-se através de portas simples ou duplas, conforme descrição no mapa de vãos que acompanha as peças desenhadas. Prevêem-se também um conjunto de janelas com vários panos de vidro ou grelha para permitir a entrada de luz natural e arejamento dos espaços, assim como a visualização da nave dos grupos a partir de salas chave do interior da instalação como serão a sala de comando, sala dos quadros elétricos e/ou sala dos variadores de velocidade.

A localização do edifício da estação elevatória do Pisão é apresentada no **Desenho 002**. A disposição e características geométricas dos diversos espaços que constituem o edifício da estação elevatória são apresentados nos **Desenhos 005 a 011**. No **Desenho 014** apresentam-se os alçados do edifício da estação elevatória.

7.2.2 PROCESSO CONSTRUTIVO E ACABAMENTOS DO EDIFÍCIO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

7.2.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Dadas as características deste edifício e o local de implantação, houve a preocupação de se criarem condições de ambiente no que respeita às disposições referentes ao comportamento térmico e acústico do edifício e resistência às condições climatéricas. Para isso foram aplicados uma alvenaria com isolamento acústico e térmico e um revestimento com sistema ETIC's nas fachadas.

Na nave dos grupos e no edifício de apoio optou-se pela construção de uma laje de cobertura. Por cima desta, optou-se pela colocação de uma cobertura constituída por painéis sandwich de lã de rocha com 50 mm de espessura.

Os pormenores construtivos, mapa de acabamentos exteriores e interiores e mapa de vãos previstos para o edifício da estação elevatória são apresentados nos **Desenhos 012 a 015**.

7.2.2.2 NAVE DOS GRUPOS

Toda a nave dos grupos será constituída por uma estrutura portante em betão armado, constituída por elementos betonados "in situ".

Entre os elementos de betão serão construídas paredes de alvenaria compostas por tijolo com isolamento acústico e térmico. Exteriormente as alvenarias serão revestidas com sistema do tipo ETICs, habitualmente designado por "capoto". O revestimento final será pintado com tinta com aditivo hidrófugo na cor branco RAL9001.

No interior as vigas e pilares visíveis serão pintados com verniz incolor adequado para aplicação sobre betão. Exceção será feita no teto e as vigas de cobertura ficarão com o betão à vista.

As faces interiores das paredes de alvenaria serão rebocadas e pintadas com tinta plástica na cor branco RAL 9001. As vigas situadas à face das paredes serão também pintadas com o mesmo tipo de tinta.

O pavimento da nave dos grupos será revestido com endurecedor à base de epóxi na cor cinza, RAL 7035.

O tapamento dos vãos para iluminação natural será feito por janelas com vidro duplo com caixa de ar, por vezes combinadas com grelhas metálicas, com caixilho em aço termolacado na cor cinza RAL 7004, conforme descrição no mapa de vãos. As janelas serão assentes sobre peitoris em betão pré moldado e envernizado com verniz incolor para betão. Serão ainda adotados perfis específicos para remate do sistema ETICs (pingadeiras, entre outros) junto dos vãos, por forma a evitar a acumulação de água sobre o mesmo. As grelhas são revestidas na face interna por um painel de rede mosquiteira de malha quadrada de 1 mm, em aço inoxidável AISI 316, incluindo a respetiva gola de fixação. Nas grelhas destinadas à admissão de ar serão ainda instalados filtros.

O portão e guarnições são em aço termolacado na cor cinza RAL 7004, ou outra a definir pelo Dono da Obra, e equipado com mecanismo para abertura e fecho manual.

O passadiço, escadas e guardas de segurança serão em PRFV na cor cinza RAL 7004.

No fechamento das caleiras técnicas serão aplicadas tampas de cobertura amovíveis em PRFV na cor cinza RAL 7004.

Serão aplicados ventiladores no topo Norte da nave dos grupos que, em conjunto com as grelhas colocadas na base da fachada Este, garantam a circulação de ar forçado direcionado às bombas.

A cobertura da nave dos grupos é em painel de coberta isolante tipo painéis sandwich de cobertura, apoiados diretamente nas vigas madres. O encontro da cobertura com o muro deverá ser rematado com fita asfáltica e rufo metálico sem algeroz.

Os tubos de queda serão em ferro fundido. Todas as platibandas levarão um capeamento em U invertido com chapa de zinco.

7.2.2.3 EDIFÍCIO DE APOIO

O edifício de apoio será também ele constituído por uma estrutura portante em betão armado.

As soluções adotadas para as alvenarias exteriores e respetivos acabamentos exteriores e acabamentos interiores são em tudo similares ao descrito para a nave dos grupos.

As paredes divisórias interiores serão, em geral, em alvenaria simples de tijolo cerâmico furado, rebocadas e pintadas a tinta plástica para interiores na cor branco - RAL 9010. As superfícies à vista das vigas, pilares e tetos das diferentes divisões serão pintadas com tinta acrílica, adequada para superfícies de betão, na cor branco RAL 9010.

A sala de comando será o espaço mais nobre do edifício onde se prevê permanência humana, pelo que requer mais atenção em relação a ambiente e conforto. Esta sala apresentará um grande vão fixo para o interior da nave, permitindo uma permeabilidade visual no controlo dos equipamentos. Para além deste vão fixo, haverá quatro outros, mais pequenos, para o exterior. Os vãos são em vidro duplo com de caixa-de-ar. Terá uma porta interior de acesso ao corredor de circulação. Apresentará também um sistema de climatização dedicado por forma a garantir o conforto térmico aos utilizadores. O pavimento da sala será elevado em 45 cm de altura com a aplicação de pavimento técnico sobrelevado em módulos. O assentamento será feito sobre pedestais ajustáveis em aço zincado dimensionados para as cargas a que irão ficar sujeitos.

A sala dos quadros dos grupos e dos variadores de velocidade terá uma porta interior de acesso ao corredor de circulação e também um vão fixo de grande dimensão para o interior da nave dos grupos. Implantadas nos alçados Norte existem grelhas metálicas fixas e janelas com vidro duplo e com caixa-de-ar. No caso da sala dos variadores existirão também grelhas na parede de comunicação com a nave dos grupos, para admissão de ar. Ambas as salas serão equipadas com sistemas de ventilação próprios que garantirão a saída forçada do ar quente gerado nos quadros e nos variadores de velocidade. A saída desse ar será efetuada em grelhas instaladas na fachada norte do edifício. O pavimento de ambas as salas será elevado em 45 cm de altura com a aplicação de pavimento técnico sobrelevado em módulos, numa solução similar à preconizada para a sala dos quadros elétricos e dos variadores de velocidade. As salas disporão ainda de portas de acesso a partir da nave dos grupos e do exterior da estação elevatória, que apresentarão as características indicadas no mapa de vãos.

As instalações sanitárias são tratadas com acabamentos apropriados à sua função, sendo o pavimento em ladrilho cerâmico vitrificado antiderrapante, na cor cinza. As paredes terão um lambril em azulejo vidrado mate na cor branco, até 2,45 m de altura, sendo o restante até ao teto semelhante ao revestimento das paredes das outras zonas técnicas. A instalação sanitária será equipada com lavatório, mictório, e sanitário em loiça branca, incluindo todos os acessórios de apoio. Disporá ainda de um conjunto de vãos de acesso e janela de comunicação com o exterior, que apresentarão características e acabamentos de acordo com o indicado no mapa de vãos.

A sala do sistema de ar comprimido apresentará acabamentos interiores das alvenarias em conformidade com o descrito para as restantes salas do edifício de apoio. O pavimento será revestido com endurecedor à base de epóxi na cor cinza, RAL 7035. Terá duas portas de acesso

sendo uma com comunicação direta com o exterior e outra com o interior, com ligação à nave dos grupos, tendo ambas dimensões e acabamentos de acordo com o indicado no mapa de vãos.

As salas dos transformadores e das celas de média tensão terão o pavimento em betonilha afagada com pintura à base de epóxi na cor cinza RAL 7035. Serão modeladas no enchimento do pavimento um conjunto de caleiras para permitir a passagem dos cabos de média e baixa tensão, que terão acabamento semelhante ao do pavimento das salas e serão cobertas com tampas modulares em PRFV. As ligações ao exterior fazem-se através de portas com folhas totalmente compostas por grelhas metálicas, conforme descrição no mapa de vãos que acompanha as peças desenhadas. Entre as portas com grelhas e os transformadores existirão portas de rede, tal como definido no mapa de vãos. Na cobertura das salas dos transformadores serão instalados ventilares conduzindo à saída forçada do ar pelas grelhas que tapam parcialmente essas discontinuidades. A entrada do ar é garantida por outras grelhas das portas. A sala das celas será acessível através de duas portas, um com ligação direta ao exterior e outra interior, com ligação direta à nave dos grupos. No que respeita aos acabamentos das paredes e elementos de betão à vista, adotam-se soluções similares às restantes salas do edifício de apoio.

A cobertura do edifício de apoio apresentará uma solução semelhante ao descrito para a nave dos grupos, sendo composta por painel de cobertura isolante tipo painéis sandwich de cobertura, apoiados diretamente nas vigas madres. Os tubos de queda serão em ferro fundido. Todas as platibandas levarão um capeamento em U invertido com chapa de zinco.

7.2.3 ESTRUTURA DO MEDIDOR DE CAUDAL E DOS RESERVATÓRIOS HIDROPNEUMÁTICOS DE PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS HIDRÁULICOS DE COMPRESSÃO E DA CONDUTA ELEVATÓRIA

Na extremidade poente do edifício da estação elevatória será construída uma estrutura em betão armado que permitirá a instalação de um conjunto de dois reservatórios hidropneumáticos, um medidor de caudal ultrassónico, uma válvula de seccionamento geral da estação elevatória e respetivo by-pass.

A estrutura apresentará uma configuração retangular, com dimensões totais exteriores de cerca de 33,15 x 11,60 m, que poderá ser subdividida na zona do fosso, onde será instalado o medidor de caudal ultrassónico, a válvula de seccionamento e os circuitos de ligação aos reservatórios hidropneumáticos e a plataforma de apoio dos referidos reservatórios.

A zona do fosso apresentará dimensões interiores em planta de cerca 32,15 x 6,00 m. A soleira da estrutura foi estabelecida cerca de 3,20 m abaixo da cota da plataforma da estação elevatória.

O apoio dos reservatórios hidropneumáticos será efetuado numa laje em betão armado com uma dimensão de cerca de 10,85 x 5,80 m, sendo a mesma adequada a acomodação e inspeção dos equipamentos.

A configuração e extensão da estrutura foi condicionada sobretudo pela dimensão dos equipamentos, nomeadamente dos reservatórios hidropneumáticos, do medidor de caudal ultrassónico e ainda da válvula de seccionamento geral da estação elevatória e respetivo by-pass.

O acesso à plataforma inferior da estrutura poderá ser efetuado através de diversas zonas com recurso a escadas metálicas. Prevêem-se ainda dois passadiços metálicos no interior da estrutura para facilitar o acesso para operações de limpeza e manutenção das ventosas a instalar.

Nas extremidades da estrutura foram ainda previstas duas câmaras, com dimensões interiores de cerca de 3,50 x 2,50 m, para instalação de juntas mecânicas flexíveis em aço. Estas juntas serão necessárias ao acomodamento dos eventuais assentamentos diferenciais que possam ocorrer entre a estrutura de betão armado dos reservatórios hidropneumáticos e os maciços que envolvem a conduta geral de compressão localizados a montante e a jusante.

A localização e disposição da câmara dos reservatórios hidropneumáticos de proteção da conduta elevatória e do medidor de caudal é apresentada no **Desenho 002**. No **Desenho 018** apresenta-se a representação detalhada da definição de formas da estrutura.

7.2.4 ESTRUTURA DO RESERVATÓRIO HIDROPNEUMÁTICO DE PROTEÇÃO DO CIRCUITO DE ASPIRAÇÃO

Junto à extremidade SE do edifício da estação elevatória, próximo da entrada do recinto, prevê-se a execução de uma estrutura em betão armado que albergará o reservatório hidropneumático de proteção do circuito de aspiração.

A estrutura apresentará uma dimensão total exterior de cerca de 7,10 x 10,50 m. À semelhança da estrutura dos reservatórios hidropneumáticos de proteção dos circuitos de compressão e conduta elevatória, esta estrutura será composta por uma zona de fosso e uma plataforma de apoio do reservatório hidropneumático.

A zona do fosso apresentará dimensões interiores de cerca de 6,30 x 4,60 m. A plataforma de apoio do reservatório hidropneumático apresenta dimensões de cerca de 5,10 x 5,50 m.

Tendo em conta os requisitos do Instituto Português da Qualidade indicados na Instrução Técnica Complementar para Instalação de Reservatórios de Ar Comprimido (Despacho nº

2957/2022), prevê-se a execução de uma barreira composta por uma parede de betão com 0.30 m de espessura por forma a proteger as zonas circundantes e terceiros do equipamento. A parede terá uma forma em “L”, com um desenvolvimento total de cerca de 12,55 m e uma altura de cerca de 4.70 m. Com a configuração e dimensões definidas, a barreira não permitirá a visualização do reservatório por parte de um indivíduo que se encontre a cerca de 3.0 m da mesma, garantindo assim a sua proteção, em conformidade com os requisitos de posicionamento definidos pelo IPQ.

No interior da estrutura serão instalados os equipamentos, tubagens e acessórios de ligação entre a conduta de aspiração e o reservatório hidropneumático. Adicionalmente serão também instaladas duas juntas mecânicas flexíveis que terão como função acomodar os eventuais assentamentos diferenciais que possam ocorrer entre a estrutura e os troços do coletor de aspiração de montante e de jusante.

O acesso ao interior da estrutura, nomeadamente à zona do fosso, poderá ser efetuado através de diversas zonas, com recurso a escadas metálicas.

A localização e disposição da câmara dos reservatórios hidropneumáticos de proteção do circuito de aspiração é apresentada no **Desenho 002**. No **Desenho 019** apresenta-se a representação detalhada da definição de formas da estrutura.

7.2.5 EDIFÍCIO DOS QUADROS ELÉTRICOS DE CHEGADA

Na entrada da estação elevatória prevê-se a construção de um edifício no interior do qual serão instalados os quadros elétricos e instalações elétricas acessórias que permitirão a ligação à rede elétrica nacional de média tensão e ainda à rede elétrica proveniente das origens renováveis previstas no âmbito do aproveitamento hidroagrícola, nomeadamente a central mini-hídrica e centrais fotovoltaicas.

O edifício será pré-fabricado, do tipo KIOBET, e apresentará dimensões uteis interiores de 14,40 x 3,00 x 3,74 m. O edifício disporá de um total de 4 portas equipadas com grelhas que permitirão o acesso independente das diversas entidades responsáveis e ainda a ventilação natural dos espaços interiores. Nos alçados laterais serão também instaladas grelhas para ventilação complementar às grelhas previstas nas portas.

O edifício será fundado em uma camada de areia simples em conformidade com o manual de instalação do fabricante.

Os quadros elétricos, equipamentos e acessórios a instalar no seu interior encontram-se definidos no capítulo 5 da presente memória descritiva, devendo as informações constantes no

mesmo ser complementadas com as constantes no projeto de execução da barragem do Pisão e no projeto de execução das centrais fotovoltaicas e mini-hídrica.

A localização, disposição e geometria do edifício dos quadros de chegada é apresentada nos **Desenho 002 e 020**.

8 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

As formas e as espessuras dos diferentes elementos resultaram das condicionantes impostas pelos equipamentos, das condicionantes do comportamento hidráulico e da otimização de diversos fatores de índole estrutural.

Em termos estruturais, o edifício da estação elevatória será constituída por um conjunto de pórticos transversais, constituídos por pilares que apoiarão um conjunto de vigas de betão armado, que por sua vez suportarão as lajes de cobertura. Os travamentos dos pórticos serão executados ao nível superior por vigas de betão armado ligados monoliticamente aos pilares.

Em função das características do terreno de fundação disponível, optou-se por uma solução de fundações diretas compostas por sapatas tradicionais que serão implantadas com uma profundidade máxima de 1,60 m face à cota da plataforma. As lajes de pavimento serão suportadas por um conjunto de vigas de fundação que descarregarão nos pilares, que por sua vez descarregarão nas sapatas.

Sobre as lajes de cobertura, serão executados um conjunto de muros de alvenaria que suportarão a cobertura em chapa metálica isotérmica.

No que respeita às estruturas dos reservatórios hidropneumáticos, as mesmas serão em betão armado apresentando uma zona mais baixa (fosso) e uma plataforma mais elevada, onde serão instalados os reservatórios hidropneumáticos propriamente ditos. A fundação destas estruturas serão do tipo ensoleiramento geral, sendo a restante estrutura constituída por paredes e lajes em betão que no global apresentarão um comportamento monolítico.

Os cálculos estruturais tanto do edifício da estação elevatória como das estruturas dos reservatórios hidropneumáticos foram elaborados com base nos regulamentos em vigor, quando aplicáveis.

Na quantificação das ações e das combinações adotaram-se os valores expressos no Eurocódigo nº1 – ações em estruturas e Eurocódigo nº8 – projeto de estruturas para resistência aos sismos.

A quantificação da ação sísmica baseou-se em literatura especializada nesta matéria. No dimensionamento de betão armado foram utilizados os critérios expressos no Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-Esforçado.

Na classificação e composição dos betões foram utilizados os critérios expressos Norma Europeia NP EN 206-1 – Betão, comportamento, produção, colocação e critérios de qualidade.

O processo e a metodologia seguida no cálculo estrutural efetuado, bem como os tipos de materiais utilizados, ações consideradas e parâmetros regulamentares seguidos, encontram-se descritos pormenorizadamente no **Anexo III**, relativo ao dimensionamento estrutural da estação elevatória. Para além disso, no mesmo documento, apresentam-se também os resultados provenientes do cálculo automático e a análise efetuada para cada elemento estrutural.

9 INSTALAÇÕES AUXILIARES

9.1 REDE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

A rede de abastecimento do edifício da estação elevatória terá origem numa picagem a executar diretamente na conduta de by-pass do grupo eletrobomba secundário, conforme indicado nas peças desenhadas do projeto.

A água não será potável, destinando-se, fundamentalmente, a ser utilizada em sanitas, urinóis, lavagem de mãos e lavagens, em geral, de equipamentos.

Como a água poderá conter algumas impurezas prevê-se a instalação de um filtro de malha em Y no início da rede.

A rede de abastecimento de água será assim constituída pelos seguintes elementos:

- Picagem no circuito de by-pass ao grupo eletrobomba secundário;
- Válvula de seccionamento de macho esférico;
- Filtro de malha em y.
- Rede de distribuição para I.S. e torneiras de serviços gerais de lavagens.
- Torneiras dos equipamentos das instalação sanitária e torneiras de lavagem dispostas em redor do edifício da estação elevatória;

Os aparelhos servidos e respetivos caudais de cálculo são os seguintes:

- 1 sanita - 0,10 l/s
- 1 urinol - 0,20 l/s
- 5 torneiras DN 1" - 0,90 l/s (0,45 l/s cada)

Admitindo que o caudal máximo será de 2 torneiras de lavagem e 1 sanita em simultâneo, o caudal de dimensionamento, será de cerca de 1,00 l/s.

Face aos caudais obtidos verifica-se ser suficiente a instalação de equipamentos, tubagens e acessórios DN1 1/4" mm.

Considera-se assim a instalação dos seguintes equipamentos:

- Abraçadeira de corte para tubagem em FFD DN250 com ligação roscada DN1 1/4", PN10;
- Filtro de malha em Y DN1 1/4" PN10 com ligações roscadas;
- Válvula de seccionamento de macho esférico DN1 1/4" PN10 com ligações roscadas;

- Rede de distribuição de água com tubagens em aço inoxidável com uniões roscadas DN1 1/4" mm a DN1" mm.
- Toneiras dos dispositivos da instalação sanitária em latão e torneiras de bica roscadas para lavagem, em latão cromado, dispostas ao longo do edifício da estação elevatória;

Nas instalações sanitárias os ramais individuais dos aparelhos são tabelados.

Os traçados e pormenores da rede de abastecimento de água do edifício da estação elevatória são apresentados no **Desenho 022**.

9.2 REDE DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS DOMÉSTICAS

A rede de drenagem de águas residuais domésticas será executada exclusivamente para recolha dos efluentes produzidos na instalação sanitária.

A rede será constituída pelos dispositivos de recolha nos diversos equipamentos (sifões dos lavatórios, entre outros), por um conjunto de ramais de ligação e coletores que conduzirão o efluente até à caixa de reunião prevista no exterior do edifício e ainda por uma prumada que permitirá a condução do efluente à caixa de reunião e a ventilação da rede ao nível da cobertura.

Os ramais de ligação dos dispositivos e os coletores serão executados em PVC SN8 com uniões abocardadas com anel de estanquidade.

Após passagem na caixa de reunião prevista no exterior do edifício o efluente será conduzido a uma pequena fossa séptica, onde se processará o respetivo tratamento.

Normalmente estarão presentes 1 ou 2 funcionários, podendo, pontualmente, estar presentes um máximo de 4/5 pessoas. Nesse sentido, propõe-se a montagem de uma fossa séptica para 5 pessoas, adotando-se um equipamento standard, pré-fabricado e compacto. A instalação da fossa séptica deverá ser realizada sob laje de betão por forma a garantir a necessária fixação e estabilidade do equipamento.

A jusante da fossa será executado um poço absorvente enterrado, para dispersão do efluente tratado na fossa.

Os traçados e pormenores da rede de drenagem de águas residuais domésticas do edifício da estação elevatória são apresentados nos **Desenhos 021 e 024**.

9.3 REDES DE DRENAGEM DE ÁGUAS RESIDUAIS PLUVIAIS

9.3.1 DESCRIÇÃO GERAL

A rede de drenagem de águas pluviais abrangerá 3 zonas diferenciadas, nomeadamente:

- Drenagem das coberturas do edifício da estação;
- Drenagem das zonas envolventes do edifício e reservatórios hidropneumáticos;
- Drenagem das zonas envolventes à plataforma da estação elevatória.

A diferenciação tem por base o tipo de drenagem específico de cada zona e as características dos respetivos equipamentos e elementos acessórios.

Em todos os casos as redes de drenagem serão exclusivamente gravíticas desenvolvendo-se no sentido das pendentes mais baixas até entrega dos efluentes no terreno ou linhas de água mais próximas.

9.3.2 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DAS COBERTURAS DO EDIFÍCIO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

9.3.2.1 DESCRIÇÃO GERAL

O edifício da estação elevatória apresenta duas coberturas localizadas a cotas diferentes. Parte da cobertura do edifício da nave dos grupos drena para a cobertura do edifício de apoio.

A grande maioria das áreas das coberturas do edifício de apoio e da nave dos grupos é, no entanto, drenada diretamente para os pavimentos adjacentes.

A descarga dos caudais nos diversos casos é realizada com recurso a tubos de queda, fixos à estrutura dos edifícios e compostos por tubagens e acessórios em ferro fundido.

9.3.2.2 DIMENSIONAMENTO DOS TUBOS DE QUEDA

Para dimensionamento dos tubos de queda procedeu-se à determinação dos caudais de cálculo correspondentes a cada uma das bacias de drenagem das coberturas dos edifícios. A determinação dos caudais de cálculo foi realizada através da aplicação da fórmula racional, considerando-se um coeficiente C de 1,00 e a intensidade de precipitação obtida através da curva IDF do posto udométrico de Portalegre (18M/01) para um período de retorno de 10 anos e um tempo de concentração mínimo de 5 minutos.

Os resultados obtidos para os caudais de cálculo e diâmetros necessários para cada um dos tubos de queda são apresentados no quadro seguinte:

Quadro 9.1 – Dimensionamento dos tubos de queda do edifício da estação elevatória

Tubo de Queda	A (m ²)	C (-)	i (l/min.m ²)	Q (l/min)	D _{min} (mm)	D _{adotado} (mm)
P1	132	1,0	1,76	232	80	100
P2	162	1,0	1,76	285	89	100
P3	154	1,0	1,76	271	87	100
P4	129	1,0	1,76	226	79	100
P5	178	1,0	1,76	312	93	100
P6	285	1,0	1,76	502	118	125
P7	105	1,0	1,76	184	71	100

Os diâmetros mínimos apresentados resultam da ocorrência de um nível de água correspondente a 30 mm de água sobre o tubo de queda.

9.3.3 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DA PLATAFORMA DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

9.3.3.1 DESCRIÇÃO GERAL

A plataforma da estação elevatória apresentará um pavimento constituído por superfícies de betuminoso e passeio na grande maioria da sua extensão. Tratando-se de pavimentos impermeáveis torna-se necessário prever um sistema de drenagem pluvial que garanta a recolha e descarga dos caudais pluviais que caem sobre os pavimentos da estação elevatória.

Assim, foi desenvolvida uma solução para drenar todo o recinto por escorrências superficiais, que combinou a inclusão de pendentes nos pavimentos com a instalação de dispositivos de drenagem pluviais tais como sumidouros, caleiras, entre outros, que permitirão a recolha dos caudais pluviais nos diversos pontos da plataforma.

Os caudais recolhidos serão posteriormente conduzidos ao exterior da plataforma através de uma rede de coletores pluviais que descarregarão nas linhas de água mais próximas através de um conjunto de bocas de lobo.

Os coletores apresentarão traçados retilíneos em planta e perfil longitudinal, sendo as mudanças de direção efetuadas com recurso a caixas de visita pré-fabricadas em anéis de betão armado.

No **Desenho 023** apresenta-se a planta de implantação da rede de drenagem pluvial da plataforma da estação elevatória. Os pormenores construtivos dos elementos da rede de drenagem pluvial da plataforma da estação elevatória são apresentados no **Desenho 024**.

9.3.3.2 MATERIAIS DOS COLETORES PLUVIAIS

Tendo em conta os materiais mais usados em redes de drenagem de águas residuais pluviais, e os caudais a escoar, selecionaram-se tubagens em PEAD PN10, com juntas de soldadura topo a topo para os coletores gravíticos em superfície livre.

9.3.3.3 DIMENSIONAMENTO

A criação de pendentes no recinto permitiu a sua subdivisão em diversas bacias de drenagem.

Para cada uma das bacias de drenagem procedeu-se à determinação dos respetivos caudais de ponta de cheia. A obtenção dos caudais de ponta de cheia foi realizada com recurso à fórmula racional. A intensidade de precipitação foi obtida através das curvas IDF do posto udométrico de Portalegre (18M/01), considerando-se um período de retorno de 20 anos e um tempo de concentração mínimo de 10 minutos.

Quadro 9.2 – Caudais de cálculo dos coletores de drenagem pluvial

Coletor	Bacia de Drenagem (m ²)	A (m ²)	C (-)	i (l/min.m ²)	Q (l/min)
Coletor 1	BACIA A1	22547	0,43	1,72	16649
	BACIA A2	114	0,36	1,48	61
	BACIA A3+A4	666	0,80	1,48	788
	BACIA A1+A2+A3+A4	-	-	-	17499
Coletor 2	BACIA A5	403	0,36	1,48	215
	BACIA A6+A8	1164	0,80	1,48	1379
	BACIA A7	304	1,00	1,48	449
	BACIA AC1+AC2+AC3+AC4	463	1,00	1,76	814
	BACIA A5+A6+A7+A8+AC1+AC2+AC3+AC4	-	-	-	2857
Coletor 3	BACIA A9	524	0,80	1,48	621
	BACIA AC5+AC6	940	1,00	1,76	1653
	BACIA AC5+AC6+A9	-	-	-	2274
Coletor 4	BACIA A10	431	0,80	1,48	510
	BACIA AC7	105	1,00	1,76	184
	BACIA AC7+A10	-	-	-	694
Coletor 5	BACIA A11	38	1,00	1,48	57
Coletor 6	BACIA A12	322	0,80	1,48	381
Coletor 7	BACIA A13	136	0,80	1,48	161

Tendo por base os caudais de cálculo obtidos procedeu-se ao dimensionamento dos coletores de drenagem pluviais, recorrendo-se para tal à aplicação da expressão de Manning-Strickler, dada por:

$$Q = KSR^{2/3}i^{1/2}$$

Em que:

- K – Coeficiente de Manning para o tipo de tubagem (K=110 m^{1/3}/s para PEAD)
- S – Secção de escoamento (m²)
- R – Raio hidráulico (m)
- i – Declive (m/m)

Por outro lado, o cálculo das tensões de arrastamento correspondente ao escoamento no interior dos coletores foi efetuado com recurso à expressão:

$$\tau = \gamma R i$$

Em que:

- τ – Tensão de arrastamento (kg/m²);
- γ – Peso volúmico da água (1000 kg/m³);
- R – Raio Hidráulico (m);
- i – Inclinação longitudinal do coletor (m/m);

Os resultados obtidos encontram-se no quadro seguinte:

Quadro 9.3 – Dimensionamento dos coletores de drenagem pluviais

Coletor	Material	DN (mm)	Dint (mm)	i (%)	KS (m ^{1/3} /s)	Qdim (l/min)	h _u (m)	h/d (-)	S (m ²)	R (m)	V (m/s)	T (kg/m ²)
Coletor 1	PEAD	630,00	555,20	4,00	110	17499	0,17	0,31	0,06	0,10	4,63	3,86
Coletor 2	PEAD	400,00	352,60	3,80	110	2857	0,08	0,23	0,02	0,05	2,83	1,82
Coletor 3	PEAD	315,00	277,60	1,00	110	2274	0,11	0,40	0,02	0,06	1,68	0,59
Coletor 4	PEAD	315,00	277,60	1,00	110	694	0,06	0,22	0,01	0,04	1,20	0,36
Coletor 5	PEAD	315,00	277,60	4,00	110	57	0,01	0,05	0,00	0,01	0,92	0,34
Coletor 6	PEAD	315,00	277,60	1,00	110	381	0,04	0,16	0,01	0,03	1,00	0,28
Coletor 7	PEAD	315,00	277,60	1,00	110	161	0,03	0,11	0,00	0,02	0,78	0,19

9.3.4 REDE DE DRENAGEM PLUVIAL DAS ZONAS ENVOLVENTES À ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

9.3.4.1 DESCRIÇÃO GERAL

A plataforma da estação elevatória será executada em meia encosta, sendo intersetados um conjunto de linhas de água. Deste modo, torna-se necessário proceder à execução de um sistema de drenagem pluvial que permita proteger a plataforma da estação elevatória dos caudais pluviais provenientes das zonas envolventes.

No âmbito deste sistema foram previstas as seguintes intervenções:

- Execução de passagens hidráulicas e regularização das secções de montante e jusante para garantir a continuidade das linhas de água existentes que afluem à zona do recinto da estação;
- Execução de conjunto de valetas de drenagem pluviais com secção em meia cana para proteção perimetral da zona norte do recinto da estação face à afluência das águas pluviais das encostas e taludes de escavação;

No **Desenho 023** apresenta-se a planta de implantação da rede de drenagem pluvial das zonas envolventes da plataforma da estação elevatória. Os pormenores construtivos dos elementos da rede de drenagem pluvial e das passagens hidráulicas previstas são apresentados nos **Desenhos 024, 027 e 028**.

9.3.4.2 DIMENSIONAMENTO DAS PASSAGENS HIDRÁULICAS NAS LINHAS DE ÁGUA EXISTENTES

Para garantir a continuidade das linhas de água que afluem à zona do caminho de acesso e plataforma da estação elevatória, procedeu-se à delimitação das respetivas bacias hidrográficas e ao cálculo do respetivos caudais de ponta de cheia.

Da delimitação e caracterização das bacias hidrográficas resultaram as respetivas características fisiográficas, resumidas no quadro seguinte:

Quadro 9.4 – Dimensionamento das passagens hidráulicas. Características fisiográficas das bacias hidrográficas

Passagem Hidráulica	A (km ²)	L _{LA} (km)	Z _{max} (m)	Z _{min} (m)	i _{LA} (%)
1	0,32	1,03	252,00	204,50	4,43
2	0,02	0,26	232,00	207,00	8,79

A partir das características fisiográficas das bacias procedeu-se ao cálculo dos respetivos tempos de concentração, recorrendo-se à aplicação da expressão de Temez dada por:

$$tc = 0.30 \times \left(\frac{L_{LA}}{J_{LA}^{0.25}} \right)^{0.76}$$

Em que:

- t_c – tempo de concentração (h);
- L_{LA} – comprimento da linha de água (km);
- J_{LA} – inclinação da linha de água (m/m);

Com base nos tempos de concentração procedeu-se ao cálculo das intensidades de precipitação correspondentes nas bacias hidrográficas, através das curvas IDF do posto de Portalegre (18M/01), e posteriormente ao cálculo dos caudais de projeto através da fórmula racional. Considerou-se um período de retorno de 50 anos.

Os resultados obtidos encontram-se no quadro seguinte:

Quadro 9.5 – Dimensionamento das passagens hidráulicas. Tempos de concentração e caudais de ponta de cheia

Passagem Hidráulica	T (anos)	t_c (h)	A (km ²)	I (mm/h)	C (-)	Qp (m ³ /s)
1	50	0,50	0,32	65,60	0,43	2,52
2	50	0,17	0,02	103,03	0,43	0,28

A partir dos caudais de ponta de cheia obtidos procedeu-se ao dimensionamento das passagens hidráulicas. Adotaram-se assim passagens hidráulicas em tubagem betão DN800 e PEAD DN630. As condições de escoamento em regime uniforme no interior de cada uma das passagens hidráulicas previstas encontram-se indicadas no quadro seguinte:

Quadro 9.6 – Dimensionamento das passagens hidráulicas. Condições de escoamento

Passagem Hidráulica	Material	DN (mm)	Dint (mm)	i (%)	KS (m ^{1/3} /s)	Qdim (m ³ /s)	hu (m)	h/d (-)	S (m ²)	R (m)	V (m/s)	T (kg/m ²)
1	BETÃO	800,00	800,00	3,80	80,00	2,52	0,44	0,54	0,28	0,21	9,02	21,37
2	PEAD	630,00	555,20	1,00	110,00	0,29*	0,17	0,31	0,06	0,10	4,63	3,86

* caudal de dimensionamento inclui também a drenagem da plataforma

Para regularização das secções de montante e a jusante das passagens hidráulicas previstas prevê-se a execução de valas com secção trapezoidal, com as dimensões indicadas nas peças desenhadas.

Prevê-se o revestimento das valas com enrocamento para proteção contra fenómenos de erosão, em troços em que as velocidades de escoamento sejam elevadas. O enrocamento deverá ser aplicado sobre manta geotêxtil em conformidade com o indicado nas peças desenhadas.

10 ARRANJOS EXTERIORES

10.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Todas as áreas no interior do recinto serão objeto de tratamento. Todas as áreas para circulação de veículos serão asfaltadas. As zonas entre as estruturas de betão e as áreas para circulação de veículos foram também revestidas de modo a constituir passeios para circulação dos operadores de serviço e dos trabalhadores que irão efetuar a manutenção de estruturas e equipamentos.

Os restantes espaços exteriores que fazem parte da área de intervenção da estação e que não foram pavimentadas, foram objeto de revestimento com terra vegetal ou gravilha, conforme indicado nas peças desenhadas.

Outro aspeto que foi, ainda, considerado na conceção de arranjos exteriores, foi a minimização dos trabalhos de manutenção do espaço, implementando uma estrutura que não necessite de particulares cuidados.

A planta de arranjos exteriores e os perfis transversais tipo que caracterizam as soluções definidas para os diversos pavimentos são apresentados nos **Desenhos 005 a 006**.

10.2 ARRUAMENTOS

O acesso ao recinto da estação elevatória será efetuado pela extremidade nascente, através de um caminho novo que terá origem no caminho de acesso à base do paramento de jusante da barragem do Pisão, onde serão construídas a central mini-hídrica e a estação elevatória de abastecimento urbano.

Para circulação no interior da plataforma da estação elevatória foi previsto um arruamento perimetral em betuminoso com uma largura mínima de 5,0 m e máxima de 7,0 m.

A proposta de constituição do pavimento foi definida de acordo com a funcionalidade exigida aos arruamentos e as indicações da DGADR.

Assim, os arruamentos serão constituídos por camada de desgaste em betão betuminoso com 5 cm de espessura, camada de base e sub-base em agregado britado de granulometria extensa, devidamente compactadas, ambas com 0,20 m de espessura final.

As estruturas projetadas para os pavimentos dos arruamentos pressupõem que estes serão corretamente drenados tanto superficialmente como em profundidade, devendo possuir inclinações longitudinais e transversais convenientes, garantindo o rápido escoamento das

escorrências superficiais e que o nível freático se situe sempre a profundidades iguais ou inferiores relativamente à fundação dos pavimentos.

10.3 ZONAS PEDONAIS

Nas áreas adjacentes ao edifício da estação elevatória, estruturas dos reservatórios hidropneumáticos e perimetralmente a todo o arruamento foram ainda previstos passeios para facilitar a circulação pedonal e o acesso aos equipamentos.

Todas as zonas pedonais serão constituídas por uma camada de agregado britado de granulometria extensa (ABGE) com 10 cm de espessura, aplicada sobre os solos de fundação do aterro geral da plataforma do recinto da estação elevatória, uma camada de areia traçada com 5 cm de espessura, e um revestimento com blocos de betão pré-fabricados.

A separação entre as zonas pedonais e os arruamentos será feita através de um lancil de betão prefabricado ou em betão assente sobre um maciço de betão de fundação.

10.4 REVESTIMENTOS DO SOLO DAS ZONAS NÃO PAVIMENTADAS

O tratamento proposto inclui a utilização de materiais com a função de proteção do solo, como camada de gravilha ou enrocamentos aplicados sobre geotêxtil.

10.5 VEDAÇÃO E PORTÃO DE ACESSO

Toda a plataforma da estação elevatória será devidamente vedada com recurso à aplicação de painéis de malha electrossoldada, com 2,5m x 2,0m, suportados em muretes de betão que se desenvolverão em torno do recinto.

O acesso ao interior do recinto será feito através de um portão de 2 folhas de varrer com estrutura de perfis metálicos e rede de malha electrossoldada, com uma largura total de 4,0 m, o qual será suportado por um conjunto de pilares, permitindo assim a passagem de veículos e equipamentos de manutenção para o interior do recinto.

ANEXO I - PERDAS DE CARGA NO SISTEMA ELEVATÓRIO

DGADR

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME 1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
ANEXO I – PERDAS DE CARGA NO SISTEMA ELEVATÓRIO

ABRIL 2024

DGADR

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME 1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
ANEXO I – PERDAS DE CARGA NO SISTEMA ELEVATÓRIO

ABRIL 2024

CONTRATO: C871
FICHEIRO: C871-EEG-PE-VOL_I-TOMO_1-MEM_ANXI-R2.DOC

Quadro A1 – Perdas de carga

	Conduta / Acessório	Diâmetro (mm)	Secção (m ²)	K / Ks	Equação de Perda de Carga	ΔH (m)
Circuito da Tomada de Água da Barragem	Grelha com 2.62 x 3.10 m, com barras espaçadas de 20 mm	-	8.12	4.00	$\Delta h_1=0.0031Q^2$	0.078
	Transição da secção da grelha com 2.62 x 3.10 para a secção do orifício da tomada de água com 2.10 x 2.75 m	-	5.78	0.25	$\Delta h_2=0.0004Q^2$	0.010
	Orifício da tomada de água com 2.10 x 2.75 m	-	5.78	-	$\Delta h_3=0.0042Q^2$	0.107
	Torre da tomada de água, com secção 2.40 x 2.40 m, com altura na ordem dos 13 m	-	5.76	$70 \text{ m}^{1/3}/s$	$\Delta h_4=0.0002Q^2$	0.004
	Transição da torre de tomada de água com 2.40 x 2.40 m para a conduta da tomada de água DN 1800 em aço	1800	2.54	0.25	$\Delta h_5=0.0020Q^2$	0.049
	Curva de gomos a 45º, em aço, DN 1800	1800	2.54	0.15	$\Delta h_6=0.0012Q^2$	0.030
	Conduta da tomada de água em aço, DN1800, com cerca de 11 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1800	2.54	0.1 mm	$\Delta h_7=0.0005Q^2+0.0002Q-0.0001$	0.013
	Curva de gomos a 45º, em aço, DN 1800	1800	2.54	0.15	$\Delta h_8=0.0012Q^2$	0.030
	Conduta da tomada de água em PRFV, DN1800, com cerca de 227 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1800	2.54	0.1 mm	$\Delta h_9=0.0107Q^2+0.0043Q-0.0016$	0.289
	2 Curvas de gomos a 45º, em aço, DN 1800	1800	2.54	0.15	$\Delta h_{10}=0.0024Q^2$	0.059
	Conduta da tomada de água em aço, DN1800, com cerca de 13 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1800	2.54	0.1 mm	$\Delta h_{11}=0.0006Q^2+0.0002Q-0.0001$	0.016
	2 Curvas de gomos a 45º, em aço, DN 1800	1800	2.54	0.15	$\Delta h_{12}=0.0024Q^2$	0.059
	Conduta da tomada de água em aço, DN1800, com cerca de 38 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1800	2.54	0.1 mm	$\Delta h_{13}=0.0018Q^2+0.0007Q-0.0003$	0.048
	Junta de desmontagem, em FFD, DN1800	1800	2.54	0.05	$\Delta h_{14}=0.0004Q^2$	0.010
	Válvula de seccionamento de borboleta, em FFD, DN1800	1800	2.54	0.20	$\Delta h_{15}=0.0016Q^2$	0.040
	Cone divergente concêntrico em aço, DN1800xDN2000	1800	2.54	0.02	$\Delta h_{16}=0.0002Q^2$	0.004
Subtotal - Tomada de Água					$\Delta h_{TA}=0.0327Q^2+0.0054Q-0.0021$	0.845

Conduta / Acessório		Diâmetro (mm)	Secção (m ²)	K / Ks	Equação de Perda de Carga	ΔH (m)
Conduta de Adução à Estação Elevatória Coletor Geral de Aspiração	Junta mecânica flexível, em FFD, DN2000	2000	3.14	0.05	$\Delta h_{17}=0.0003Q^2$	0.006
	Conduta de adução em betão com alma de aço, DN2000, com cerca de 55 m, rugosidade absoluta de 0.3 mm	2000	3.14	0.3 mm	$\Delta h_{18}=0.0016Q^2+0.0003Q-0.0001$	0.042
	2 Juntas mecânicas flexíveis, em FFD, DN2000	2000	3.14	0.05	$\Delta h_{19}=0.0005Q^2$	0.013
	Conduta de aspiração em aço, DN2000, com cerca de 54 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	2000	3.14	0.1 mm	$\Delta h_{20}=0.0016Q^2+0.0008Q-0.0003$	0.044
	Subtotal - Coletor Geral de Aspiração					$\Delta h_{CGA}=0.0041Q^2+0.0011Q-0.0004$
Circuitos Individuais de Aspiração - Grupo Secundário	Tê em aço DN2000 x DN600 com inserção a 30°	600	0.28	0.48	$\Delta h_{21.1}=0.3060Q_{GS}^2$	0.077
	Troço reto, em aço, DN600, com cerca de 3.35 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	600	0.28	0.1 mm	$\Delta h_{22.1}=0.0052Q_{GS}^2+0.0004Q_{GS}-0.0000$	0.001
	Válvula de seccionamento de borboleta, em FFD, DN600	600	0.28	0.30	$\Delta h_{23.1}=0.1913Q_{GS}^2$	0.048
	Junta de desmontagem, em FFD, DN600	600	0.28	0.05	$\Delta h_{24.1}=0.0319Q_{GS}^2$	0.008
	Cone de redução excêntrico, em aço, DN600 x DN400	400	0.13	0.21	$\Delta h_{25.1}=0.6778Q_{GS}^2$	0.170
	Subtotal - Coletor Individual de Aspiração - Grupo Secundário					$\Delta h_{CIA}=1.2122Q_{GS}^2+0.0004Q_{GS}+0.0000$
Circuitos Individuais de Compressão - Grupo Secundário	Cone divergente concêntrico, em aço, DN300 x DN600	300	0.07	0.05	$\Delta h_{26.1}=0.5100Q_{GS}^2$	0.128
	Válvula de retenção de borboleta com contrapeso e servomotor óleo-hidráulico, DN 600	600	0.28	2.50	$\Delta h_{27.1}=1.5939Q_{GS}^2$	0.400
	Troços retos, em aço, DN600, com cerca de 4 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	600	0.28	0.1 mm	$\Delta h_{28.1}=0.0106Q_{GS}^2+0.0007Q_{GS}-0.0000$	0.003
	Válvula de seccionamento de borboleta, em FFD, DN600	600	0.28	0.30	$\Delta h_{29.1}=0.1913Q_{GS}^2$	0.048
	Junta de desmontagem, em FFD, DN600	600	0.28	0.05	$\Delta h_{30.1}=0.0319Q_{GS}^2$	0.008
	Tê em aço DN600 x DN2000 com inserção a 60°	600	0.28	0.37	$\Delta h_{31.1}=0.2359Q_{GS}^2$	0.059
	Subtotal - Coletor Individual de Compressão - Grupo Secundário					$\Delta h_{CIC}=2.5736Q_{GS}^2+0.0007Q_{GS}-0.0000$

Conduta / Acessório		Diâmetro (mm)	Secção (m ²)	K / Ks	Equação de Perda de Carga	ΔH (m)
Circuitos Individuais de Aspiração - Grupo Principal	Tê em aço DN2000 x DN900 com inserção a 30º	900	0.64	0.68	$\Delta h_{21,2}=0.0856Q_{GP}^2$	0.086
	Troço reto, em aço, DN900, com cerca de 3.15 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	900	0.64	0.1 mm	$\Delta h_{22,2}=0.0051Q_{GP}^2+0.0005Q_{GP}-0.0000$	0.006
	Válvula de seccionamento de borboleta, em FFD, DN900	900	0.64	0.25	$\Delta h_{23,2}=0.0315Q_{GP}^2$	0.032
	Junta de desmontagem, em FFD, DN900	900	0.64	0.05	$\Delta h_{24,2}=0.0063Q_{GP}^2$	0.006
	Cone de redução excêntrico, em aço, DN900 x DN600	600	0.28	0.05	$\Delta h_{25,2}=0.0319Q_{GP}^2$	0.032
	Subtotal - Coletor Individual de Aspiração - Grupo Principal					$\Delta h_{CIA}=0.1604Q_{GP}^2+0.0005Q_{GP}-0.0000$
Circuitos Individuais de Compressão - Grupo Principal	Cone divergente concêntrico, em aço, DN500 x DN800	500	0.20	0.07	$\Delta h_{26,2}=0.0925Q_{GP}^2$	0.093
	Válvula de retenção de borboleta com contrapeso e servomotor óleo-hidráulico, DN 800	800	0.50	1.58	$\Delta h_{27,2}=0.3177Q_{GP}^2$	0.319
	Troços retos, em aço, DN800, com cerca de 2.00 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	800	0.50	0.1 mm	$\Delta h_{28,2}=0.0054Q_{GP}^2+0.0004Q_{GP}-0.0000$	0.006
	Válvula de seccionamento de borboleta, em FFD, DN800	800	0.50	0.30	$\Delta h_{29,2}=0.0605Q_{GP}^2$	0.061
	Junta de desmontagem, em FFD, DN800	800	0.50	0.05	$\Delta h_{30,2}=0.0101Q_{GP}^2$	0.010
	Tê em aço DN800 x DN1800 com inserção a 60º	800	0.50	1.00	$\Delta h_{31,2}=0.2017Q_{GP}^2$	0.203
Subtotal - Coletor Individual de Compressão - Grupo Principal					$\Delta h_{CIC}=0.6880Q_{GP}^2+0.0004Q_{GP}-0.0000$	0.691
Coletor Geral Compressão	Conduta de compressão em aço, DN1800, com cerca de 46.3 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1800	2.54	0.1 mm	$\Delta h_{32}=0.0022Q^2+0.0009Q-0.0003$	0.059
	2 Juntas mecânicas flexíveis, em FFD, DN1800	1800	2.54	0.05	$\Delta h_{33}=0.0008Q^2$	0.020
	Conduta de compressão em aço, DN1800, com cerca de 11.60 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1800	2.54	0.1 mm	$\Delta h_{35}=0.0005Q^2+0.0002Q-0.0001$	0.013
	1 Junta mecânica flexível, em FFD, DN1800	1800	2.54	0.05	$\Delta h_{36}=0.0004Q^2$	0.010
	Conduta de compressão em aço, DN1800, com cerca de 2,3 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1800	2.54	0.1 mm	$\Delta h_{37}=0.0001Q^2+0.0000Q-0.0000$	0.002
	Cone de redução concêntrico, em aço, DN1800 x DN1500	1500	1.77	0.02	$\Delta h_{38}=0.0003Q^2$	0.008
	Conduta de compressão em aço, DN1500, com cerca de 41,3 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1500	2.54	0.1 mm	$\Delta h_{39}=0.0050Q^2+0.0015Q-0.0005$	0.133
	1 Juntas de desmontagem, em FFD, DN1500	1500	1.77	0.05	$\Delta h_{40}=0.0008Q^2$	0.020
	Válvula de seccionamento de borboleta, em FFD, DN1500	1500	1.77	0.20	$\Delta h_{41}=0.0033Q^2$	0.082
	Curva de gomos a 90º, em aço, DN1500	1500	1.77	0.25	$\Delta h_{42}=0.0041Q^2$	0.102
	Cone divergente concêntrico, em aço, DN1500 x DN2000	1500	1.77	0.02	$\Delta h_{43}=0.0003Q^2$	0.008
	Subtotal - Coletor Geral de Compressão 1					$\Delta h_{CCG1}=0.0178Q^2+0.0026Q-0.0009$

Conduta / Acessório		Diâmetro (mm)	Secção (m ²)	K / Ks	Equação de Perda de Carga	ΔH (m)
Conduta Elevatória	Conduta elevatória em betão, DN2000, com cerca de 2380 m, rugosidade absoluta de 0.3 mm	2000	3.14	0.3 mm	$\Delta h_{44}=0.0798Q^2+0.0149Q-0.0031$	2.074
	Curva em planta a 35º, em betão, DN 2000	2000	3.14	0.08	$\Delta h_{45}=0.0004Q^2$	0.010
	3 Curvas em planta a 22.5º, em betão, DN 2000	2000	3.14	0.07	$\Delta h_{46}=0.0011Q^2$	0.027
	Curva em perfil a 11.5º, em betão, DN 2000	2000	3.14	0.05	$\Delta h_{47}=0.0003Q^2$	0.006
	Conduta elevatória em betão, DN1800, com cerca de 3410 m, rugosidade absoluta de 0.3 mm	1800	2.54	0.3 mm	$\Delta h_{48}=0.1977Q^2+0.0307Q-0.0061$	5.110
	Cone de redução concêntrico, em aço, DN2000 x DN1500	1500	1.77	0.03	$\Delta h_{49}=0.0005Q^2$	0.012
	Válvula de seccionamento de borboleta, em FFD, DN1500	1500	1.77	0.20	$\Delta h_{50}=0.0033Q^2$	0.082
	1 Juntas de desmontagem, em FFD, DN1500	1500	1.77	0.05	$\Delta h_{51}=0.0008Q^2$	0.020
	Cone divergente concêntrico, em aço, DN1500 x DN1800	1500	1.77	0.05	$\Delta h_{52}=0.0008Q^2$	0.020
	Curva em planta a 28º, em betão, DN 1800	1800	2.54	0.07	$\Delta h_{53}=0.0006Q^2$	0.014
	Curva em planta a 36º, em betão, DN 1800	1800	2.54	0.08	$\Delta h_{54}=0.0006Q^2$	0.016
	Curva em planta a 51º, em betão, DN 1800	1800	2.54	0.10	$\Delta h_{55}=0.0008Q^2$	0.020
	Sub-Total - Conduta Elevatória					$\Delta h_{CE}=0.2866Q^2+0.0456Q-0.0093$
Entrada no Reservatório	Cone de redução concêntrico, em aço, DN1800 x DN1500	1500	1.77	0.03	$\Delta h_{56}=0.0005Q^2$	0.012
	Conduta de ligação em aço, DN1500, com cerca de 2.75 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1500	1.77	0.1 mm	$\Delta h_{57}=0.0003Q^2+0.0001Q-0.0000$	0.008
	1 Juntas de desmontagem, em FFD, DN1500	1500	1.77	0.05	$\Delta h_{58}=0.0008Q^2$	0.020
	Válvula de seccionamento de borboleta, em FFD, DN1500	1500	1.77	0.20	$\Delta h_{59}=0.0033Q^2$	0.082
	Conduta de ligação em aço, DN1500, com cerca de 3.90 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1500	1.77	0.1 mm	$\Delta h_{60}=0.0005Q^2+0.0001Q-0.0000$	0.013
	2 Juntas mecânicas flexíveis, em FFD, DN1500	1500	1.77	0.05	$\Delta h_{61}=0.0016Q^2$	0.041
	Conduta de ligação em aço, DN1500, com cerca de 1.85 m, rugosidade absoluta de 0.1 mm	1500	1.77	0.1 mm	$\Delta h_{62}=0.0002Q^2+0.0001Q-0.0001$	0.006
	Cone divergente concêntrico, em aço, DN1500 x DN1800	1500	1.77	0.05	$\Delta h_{63}=0.0008Q^2$	0.020
	Conduta de ligação em betão com alma de aço, DN1800, com cerca de 20.4 m, rugosidade absoluta de 0.3 mm	1800	2.54	0.3 mm	$\Delta h_{64}=0.0012Q^2+0.0002Q-0.0000$	0.031
	Entrada no Reservatório	1800	2.54	1.00	$\Delta h_{65}=0.0079Q^2$	0.198
Subtotal - Entrada no Reservatório					$\Delta h_{ER}=0.0171Q^2+0.0005Q-0.0001$	0.431
Equação Geral de Perda de Carga Total					$\Delta h_T=0.3239Q^2+0.3046Q+0.4496$	10.105

ANEXO II – ANÁLISE DO REGIME TRANSITÓRIO

DGADR

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME 1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
ANEXO II – ANÁLISE DO REGIME TRANSITÓRIO NA CONDUTA ELEVATÓRIA

ABRIL 2024

DGADR

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME 1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
ANEXO II – ANÁLISE DO REGIME TRANSITÓRIO NA CONDUTA ELEVATÓRIA

ABRIL 2024

CONTRATO: C871
FICHEIRO: C871-EEG-PE-VOL_I-TOMO_1-MEM_ANXII-R2.DOCX

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	METODOLOGIA ADOTADA	2
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	2
2.2	CONDIÇÕES DE ANÁLISE	5
2.2.1	Considerações gerais	5
2.2.2	Características dos elementos do sistema	5
2.2.3	Faseamento temporal das simulações	6
3	RESULTADOS OBTIDOS	7
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	7
3.2	CENÁRIO 1 – NÍVEL MÍNIMO NA ALBUFEIRA PARA CAUDAL MÁXIMO E RESERVATÓRIO NO NÍVEL DO REGIME NOMINAL	8
3.3	CENÁRIO 2 – NPA NA ALBUFEIRA E RESERVATÓRIO NO NÍVEL DO REGIME NOMINAL	14
3.4	CENÁRIO 3 – NÍVEL MÍNIMO NA ALBUFEIRA PARA CAUDAL MÁXIMO E RESERVATÓRIO NO NÍVEL DE ALARME BAIXO	19
3.5	CONCLUSÕES.....	25

QUADROS NO TEXTO

QUADRO 2.1 - CARACTERÍSTICAS DAS TUBAGENS	5
---	---

FIGURAS NO TEXTO

FIGURA 3.1 - ESQUEMA DO MODELO DE SIMULAÇÃO	7
FIGURA 3.2 - CENÁRIO 1 - CONDUTA DE ASPIRAÇÃO - ENVOLVENTE DE PRESSÕES MÁXIMA E MÍNIMA	9
FIGURA 3.3 - CENÁRIO 1 - CONDUTA ELEVATÓRIA - ENVOLVENTE DE PRESSÕES MÁXIMA E MÍNIMA	10
FIGURA 3.4 - CENÁRIO 1 - VOLUME DE AR NO RH 1 (CIRCUITO DE ASPIRAÇÃO)	11
FIGURA 3.5 - CENÁRIO 1 - VOLUME DE AR NO RH 2 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	11
FIGURA 3.6 - CENÁRIO 1 - VOLUME DE AR NO RH 3 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	12
FIGURA 3.7 - CENÁRIO 1 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 1 (CIRCUITO DE ASPIRAÇÃO).....	12
FIGURA 3.8 - CENÁRIO 1 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 2 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	13
FIGURA 3.9 - CENÁRIO 1 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 3 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	13
FIGURA 3.10 - CENÁRIO 1 - NÍVEL DE ÁGUA NA CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO	14
FIGURA 3.11 - CENÁRIO 2 - CONDUTA DE ASPIRAÇÃO - ENVOLVENTE DE PRESSÕES MÁXIMA E MÍNIMA	15
FIGURA 3.12 - CENÁRIO 2 - CONDUTA ELEVATÓRIA - ENVOLVENTE DE PRESSÕES MÁXIMA E MÍNIMA	16
FIGURA 3.13 - CENÁRIO 2 - VOLUME DE AR NO RH 1 (CIRCUITO DE ASPIRAÇÃO)	17
FIGURA 3.14 - CENÁRIO 2 - VOLUME DE AR NO RH 2 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	17
FIGURA 3.15 - CENÁRIO 2 - VOLUME DE AR NO RH 3 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	17
FIGURA 3.16 - CENÁRIO 2 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 1 (CIRCUITO DE ASPIRAÇÃO).....	18

FIGURA 3.17 - CENÁRIO 2 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 2 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	18
FIGURA 3.18 - CENÁRIO 2 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 3 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	19
FIGURA 3.19 - CENÁRIO 2 - NÍVEL DE ÁGUA NA CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO	19
FIGURA 3.20 - CENÁRIO 3 - CONDUTA DE ASPIRAÇÃO - ENVOLVENTE DE PRESSÕES MÁXIMA E MÍNIMA	21
FIGURA 3.21 - CENÁRIO 3 - CONDUTA ELEVATÓRIA - ENVOLVENTE DE PRESSÕES MÁXIMA E MÍNIMA	22
FIGURA 3.22 - CENÁRIO 3 - VOLUME DE AR NO RH 1 (CIRCUITO DE ASPIRAÇÃO)	23
FIGURA 3.23 - CENÁRIO 3 - VOLUME DE AR NO RH 2 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	23
FIGURA 3.24 - CENÁRIO 3 - VOLUME DE AR NO RH 3 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	23
FIGURA 3.25 - CENÁRIO 3 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 1 (CIRCUITO DE ASPIRAÇÃO)	24
FIGURA 3.26 - CENÁRIO 3 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 3 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	24
FIGURA 3.27 - CENÁRIO 3 - ENTRADA/SAÍDA DE ÁGUA NO RH 3 (CIRCUITO DE COMPRESSÃO)	25
FIGURA 3.28 - CENÁRIO 3 - NÍVEL DE ÁGUA NA CHAMINÉ DE EQUILÍBRIO	25

1 INTRODUÇÃO

O presente anexo refere-se aos cálculos efetuados com vista à análise do regime transitório do sistema constituído pela Estação Elevatória do Pisão, conduta de aspiração e conduta elevatória.

Um regime hidráulico é considerado como permanente quando a carga hidráulica e o caudal em escoamento podem ser considerados como aproximadamente constantes no tempo, em cada secção das condutas.

A ocorrência de regimes permanentes corresponde a situações de equilíbrio entre as características hidráulicas das componentes do sistema (condutas, grupos eletrobomba e demais equipamento) e o valor da carga hidráulica total em cada secção limítrofe do mesmo. O dimensionamento hidráulico (e/ou a sua verificação) da estação elevatória e respetiva conduta elevatória baseou-se nesta hipótese.

No entanto, quando ocorrem situações, voluntárias ou não, em que a carga (pressão) e o caudal sofrem variações no tempo, o regime passa a ser designado por variável. Designa-se por regime hidráulico transitório qualquer regime variável que ocorra entre um regime permanente inicial e o regime permanente final. De um modo geral, as pressões máximas e mínimas a que uma instalação de condutas está sujeita, ocorrem durante os regimes transitórios, especialmente nos instantes iniciais.

A ocorrência do golpe de ariete corresponde a uma situação de regime transitório potencialmente muito perigoso no que concerne à segurança das instalações e do sistema hidráulico. Este tipo de regime transitório pode ser desencadeado por manobra dos órgãos de regulação e exploração ou por uma ação não controlada, por exemplo, paragem dos grupos eletrobomba por falta de energia, frequente nas zonas rurais.

Nesta situação, ocorrem variações muito rápidas da velocidade e da pressão dos escoamentos mobilizando as características de compressibilidade do líquido e de deformabilidade das condutas, podendo as pressões externas (máxima e mínima) ser potencialmente perigosas.

Com efeito, a pressão máxima pode exceder a pressão máxima admissível nas condutas e provocar a sua rotura. A pressão mínima pode ser inferior à pressão atmosférica e provocar o colapso das condutas por esmagamento da respetiva parede ou provocar a vaporização e rotura da coluna líquida.

Assim, a proteção das condutas e dos equipamentos da estação elevatória contra a ocorrência destes regimes transitórios reveste-se de grande importância para o bom funcionamento do sistema.

2 METODOLOGIA ADOTADA

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O escoamento em regime variável em pressão (em condutas com secção fechada) pode ser traduzido por equações básicas, caso se simplifique o sistema, admitindo um conjunto de condições fundamentais:

- A água e o material da conduta comportam-se de forma elástica e linear durante o regime variável;
- A velocidade da água é sempre muito inferior à celeridade das ondas elásticas de pressão;
- A distribuição de velocidade em cada secção e em cada instante é considerada uniforme;
- As perdas de carga contínuas em regime variável dependem da velocidade de escoamento de forma idêntica à do regime uniforme tangente;
- Os termos convectivos das equações da continuidade e da dinâmica são desprezáveis em face do valor dos restantes termos;
- As forças de inércia associadas à deformação das paredes da conduta não são consideradas.

Assim, o escoamento em regime variável em pressão é traduzido pelas seguintes equações básicas, aplicáveis a um troço uniforme:

Equação da continuidade:

$$\frac{1}{c} \frac{\partial H}{\partial t} + \frac{1}{gA} \frac{\partial Q}{\partial s} = 0$$

Equação da quantidade de movimento:

$$\frac{1}{A} \frac{\partial Q}{\partial t} + G \frac{\partial H}{\partial s} \frac{fQ|Q|}{2DA^2} = 0$$

Sendo:

- Q – Caudal escoado (m³/s);
- A – Secção da tubagem (m²);
- H – Carga hidráulica (m.c.a.);

- g – Aceleração da gravidade (m/s^2);
- c – Celeridade das ondas elásticas (m/s);
- f – Fator de referência;
- t – Tempo (s);
- s – Coordenadas axiais – distância ao longo da tubagem (m);
- D – Diâmetro interno da tubagem (m);
- K – Módulo de compressibilidade do fluido (N/m^2);
- ρ – Densidade do fluido (kg/m^3);
- E – Módulo de elasticidade de Young (N/m^2);
- e – Espessura da parede da tubagem (m).

A celeridade representa a velocidade a que uma perturbação se propaga num determinado fluido na tubagem. Depende das propriedades do fluido (módulo de compressibilidade e densidade), da tubagem (material, diâmetro e espessura das paredes) e das condições de amarração da tubagem.

Para tubagens com comportamento elástico-linear a celeridade pode ser estimada através da seguinte equação:

$$c = \sqrt{\frac{K}{\rho \left(1 + \frac{K}{E} \Psi\right)}}$$

Onde ψ é um fator adimensional que depende das propriedades elásticas da conduta (secção e constrangimento longitudinal).

As duas equações básicas que traduzem a dinâmica do escoamento são equações derivadas parciais do tipo hiperbólico. Na impossibilidade da obtenção exata deste sistema de equações, estas equações podem ser transformadas em duas equações diferenciais ordinárias, geralmente designadas por C+ e C- que podem ser integradas, desde que sejam conhecidas as grandezas H e Q nas fronteiras de montante e jusante do início do regime transitório – regime permanente inicial:

$$C+ \quad \frac{dH}{dt} + \frac{c}{gA} \frac{dQ}{dt} + \frac{fc}{2gDA} Q|Q| = 0$$

$$C- \quad \frac{dH}{dt} - \frac{c}{gA} \frac{dQ}{dt} + \frac{fc}{2gDA} Q|Q| = 0$$

O esquema de diferenças explícito, linearizado, é estável se a malha de cálculo obedecer à condição de Courant-Friedrich-Lewy, ou seja:

$$\frac{ds}{dt} \geq c$$

Com base neste esquema de diferenças finitas pode-se determinar a carga hidráulica e o caudal num dado instante de cálculo em qualquer ponto interior da malha. A resolução dos pontos fronteiros é efetuada considerando, para além dos referidos sistemas de equações, a equação representativa da condição de fronteira.

O método mais utilizado de resolução deste sistema de equações é o método das características, que utiliza a teoria das linhas características para a transformação das equações diferenciais básicas do escoamento em diferenciais totais, resolvidas posteriormente através de diferenças finitas.

Este método possui diversas vantagens, como a simplicidade de programação e eficiência dos modelos computacionais, mesmo para sistemas complexos, uma vez que cada condição de fronteira e secção da tubagem tem de ser analisadas de uma forma separada, para cada instante de cálculo.

De forma a utilizar a utilizar o método das características, utilizou-se o *software* OpenFlows Hammer versão 10.04, da Bentley Systems, largamente utilizado na análise de regimes transitórios.

Na análise efetuada as principais hipóteses de cálculo adotadas foram as seguintes:

- Perdas de carga calculadas utilizando a fórmula de Colebrook-White, utilizando uma rugosidade absoluta de 0,1 mm para as tubagens em aço e 0,3 mm para as tubagens em betão com alma de aço;
- Celeridades fixas para cada tipo de material/diâmetro e pressão nominal das condutas, função da elasticidade do material e independentes da pressão;
- O módulo de elasticidade de Young considerado nas condutas foi de $2,0 \times 10^{11}$ Pa para as condutas em aço, $4,8 \times 10^{11}$ Pa para as condutas em betão com alma de aço e $5,0 \times 10^{11}$ Pa para as condutas em PRFV.
- A modelação do comportamento do ar no interior dos reservatórios hidropneumáticos foi efetuada pela equação politrópica $PV^n = \text{constante}$, tendo-se admitido $n = 1,2$.
- A viscosidade cinemática da água a cerca de 20° C igual a $1,2 \times 10^{-6}$ m²/s;
- Consideraram-se também as características dos grupos eletrobomba, designadamente as respetivas curvas características.

2.2 CONDIÇÕES DE ANÁLISE

2.2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A situação analisada correspondeu à paragem repentina dos grupos eletrobomba, quando a conduta elevatória se encontra a abastecer o reservatório de regularização, sem qualquer caudal de percurso.

A paragem brusca dos grupos eletrobomba é uma manobra com elevada probabilidade de ocorrência e que pode dar-se de uma forma imprevisível (corte de energia elétrica). Este caso é normalmente mais gravoso que o arranque dos grupos, tanto mais que se prevê o arranque dos grupos de uma forma suave de forma a minimizar o efeito deste regime transitório. Assim, neste estudo, a análise do golpe de aríete foi efetuada apenas para o caso de paragem brusca dos grupos eletrobomba.

2.2.2 CARACTERÍSTICAS DOS ELEMENTOS DO SISTEMA

Tubagens

Em relação às tubagens, considerou-se aço e betão com alma de aço nos diâmetros e comprimentos indicados no projeto de execução. Para cada material adotaram-se os valores de diâmetro interno, rugosidade absoluta das paredes das tubagens e de celeridade das ondas elásticas indicados no quadro seguinte.

Quadro 2.1 - Características das tubagens

Material	DN	Diâmetro interno (mm)	Celeridade (m/s)	Rugosidade absoluta (mm)
Betão com alma de aço	2000	2000	1120	0,3
	1800	1800		
Aço	2000	2000	1020	0,1
	1800	1800		

Foi introduzido o perfil longitudinal da conduta de aspiração até à EE, e da conduta elevatória desde a EE até ao reservatório de regularização. O estudo incidiu apenas na adução do caudal máximo ao reservatório, sem consumo de percurso, ou seja, sem considerar as derivações para as condutas CE1, CE2 e CE3. Este cenário corresponde assim à situação mais desfavorável.

Grupos eletrobomba

Foram introduzidas as curvas características dos grupos eletrobomba. Admitiu-se o funcionamento dos 6 grupos em simultâneo, com válvulas de retenção imediatamente a jusante, que fecham logo após a paragem dos grupos, não voltando a abrir.

Ventosas

A sua instalação foi definida no projeto da conduta elevatória, como órgão de manobra e segurança. Estão localizadas em pontos altos e pontos intermédios ao longo de troços longos ascendentes com declive constante, ou em mudanças de declive acentuadas. Foram colocadas no modelo as ventosas previstas no projeto da conduta elevatória, respeitando o diâmetro estipulado.

Reservatórios Hidropneumáticos

Como será demonstrado seguidamente, foi necessário prever a instalação de reservatórios hidropneumáticos para proteção da conduta de aspiração e da conduta elevatória com as seguintes características:

- Conduta de aspiração – 1 reservatório hidropneumático com 60 m³ e ligação DN 1000 (RH 1);
- Conduta elevatória – 2 reservatórios hidropneumáticos com 90 m³ (cada) e ligações DN 800 (RH 2 e RH 3).

Chaminé de equilíbrio

Tal como será demonstrado seguidamente, foi prevista a construção de uma chaminé de equilíbrio na conduta elevatória, no ponto alto localizado aproximadamente ao PK 1+790. Esta chaminé permite o controlo das sobrepressões no troço da conduta elevatória a jusante da sua localização. A chaminé de equilíbrio terá 7 m de diâmetro interno e 14,85 m de altura. A altura é condicionada pela linha de energia neste local, uma vez que a cota do topo da chaminé de equilíbrio terá de ser superior à cota da linha de energia em regime permanente.

2.2.3 FASEAMENTO TEMPORAL DAS SIMULAÇÕES

Como foi referido anteriormente, a situação mais desfavorável resulta da paragem repentina dos grupos eletrobomba. A paragem do sistema, por suposta falha de energia, implica a paragem dos grupos eletrobomba de uma forma quase instantânea (situação mais gravosa).

Para efeitos de simulação, considerou-se que esta paragem dar-se-ia 5 segundos após o funcionamento em regime permanente. No caso das válvulas de retenção a jusante dos grupos eletrobomba considerou-se o fecho quase em simultâneo com a paragem dos grupos, permanecendo fechadas até ao final da simulação.

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Efetuuou-se uma simulação conjunta do sistema albufeira da barragem - conduta de aspiração – estação elevatória – conduta elevatória – reservatório de regularização sem qualquer dispositivo de proteção contra o regime transitório.



Figura 3.1 - Esquema do modelo de simulação

Após a simulação deste sistema foi possível concluir que ocorrerão pressões negativas ao longo da conduta de aspiração e conduta elevatória, independentemente dos níveis na albufeira e no reservatório, o que poria em causa a integridade das condutas.

Em relação à conduta elevatória, verifica-se uma queda brusca da cota piezométrica imediatamente a jusante da EE. Assim, num sistema sem qualquer proteção a jusante, ocorrerão pressões negativas ao longo da conduta elevatória. Após a onda de depressão atingir a sua secção terminal, esta retorna em direção a montante, verificando-se a inversão do sentido do escoamento e o conseqüente fecho das válvulas de retenção à saída da EE, o que leva à ocorrência de uma sobrepressão nesta secção.

Após a simulação do sistema sem qualquer dispositivo de proteção, foram testadas várias soluções (volumes e diâmetros de ligação) para os reservatórios hidropneumáticos a instalar junto à EE, com ligação à conduta de aspiração e à conduta elevatória. Após várias iterações,

concluiu-se que a melhor solução para controlar a envolvente de pressões máximas e mínimas nas condutas consistia na solução apresentada em 2.1.2 – um RH de 60 m³ na conduta de aspiração e dois RH de 90 m³ cada um na conduta elevatória.

Além disso, e tendo em conta o perfil longitudinal da conduta elevatória, previu-se a construção de uma chaminé de equilíbrio aproximadamente ao PK 1+790, com o seu topo à cota 277,0 m.

A necessidade de construção de uma chaminé de equilíbrio é justificada pelo traçado do perfil longitudinal da conduta elevatória e pelo facto de a cota piezométrica em regime permanente ter valores entre 275,6 e 271,4 m neste local, para os cenários estudados e apresentados seguidamente, ou seja, relativamente próxima da cota do eixo da conduta neste local pelo que, qualquer queda brusca da linha de energia provocada pela paragem dos grupos eletrobomba, faça com que cruze o eixo da conduta elevatória e provoque pressões negativas que se propagam ao longo do seu traçado.

A construção de uma chaminé de equilíbrio neste local resolve o problema das pressões máximas e mínimas que ocorrem durante o regime transitório a jusante deste local. A montante, a integridade da conduta elevatória é assegurada pelos dois reservatórios hidropneumáticos previstos na EE.

Nos subcapítulos seguintes são apresentados os 3 cenários simulados e os respetivos resultados obtidos.

3.2 CENÁRIO 1 – NÍVEL MÍNIMO NA ALBUFEIRA PARA CAUDAL MÁXIMO E RESERVATÓRIO NO NÍVEL DO REGIME NOMINAL

As condições de fronteira de simulação deste cenário foram as seguintes:

- Albufeira – nível 230,0 m, correspondente ao nível mínimo para caudal máximo;
- Reservatório – nível 270,0 m, correspondente ao nível do regime nominal.

Nas figuras seguintes apresentam-se as envolventes de pressões máximas e mínimas na conduta de aspiração e na conduta elevatória.

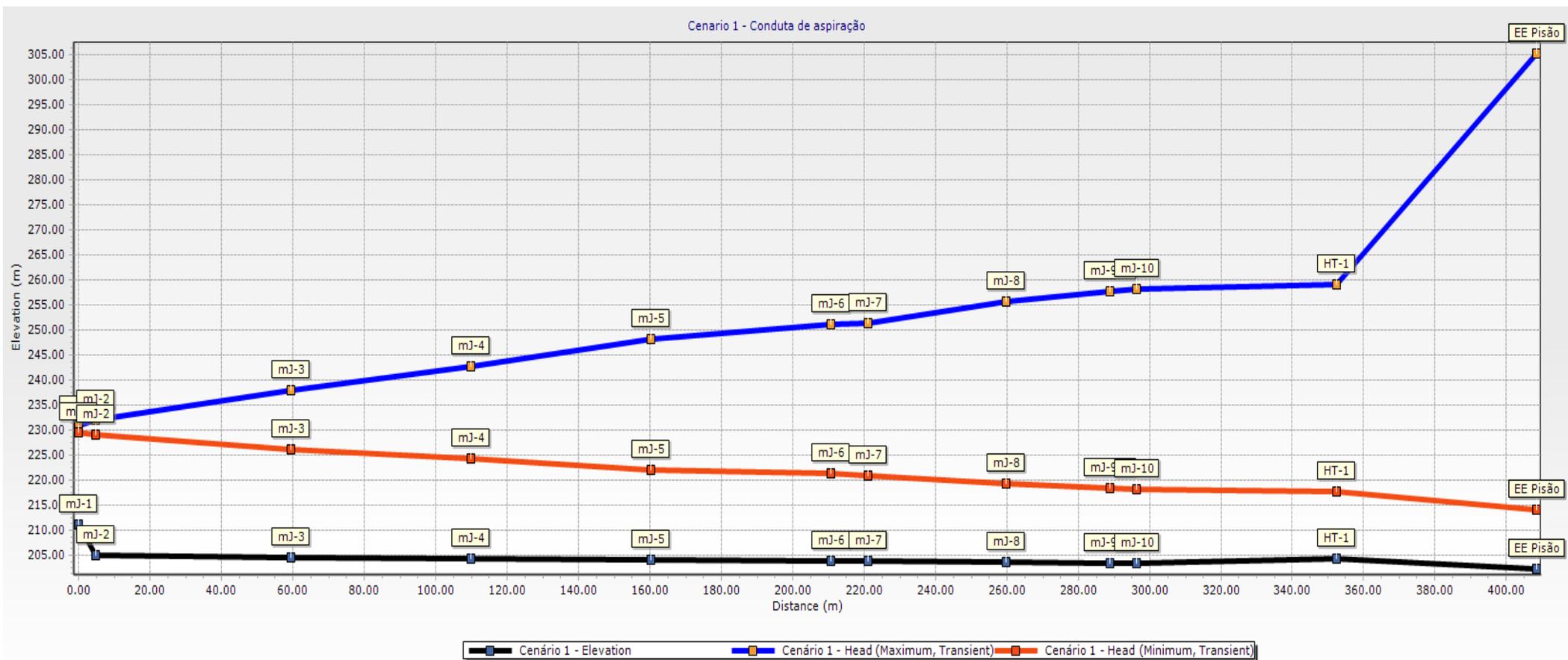


Figura 3.2 - Cenário 1 - Condução de aspiração - Envolvente de pressões máxima e mínima

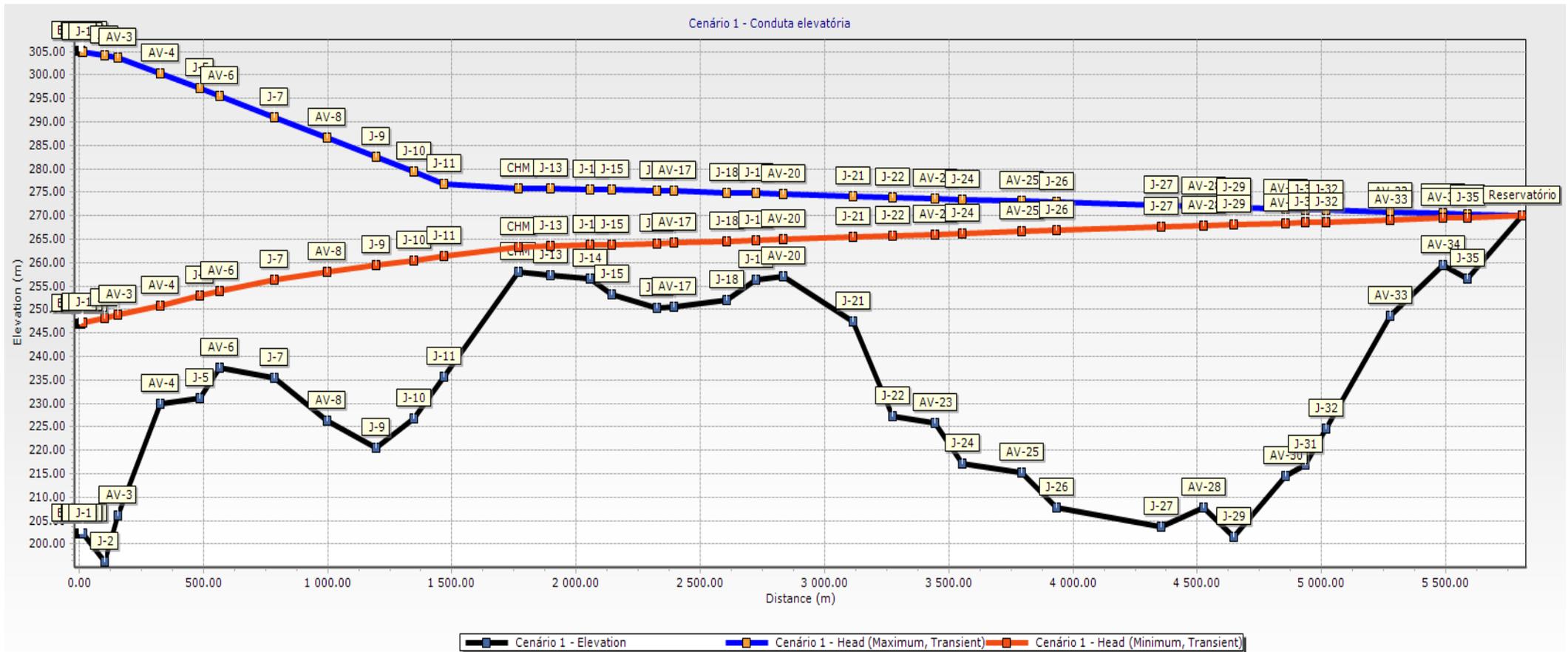


Figura 3.3 - Cenário 1 - Condução elevatória - Envolvente de pressões máxima e mínima

Como é possível observar, em ambas as condutas, não ocorrem pressões negativas (i.e., a envolvente de pressões mínimas não cruza o perfil da conduta). As pressões máximas estão também de acordo com a classe de pressão adotada para cada troço de conduta.

Nas figuras seguintes apresenta-se a variação de volume de ar nos RH ao longo da simulação. Como se pode observar, em nenhum instante o volume de ar iguala o volume do RH durante o período de simulação, o que demonstra que estes dispositivos não se esvaziam durante a ocorrência do regime transitório.

No RH 1 (circuito de aspiração) o volume de ar varia entre os 18 e os 42 m³. Nos RH 2 e 3 (circuito de compressão) o volume de ar varia entre 35 e os 65 m³.

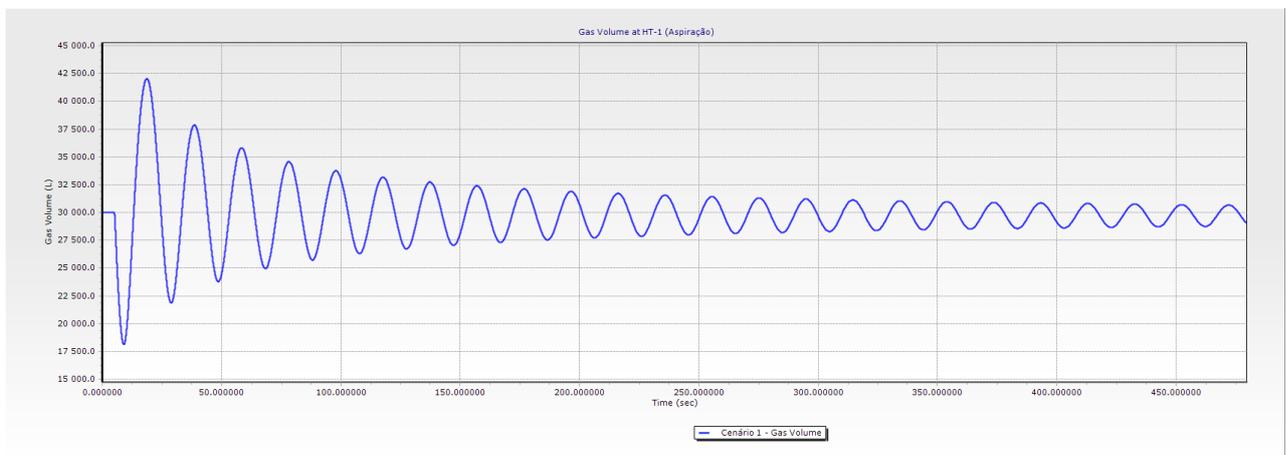


Figura 3.4 - Cenário 1 - Volume de ar no RH 1 (circuito de aspiração)

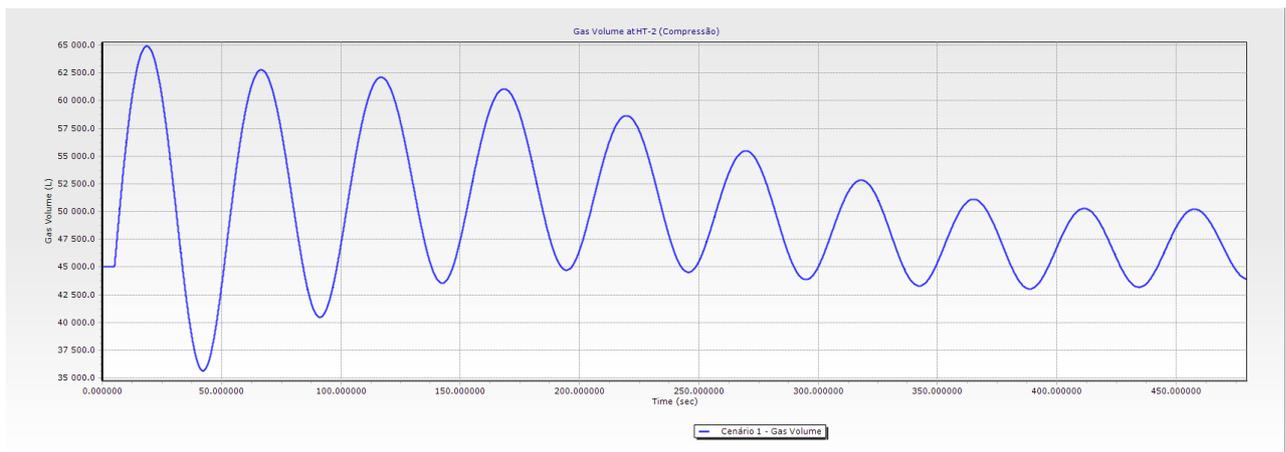


Figura 3.5 - Cenário 1 - Volume de ar no RH 2 (circuito de compressão)

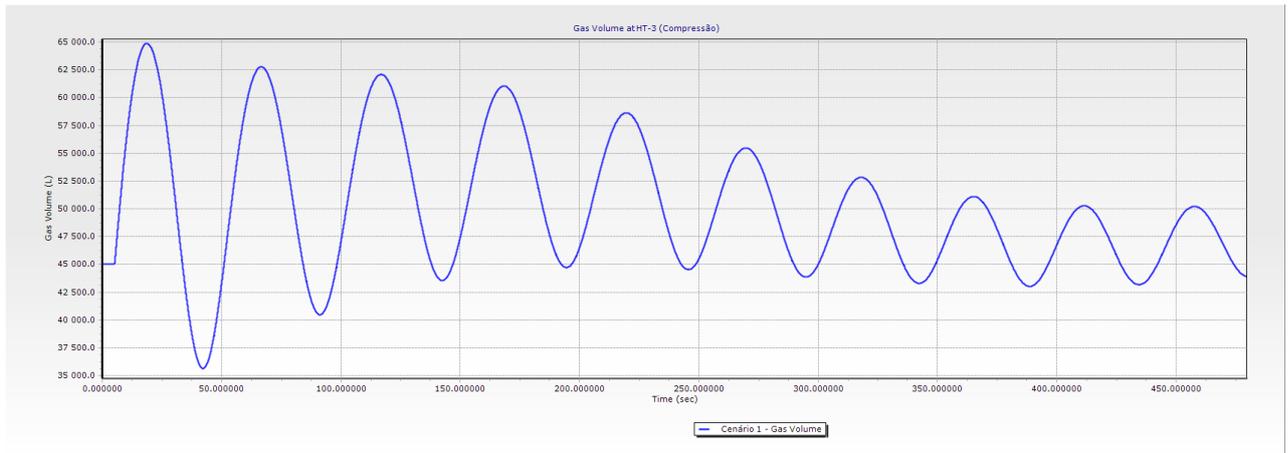


Figura 3.6 - Cenário 1 - Volume de ar no RH 3 (circuito de compressão)

Diretamente relacionado com o volume de ar em cada RH está o caudal que entra e sai desse mesmo dispositivo durante a ocorrência do regime transitório. Nas figuras seguintes apresenta-se esta variação ao longo da simulação nos três reservatórios hidropneumáticos. Um valor negativo corresponde à saída de água do RH (entrada de água na conduta e aumento do volume de ar no RH), sendo que um valor positivo corresponde à admissão de água no RH e consequente diminuição do volume de ar no seu interior.

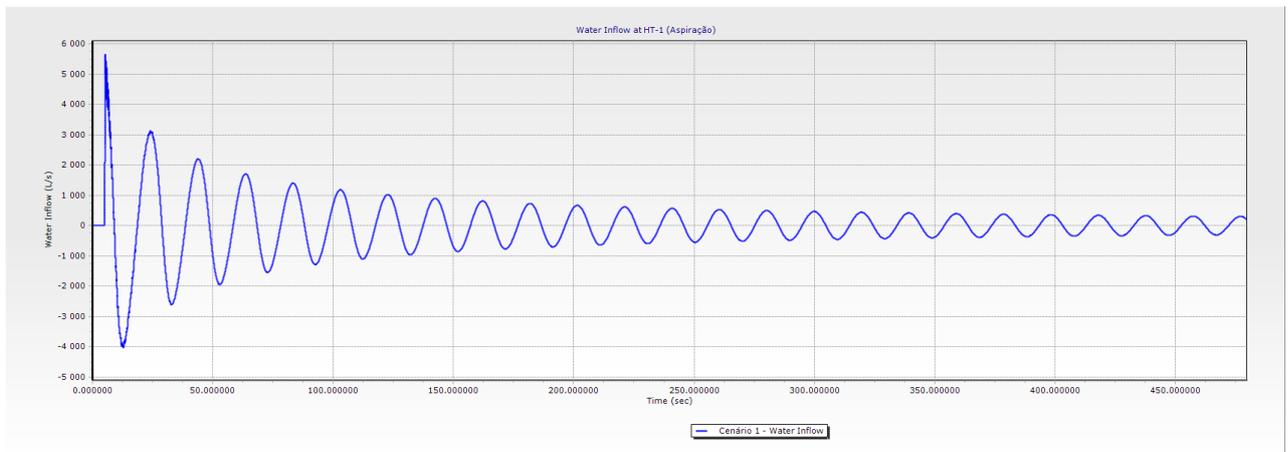


Figura 3.7 - Cenário 1 - Entrada/saída de água no RH 1 (circuito de aspiração)

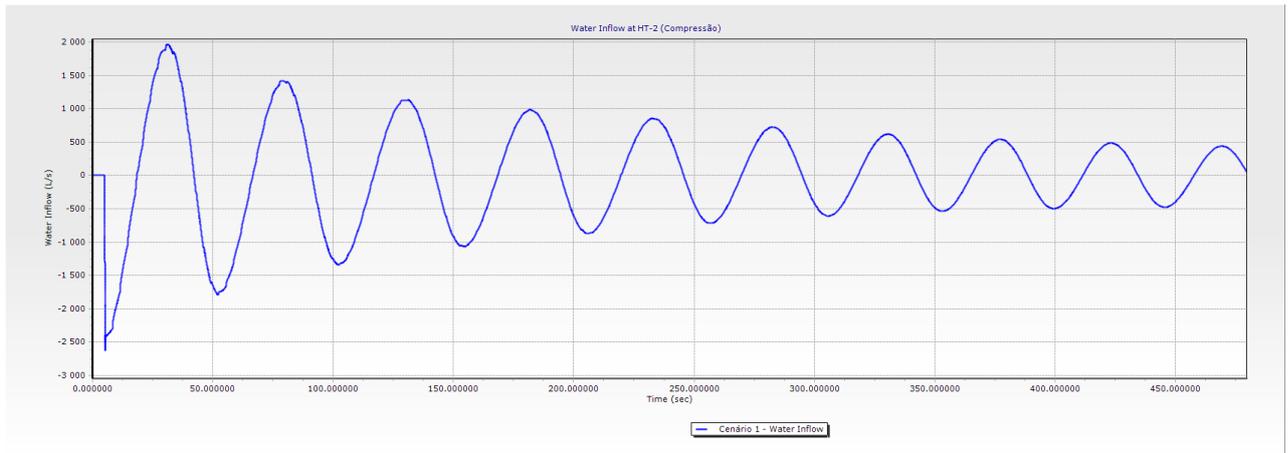


Figura 3.8 - Cenário 1 - Entrada/saída de água no RH 2 (circuito de compressão)

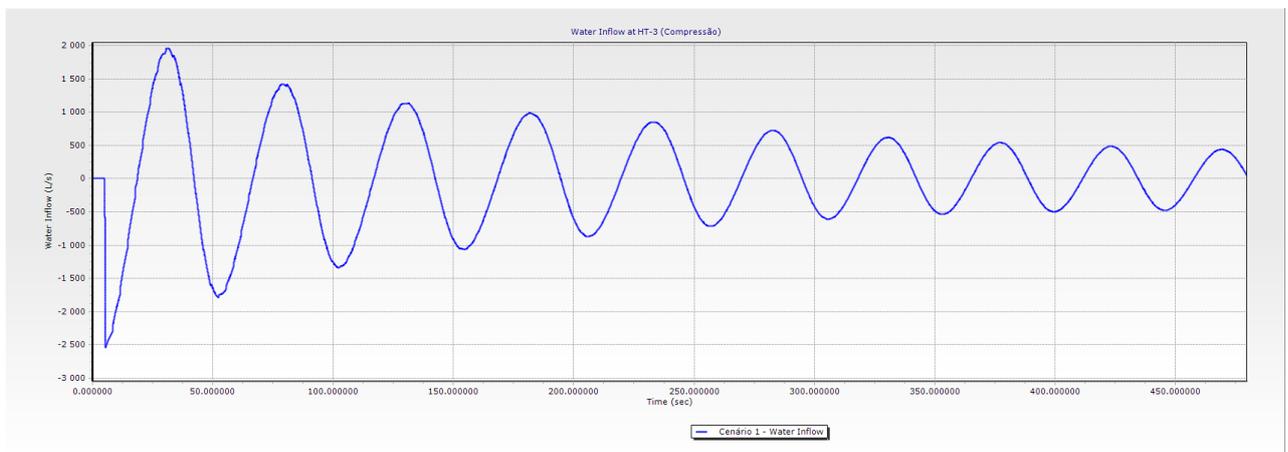


Figura 3.9 - Cenário 1 - Entrada/saída de água no RH 3 (circuito de compressão)

Na chaminé de equilíbrio pode ser observada a variação do nível de água no seu interior ao longo da ocorrência do regime transitório, apresentada na figura seguinte. Em nenhum instante de simulação o nível água excede a cota 277,0 m (topo da chaminé), pelo que não há qualquer caudal descarregado pelo seu topo. Neste cenário o nível de água no seu interior varia entre as cotas 263,35 e 275,86 m.

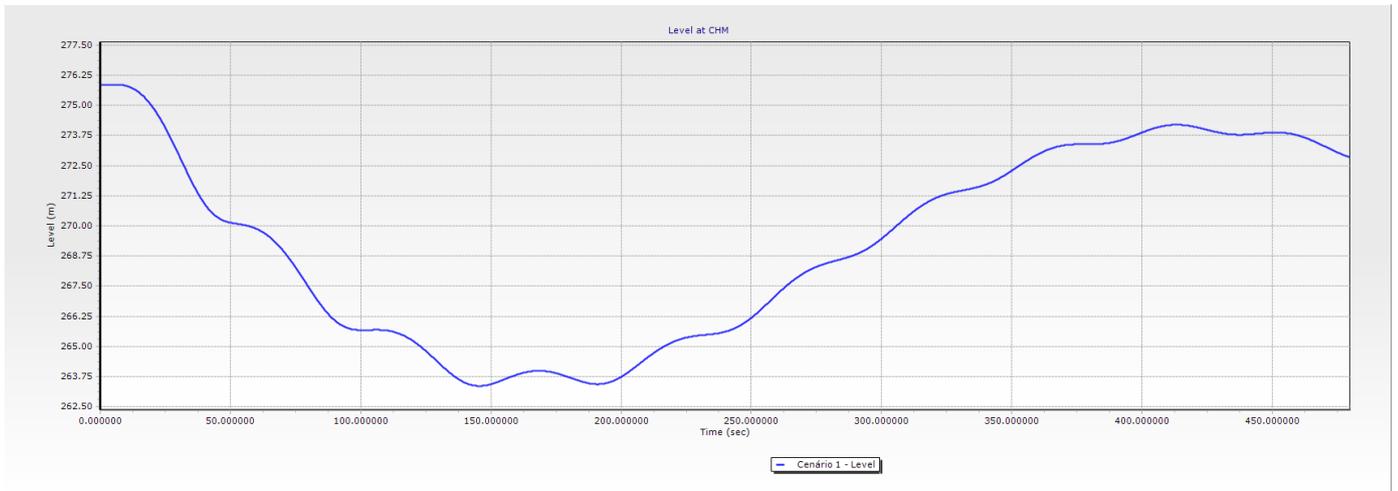


Figura 3.10 - Cenário 1 - Nível de água na chaminé de equilíbrio

3.3 CENÁRIO 2 – NPA NA ALBUFEIRA E RESERVATÓRIO NO NÍVEL DO REGIME NOMINAL

As condições de fronteira de simulação deste cenário foram as seguintes:

- Albufeira – nível 248,0 m, correspondente ao Nível de Pleno Armazenamento;
- Reservatório – nível 270,0 m, correspondente ao nível do regime nominal.

De forma análoga ao subcapítulo anterior, apresentam-se nas figuras seguintes as envolventes de pressões máximas e mínimas na conduta de aspiração e na conduta elevatória, a variação do volume de ar nos RH, o caudal de entrada ou saída nos RH e os níveis de água na chaminé de equilíbrio ao longo da ocorrência do regime transitório.

Como é possível observar, também neste cenário, em ambas as condutas não ocorrem pressões negativas e as pressões máximas estão de acordo com a classe de pressão adotada para cada troço de conduta.

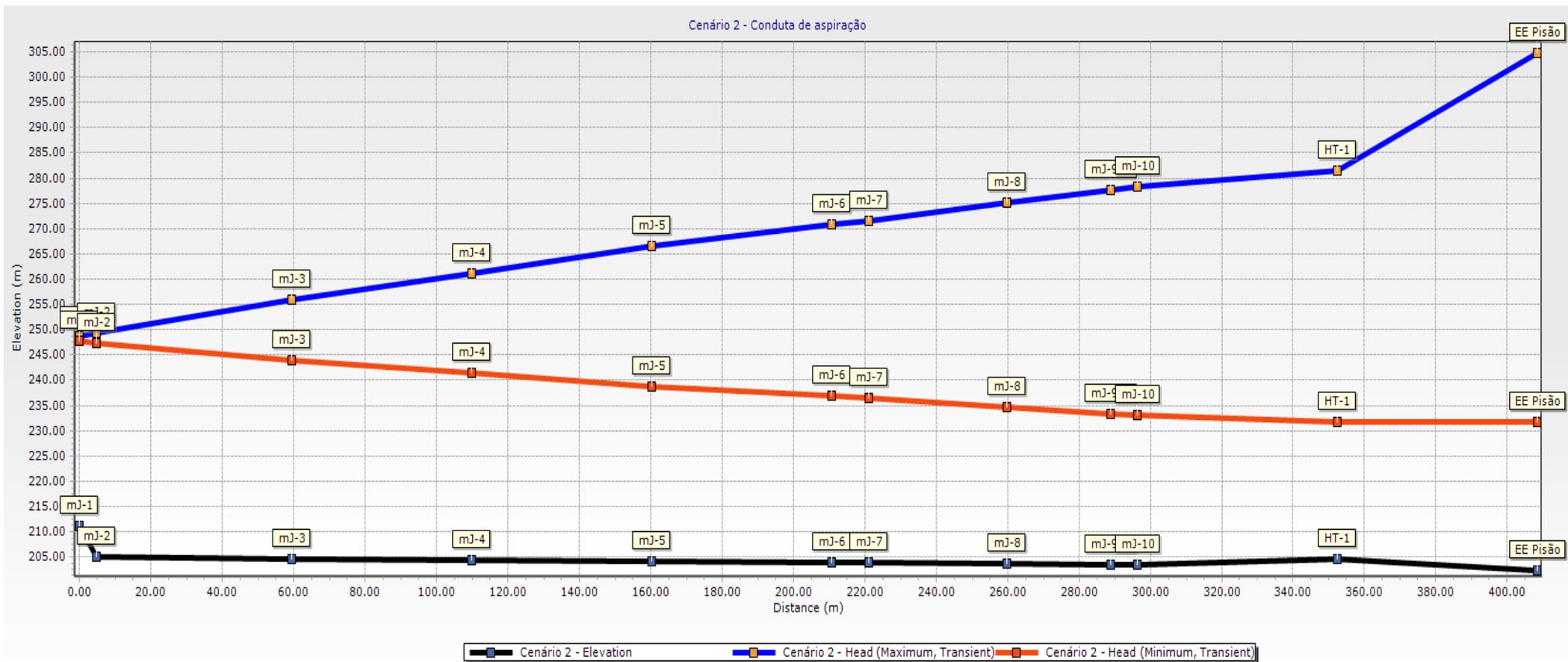


Figura 3.11 - Cenário 2 - Condução de aspiração - Envolvente de pressões máxima e mínima

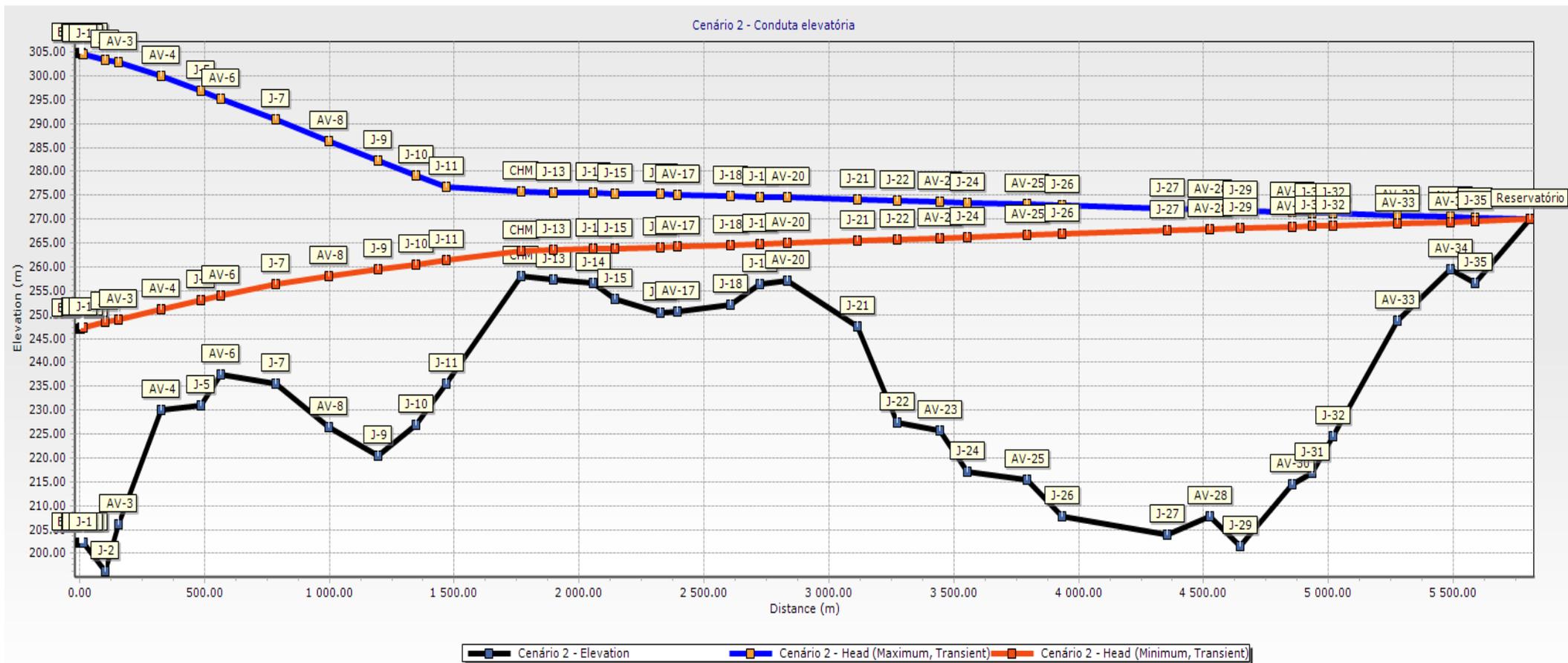


Figura 3.12 - Cenário 2 - Condução elevatória - Envolvente de pressões máxima e mínima

No RH 1 (circuito de aspiração) o volume de ar varia entre os 20 e os 40 m³. Nos RH 2 e 3 (circuito de compressão) o volume de ar varia entre 36 e os 65 m³.

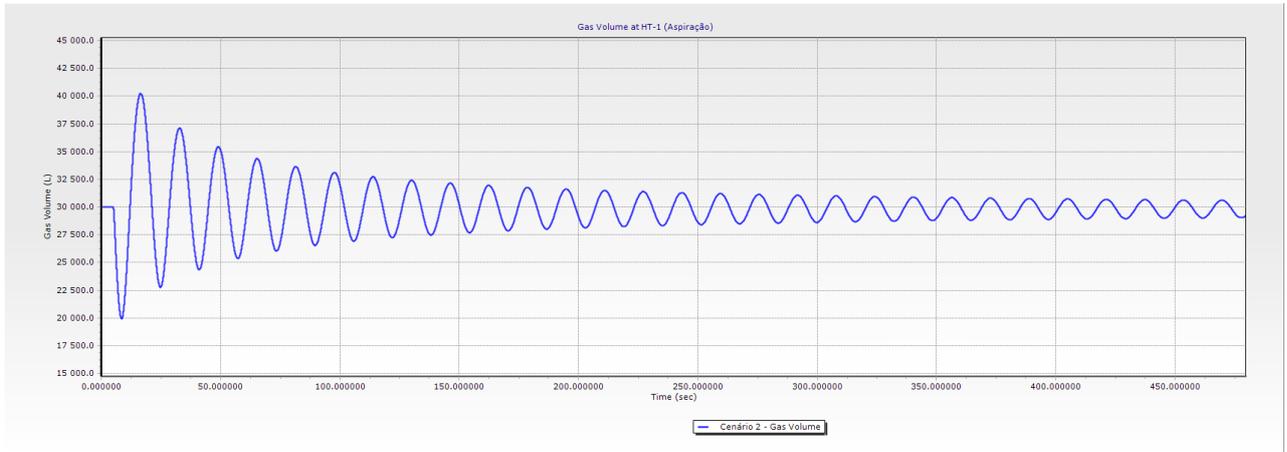


Figura 3.13 - Cenário 2 - Volume de ar no RH 1 (circuito de aspiração)

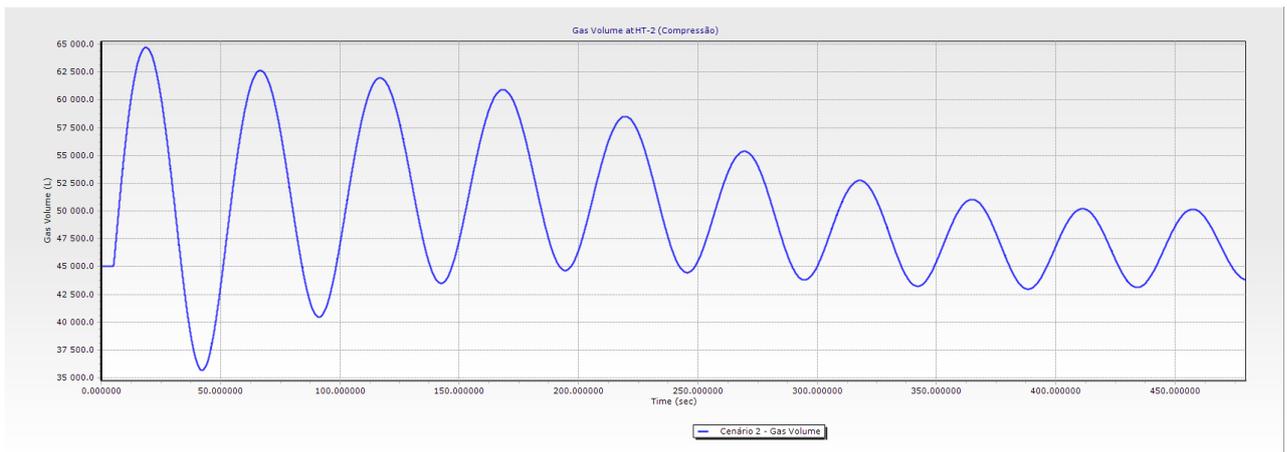


Figura 3.14 - Cenário 2 - Volume de ar no RH 2 (circuito de compressão)

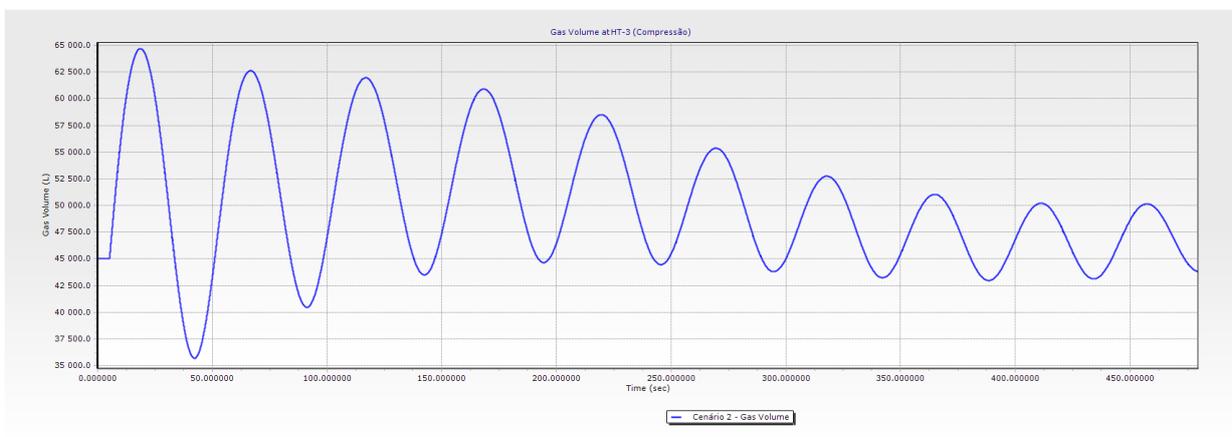


Figura 3.15 - Cenário 2 - Volume de ar no RH 3 (circuito de compressão)

O caudal de entrada ou saída dos RH encontra-se de acordo com a variação do volume de ar (caudal a sair do RH corresponde a um aumento do volume de ar e caudal a entrar no RH corresponde a uma diminuição do volume de ar).

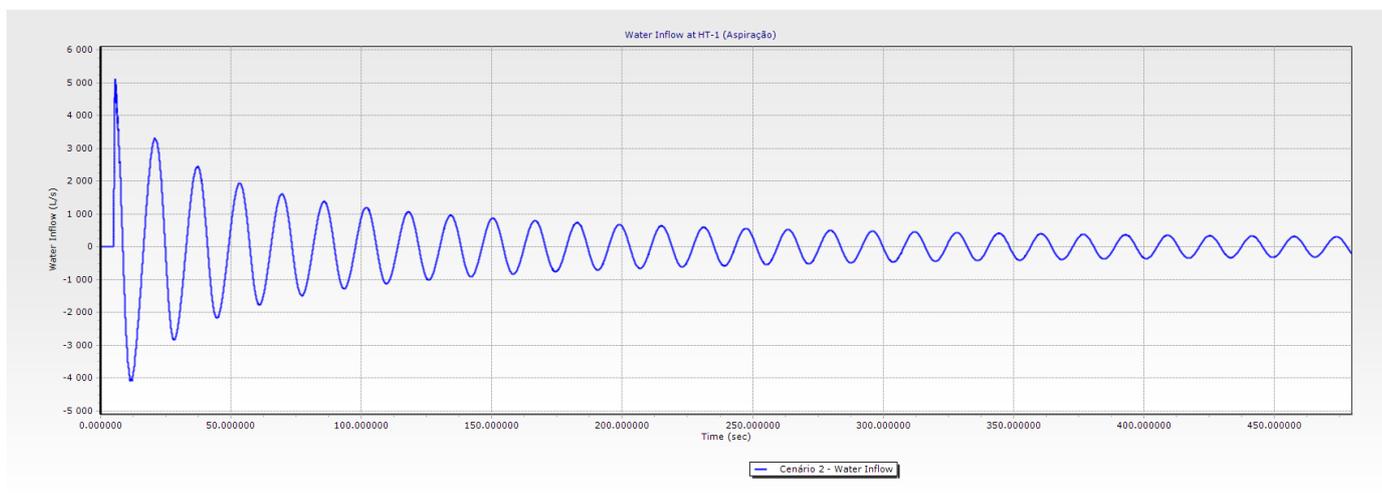


Figura 3.16 - Cenário 2 - Entrada/saída de água no RH 1 (circuitos de aspiração)

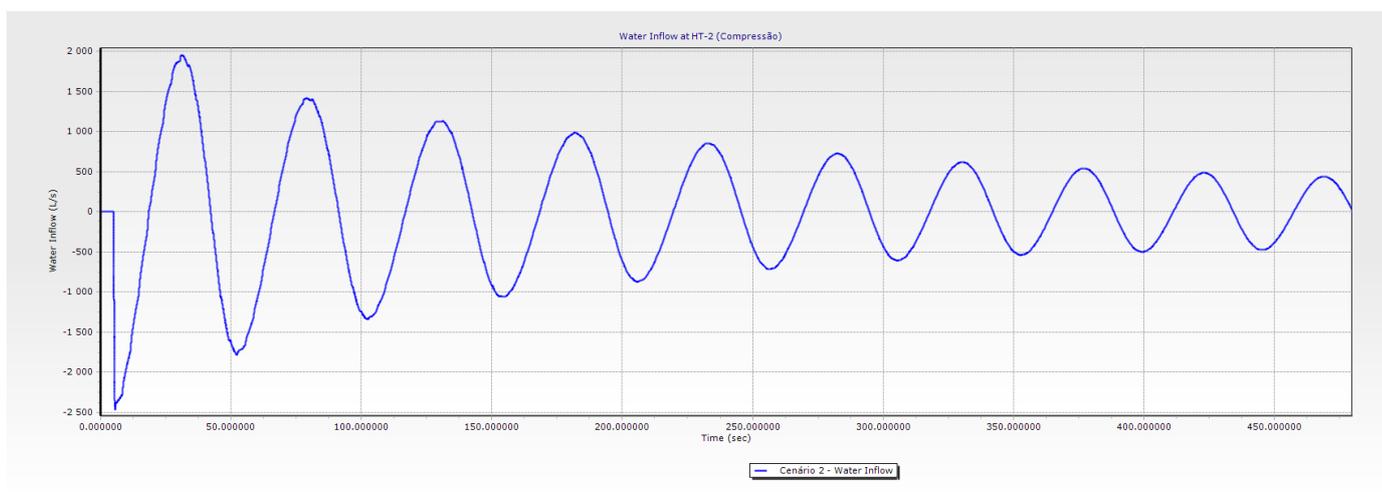


Figura 3.17 - Cenário 2 - Entrada/saída de água no RH 2 (circuitos de compressão)

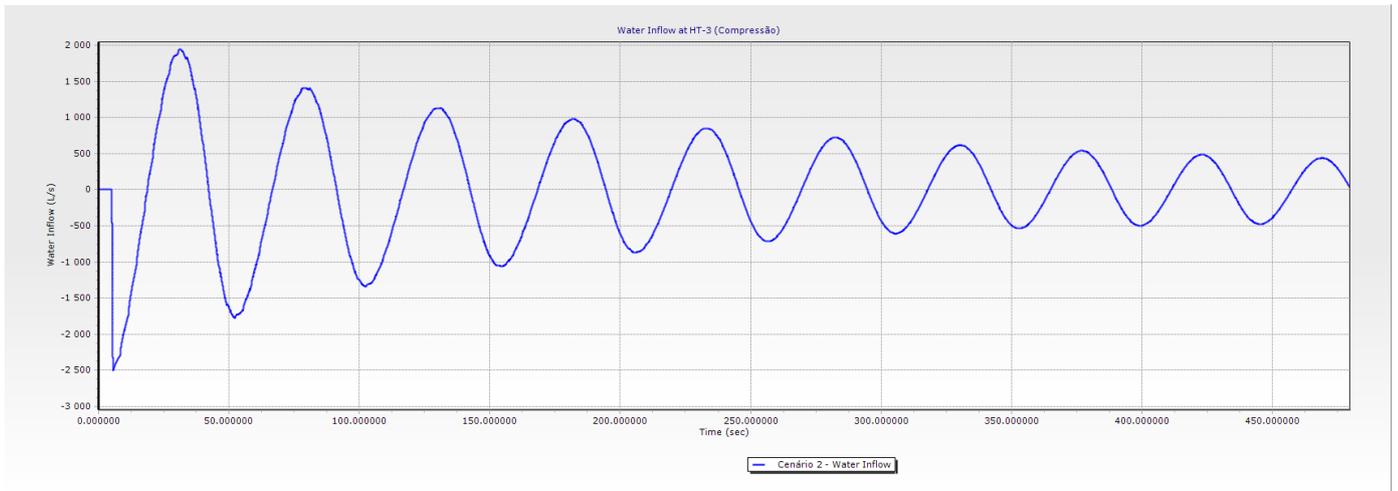


Figura 3.18 - Cenário 2 - Entrada/saída de água no RH 3 (circuito de compressão)

Tal como esperado, em nenhum instante de simulação o nível de água na chaminé de equilíbrio excede a cota do seu topo. Neste cenário, o nível de água no interior da chaminé varia entre as cotas 263,38 e 275,75 m.

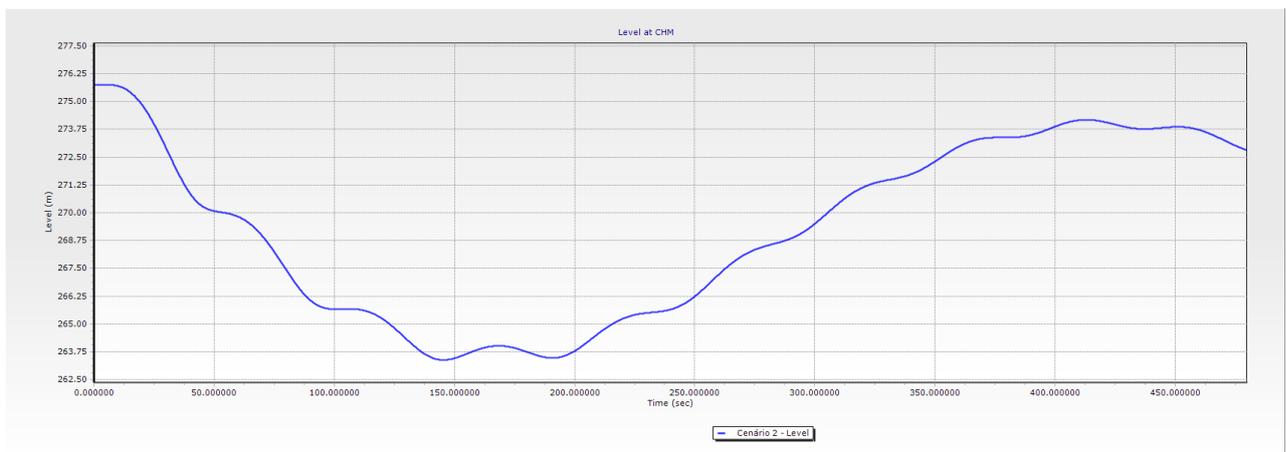


Figura 3.19 - Cenário 2 - Nível de água na chaminé de equilíbrio

3.4 CENÁRIO 3 – NÍVEL MÍNIMO NA ALBUFEIRA PARA CAUDAL MÁXIMO E RESERVATÓRIO NO NÍVEL DE ALARME BAIXO

As condições de fronteira de simulação deste cenário foram as seguintes:

- Albufeira – nível 230,0 m, correspondente ao nível mínimo para caudal máximo;
- Reservatório – nível 266,60 m, correspondente ao nível de alarme baixo.

Este cenário foi analisado com o objetivo de verificar o nível mínimo de água na chaminé de equilíbrio. Tal como nos subcapítulos anteriores, apresentam-se nas figuras seguintes as mesmas variáveis analisadas durante a ocorrência do regime transitório.

Como é possível observar, também neste cenário, em ambas as condutas não ocorrem pressões negativas e as pressões máximas estão de acordo com a classe de pressão adotada para cada troço de conduta.

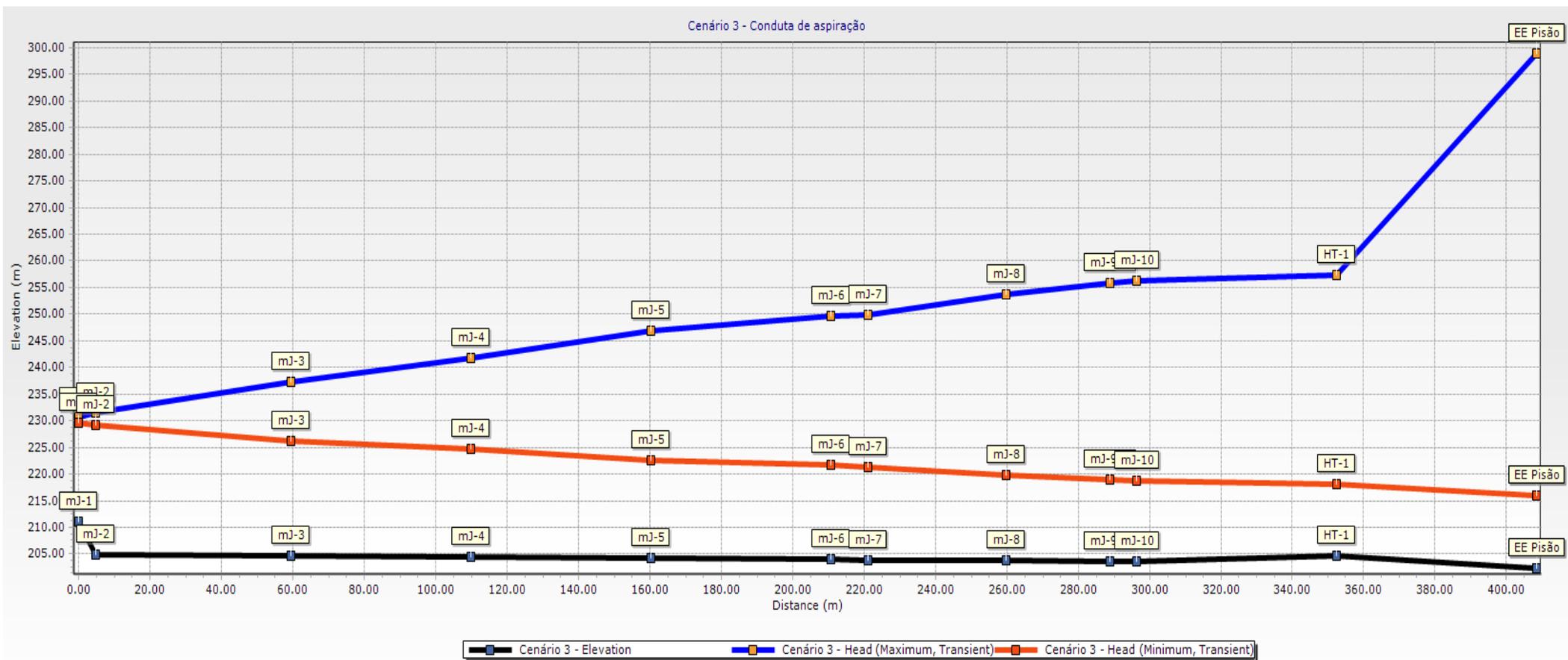


Figura 3.20 - Cenário 3 - Condução de aspiração - Envolvente de pressões máxima e mínima

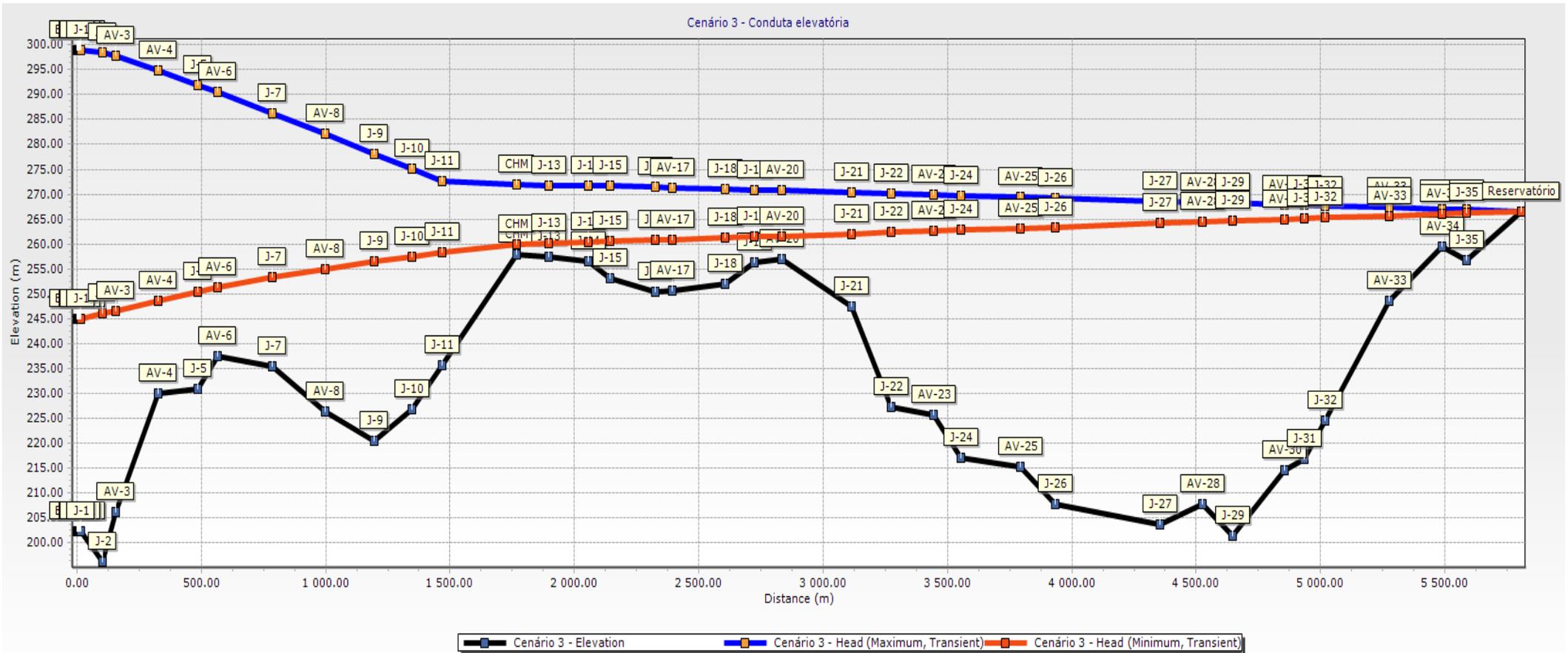


Figura 3.21 - Cenário 3 - Condução elevatória - Envolvente de pressões máxima e mínima

No RH 1 (circuito de aspiração) o volume de ar varia entre os 19 e os 42 m³. Nos RH 2 e 3 (circuito de compressão) o volume de ar varia entre 36 e os 64 m³.

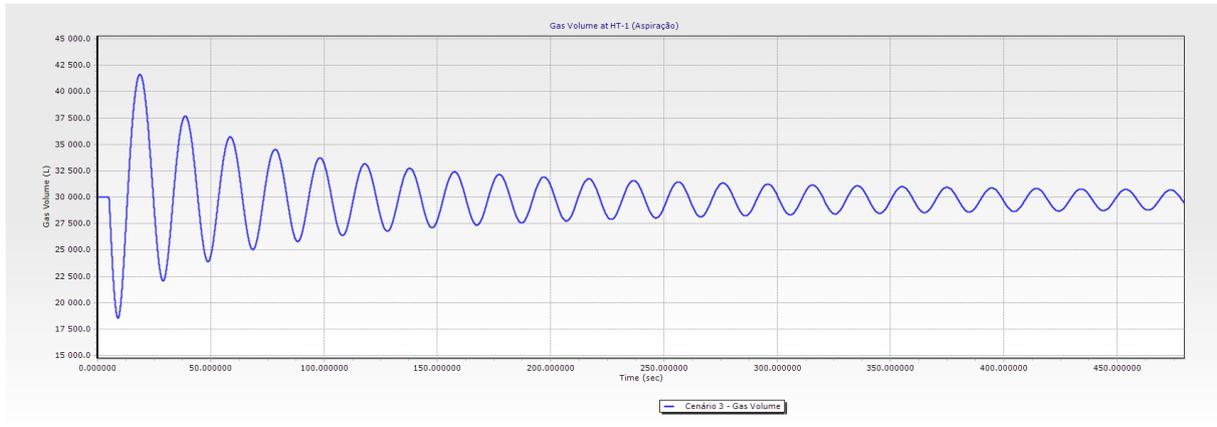


Figura 3.22 - Cenário 3 - Volume de ar no RH 1 (circuito de aspiração)

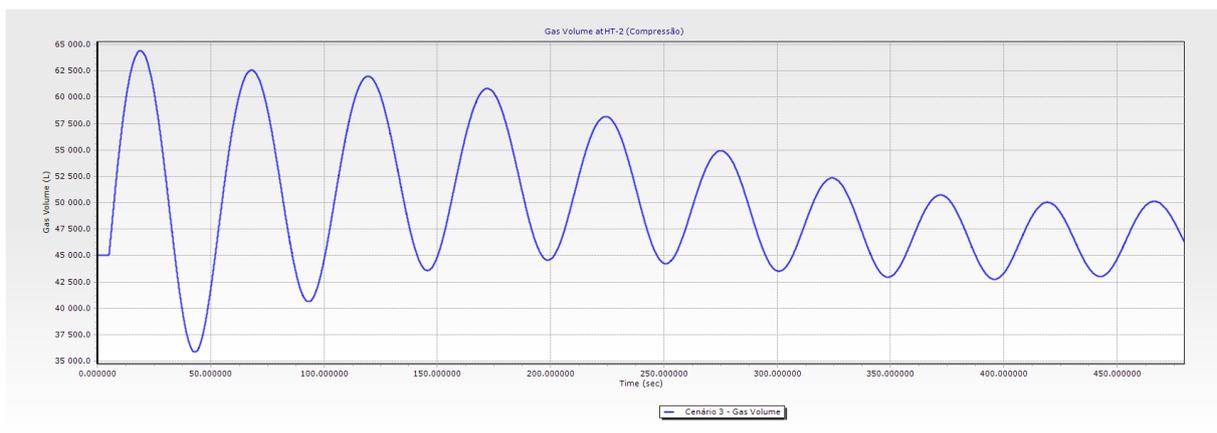


Figura 3.23 - Cenário 3 - Volume de ar no RH 2 (circuito de compressão)

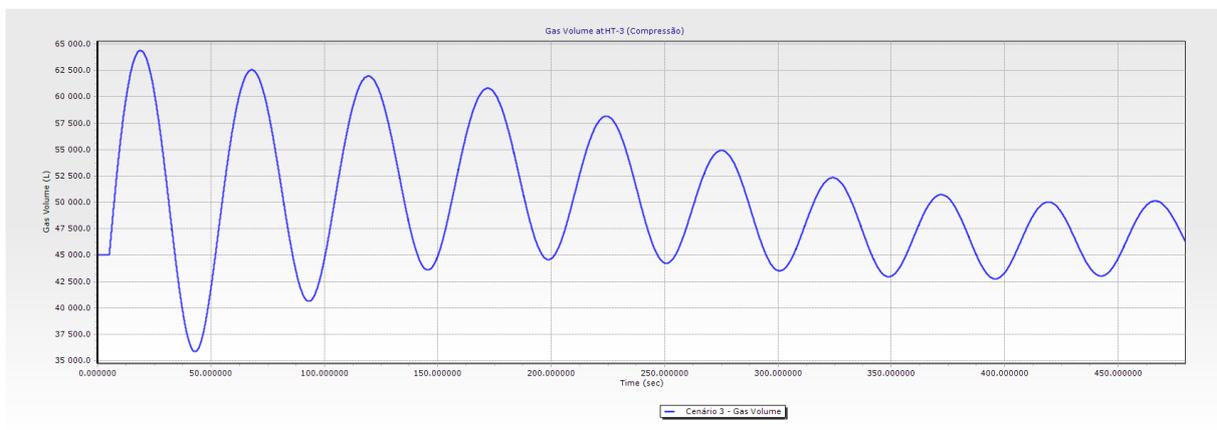


Figura 3.24 - Cenário 3 - Volume de ar no RH 3 (circuito de compressão)

Também neste cenário caudal de entrada ou saída dos RH encontra-se compatível com a variação do volume de ar no seu interior.

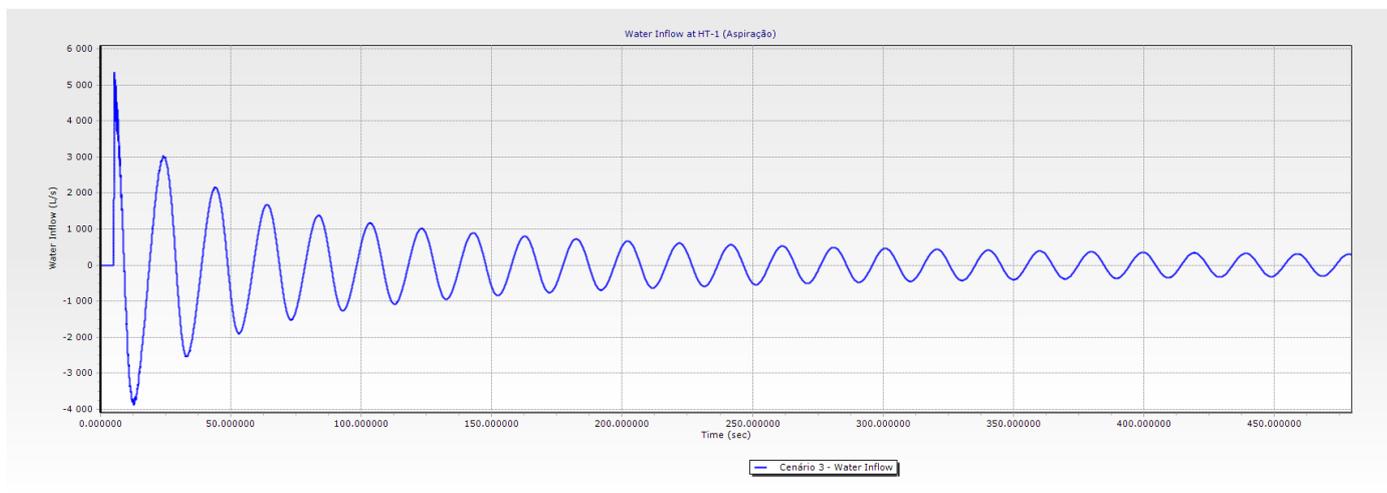


Figura 3.25 - Cenário 3 - Entrada/saída de água no RH 1 (circuito de aspiração)

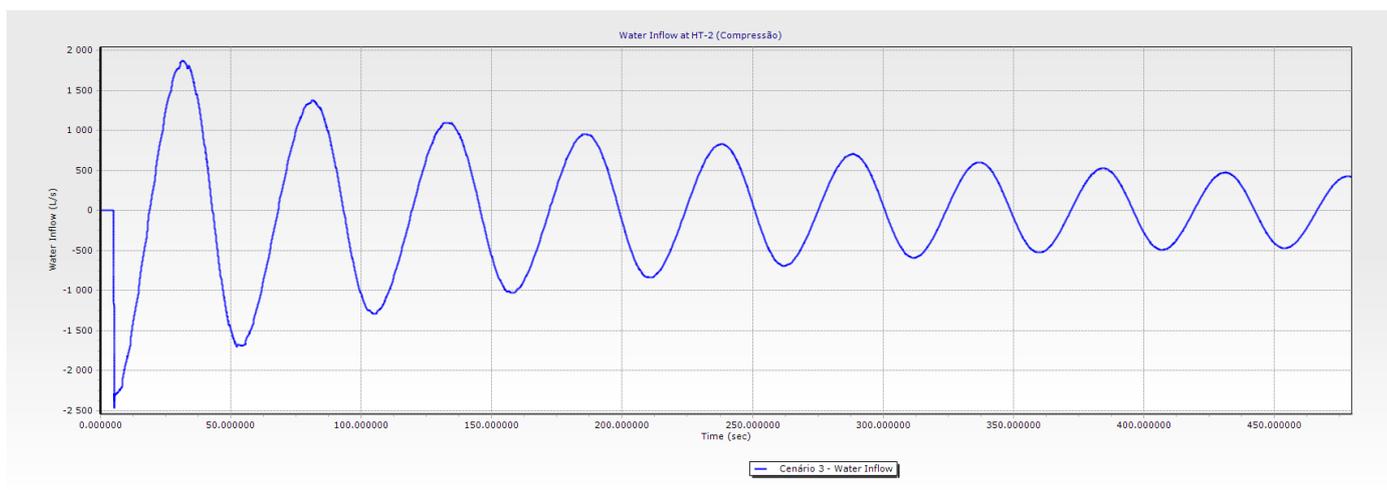


Figura 3.26 - Cenário 3 - Entrada/saída de água no RH 3 (circuito de compressão)



Figura 3.27 - Cenário 3 - Entrada/saída de água no RH 3 (circuito de compressão)

Neste cenário, o nível de água no interior da chaminé varia entre as cotas 260,01 e 271,93 m. Embora a cota piezométrica mínima neste local esteja mais próxima do extradorso da conduta, não se verifica o esvaziamento da chaminé de equilíbrio.

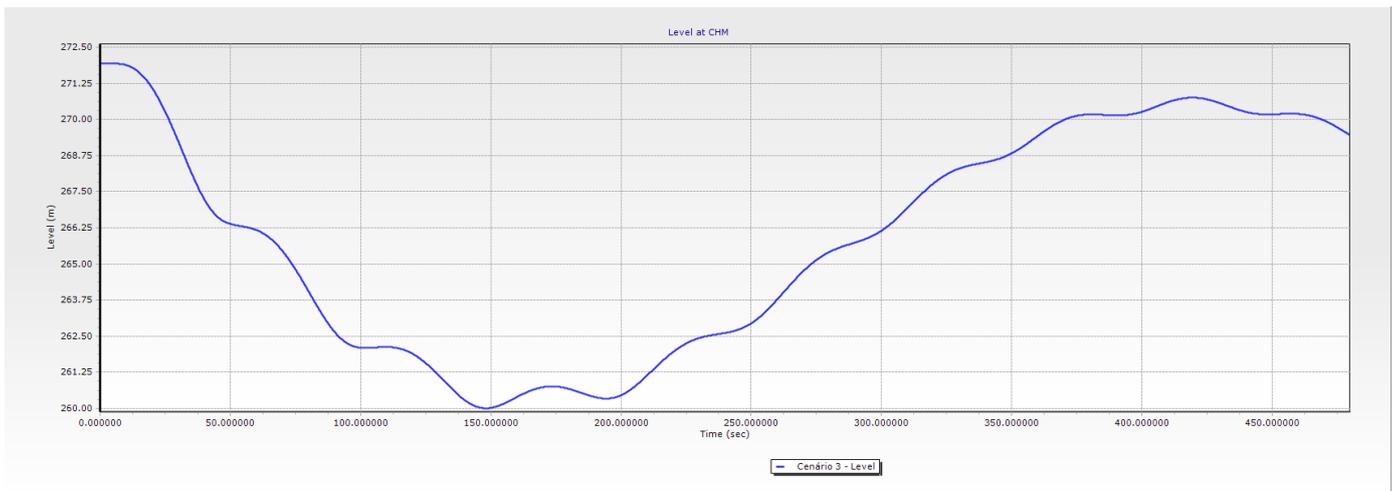


Figura 3.28 - Cenário 3 - Nível de água na chaminé de equilíbrio

3.5 CONCLUSÕES

Em todos os cenários simulados foi possível verificar o seguinte:

- A pressão máxima nas condutas durante a ocorrência do regime transitório é compatível com a classe de pressão adotada para as tubagens;
- A cota piezométrica mínima nunca cruza o eixo das condutas, o que significa que não correm pressões negativas ao longo do seu traçado durante a ocorrência de regime transitório;

- A variação do volume de ar nos RH é compatível com o seu volume total, isto é, nenhum RH se esvazia totalmente durante a ocorrência do regime transitório;
- A entrada ou saída de água nos RH durante a ocorrência do regime transitório é compatível com a variação do volume de ar no seu interior (as variações são coerentes);
- O nível de água na chaminé de equilíbrio nunca ultrapassa a cota do seu topo, provocando uma descarga superior, nem desce a um nível que provoque o seu esvaziamento.

Tendo em conta as conclusões acima apresentadas é possível garantir a integridade e segurança do sistema analisado com os dispositivos de proteção preconizados.

ANEXO III – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

DGADR

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME 1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
ANEXO III – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

ABRIL 2024

DGADR

*PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO*

VOLUME 1 – ESTAÇÃO ELEVATÓRIA
TOMO 1 - MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA
ANEXO III – DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

ABRIL 2024

CONTRATO: C871
FICHEIRO: C871-EEG-PE-VOL_I-TOMO_1-MEM_ANXIII-R2.DOCX

ÍNDICE

1	DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL.....	5
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	5
1.2	REGULAMENTOS ADOTADOS	5
1.3	MATERIAIS UTILIZADOS	5
1.4	AÇÕES.....	6
2	ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....	9
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	9
2.2	ESFORÇOS.....	10
2.2.1	Modelos de cálculo.....	10
2.2.2	Ações	11
2.2.3	Esforços	14
2.3	LAJES DE COBERTURA.....	24
2.4	LAJES TÉRREAS	24
2.5	PAREDES EXTERIORES	25
2.6	PILARES.....	26
2.7	VIGAS	30
2.8	VIGAS DE FUNDAÇÃO	39
2.9	FUNDAÇÕES	41
2.9.1	Tensão admissível.....	41
2.9.2	Verificação das tensões transmitidas à fundação.....	41
2.9.3	Dimensionamento estrutural das sapatas	42
3	ESTRUTURA DE SUPORTE DO RH DOS CIRCUITOS DE ASPIRAÇÃO	43
3.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	43
3.2	ESFORÇOS.....	43
3.2.1	Modelo de Cálculo	43
3.2.2	Ações	44
3.2.3	Esforços	44
3.3	LAJE DE FUNDO	50
3.3.1	Estado Limite Último de Flexão	50
3.4	LAJE DE TOPO.....	51
3.4.1	Estado Limite Último de Flexão	51
3.5	PAREDES EXTERIORES	51
3.5.1	Estado Limite Último de Flexão	51
3.6	MURO DE PROTEÇÃO	52
3.6.1	Estado Limite Último de Flexão	52
4	ESTRUTURA DE SUPORTE DO RH DE PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS DE COMPRESSÃO	53
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	53

4.2	ESFORÇOS.....	53
4.2.1	Modelo de Cálculo	53
4.2.2	Ações	54
4.2.3	Esforços	54
4.3	LAJE DE FUNDO	59
4.3.1	Estado Limite Último de Flexão	59
4.4	LAJE DE TOPO.....	59
4.4.1	Estado Limite Último de Flexão	59
4.5	PAREDES.....	60
4.5.1	Estado Limite Último de Flexão	60

QUADROS NO TEXTO

QUADRO 2.1	– DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DA LAJE DE COBERTURA	24
QUADRO 2.2	– DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DA LAJES TÉRREAS.....	25
QUADRO 2.3	– DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DAS PAREDES EXTERIORES	25
QUADRO 2.4	– DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DOS PILARES P1.....	27
QUADRO 2.5	– DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DOS PILARES P2.....	28
QUADRO 2.6	– DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA DOS PILARES P3.....	29
QUADRO 2.7	– VIGA V1. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	30
QUADRO 2.8	– VIGA V1. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	31
QUADRO 2.9	– VIGA V2. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	31
QUADRO 2.10	– VIGA V2. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	32
QUADRO 2.11	– VIGA V3. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	32
QUADRO 2.12	– VIGA V3. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	33
QUADRO 2.13	– VIGA V4. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	33
QUADRO 2.14	– VIGA V4. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	34
QUADRO 2.15	– VIGA V5. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	34
QUADRO 2.16	– VIGA V5. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	35
QUADRO 2.17	– VIGA V6. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	35
QUADRO 2.18	– VIGA V6. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	36
QUADRO 2.19	– VIGA V7. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	36
QUADRO 2.20	– VIGA V7. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	37
QUADRO 2.21	– VIGA V8. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	37
QUADRO 2.22	– VIGA V8. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	38
QUADRO 2.23	– VIGA VF1. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR	39
QUADRO 2.24	–VIGA VF1. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	40
QUADRO 2.25	–VIGA VF2. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA SUPERIOR.....	40
QUADRO 2.26	–VIGA VF2. DIMENSIONAMENTO DA ARMADURA INFERIOR	41
QUADRO 2.27	–DIMENSIONAMENTO DAS SAPATAS	42
QUADRO 3.1	–DIMENSIONAMENTO LAJE DE FUNDO.....	50
QUADRO 3.2	–DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TOPO	51

QUADRO 3.3 –DIMENSIONAMENTO DAS PAREDES EXTERIORES.....	51
QUADRO 3.4 –DIMENSIONAMENTO DO MURO DE PROTEÇÃO	52
QUADRO 4.1 –DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO	59
QUADRO 4.2 –DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TOPO	59
QUADRO 4.3 –DIMENSIONAMENTO DAS PAREDES	60

FIGURAS NO TEXTO

FIGURA 2.1 – DIVISÃO DO EDIFÍCIO DA ESTAÇÃO ELEVATÓRIA.....	9
FIGURA 2.2 – MODELOS DE CÁLCULO	10
FIGURA 2.3 – AÇÃO SÍSMICA REGULAMENTAR.....	12
FIGURA 2.4 – CORPO A. LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA	14
FIGURA 2.5 – CORPO A. LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA	14
FIGURA 2.6 – CORPO A. LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA	15
FIGURA 2.7 – CORPO A. LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	15
FIGURA 2.8 – CORPO A. LAJE TÉRREA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA	16
FIGURA 2.9 – CORPO A. LAJE TÉRREA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	16
FIGURA 2.10 – CORPO A. LAJE TÉRREA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA	16
FIGURA 2.11 – CORPO A. LAJE TÉRREA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	17
FIGURA 2.12 – CORPO B. LAJES DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA... ..	17
FIGURA 2.13 – CORPO B. LAJES DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA	17
FIGURA 2.14 – CORPO B. LAJES DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA	18
FIGURA 2.15 – CORPO B. LAJES DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÍNIMA	18
FIGURA 2.16 – CORPO B. LAJES TÉRREAS. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA	18
FIGURA 2.17 – CORPO B. LAJES TÉRREAS. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA	19
FIGURA 2.18 – CORPO B. LAJES TÉRREAS. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA	19
FIGURA 2.19 – CORPO B. LAJES TÉRREAS. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	19
FIGURA 2.20 – CORPO B. PAREDES EXTERIORES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA	20
FIGURA 2.21 – CORPO B. PAREDES EXTERIORES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA	20
FIGURA 2.22 – CORPO B. PAREDES EXTERIORES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA	20
FIGURA 2.23 – CORPO B. PAREDES EXTERIORES. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÍNIMA	21
FIGURA 2.24 – CORPO C. LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA	21
FIGURA 2.25 – CORPO C. LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	21
FIGURA 2.26 – CORPO C. LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	22
FIGURA 2.27 – CORPO C. LAJE DE COBERTURA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	22
FIGURA 2.28 – CORPO C. LAJE TÉRREA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA	22
FIGURA 2.29 – CORPO C. LAJE TÉRREA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA	23
FIGURA 2.30 – CORPO C. LAJE TÉRREA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA	23
FIGURA 2.31 – CORPO C. LAJE TÉRREA. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	23
FIGURA 3.1 – MODELO DE CÁLCULO	43
FIGURA 3.2 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	45
FIGURA 3.3 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYY. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	45
FIGURA 3.4 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MXX. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	45

FIGURA 3.5 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA	46
FIGURA 3.6 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	46
FIGURA 3.7 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA	46
FIGURA 3.8 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	47
FIGURA 3.9 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA	47
FIGURA 3.10 – PAREDE EXTERIOR. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	47
FIGURA 3.11 – PAREDE EXTERIOR. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA	48
FIGURA 3.12 – PAREDE EXTERIOR. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	48
FIGURA 3.13 – PAREDE EXTERIOR. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA	48
FIGURA 3.14 – MURO DE PROTEÇÃO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	49
FIGURA 3.15 – MURO DE PROTEÇÃO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	49
FIGURA 3.16 – MURO DE PROTEÇÃO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	49
FIGURA 3.17 – MURO DE PROTEÇÃO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA	50
FIGURA 4.1 – MODELO DE CÁLCULO	53
FIGURA 4.2 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	55
FIGURA 4.3 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA.....	55
FIGURA 4.4 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	55
FIGURA 4.5 – LAJE DE TOPO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA	56
FIGURA 4.6 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	56
FIGURA 4.7 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA	56
FIGURA 4.8 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	57
FIGURA 4.9 – LAJE DE FUNDO. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA	57
FIGURA 4.10 – PAREDE EXTERIOR. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	57
FIGURA 4.11 – PAREDE EXTERIOR. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES MYy. ENVOLVENTE MÍNIMA	58
FIGURA 4.12 – PAREDE EXTERIOR. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÁXIMA.....	58
FIGURA 4.13 – PAREDE EXTERIOR. DIAGRAMA DE MOMENTOS FLETORES Mxx. ENVOLVENTE MÍNIMA	58

1 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

As dimensões adotadas para os diferentes elementos estruturais, resultaram não só de considerações de natureza estrutural mas também de condicionantes hidráulicas e / ou geotécnicas.

Nos pontos seguintes são abordados os pressupostos gerais de dimensionamento estrutural do edifício da Estação Elevatória e estruturas de suporte dos Reservatórios Hidropneumáticos de proteção dos circuitos de compressão e dos circuitos de aspiração. Para as restantes estruturas incluídas neste projeto foram seguidos os mesmos critérios aqui identificados apenas não se apresentam os seus cálculos estruturais pois tratam-se de elementos correntes e sem quaisquer especificidades de cálculo.

1.2 REGULAMENTOS ADOTADOS

No dimensionamento da estrutura foi adotada a regulamentação em vigor em Portugal à data da realização do projeto, ou seja:

a) Ações incidindo sobre a estrutura e critérios de verificação da segurança:

“Eurocódigo n.º 1 – Ações em Estruturas”.

“Eurocódigo n.º 8 – Projecto de estruturas para resistência aos sismos.”.

b) Betão armado

“Eurocódigo 2 – Projeto de Estruturas de Betão” (ENV 1992 – 1 -1:1991).

1.3 MATERIAIS UTILIZADOS

Salvo indicação em contrário, os materiais estruturais a utilizar na construção são os seguintes:

- Betão C30/37 XC2 (Estação elevatória) e XC4 (Estruturas de suporte dos RH);
- Aço em armaduras (varões): A500NR.
- Aço em armaduras (malha eletrossoldada): A500EL.

O recobrimento nominal mínimo das armaduras será, em geral de 45 mm, sendo sempre indicado nas peças desenhadas.

1.4 AÇÕES

Ações permanentes

- Peso específico do betão armado
- Peso dos revestimentos

Ações variáveis

- Sobrecargas de utilização

Para cada um dos órgãos foram utilizadas as sobrecargas de utilização específicas previstas no Eurocódigo n.º 1. Os seus valores encontram-se registados nos capítulos correspondentes à estrutura em causa.

- Sismo

A ação dos sismos foi tida em consideração no dimensionamento de acordo com as prescrições do Eurocódigo n.º 8.

Combinações de ações

As ações foram combinadas de acordo com o estipulado no Eurocódigo n.º1.

Breve descrição dos métodos de cálculo utilizados

No cálculo recorreu-se ao uso de um programa de cálculo automático, permitindo o cálculo espacial integrado da estrutura.

O programa utilizado executa o cálculo da estrutura em 3D, por métodos matriciais de rigidez, considerando todos os elementos que a definem: paredes resistentes, vigas, lajes maciças em elementos de casca. Pilares, vigas e outros elementos lineares são discretizados com elementos tipo barra, por geração de uma malha formada por barras de elementos finitos.

Para todos os estados de carga será realizado um cálculo estático, supondo um comportamento elástico e linear dos materiais (cálculo de 1ª ordem), com vista à obtenção de deslocamentos e esforços. O programa também considera de uma forma automática, os efeitos de 2ª ordem, devidos à amplificação dos esforços obtidos por efeito das cargas horizontais.

No que respeita ao cálculo dos efeitos da ação sísmica, o programa efetua uma análise dinâmica, por análise modal espectral da estrutura, utilizando para o efeito os espectros de resposta médios de dimensionamento.

Para efetuar a análise dinâmica o programa cria a matriz de massas e a matriz de rigidez, para cada elemento da estrutura. Seguidamente condensa as matrizes de rigidez e massas, para obter outras reduzidas e que unicamente contêm os graus de liberdade dinâmicos, sobre os quais se fará a decomposição modal. Esta será feita recorrendo a um método iterativo, cujo resultado fornecerá os valores próprios e vetores próprios, correspondentes à diagonalização da matriz de rigidez com as massas.

Obtêm-se assim os modos de vibração condensados, a partir dos quais o programa obtém os coeficientes de participação para cada direção e as frequências naturais de vibração naturais de vibração, com as quais o programa entra no espectro de resposta médio selecionado, obtendo a aceleração de dimensionamento para cada modo de vibração, e cada grau de liberdade dinâmico. Finalmente procede-se à sobreposição modal, através da qual se obtém os valores máximos de cada esforço, deslocamento, etc., numa ação dinâmica dada.

2 ESTAÇÃO ELEVATÓRIA

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Trata-se de uma estrutura porticada, composta por uma laje de cobertura, apoiada em vigas perimetrais e transversais de vãos importantes, pilares apoiados diretamente no terreno e ligados entre si por vigas de fundação. Por questões de condicionamentos, quer estruturais, quer hidráulicas, optou-se por fazer a divisão do edifício em 3 corpos (A, B e C).

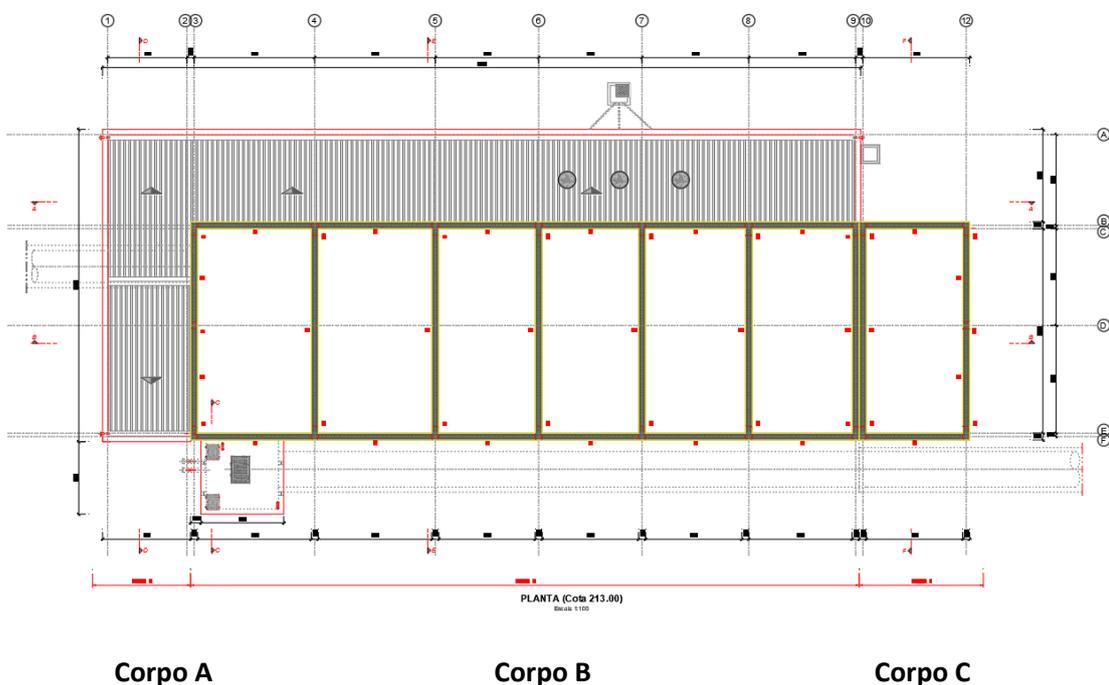


Figura 2.1 – Divisão do edifício da estação elevatória

Em termos de fundação, a estrutura dos corpos A e C, os pilares serão assentes no terreno por meio de sapatas de fundação, ligadas entre si por meio de vigas de rigidez. No caso do corpo B, a solução é um misto entre uma laje de fundo e um conjunto de sapatas isoladas, ligadas entre si e às paredes periféricas da nave de grupos, por meio de vigas de rigidez que garantirão a continuidade da distribuição de esforços.

2.2 ESFORÇOS

2.2.1 MODELOS DE CÁLCULO

Os modelos de cálculo efetuados contemplam elementos finitos de laje (SHELL), em regime elástico linear, e encontram-se ilustrados nas figuras seguintes:

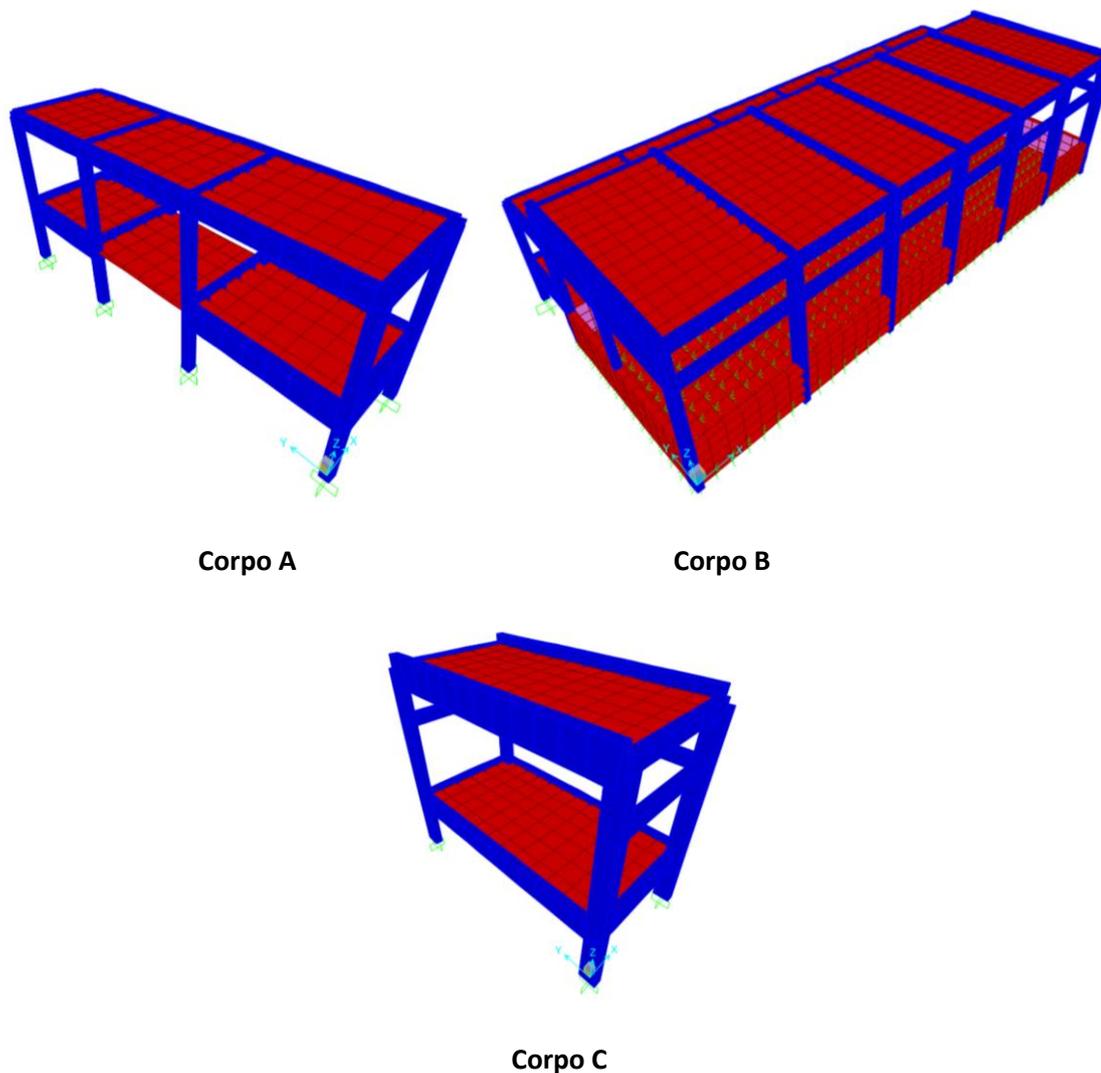


Figura 2.2 – Modelos de cálculo

Para o cálculo desta estrutura foram utilizadas as seguintes convenções:

- Elemento Finito tipo SHELL – Elementos “laje” de 4 nós;
- M11 – Momento fletor nos elementos “shell” na direção local 1 (kN.m/m);
- M22 – Momento fletor nos elementos “shell” na direção local 2 (kN.m/m);
- F11 – Esforço axial nos elementos “shell” na direção local 1 (kN/m);

- F22 – Esforço axial nos elementos “shell” na direção local 2 (kN/m);
- V13 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direção local 1 (kN/m);
- V23 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direção local 2 (kN/m);

2.2.2 AÇÕES

Ações Permanentes

- | | |
|--|-------------------------|
| • Peso específico do betão armado (PP) | 25.00 kN/m ³ |
| • Ação do Terreno (IK0) | 19.00 kN/m ³ |
| • Peso do revestimento da cobertura (PPNE) | 4.00 kN/m ² |
| • Peso das paredes exteriores (PPNE) | 8.00 kN/m |
| • Peso dos Equipamentos e Revestimentos (EQUIP) | 5.00 kN/m ² |
| • Peso / Capacidade da ponte rolante (EQUIP – Corpo B) | 60 kN |

Sobrecarga de utilização

- | | |
|--|---|
| • Sobrecarga uniformemente distribuída (SC1) | 1.00 kN/m ² / 5.00 kN/m ² |
| • Sobrecarga nas paredes (SC2) | 5.00 kN/m ² |

Ação Sísmica

Utilizados os espectros de resposta previsto no Eurocódigo n.º 8 para Portugal para a zona em causa (1.5 / 2.4), bem como a caracterização do terreno compatível (Terreno tipo C). Apesar dos resultados da prospeção efetuada indicarem um solo do tipo A, por questões de segurança foi adotada uma caracterização do terreno do tipo C.

Em Portugal os valores da aceleração máxima de referência a_{gR} para as várias zonas sísmicas e para os dois tipos de acção sísmica a considerar são os indicados no Quadro NA.I.

Quadro NA.I – Aceleração máxima de referência a_{gR} (m/s²) nas várias zonas sísmicas

Acção sísmica Tipo 1		Acção sísmica Tipo 2	
Zona Sísmica	a_{gR} (m/s ²)	Zona Sísmica	a_{gR} (m/s ²)
1.1	2,5	2.1	2,5
1.2	2,0	2.2	2,0
1.3	1,5	2.3	1,7
1.4	1,0	2.4	1,1
1.5	0,6	2.5	0,8
1.6	0,35	–	–

O zonamento sísmico para Portugal Continental, para o Arquipélago da Madeira e para o Arquipélago dos Açores é estabelecido, por Concelho, de acordo com a informação constante do Anexo NA.I, e ilustrado nas Figuras NA.I, NA.II e NA.III.

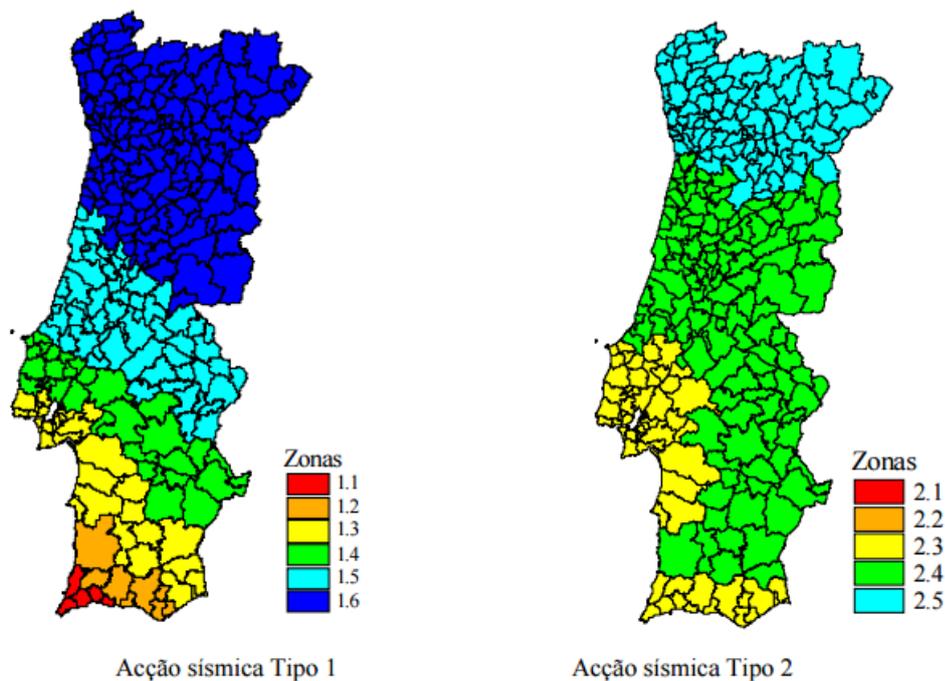


Figura 2.3 – Acção sísmica regulamentar

Ação da Variação de Temperatura

Foram considerados, para o Corpo B, os parâmetros de definição da ação da variação de temperatura definidos no Anexo Nacional, da parte 1-5, do Eurocódigo n.º1, nomeadamente:

Quadro NA-5.1 – Temperaturas indicativas T_{in} para ambientes interiores

Estação	Temperatura T_{in}
Verão	$T_1 = 25\text{ °C}$
Inverno	$T_2 = 18\text{ °C}$

Quadro NA-5.2 – Temperaturas indicativas T_{out} para zonas de edificios acima do solo

Estação	Factor significativo		Temperatura T_{out} em °C
Verão	Absorvidade relativa dependente da cor da superfície	0,5 superfície clara brilhante	$T_{max} + T_3$
		0,7 superfície de cor clara	$T_{max} + T_4$
		0,9 superfície escura	$T_{max} + T_5$
Inverno			T_{min}
Devem utilizar-se os seguintes valores: $T_3 = 0\text{ °C}; T_4 = 2\text{ °C}; T_5 = 5\text{ °C}$ Os valores de T_{out} assim obtidos, são válidos para superfícies horizontais ou viradas a Oeste. Para ter em conta outras orientações da superfície, o valor T_{out} pode ser multiplicado pelo coeficiente η obtido a partir da seguinte expressão empírica: $\eta = 0,9 + 0,1 \times \text{sen}[(\beta / 360^\circ)^{2,5} \times 360^\circ - 90^\circ]$ onde β representa o ângulo, em graus, que a normal exterior do elemento estrutural faz com o Norte, medido no sentido horário (ex.: N $\rightarrow \beta = 0^\circ$; S $\rightarrow \beta = 180^\circ$; SO $\rightarrow \beta = 225^\circ$).			

Quadro NA-5.3 – Temperaturas indicativas T_{out} para zonas de edificios enterradas

Estação	Profundidade abaixo do solo	Temperatura T_{out}		
Verão	Inferior a 1m	$T_6 = 18\text{ °C}$		
	Superior a 1m	$T_7 = 15\text{ °C}$		
Inverno	Inferior a 1m	T_8		
	Superior a 1m	T_9		
No Inverno os valores de T_8 e T_9 dependem da zona em que se encontra o edificio. A delimitação das zonas A, B e C encontra-se definida em NA-A.1(1).				
Profundidade:				
	Zona A	Zona B	Zona C	
	Inferior a 1 m (T_8)	0 °C	5 °C	10 °C
	Superior a 1 m (T_9)	3 °C	8 °C	13 °C

Ação da Fluência de betão

Esta ação foi assemelhada, apenas para o Corpo B, a uma variação de temperatura de -15°:

2.2.3 ESFORÇOS

Para o dimensionamento dos elementos estruturais foram consideradas as combinações de ações regulamentares.

As figuras seguintes ilustram o Diagrama de Momentos Fletores da estrutura quando sujeita a esta combinação de ações.

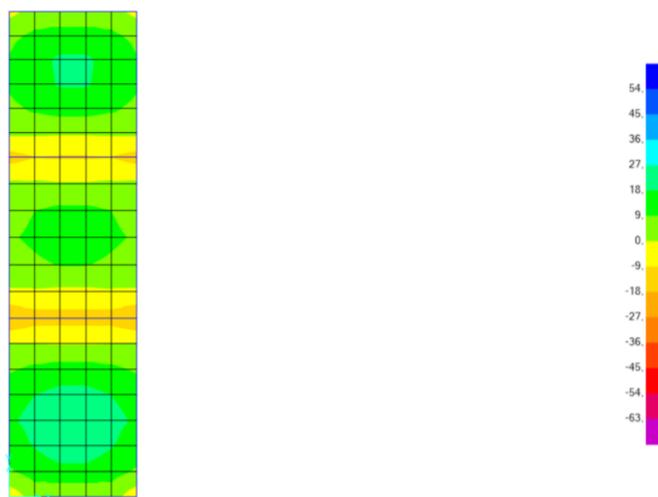


Figura 2.4 – Corpo A. Laje de Cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolvente máxima

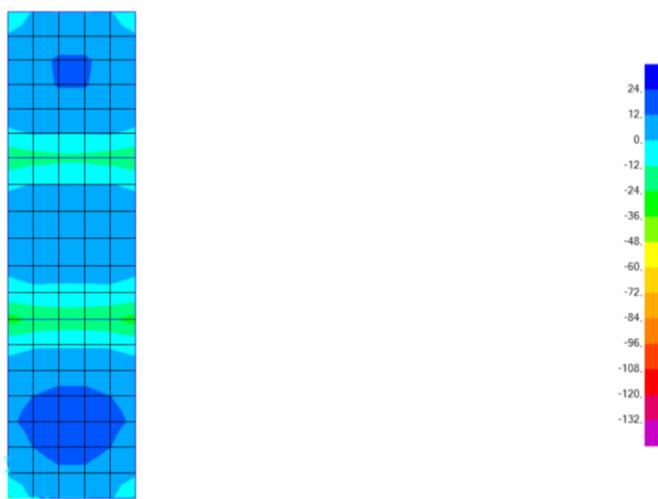


Figura 2.5 – Corpo A. Laje de Cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolvente mínima

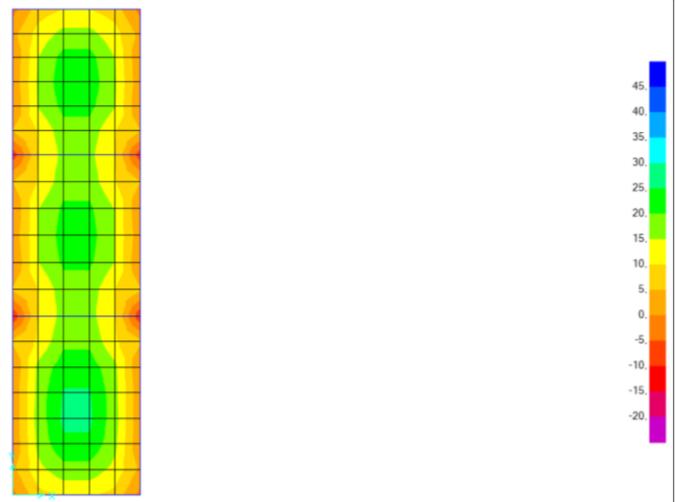


Figura 2.6 – Corpo A. Laje de Cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolve máxima

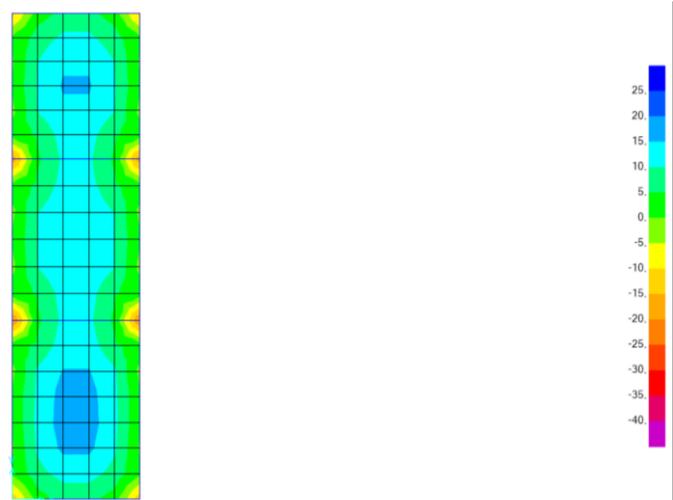


Figura 2.7 – Corpo A. Laje de Cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolve mínima

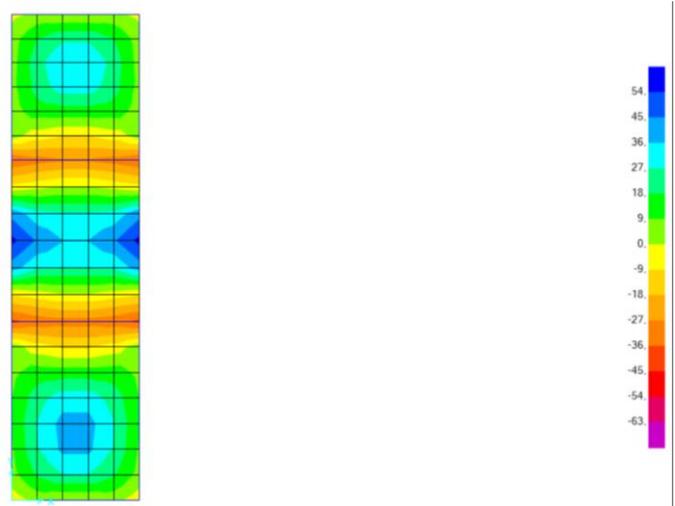


Figura 2.8 – Corpo A. Laje térrea. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltória máxima

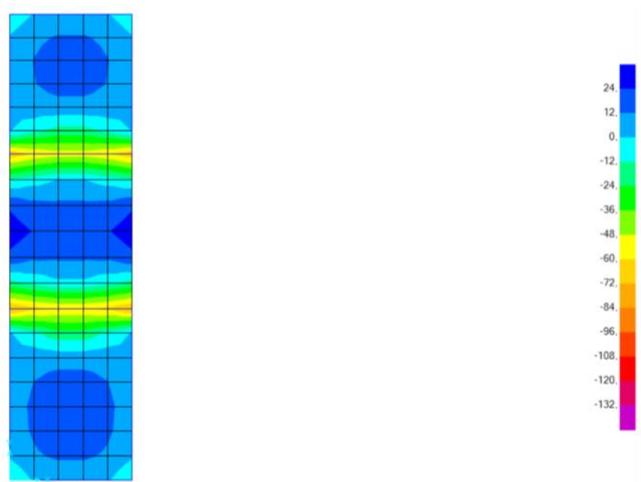


Figura 2.9 – Corpo A. Laje térrea. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltória mínima

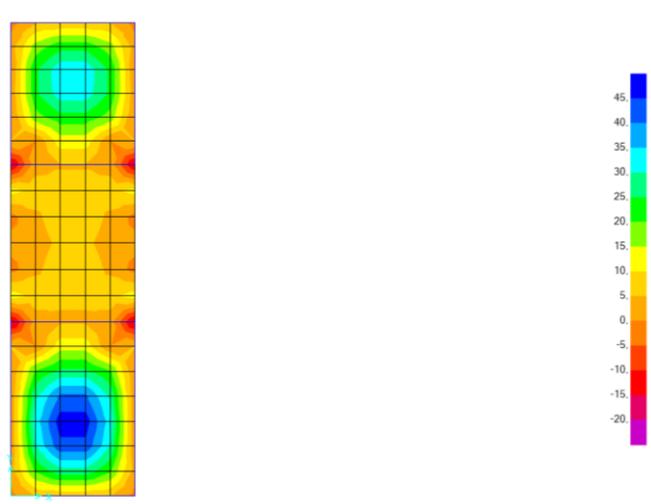


Figura 2.10 – Corpo A. Laje térrea. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltória máxima

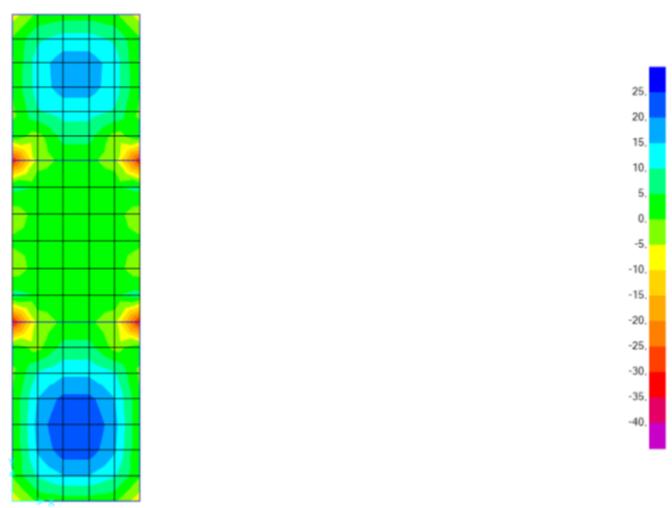


Figura 2.11 – Corpo A. Laje térrea. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente mínima

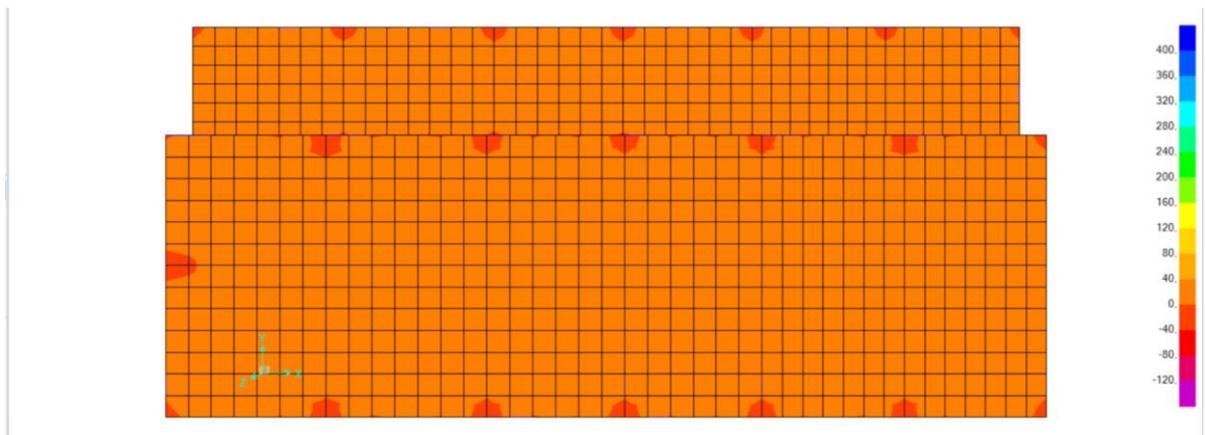


Figura 2.12 – Corpo B. Lajes de cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltente máxima

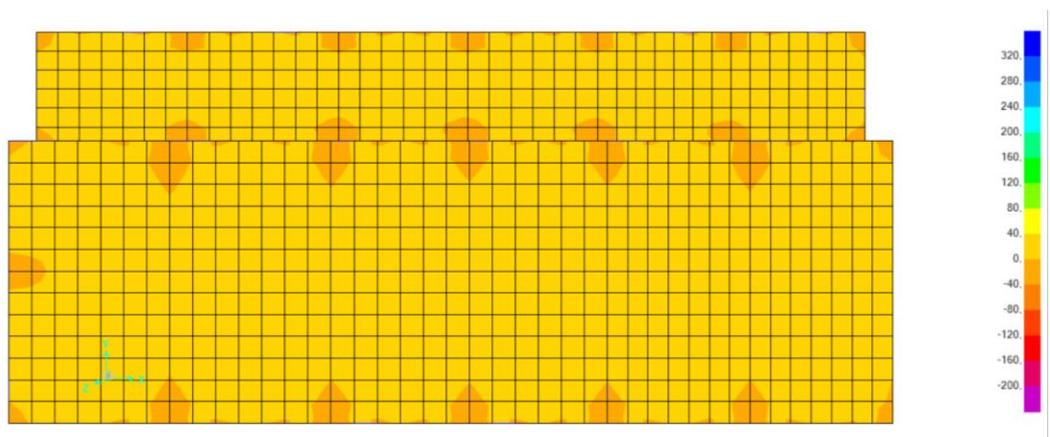


Figura 2.13 – Corpo B. Lajes de cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltente mínima

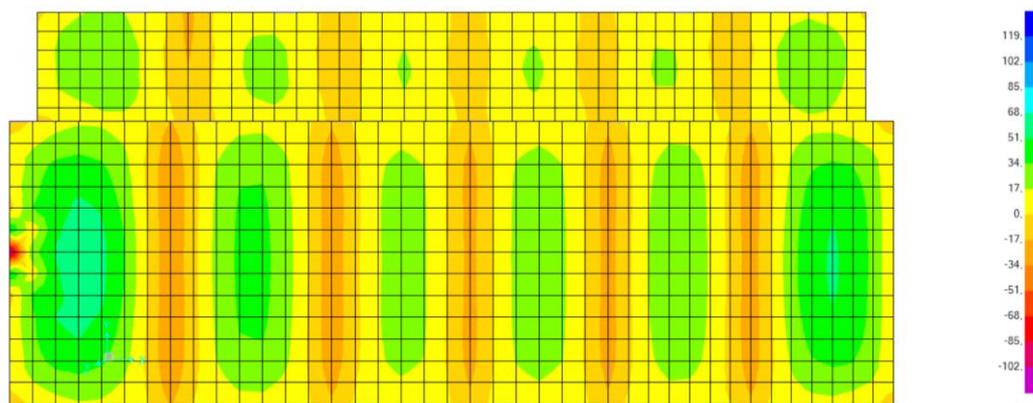


Figura 2.14 – Corpo B. Lajes de cobertura. Diagrama de Momentos Fletores M_{xx} . Envolve máxima

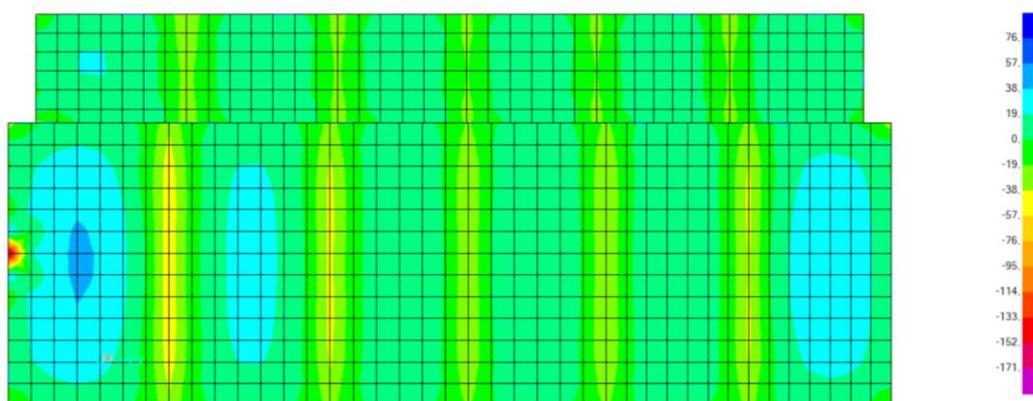


Figura 2.15 – Corpo B. Lajes de cobertura. Diagrama de Momentos Fletores M_{xx} . Envolve mínima

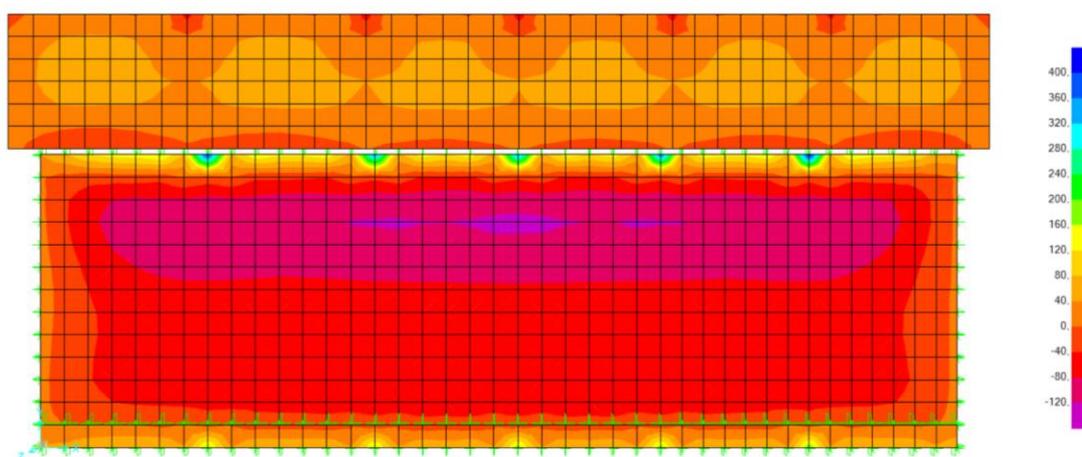


Figura 2.16 – Corpo B. Lajes térreas. Diagrama de Momentos Fletores M_{yy} . Envolve máxima

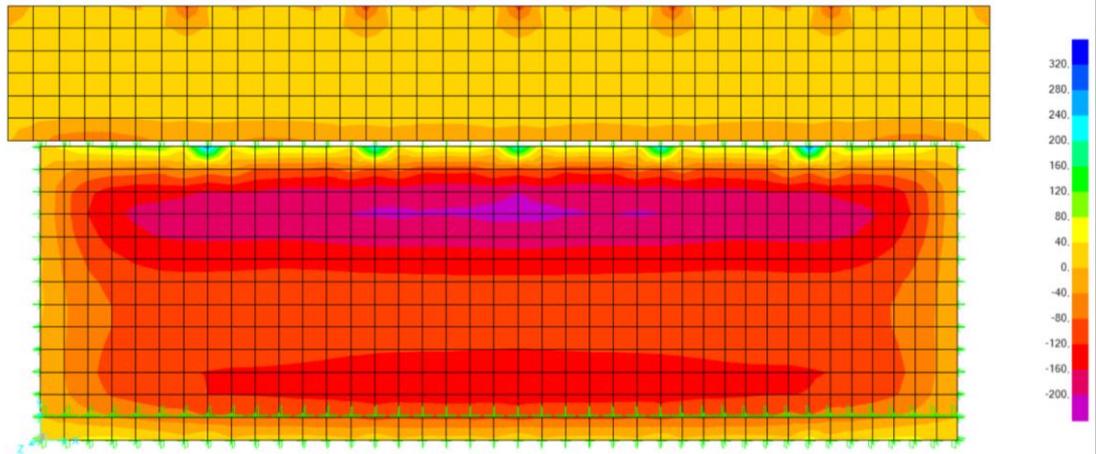


Figura 2.17 – Corpo B. Lajes térrea. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltente mínima

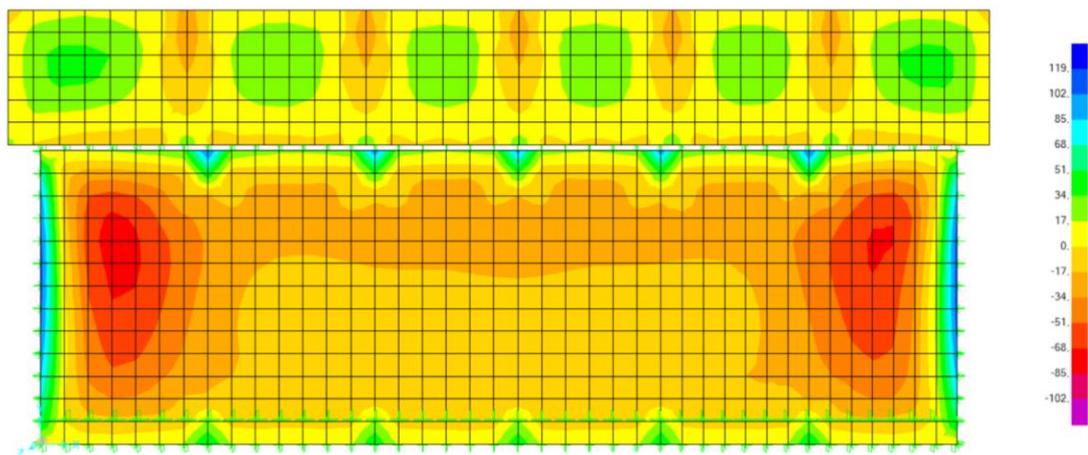


Figura 2.18 – Corpo B. Lajes térreas. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente máxima

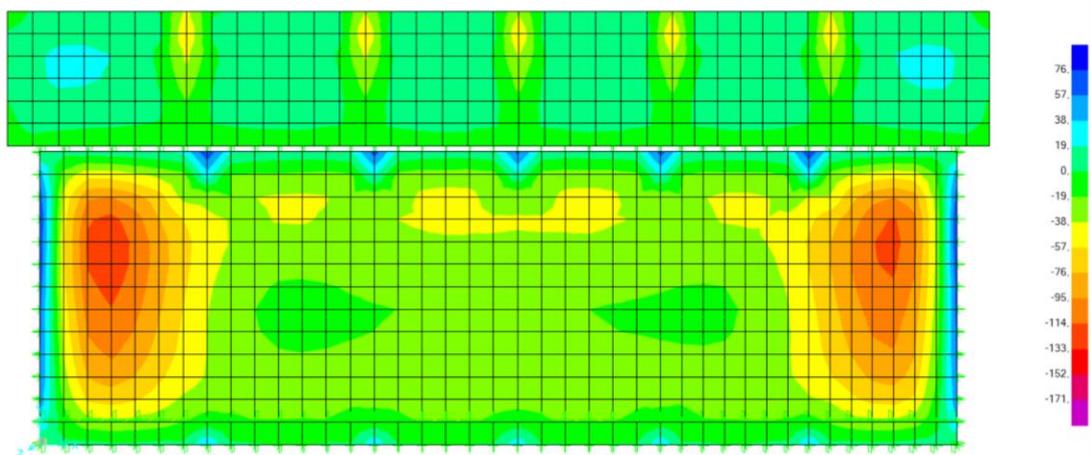


Figura 2.19 – Corpo B. Lajes térreas. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente mínima

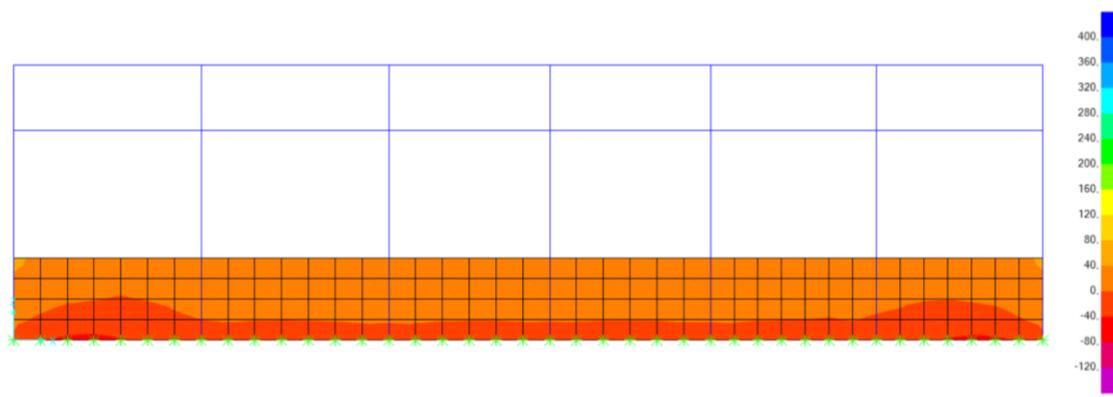


Figura 2.20 – Corpo B. Paredes exteriores. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolve máxima

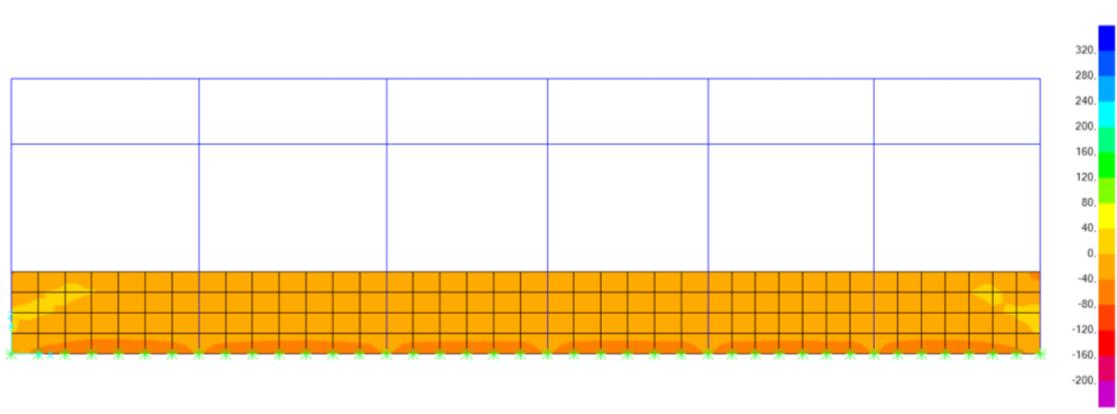


Figura 2.21 – Corpo B. Paredes exteriores. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolve mínima

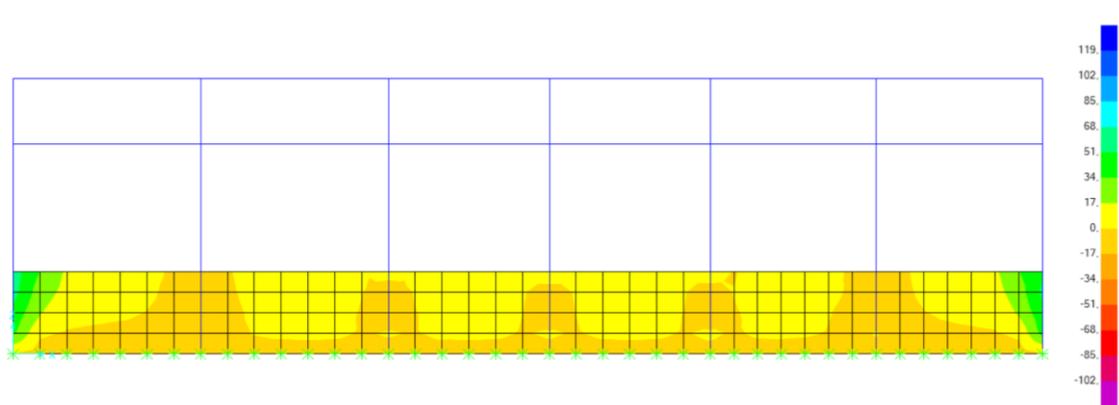


Figura 2.22 – Corpo B. Paredes exteriores. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolve máxima



Figura 2.23 – Corpo B. Paredes exteriores. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltória mínima

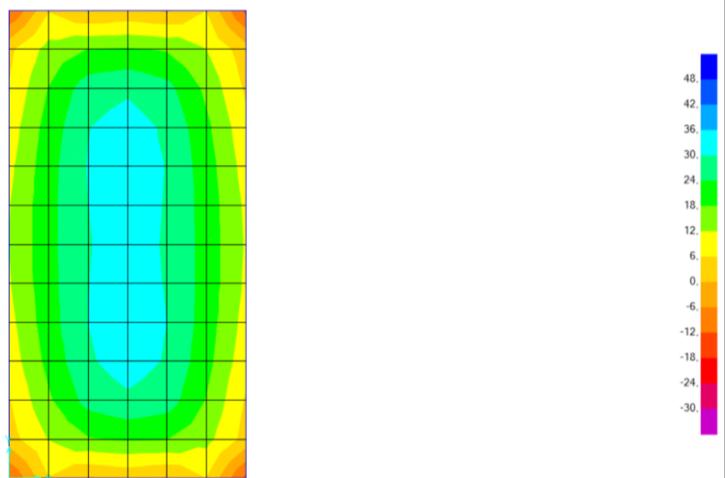


Figura 2.24 – Corpo C. Laje de cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltória máxima

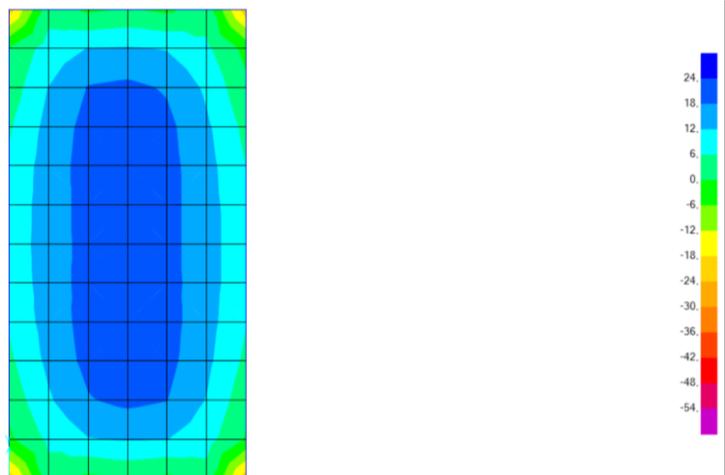


Figura 2.25 – Corpo C. Laje de cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltória mínima

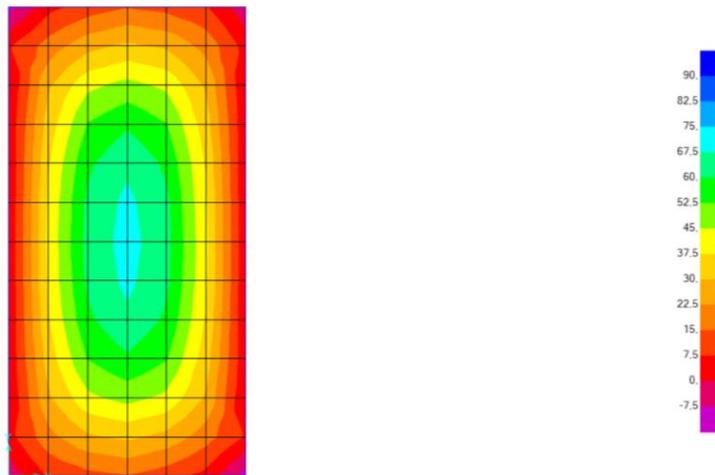


Figura 2.26 – Corpo C. Laje de cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente máxima

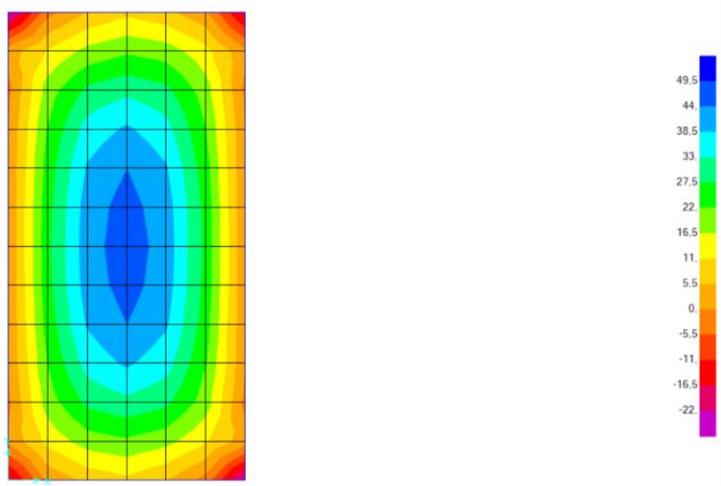


Figura 2.27 – Corpo C. Laje de cobertura. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente mínima

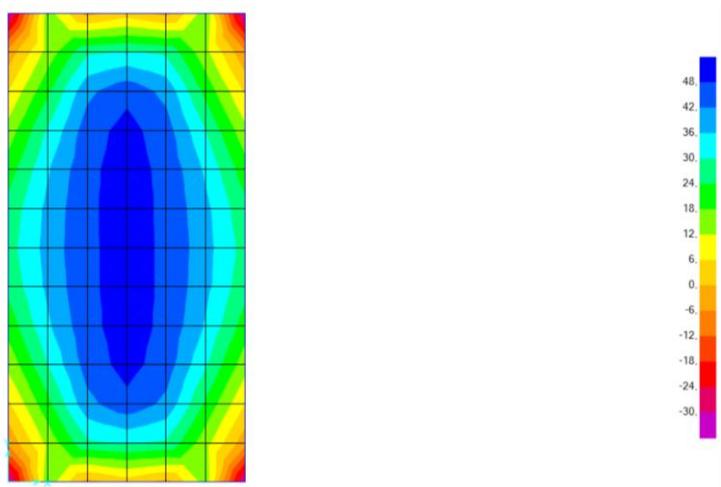


Figura 2.28 – Corpo C. Laje térrea. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltente máxima

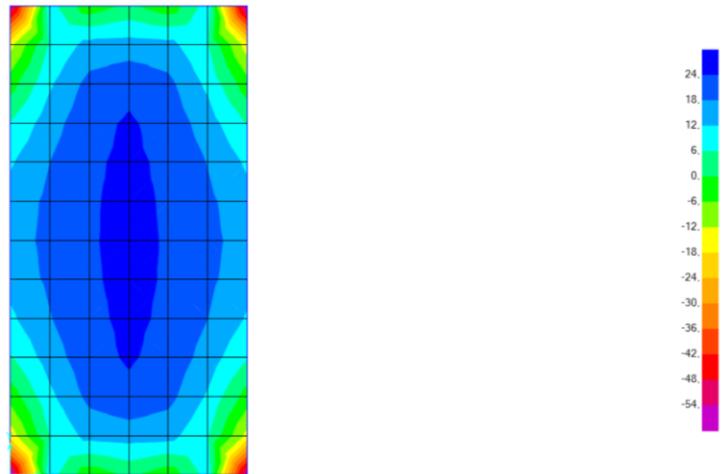


Figura 2.29 – Corpo C. Laje térrea. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltente mínima

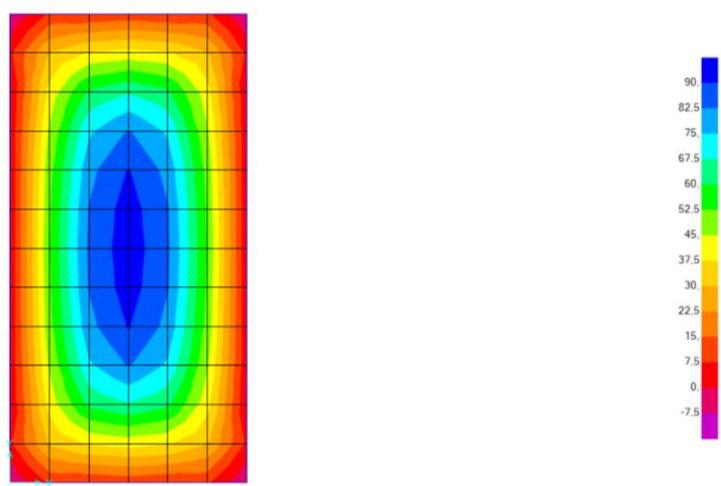


Figura 2.30 – Corpo C. Laje térrea. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente máxima

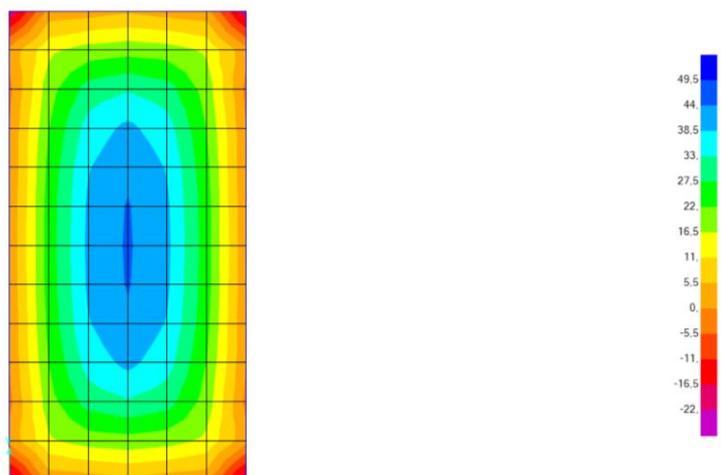


Figura 2.31 – Corpo C. Laje térrea. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente mínima

2.3 LAJES DE COBERTURA

Estado limite último de flexão

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 2.1:

Quadro 2.1 – Dimensionamento da armadura da Laje de Cobertura

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE À COTA +213,00 -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V ₀ d (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm ² /m)	As+ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As- As+	
dir XX	Mmáx-	1,00	0,25	0,21	57,00			148,87	0,00	6,64	0,00	0,00	φ12//.10	
	Mmáx+	1,00	0,25	0,21		65,00		148,87	0,00	0,00	7,64	0,00	φ12//.10	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,25	0,21	35,00			148,87	0,00	3,98	0,00	0,00	φ12//.10	
	Mmáx+	1,00	0,25	0,21		40,00		148,87	0,00	0,00	4,58	0,00	φ12//.10	

fcd (kN/m²) 20000
fsyd (kN/m²) 435000
τ1 (kN/m²) 850

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE À COTA +211,20 -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V ₀ d (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm ² /m)	As+ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As- As+	
dir XX	Mmáx-	1,00	0,25	0,21	45,00			148,87	0,00	5,18	0,00	0,00	φ12//.10	
	Mmáx+	1,00	0,25	0,21		30,00		148,87	0,00	0,00	3,40	0,00	φ12//.10	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,25	0,21	40,00			148,87	0,00	4,58	0,00	0,00	φ12//.10	
	Mmáx+	1,00	0,25	0,21		35,00		148,87	0,00	0,00	3,98	0,00	φ12//.10	

fcd (kN/m²) 20000
fsyd (kN/m²) 435000
τ1 (kN/m²) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

- b – Largura;
- d – Altura útil.

2.4 LAJES TÉRREAS

Estado limite último de flexão

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 2.2:

Quadro 2.2 – Dimensionamento da armadura da Lajes Térreas

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE À COTA +205,75 -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm ² /m)	As+ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As- As+	
dir XX	Mmáx-	1,00	0,25	0,21	65,00			148,87	0,00	7,64	0,00	0,00	φ12//.10	
	Mmáx+	1,00	0,25	0,21		40,00		148,87	0,00	0,00	4,58	0,00	φ12//.10	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,25	0,21	75,00			148,87	0,00	8,91	0,00	0,00	φ12//.10	
	Mmáx+	1,00	0,25	0,21		67,00		148,87	0,00	0,00	7,89	0,00	φ12//.10	

fcd (kN/m²) 20000
 fsyd (kN/m²) 435000
 τ1 (kN/m²) 850

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE À COTA +203,32 -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm ² /m)	As+ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As- As+	
dir XX	Mmáx-	1,00	0,60	0,56	120,00			297,02	0,00	5,02	0,00	0,00	φ16//.125	
	Mmáx+	1,00	0,60	0,56		120,00		297,02	0,00	0,00	5,02	0,00	φ16//.125	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,60	0,56	200,00			297,02	0,00	8,47	0,00	0,00	φ16//.125	
	Mmáx+	1,00	0,60	0,56		205,00		297,02	0,00	0,00	8,69	0,00	φ16//.125	

fcd (kN/m²) 20000
 fsyd (kN/m²) 435000
 τ1 (kN/m²) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

- b – Largura;
- d – Altura útil.

2.5 PAREDES EXTERIORES

Estado limite último de flexão

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 2.3:

Quadro 2.3 – Dimensionamento da armadura das Paredes Exteriores

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm ² /m)	As+ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As- As+	
dir XX	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	65,00			227,66	0,00	4,25	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		85,00		227,66	0,00	0,00	5,61	0,00	φ16//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	85,00			227,66	0,00	5,61	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		70,00		227,66	0,00	0,00	4,59	0,00	φ16//.15	

fcd (kN/m²) 20000
 fsyd (kN/m²) 435000
 τ1 (kN/m²) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

- b – Largura;
- d – Altura útil.

2.6 PILARES

Estados limites últimos

O dimensionamento das armaduras apresenta-se nos Quadros 2.4 a 2.6:

Quadro 2.4 – Dimensionamento da armadura dos Pilares P1

Eurocode 2-2004 COLUMN SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=308,
 Element : 63 B=40, D=40, dc=6,703
 Section ID : P40x40 E=3300, fck,cyl=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Combo ID : COMB11 fyk=43,5 fywk=43,5
 Station Loc : 308, RLLF=1, SOM: Nominal Curvature
 Combo Eq. : Eq. 6.10

Gamma (Concrete): 1,5 AlphaCC = 1, AlphaCT = 1,
 Gamma (Steel) : 1,15 AlphaLCC = 0,8 AlphaLCT = 0,8
 Gamma (cE) : 1,2 Alpha_e = 15, phi_ef = 1,21

SLENDERNESS CHECK (governing permutation)

	Slenderness Ratio	Slenderness Limit Ratio	Column Condition	Governing Permutation
Major Bending (M3)	26,674	35,268	N/A	N/A
Minor Bending (M2)	26,674	66,321	N/A	N/A

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR NEd, MEd2, MEd3 (governing permutation)

Minimum	Rebar Area	Capacity Ratio	NEd Design	MEd3 Design	MEd2 Design	Minimum
M2	29,259	0,949	1062,473	2124,947	-23405,52	2124,947

FIRST-ORDER MOMENTS (governing permutation)

M01	End I	End J	Section	Mimp	M02
Moment	Moment	Moment	Moment	Moment	Moment
Major Bending (M3)	16,703	38,133	38,133	818,105	38,133
Minor Bending (M2)	16573,473	-22587,415	-22587,415	818,105	-23405,52

DESIGN DETAILS FOR ALL PERMUTATIONS CONSIDERED

M2	Imperfection	Direction	None	Fos. M3	Neg. M3	Fos. M2	Neg.
MAJOR BENDING (M3)	Mana	38,133	38,133	38,133	38,133	38,133	
(Analysis)	Mimp	0	818,105	-818,105	0	0	
(Imperfection)	Mai = Mana + Mimp	N/A	856,238	-779,971	38,133	38,133	
(Minimum)	Mmin	N/A	2124,947	2124,947	2124,947	2124,947	
M3des1 = Mai or Mmin	M3des1	N/A	2124,947	-2124,947	2124,947	2124,947	
(Neg. Moment Capacity) MRd-	MRd-	-25405,124	-25405,124	-25405,124	-25405,124	-25405,124	
(Pos. Moment Capacity) MRd+	MRd+	25405,124	25405,124	25405,124	25405,124	25405,124	
MINOR BENDING (M2)	Mana	-22587,415	-22587,415	-22587,415	-22587,415	-22587,415	
Mimp	Mimp	0	0	0	818,105	818,105	
Mai = Mana + Mimp	Mai	N/A	-22587,415	-22587,415	-21769,311	-21769,311	
Mmin	Mmin	N/A	21,249	21,249	21,249	21,249	
M2des1 = Mai or Mmin	M2des1	N/A	-22587,415	-22587,415	-21769,311	-21769,311	
MRd-	MRd-	-25405,124	-25405,124	-25405,124	-25405,124	-25405,124	
MRd+	MRd+	25405,124	25405,124	25405,124	25405,124	25405,124	
DEMAND/CAPACITY PMM RATIO (M3des1, M2des1) PMM Ratio		0,873	0,913	0,913	0,877	0,877	
(M3des1, M2des1) PMM Governs		No	No	No	No	No	

Yes

SHEAR DESIGN FOR V2,V3

	Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
Major Shear (V2)	0,	0,07	170,867	0,	0,
Minor Shear (V3)	0,	127,146	170,867	0,	0,

AXIAL COMPRESSION RATIO

Ratio	Conc.Capa	CompRatio	CompRatio	Seismic	CompCheck
OK?	A*fcd Ned/ (A*fcd)	Limit	Load?	Needed?	
Yes	3200,	0,332	0,55	No	No

JOINT SHEAR DESIGN

Joint	Joint Shear	Shear Ash	Shear VEd,Top	Shear Vjhd	Shear Vrd,Conc	Shear Ratio
Area	Major Shear (V2)	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
N/N	Minor Shear (V3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
N/A						

(1.3) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

	Major Ratio	Minor Ratio
	N/A	N/A

Notes:
 N/A: Not Applicable
 N/C: Not Calculated
 N/N: Not Needed

Quadro 2.5 – Dimensionamento da armadura dos Pilares P2

Eurocode 2-2004 COLUMN SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=245,
Element : 23 B=40, D=80, dc=6,703
Section ID : P40x80 E=3300, fck,cyl=3, Lt.Wt. Fac.=1,
Combo ID : COMB20 fyk=43,5 fywk=43,5
Station Loc : 245, RLLF=1, SOM: Nominal Curvature
Combo Eq. : Eq. 6.10

Gamma(Concrete): 1,5 AlphaCC = 1, AlphaCT = 1,
Gamma(Steel) : 1,15 AlphaLCC = 0,8 AlphaLCT = 0,8
Gamma(cE) : 1,2 Alpha_e = 15, phi_ef = 1,21

SLENDERNESS CHECK (governing permutation)

	Slenderness Ratio	Slenderness Limit Ratio	Column Condition	Governing Permutation
Major Bending(M3)	10,609	250,251	N/A	N/A
Minor Bending(M2)	21,218	265,533	N/A	N/A

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR NEd, MEd2, MEd3 (governing permutation)

Minimum	Rebar Area	Capacity Ratio	Design NEd	Design MEd3	Design MEd2	Minimum M3
M2	32,	0,404	118,967	10657,441	-8166,116	317,245
237,934						

FIRST-ORDER MOMENTS (governing permutation)

M01	End I	End J	Section	Mimp	M02
Moment	Moment	Moment	Moment	Moment	Moment
Major Bending(M3)	-4463,368	10657,441	10657,441	72,867	10657,441
Minor Bending(M2)	4549,477	-8093,249	-8093,249	72,867	-8166,116
4476,609					

DESIGN DETAILS FOR ALL PERMUTATIONS CONSIDERED

Imperfection Direction	None	Pos. M3	Neg. M3	Pos. M2	Neg.
M2 MAJOR BENDING(M3) (Analysis)	Mana	10657,441	10657,441	10657,441	10657,441
10657,441 (Imperfection)	Mimp	0	72,867	-72,867	0
0	Mai = Mana + Mimp	N/A	10730,308	10584,574	10657,441
10657,441 (Minimum)	Mmin	N/A	317,245	317,245	317,245
317,245	M3deal = Mai or Mmin	N/A	10730,308	10584,574	10657,441
10657,441 (Neg. Moment Capacity) MRd-		-44161,909	-44161,909	-44161,909	-44161,909
-44161,909 (Pos. Moment Capacity) MRd+		44161,909	44161,909	44161,909	44161,909
44161,909 MINOR BENDING(M2)	Mana	-8093,249	-8093,249	-8093,249	-8093,249
-8093,249	Mimp	0	0	0	72,867
-72,867	Mai = Mana + Mimp	N/A	-8093,249	-8093,249	-8020,381
-8166,116	Mmin	N/A	2,379	2,379	2,379
2,379	M2deal = Mai or Mmin	N/A	-8093,249	-8093,249	-8020,381
-8166,116	MRd-	-20945,724	-20945,724	-20945,724	-20945,724
-20945,724	MRd+	20945,724	20945,724	20945,724	20945,724
20945,724	DEMAND/CAPACITY PPM RATIO (M3deal, M2deal) PPM Ratio	0,401	0,402	0,4	0,398
0,404					

--- --- ---

(M3deal, M2deal) PPM Governs	Yes	No	No	No	No
Shear Design for V2, V3					
Rebar Asw/s	0,119	296,715	152,92	296,715	0,
Major Shear(V2)	0,	93,321	163,607	0,	0,
Minor Shear(V3)					

AXIAL COMPRESSION RATIO

Ratio	Conc.Capacity A*fcd Ned/(A*fcd)	CompRatio	CompRatio	Seismic Load?	CompCheck Needed?
OK?	6400,	0,019	0,55	Yes	Yes
Yes					

JOINT SHEAR DESIGN

Joint	Joint Shear Ash	Shear VEd,Top	Shear Vjhd	Shear Vrd,Conc	Shear Ratio
Area	16,693	0,	685,078	4096,	0,167
Major Shear(V2)	8,949	0,	282,091	1996,8	0,141
Minor Shear(V3)	1248,				

(1.3) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

Major Ratio	Minor Ratio
N/A	N/A

Notes:
N/A: Not Applicable
N/C: Not Calculated
N/N: Not Needed

Quadro 2.6 – Dimensionamento da armadura dos Pilares P3

Eurocode 2-2004 COLUMN SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=245,
 Element : 26 B=40, D=80, dc=6,703
 Section ID : P40x80 E=3300, fck,cyl=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Combo ID : COMB11 fyk=43,5 fywk=43,5
 Station Loc : 245, RLLF=1, SOM: Nominal Curvature
 Combo Eq. : Eq. 6.10

Gamma(Concrete): 1,5 AlphaCC = 1, AlphaCT = 1,
 Gamma(Steel) : 1,15 AlphaLCC = 0,8 AlphaLCT = 0,8
 Gamma(cE) : 1,2 Alpha_e = 15, phi_ef = 1,21

SLENDERNESS CHECK (governing permutation)

	Slenderness Ratio	Slenderness Limit Ratio	Column Condition	Governing Permutation
Major Bending (M3)	10,609	67,528	N/A	N/A
Minor Bending (M2)	21,218	59,551	N/A	N/A

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN FOR Ned, MED2, MED3 (governing permutation)

Minimum	Rebar Area	Capacity Ratio	Ned Design	MED3 Design	MED2 Design	M3 Minimum
M2	42,008	0,882	892,451	-65703,533	-1784,902	2379,869
1784,902						

FIRST-ORDER MOMENTS (governing permutation)

Moment	End I	End J	Section	Mimp	M02
Major Bending (M3)	-8260,263	-65156,907	-65156,907	546,626	-65703,533
Minor Bending (M2)	-521,446	-1634,442	-1634,442	546,626	-1634,442

DESIGN DETAILS FOR ALL PERMUTATIONS CONSIDERED

Imperfection	Direction	None	Pos. M3	Neg. M3	Pos. M2	Neg.
MAJOR BENDING (M3)						
(Analysis)	Mana	-65156,907	-65156,907	-65156,907	-65156,907	
(Imperfection)	Mimp	0	546,626	-546,626	0	
0	Mai = Mana + Mimp	N/A	-64610,281	-65703,533	-65156,907	
(Minimum)	Mmin	N/A	2379,869	2379,869	2379,869	
M3deal = Mai or Mmin		N/A	-64610,281	-65703,533	-65156,907	
(Neg. Moment Capacity) MRd-		-72870,237	-72870,237	-72870,237	-72870,237	
(Pos. Moment Capacity) MRd+		72870,237	72870,237	72870,237	72870,237	
MINOR BENDING (M2)						
(Analysis)	Mana	-1634,442	-1634,442	-1634,442	-1634,442	
(Imperfection)	Mimp	0	0	0	546,626	
0	Mai = Mana + Mimp	N/A	-1634,442	-1634,442	-1087,816	
(Minimum)	Mmin	N/A	17,849	17,849	17,849	
M2deal = Mai or Mmin		N/A	-1784,902	-1784,902	-1784,902	
(Neg. Moment Capacity) MRd-		-36040,76	-36040,76	-36040,76	-36040,76	
(Pos. Moment Capacity) MRd+		36040,76	36040,76	36040,76	36040,76	
DEMAND/CAPACITY PPM RATIO						
(M3deal, M2deal) PPM Ratio		0,872	0,862	0,882	0,872	

(M3deal, M2deal) PPM Governs

No	No	Yes	No

SHEAR DESIGN FOR V2,V3

Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
Major Shear (V2)	0,	232,231	271,567	0,
Minor Shear (V3)	0,	4,543	274,312	0,

AXIAL COMPRESSION RATIO

Conc.Capa	CompRatio	CompRatio	Seismic	CompCheck
A*fcd Ned/(A*fcd)	Limit	Load?	Needed?	
6400,	0,139	0,55	No	No

JOINT SHEAR DESIGN

Joint Area	Joint Shear Ash	Shear VEd,Top	Shear Vjhd	Shear Vrd,Conc	Shear Ratio
Major Shear (V2)	N/N	N/N	N/N	N/N	N/N
Minor Shear (V3)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

(1.3) BEAM/COLUMN CAPACITY RATIOS

Major Ratio	Minor Ratio
N/A	N/A

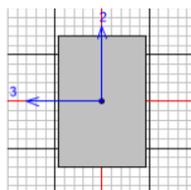
Notes:
 N/A: Not Applicable
 N/C: Not Calculated
 N/N: Not Needed

2.7 VIGAS

Estados limites últimos

O dimensionamento das armaduras apresenta-se nos Quadros 2.7 a 2.22:

Quadro 2.7 – Viga V1. Dimensionamento da Armadura inferior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=100,
 Element : 324 D=60, B=40, bf=40,
 Section ID : V40x60 ds=0, dct=4, dcb=4,
 Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Station Loc : 100, fyk=43,5 fyk=43,5

Gamma (Concrete): 1,5
 Gamma (Steel) : 1,15

Design Moments, M3

Positive Moment	Negative Moment
4342,534	0,

Flexural Reinforcement for Moment, M3

Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	0,	0,	0,
Bottom (-2 Axis)	7,458	2,068	7,458

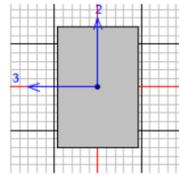
Shear Reinforcement for Shear, V2

Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
0,04	43,751	92,482	76,815	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T

Rebar At/s	Rebar Asl	Torsion TEd	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
0,	1,288E-04	0,086	4349,87	1344,	152,

Quadro 2.8 – Viga V1. Dimensionamento da Armadura superior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=100,
 Element : 327 D=60, B=40, bf=40,
 Section ID : V40x60 ds=0, dct=4, dcb=4,
 Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Station Loc : 100, fyk=43,5 fywk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
 Gamma(Steel) : 1,15

Design Moments, M3

	Positive Moment	Negative Moment
	3446,431	-6892,862

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	7,458	0,	3,3	7,458
Bottom (-2 Axis)	7,458	1,638	0,	7,458

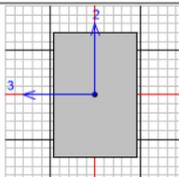
Shear Reinforcement for Shear, V2

	Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
	0,051	97,267	92,482	97,267	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T

	Rebar At/s	Rebar Asl	Torsion TEd	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
	0,	0,004	2,414	1852,929	1344,	152,

Quadro 2.9 – Viga V2. Dimensionamento da Armadura inferior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=98,333
 Element : 235 D=60, B=40, bf=40,
 Section ID : V40x60 ds=0, dct=4, dcb=4,
 Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Station Loc : 88,333 fyk=43,5 fywk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
 Gamma(Steel) : 1,15

Design Moments, M3

	Positive Moment	Negative Moment
	6860,776	0,

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	0,	0,	0,	0,
Bottom (-2 Axis)	7,458	3,284	0,	7,458

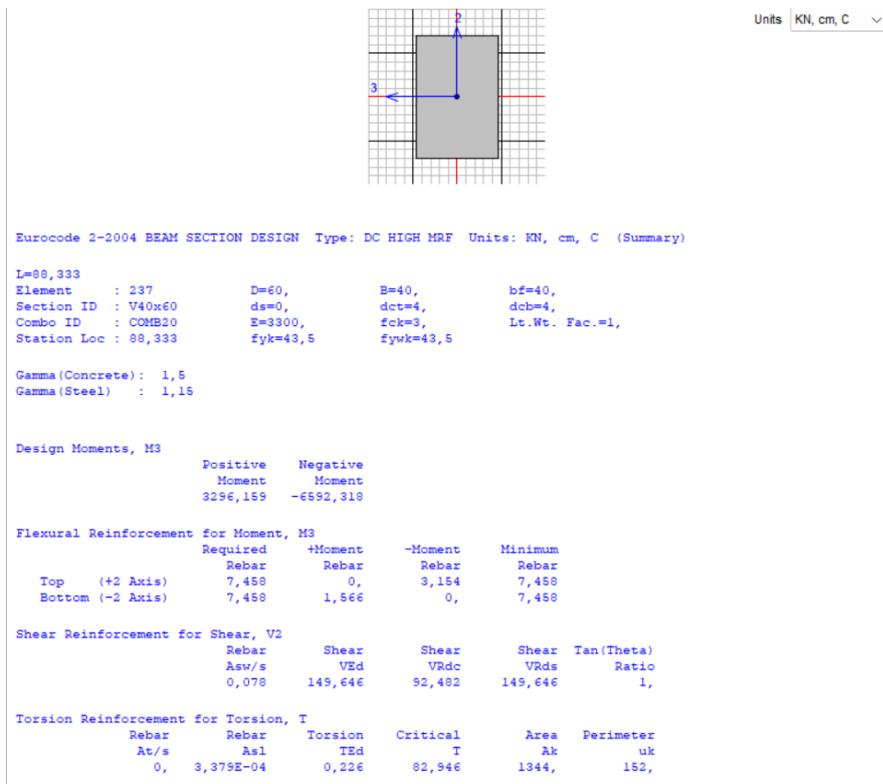
Shear Reinforcement for Shear, V2

	Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
	0,04	74,704	92,482	76,815	1,

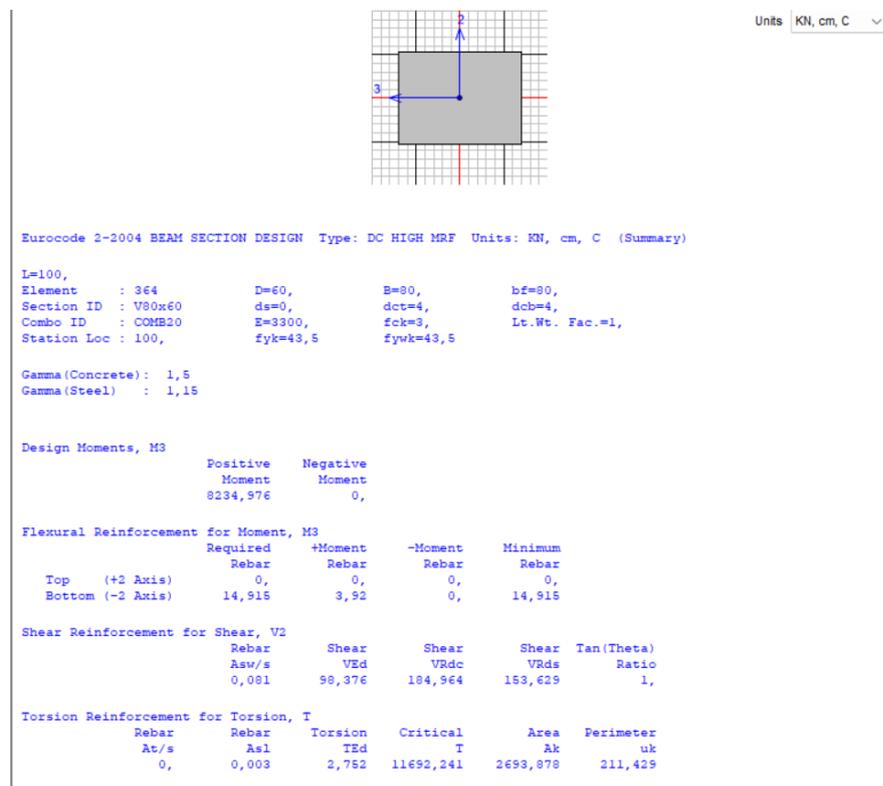
Torsion Reinforcement for Torsion, T

	Rebar At/s	Rebar Asl	Torsion TEd	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
	0,	4,459E-05	0,03	3590,056	1344,	152,

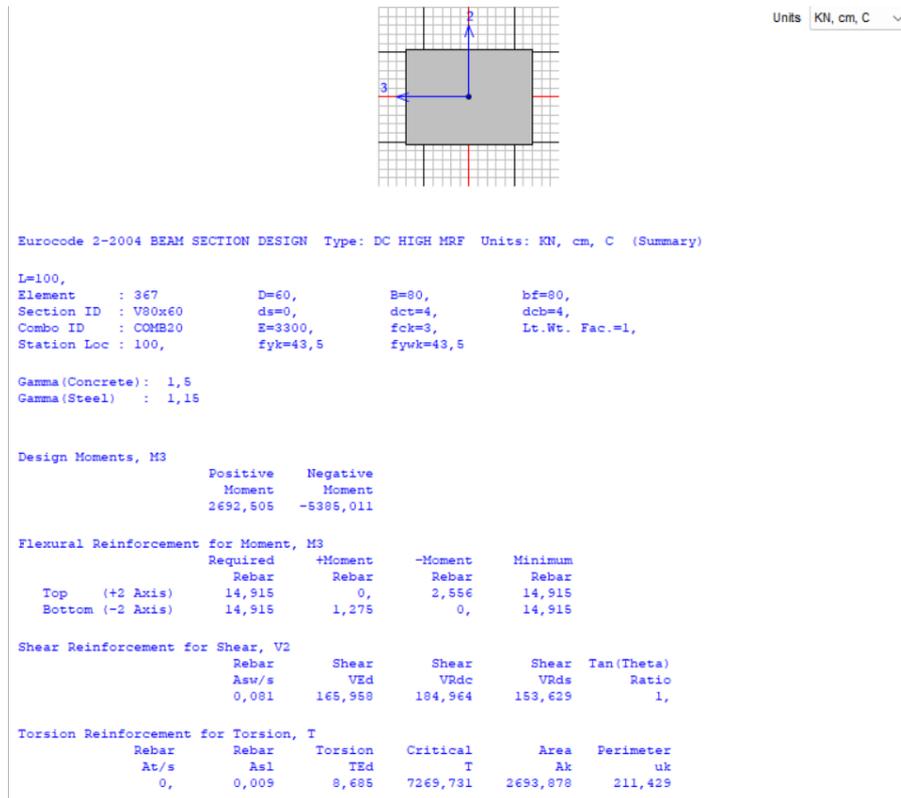
Quadro 2.10 – Viga V2. Dimensionamento da Armadura superior



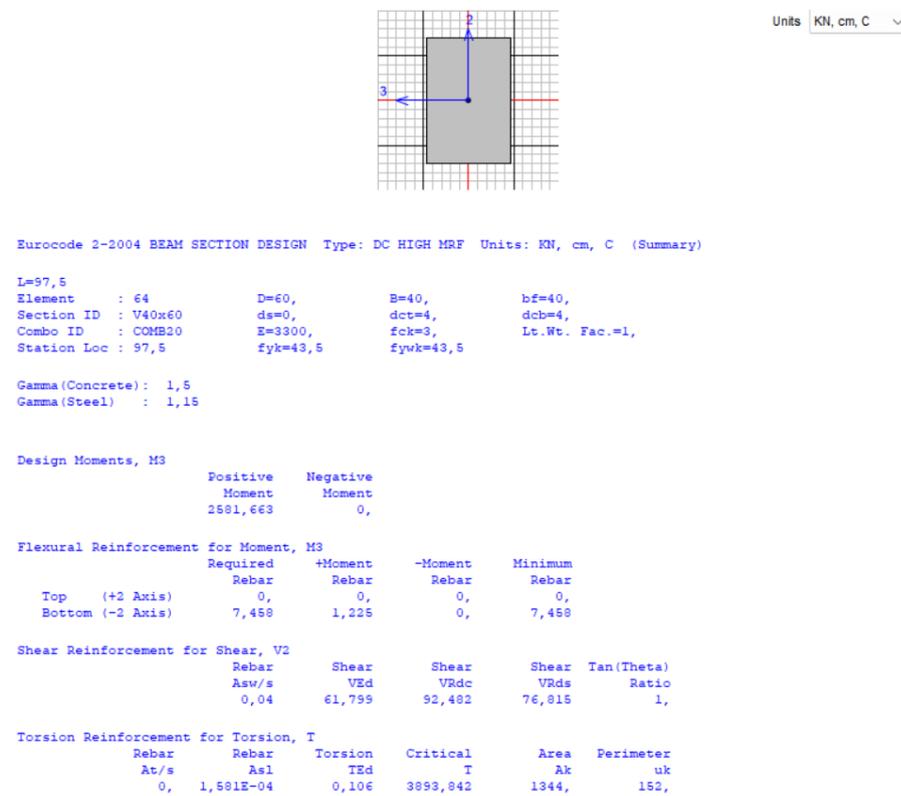
Quadro 2.11 – Viga V3. Dimensionamento da Armadura inferior



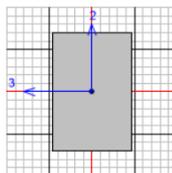
Quadro 2.12 – Viga V3. Dimensionamento da Armadura superior



Quadro 2.13 – Viga V4. Dimensionamento da Armadura inferior



Quadro 2.14 – Viga V4. Dimensionamento da Armadura superior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=97,5
 Element : 67 D=60, B=40, bf=40,
 Section ID : V40x60 ds=0, dct=4, dcb=4,
 Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Station Loc : 97,5 fyk=43,5 fywk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
 Gamma(Steel) : 1,15

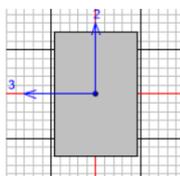
Design Moments, M3	Positive Moment	Negative Moment
	2505,454	-5010,908

Flexural Reinforcement for Moment, M3				
	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	7,458	0,	2,39	7,458
Bottom (-2 Axis)	7,458	1,189	0,	7,458

Shear Reinforcement for Shear, V2					
	Rebar	Shear	Shear	Shear	Tan(Theta)
	Asw/s	VRd	VRdc	VRds	Ratio
	0,05	95,639	92,482	95,639	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T						
	Rebar	Rebar	Torsion	Critical	Area	Perimeter
	At/s	As1	TEd	T	Ak	uk
	0,	0,002	1,009	2377,482	1344,	152,

Quadro 2.15 – Viga V5. Dimensionamento da Armadura inferior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=100,
 Element : 404 D=60, B=40, bf=40,
 Section ID : V40x60 ds=0, dct=4, dcb=4,
 Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Station Loc : 100, fyk=43,5 fywk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
 Gamma(Steel) : 1,15

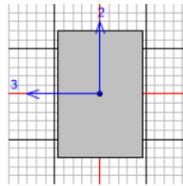
Design Moments, M3	Positive Moment	Negative Moment
	4154,803	0,

Flexural Reinforcement for Moment, M3				
	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	0,	0,	0,	0,
Bottom (-2 Axis)	7,458	1,978	0,	7,458

Shear Reinforcement for Shear, V2					
	Rebar	Shear	Shear	Shear	Tan(Theta)
	Asw/s	VRd	VRdc	VRds	Ratio
	0,04	44,272	92,482	76,815	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T						
	Rebar	Rebar	Torsion	Critical	Area	Perimeter
	At/s	As1	TEd	T	Ak	uk
	0,	1,095E-04	0,073	4346,816	1344,	152,

Quadro 2.16 – Viga V5. Dimensionamento da Armadura superior



Units: KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=100,
Element : 407 D=60, B=40, bf=40,
Section ID : V40x60 ds=0, dct=4, dcb=4,
Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
Station Loc : 100, fyk=43,5 fywk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
Gamma(Steel) : 1,15

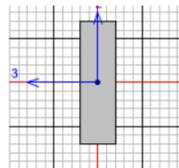
Design Moments, M3
Positive Moment 3086,337
Negative Moment -6172,675

Flexural Reinforcement for Moment, M3				
	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	7,458	0,	2,951	7,458
Bottom (-2 Axis)	7,458	1,466	0,	7,458

Shear Reinforcement for Shear, V2					
Rebar	Shear Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
	0,04	91,818	92,482	76,815	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T						
Rebar	Rebar At/s	Torsion As1	Critical TEd	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
	0,	0,005	3,362	2133,464	1344,	152,

Quadro 2.17 – Viga V6. Dimensionamento da Armadura inferior



Units: KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=95,
Element : 184 D=140, B=40, bf=40,
Section ID : V40x140 ds=0, dct=4, dcb=4,
Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
Station Loc : 95, fyk=43,5 fywk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
Gamma(Steel) : 1,15

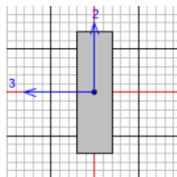
Design Moments, M3
Positive Moment 8236,452
Negative Moment 0,

Flexural Reinforcement for Moment, M3				
	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	0,	0,	0,	0,
Bottom (-2 Axis)	18,111	1,606	0,	18,111

Shear Reinforcement for Shear, V2					
Rebar	Shear Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
	0,059	274,822	194,496	274,822	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T						
Rebar	Rebar At/s	Torsion As1	Critical TEd	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
	0,	0,015	11,773	12492,251	3041,975	297,778

Quadro 2.18 – Viga V6. Dimensionamento da Armadura superior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=95,
Element : 187 D=140, B=40, bf=40,
Section ID : V40x140 ds=0, dct=4, dcb=4,
Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
Station Loc : 95, fyk=43,5 fyvk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
Gamma(Steel) : 1,15

Design Moments, M3

	Positive Moment	Negative Moment
	4476,043	-8952,087

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	18,111	0,	1,745	18,111
Bottom (-2 Axis)	18,111	0,871	0,	18,111

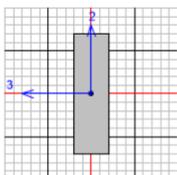
Shear Reinforcement for Shear, V2

	Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
	0,077	355,528	194,496	355,528	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T

	Rebar At/s	Rebar As1	Torsion TED	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
	0,	0,06	46,495	7388,016	3041,975	297,778

Quadro 2.19 – Viga V7. Dimensionamento da Armadura inferior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=95,
Element : 225 D=140, B=40, bf=40,
Section ID : V40x140 ds=0, dct=4, dcb=4,
Combo ID : COMB11 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
Station Loc : 47,5 fyk=43,5 fyvk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
Gamma(Steel) : 1,15

Design Moments, M3

	Positive Moment	Negative Moment
	167127,923	-41777,669

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	18,111	0,	8,239	18,111
Bottom (-2 Axis)	34,564	34,564	0,	18,111

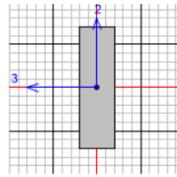
Shear Reinforcement for Shear, V2

	Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
	0,04	4,124	241,252	186,55	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T

	Rebar At/s	Rebar As1	Torsion TED	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
	0,	3,443E-05	0,027	12673,553	3041,975	297,778

Quadro 2.20 – Viga V7. Dimensionamento da Armadura superior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=95,
Element : 219 D=140, B=40, bf=40,
Section ID : V40x140 ds=0, dct=4, dcb=4,
Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
Station Loc : 95, fyk=43,5, fyk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
Gamma(Steel) : 1,15

Design Moments, M3

	Positive Moment	Negative Moment
	12894,792	0,

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	0,	0,	0,	0,
Bottom (-2 Axis)	18,111	2,518	0,	18,111

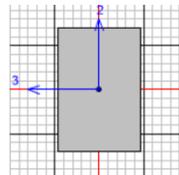
Shear Reinforcement for Shear, V2

	Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
	0,119	552,405	194,496	552,405	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T

	Rebar At/s	Rebar Asl	Torsion TED	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
	2,949E-05	0,004	3,337	0,	3041,975	297,778

Quadro 2.21 – Viga V8. Dimensionamento da Armadura inferior



Units KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=665,
Element : 101 D=60, B=40, bf=40,
Section ID : V40x60 ds=0, dct=4, dcb=4,
Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
Station Loc : 380, fyk=43,5, fyk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
Gamma(Steel) : 1,15

Design Moments, M3

	Positive Moment	Negative Moment
	2186,386	-1921,504

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	7,458	0,	0,911	7,458
Bottom (-2 Axis)	7,458	1,037	0,	7,458

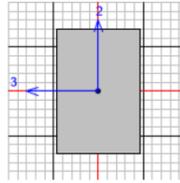
Shear Reinforcement for Shear, V2

	Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
	0,04	47,343	92,482	76,915	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T

	Rebar At/s	Rebar Asl	Torsion TED	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
	0,	0,001	0,684	4261,629	1344,	152,

Quadro 2.22 – Viga V8. Dimensionamento da Armadura superior



Units | KN, cm, C

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=665,
 Element : 101 D=60, B=40, bf=40,
 Section ID : V40x60 ds=0, dct=4, dcb=4,
 Combo ID : COMB20 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Station Loc : 665, fyk=43,5 fywk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
 Gamma(Steel) : 1,15

Design Moments, M3

	Positive Moment	Negative Moment
	1363,399	-2726,799

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	7,458	0,	1,294	7,458
Bottom (-2 Axis)	7,458	0,645	0,	7,458

Shear Reinforcement for Shear, V2

Rebar	Shear VRd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
Asw/s	0,04	80,305	92,482	76,815

Torsion Reinforcement for Torsion, T

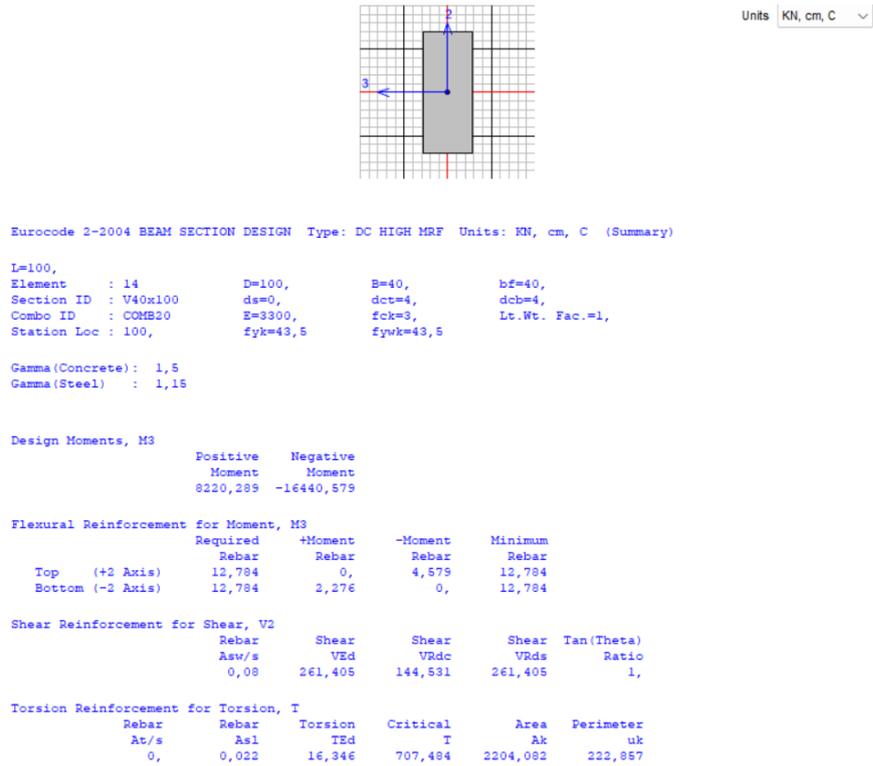
Rebar At/s	Rebar As1	Torsion TED	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
0,	0,001	0,684	2779,089	1344,	152,

2.8 VIGAS DE FUNDAÇÃO

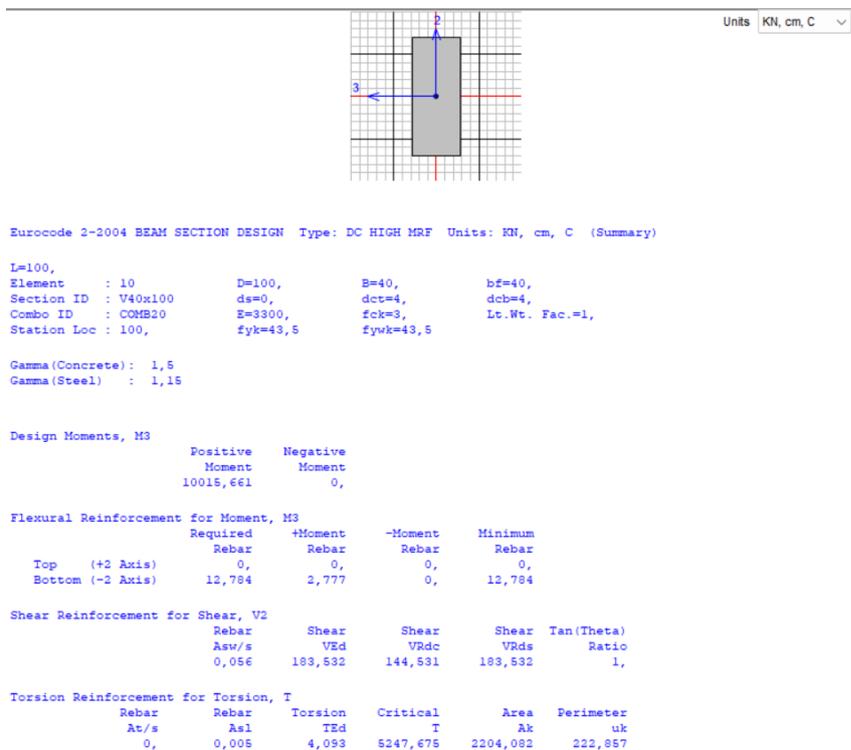
Estados limites últimos

O dimensionamento das armaduras apresenta-se nos Quadros 2.23 a 2.26:

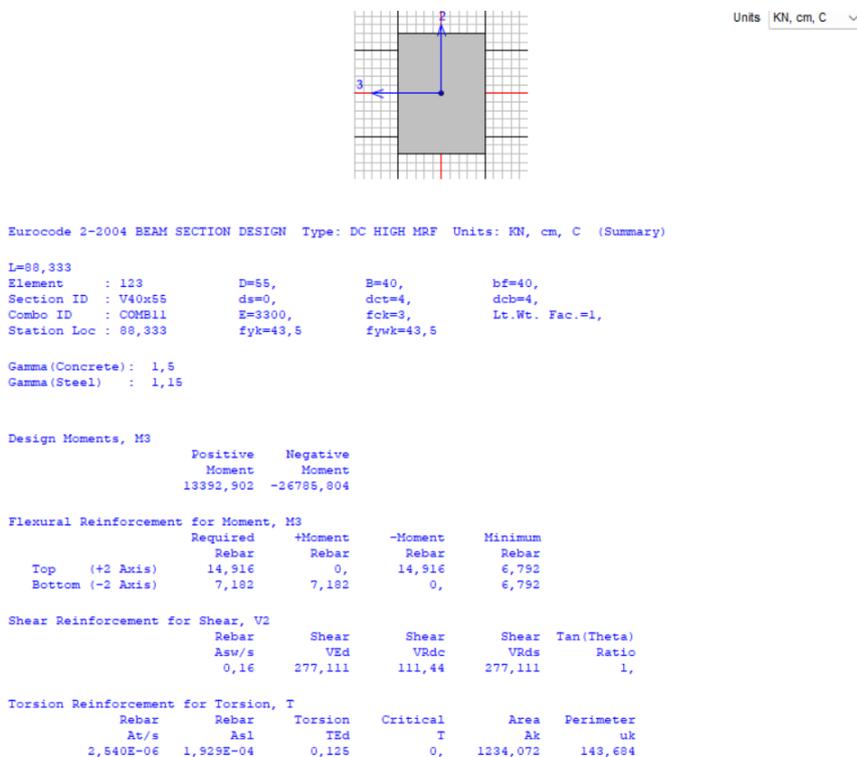
Quadro 2.23 – Viga VF1. Dimensionamento da armadura superior



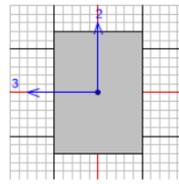
Quadro 2.24 –Viga VF1. Dimensionamento da armadura inferior



Quadro 2.25 –Viga VF2. Dimensionamento da armadura superior



Quadro 2.26 –Viga VF2. Dimensionamento da armadura inferior



Units | KN, cm, C | v

Eurocode 2-2004 BEAM SECTION DESIGN Type: DC HIGH MRF Units: KN, cm, C (Summary)

L=88,333
 Element : 108 D=55, B=40, bf=40,
 Section ID : V40x55 ds=0, dcs=4, dcb=4,
 Combo ID : COME11 E=3300, fck=3, Lt.Wt. Fac.=1,
 Station Loc : 88,333 fyk=43,5 fywk=43,5

Gamma(Concrete): 1,5
 Gamma(Steel) : 1,15

Design Moments, M3

Positive Moment	Negative Moment
16685,387	0,

Flexural Reinforcement for Moment, M3

	Required Rebar	+Moment Rebar	-Moment Rebar	Minimum Rebar
Top (+2 Axis)	0,	0,	0,	0,
Bottom (-2 Axis)	5,027	5,027	0,	6,792

Shear Reinforcement for Shear, V2

Rebar Asw/s	Shear VEd	Shear VRdc	Shear VRds	Tan(Theta) Ratio
0,04	20,621	54,262	69,956	1,

Torsion Reinforcement for Torsion, T

Rebar At/s	Rebar Asl	Torsion TED	Critical T	Area Ak	Perimeter uk
0,	5,767E-04	0,375	3017,859	1234,072	143,684

2.9 FUNDAÇÕES

2.9.1 TENSÃO ADMISSÍVEL

A tensão admissível considerada foi de $\sigma_{adm} = 400,00$ KPa.

2.9.2 VERIFICAÇÃO DAS TENSÕES TRANSMITIDAS À FUNDAÇÃO

As condições para a verificação das tensões transmitidas ao terreno são as seguintes:

$$\sigma_{max} < \sigma_{adm}$$

Do cálculo, as tensões máximas de compressão introduzidas no terreno são de:

$$\sigma_{m\acute{a}x} \approx 326.00 \text{ kPa} - \text{ Sapata S4}$$

Desta forma, verifica-se que a máxima tensão transmitida ao terreno de fundação é inferior à tensão admissível pelo que, a segurança está verificada.

2.9.3 DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DAS SAPATAS

O dimensionamento estrutural da sapata de fundação mais esforçada foi efetuado tendo em consideração a máxima tensão admissível no terreno. Deste modo chega-se à armadura resumida no quadro seguinte.

Quadro 2.27 – Dimensionamento das sapatas

secção	b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
							As- (cm ² /m)	As+ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As-	As+
Mmáx	1,00	0,60	0,56	254,69	297,02	0,00	10,88	0,00	0,00	φ16//.125	φ16//.125

fcd (kN/m ²)	20000
fsyd (kN/m ²)	435000
τ1 (kN/m ²)	850

3 ESTRUTURA DE SUPORTE DO RH DOS CIRCUITOS DE ASPIRAÇÃO

3.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Trata-se de uma estrutura tipo caixa, com duas células. A primeira albergará uma válvula de seccionamento e a outra funcionará como apoio ao RH. Ligado monoliticamente a esta estrutura, será executado um muro de betão armado, para proteção do RH.

As lajes e paredes de betão armado terão 0,40m de espessura e o muro de proteção 0,30m.

3.2 ESFORÇOS

3.2.1 MODELO DE CÁLCULO

O modelo de cálculo efectuado contempla elementos finitos de laje (SHELL), em regime elástico linear, e encontra-se ilustrado na figura seguinte:

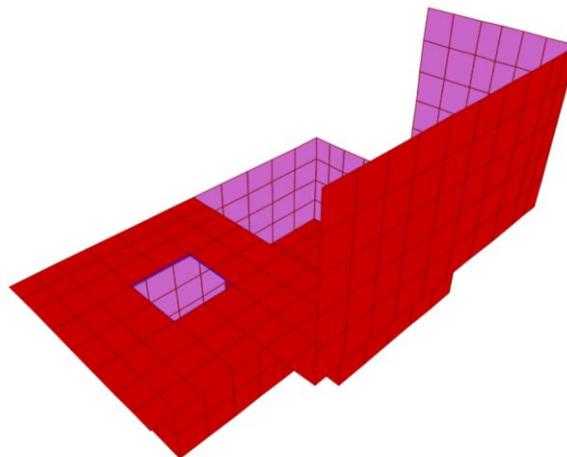


Figura 3.1 – Modelo de Cálculo

Para o cálculo desta estrutura foram utilizadas as seguintes convenções:

Elemento Finito tipo SHELL – Elementos “laje” de 4 nós;

M11 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN.m/m);

M22 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN.m/m);

F11 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

F22 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m);

V13 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

V23 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m);

3.2.2 AÇÕES

Ações Permanentes

- | | |
|---|---|
| • Peso específico do betão armado (PP) | 25.00 kN/m ³ |
| • Ação do Terreno (IK0) | 19.00 kN/m ³ |
| • Peso do revestimento da cobertura (PPNE) | 5.00 kN/m ² / 1.50 kN/m ² |
| • Peso dos Equipamentos e Revestimentos (EQUIP) | 120.00 kN/m |

Sobrecarga de utilização

- | | |
|--|------------------------|
| • Sobrecarga uniformemente distribuída (SC1) | 5.00 kN/m ² |
| • Sobrecarga nas paredes (SC2) | 5.00 kN/m ² |

Ação Sísmica

Utilizados os espetros de resposta previsto no Eurocódigo n.º 8 para Portugal, bem como a caracterização do terreno compatível com os resultados da prospeção efetuada;

3.2.3 ESFORÇOS

Para o dimensionamento dos elementos estruturais foram consideradas as combinações de ações regulamentares.

As figuras seguintes ilustram o Diagrama de Momentos Fletores da estrutura quando sujeita a esta combinação de ações.

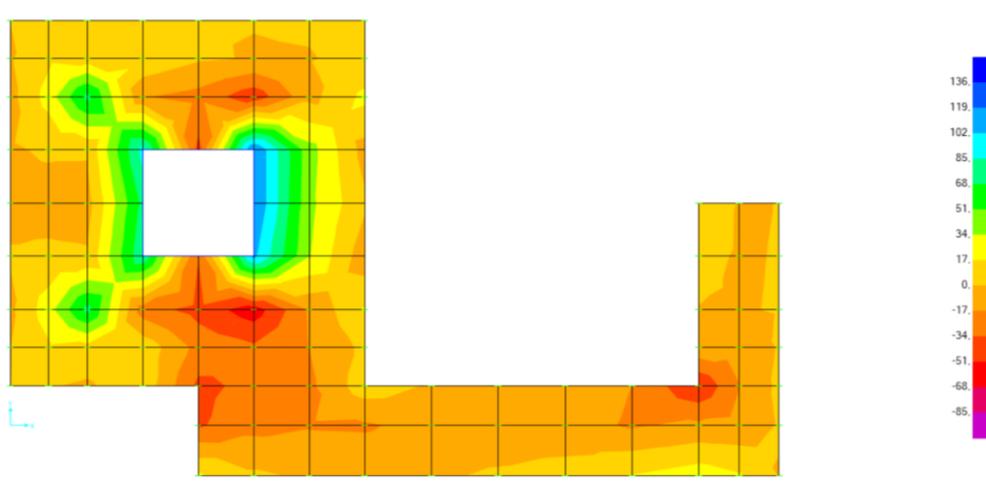


Figura 3.2 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte máxima

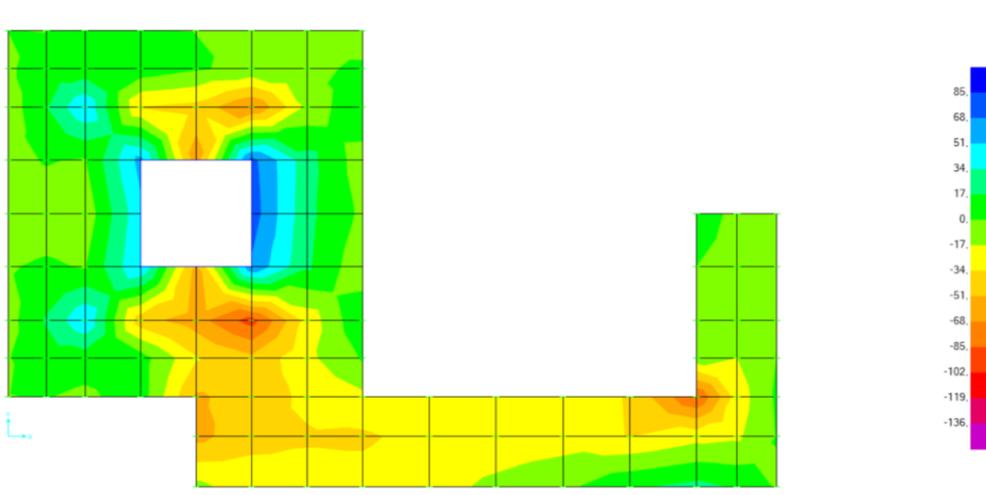


Figura 3.3 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte mínima

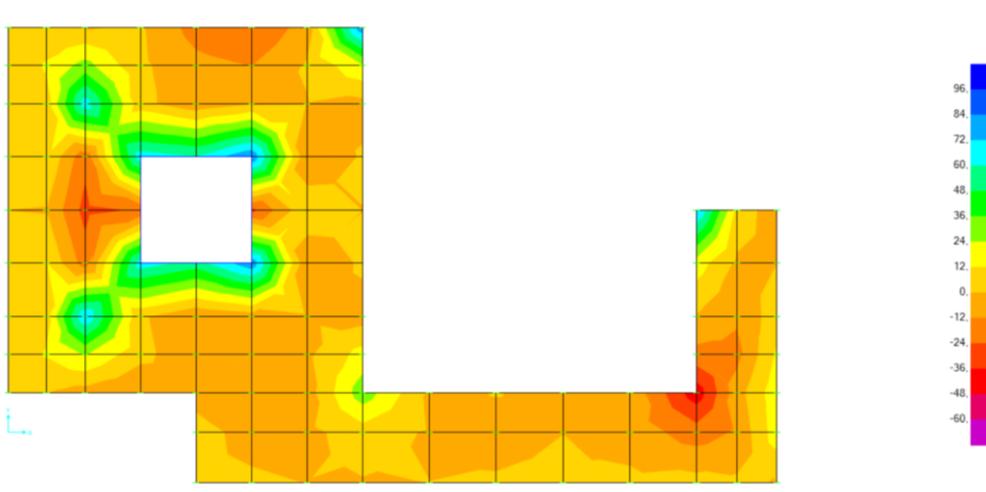


Figura 3.4 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolverte máxima

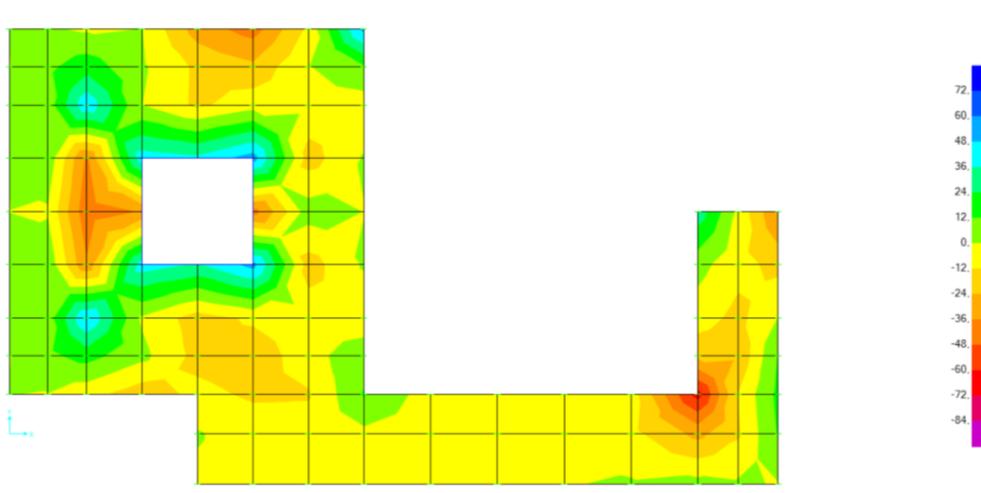


Figura 3.5 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores M_{xx} . Envolverte mínima

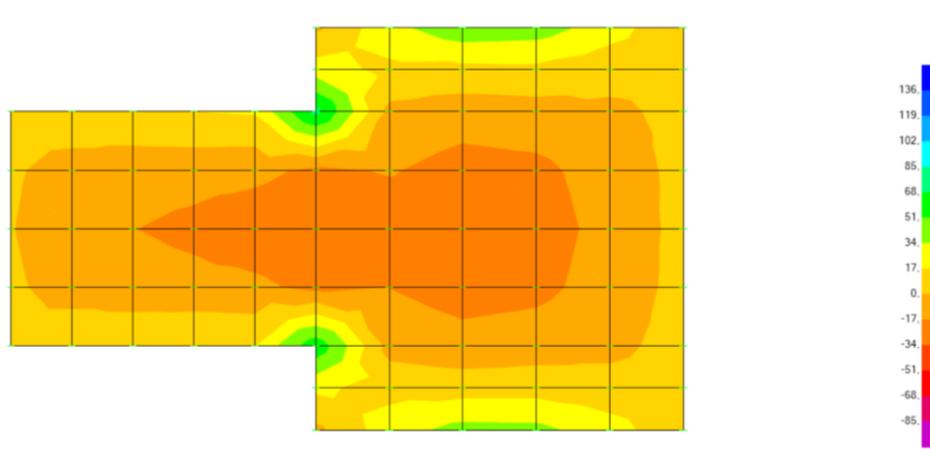


Figura 3.6 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores M_{yy} . Envolverte máxima

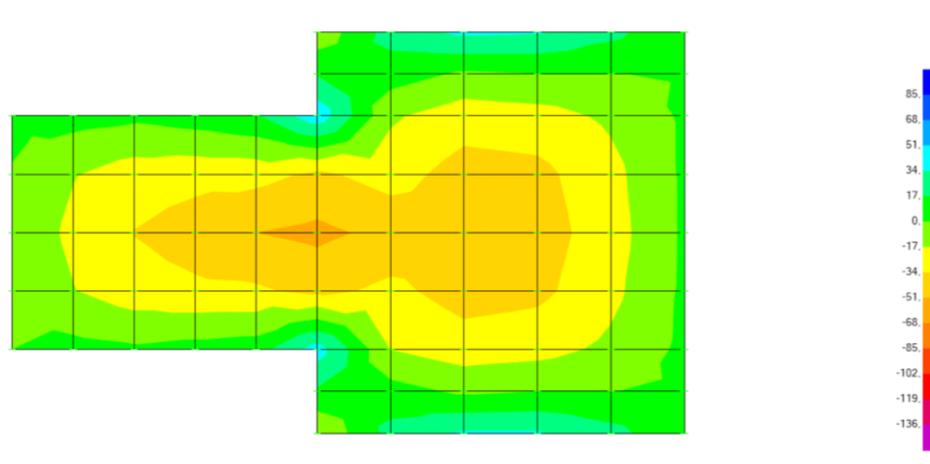


Figura 3.7 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores M_{yy} . Envolverte mínima

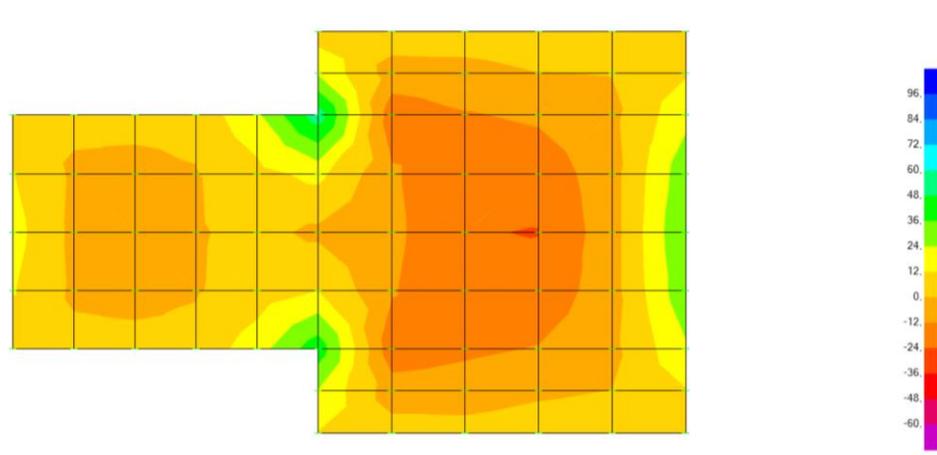


Figura 3.8 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores M_{xx} . Envoltiva máxima

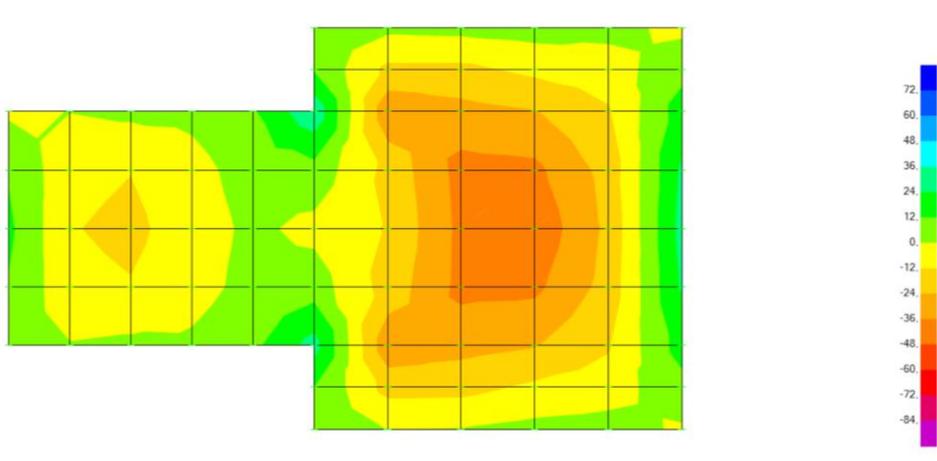


Figura 3.9 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores M_{xx} . Envoltiva mínima

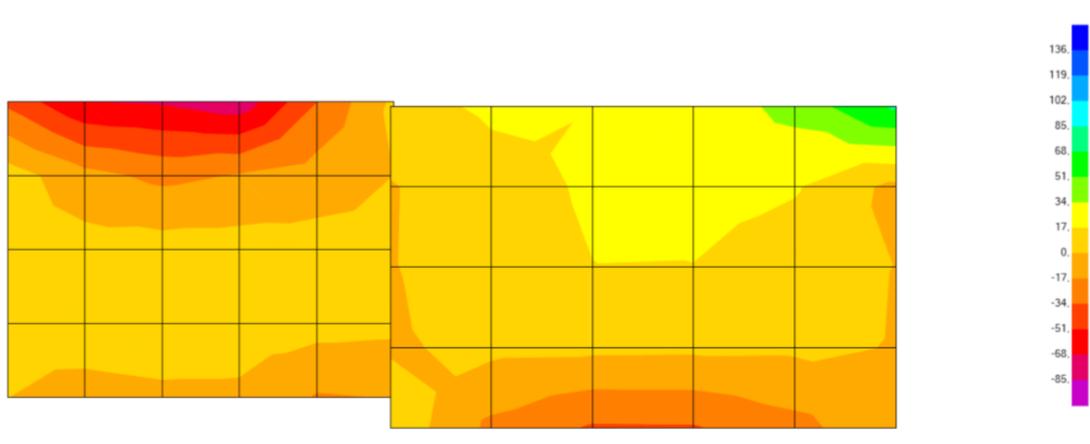


Figura 3.10 – Parede Exterior. Diagrama de Momentos Fletores M_{yy} . Envoltiva máxima

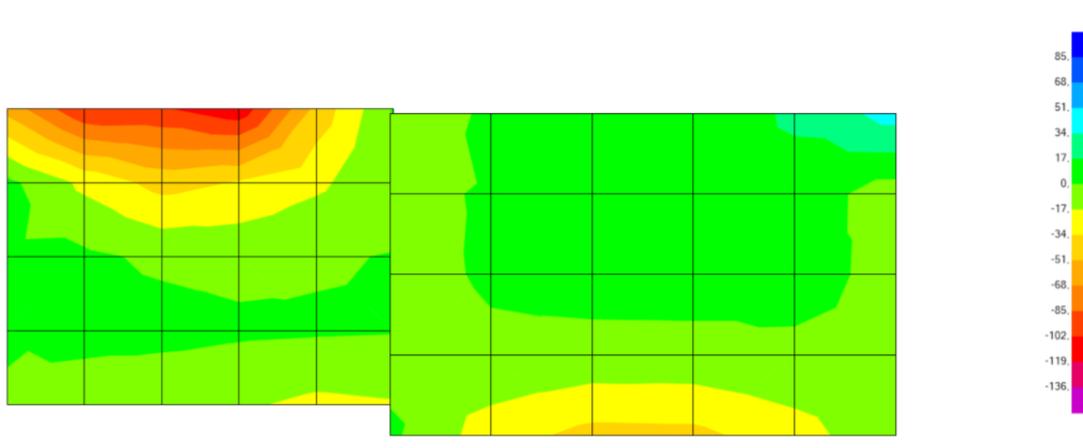


Figura 3.11 – Parede Exterior. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolve mínima

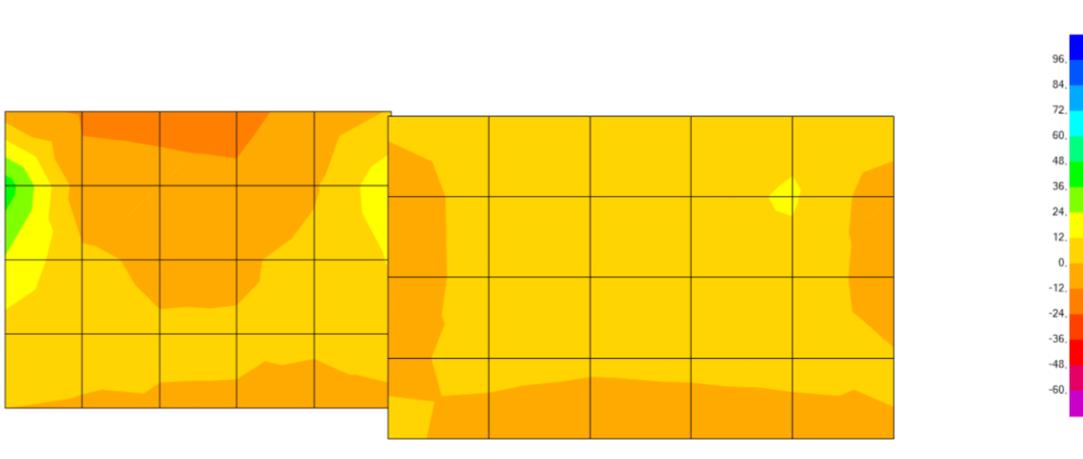


Figura 3.12 – Parede Exterior. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolve máxima

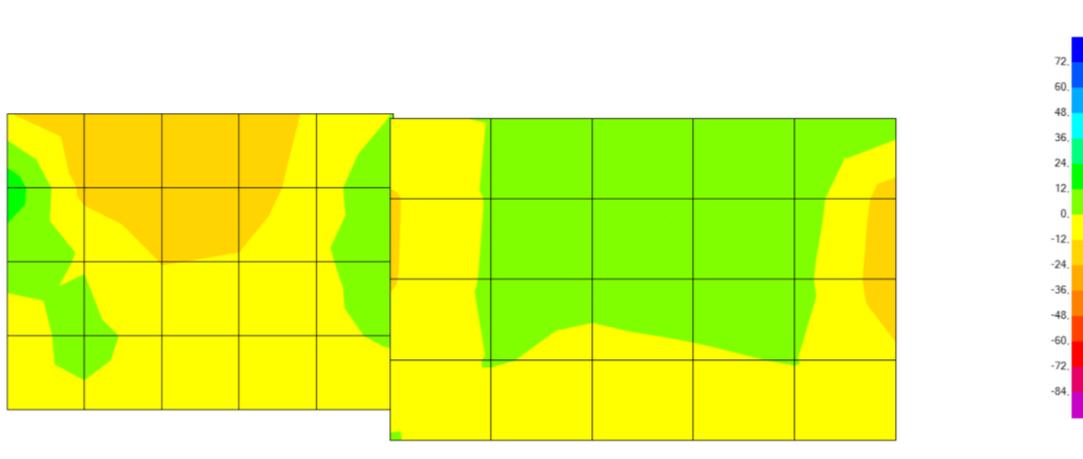


Figura 3.13 – Parede Exterior. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolve mínima

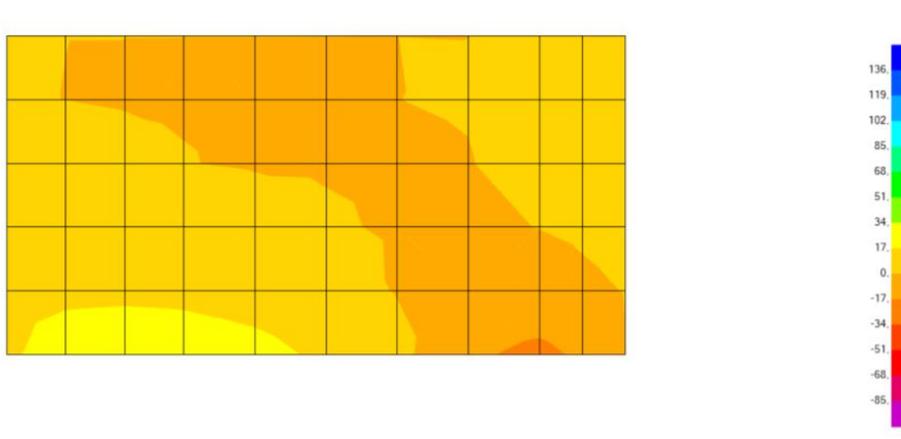


Figura 3.14 – Muro de proteção. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte máxima

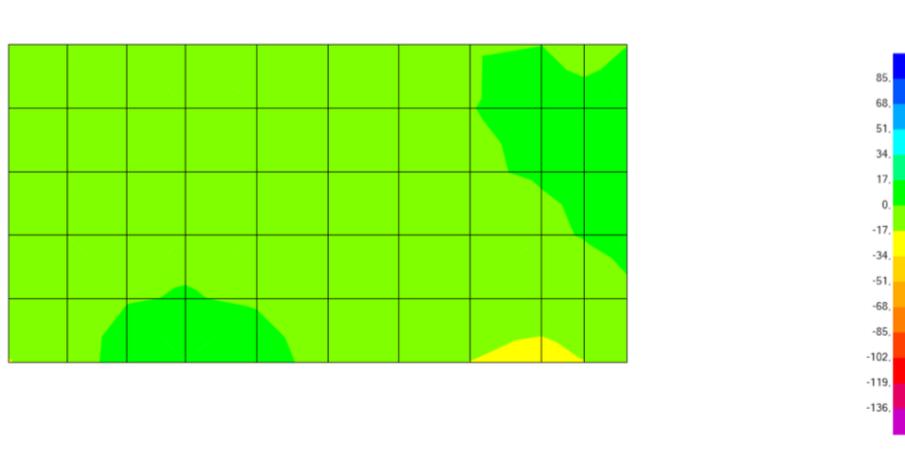


Figura 3.15 – Muro de proteção. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte mínima

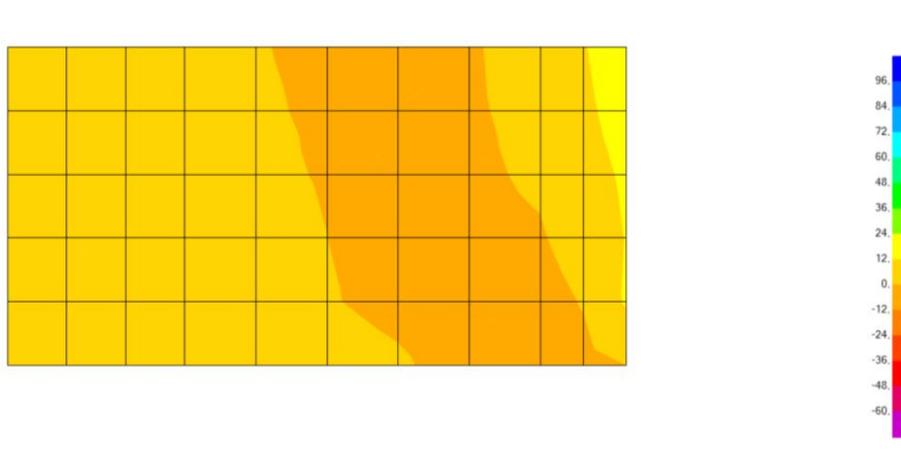


Figura 3.16 – Muro de proteção. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolverte máxima

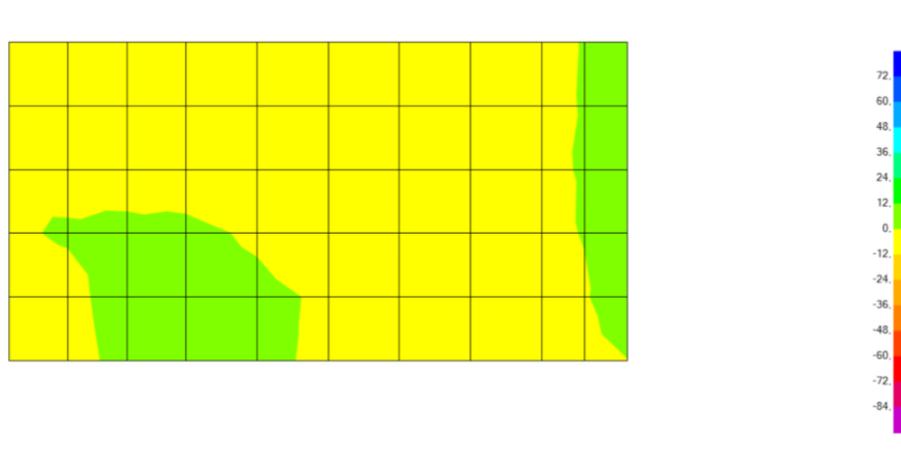


Figura 3.17 – Muro de proteção. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltória mínima

3.3 LAJE DE FUNDO

3.3.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Dimensionamento laje de fundo

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Ms _d (kNm/m)	Ms _d ⁺ (kNm/m)	Vs _d (kN/m)	Vc _d (kN/m)	V _o d (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As ⁻ (cm ² /m)	As ⁺ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As ⁻	As ⁺
dir XX	Mmáx ⁻	1,00	0,60	0,56	50,00			297,02	0,00	2,07	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx ⁺	1,00	0,60	0,56		60,00		297,02	0,00	0,00	0,00	0,00	φ12//.15	
dir YY	Mmáx ⁻	1,00	0,60	0,56	65,00			297,02	0,00	2,70	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx ⁺	1,00	0,60	0,56		75,00		297,02	0,00	0,00	3,12	0,00	φ12//.15	

f _{cd} (kN/m ²)	20000
f _{syd} (kN/m ²)	435000
τ ₁ (kN/m ²)	850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

3.4 LAJE DE TOPO

3.4.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Dimensionamento da laje de topo

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TOPO -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V0d (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm ² /m)	As+ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As- As-	As+ As+
dir XX	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	45,00			227,66	0,00	2,92	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		70,00		227,66	0,00	0,00	4,59	0,00	φ12//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	60,00			227,66	0,00	3,92	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		120,00		227,66	0,00	0,00	8,02	0,00	φ12//.15	

fcd (kN/m²) 20000
fsyd (kN/m²) 435000
τ1 (kN/m²) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

3.5 PAREDES EXTERIORES

3.5.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 3.3.

Quadro 3.3 – Dimensionamento das paredes exteriores

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

seção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd* (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V0d (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm ² /m)	As+ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As- As-	As+ As+
dir XX	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	45,00			227,66	0,00	2,92	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		20,00		227,66	0,00	0,00	1,29	0,00	φ12//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	100,00			227,66	0,00	6,63	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		70,00		227,66	0,00	0,00	4,59	0,00	φ12//.15	

fcd (kN/m²) 20000
fsyd (kN/m²) 435000
τ1 (kN/m²) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

3.6 MURO DE PROTEÇÃO

3.6.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Dimensionamento do muro de proteção

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd (kNm/m)	Msd+ (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	Vod (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As- (cm²/m)	As+ (cm²/m)	Asw/s (cm²/mxm)	As- As+	
dir XX	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	10,00			177,68	0,00	0,89	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		20,00		177,68	0,00	0,00	1,79	0,00	φ16//.15	
dir YY	Mmáx-	1,00	0,30	0,26	30,00			177,68	0,00	2,71	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx+	1,00	0,30	0,26		30,00		177,68	0,00	0,00	2,71	0,00	φ16//.15	

fcd (kN/m²) 20000
fsyd (kN/m²) 435000
τ1 (kN/m²) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

4 ESTRUTURA DE SUPORTE DO RH DE PROTEÇÃO DOS CIRCUITOS DE COMPRESSÃO

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Trata-se de uma estrutura tipo canal, que albergará uma conduta e respetivos acessórios e culminará numa laje, onde ficarão apoiados os dois RH.

A laje de fundo terá 0,60m de espessura e será ligada monoliticamente às paredes do canal, de 0,50m de espessura. A laje de suporte dos RH terá 0,40m de espessura.

4.2 ESFORÇOS

4.2.1 MODELO DE CÁLCULO

O modelo de cálculo efetuado contempla elementos finitos de laje (SHELL), em regime elástico linear, e encontra-se ilustrado na figura seguinte:

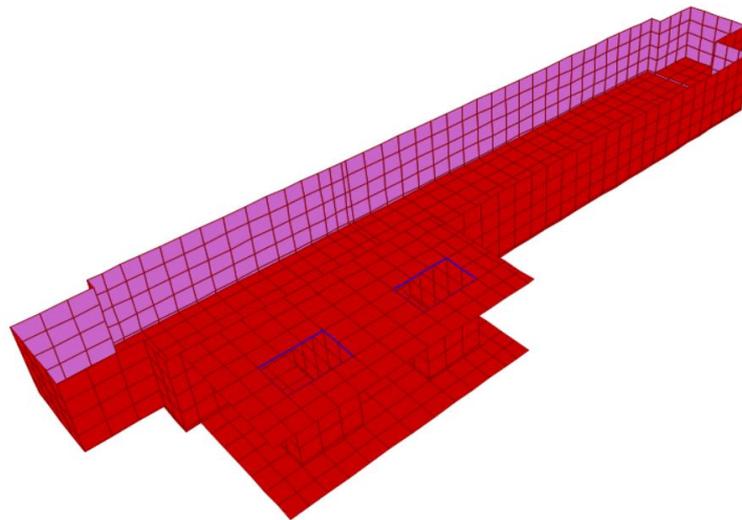


Figura 4.1 – Modelo de Cálculo

Para o cálculo desta estrutura foram utilizadas as seguintes convenções:

Elemento Finito tipo SHELL – Elementos “laje” de 4 nós;

M11 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN.m/m);

M22 – Momento flector nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN.m/m);

F11 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

F22 – Esforço axial nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m);

V13 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direcção local 1 (kN/m);

V23 – Esforço transversal nos elementos “shell” na direcção local 2 (kN/m);

4.2.2 AÇÕES

Ações Permanentes

- | | |
|---|-------------------------|
| • Peso específico do betão armado (PP) | 25.00 kN/m ³ |
| • Ação do Terreno (IK0) | 19.00 kN/m ³ |
| • Peso do revestimento da cobertura (PPNE) | 5.00 kN/m ² |
| • Peso dos Equipamentos e Revestimentos (EQUIP) | 120.00 kN/m |

Sobrecarga de utilização

- | | |
|--|------------------------|
| • Sobrecarga uniformemente distribuída (SC1) | 5.00 kN/m ² |
| • Sobrecarga nas paredes (SC2) | 5.00 kN/m ² |

Ação Sísmica

Utilizados os espetros de resposta previsto no Eurocódigo n.º 8 para Portugal, bem como a caracterização do terreno compatível com os resultados da prospeção efetuada;

4.2.3 ESFORÇOS

Para o dimensionamento dos elementos estruturais foram consideradas as combinações de ações regulamentares.

As figuras seguintes ilustram o Diagrama de Momentos Flectores da estrutura quando sujeita a esta combinação de ações.

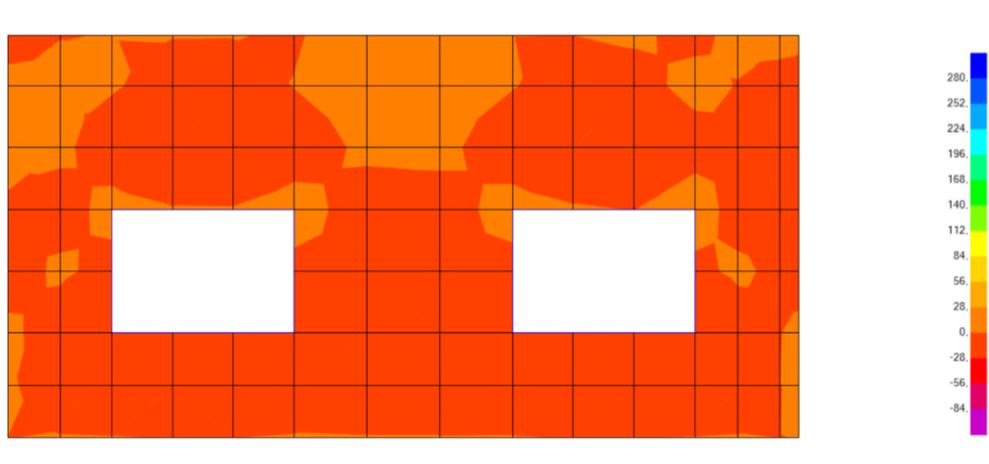


Figura 4.2 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte máxima

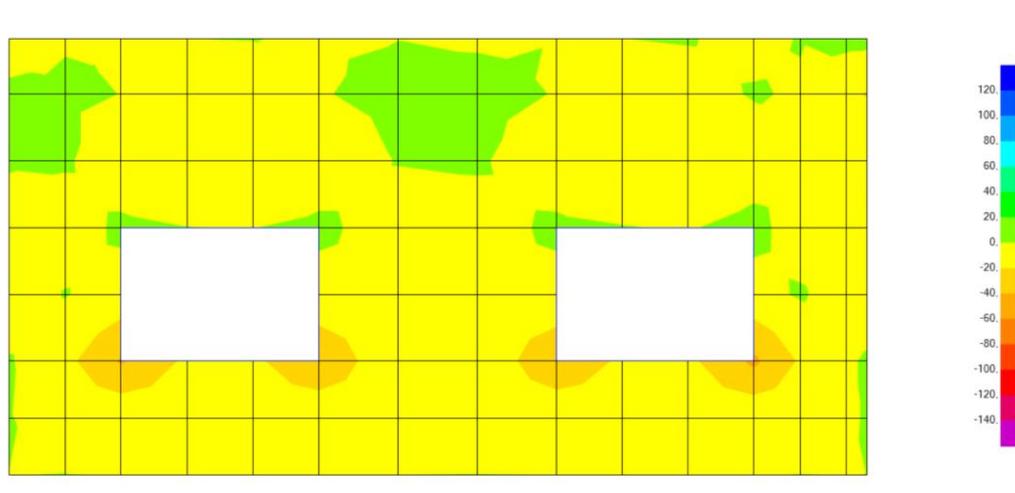


Figura 4.3 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolverte mínima

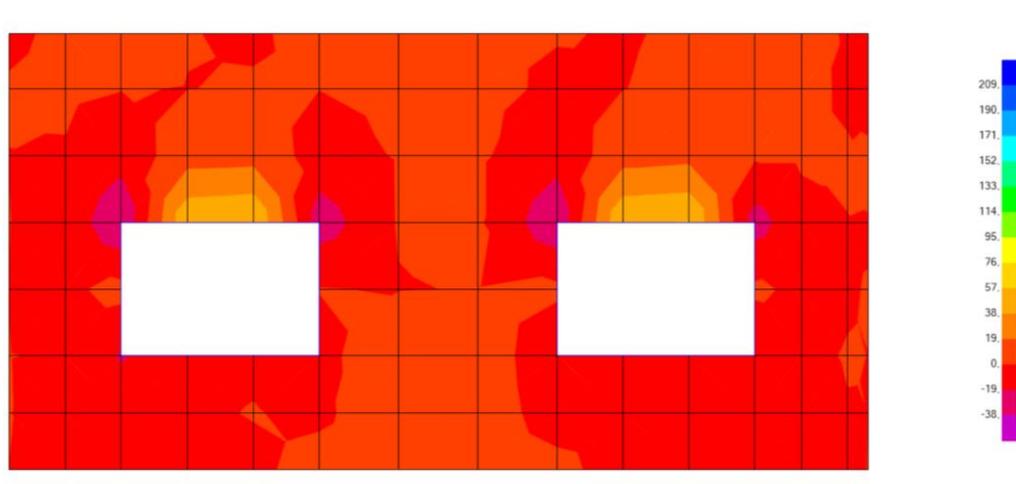


Figura 4.4 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolverte máxima

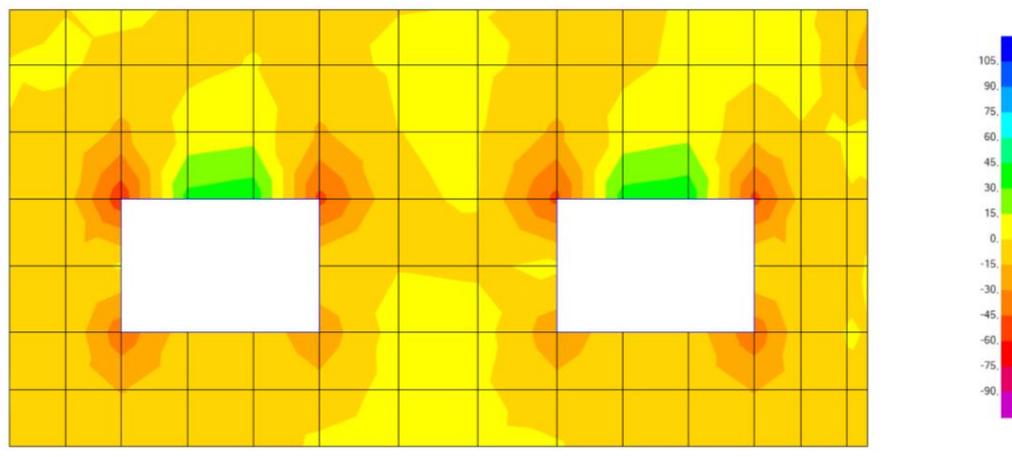


Figura 4.5 – Laje de topo. Diagrama de Momentos Fletores M_{xx} . Envoltente mínima

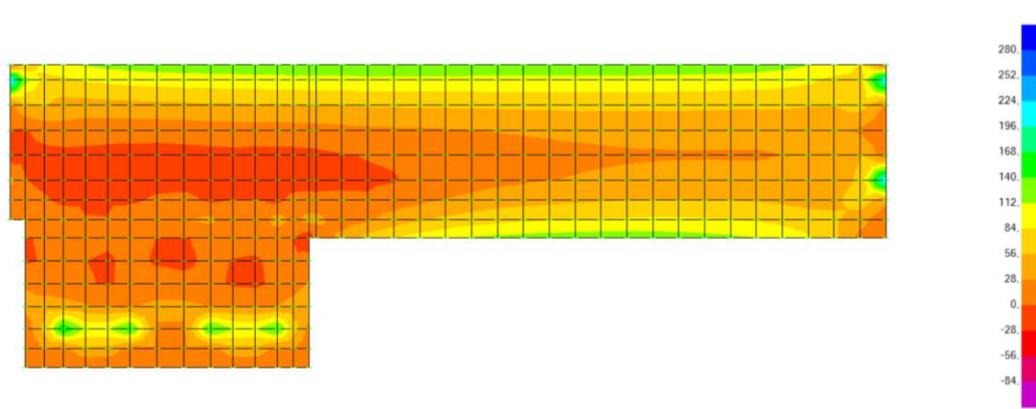


Figura 4.6 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores M_{yy} . Envoltente máxima

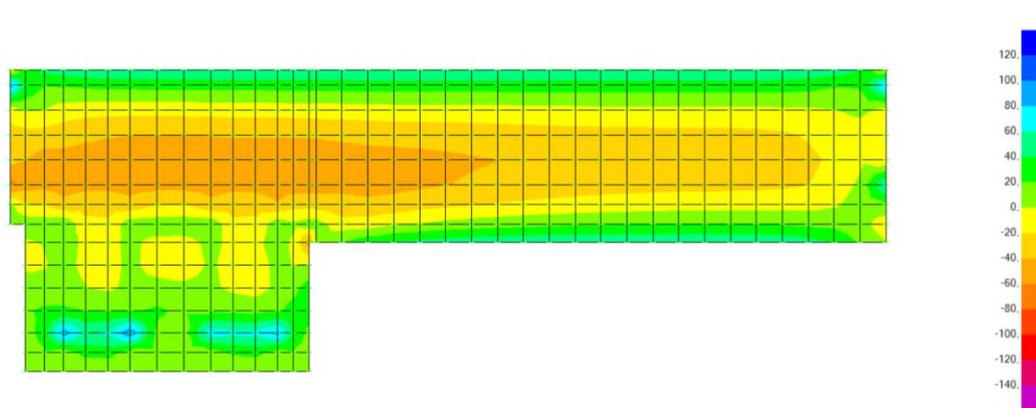


Figura 4.7 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores M_{yy} . Envoltente mínima

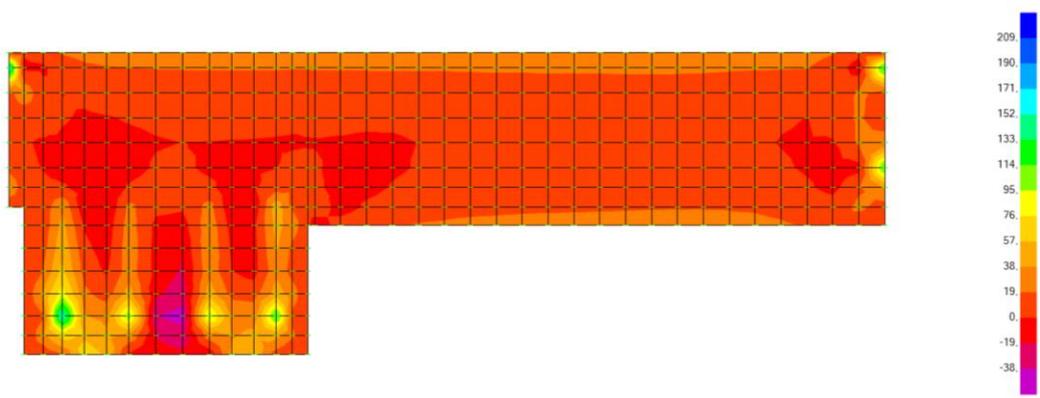


Figura 4.8 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente máxima

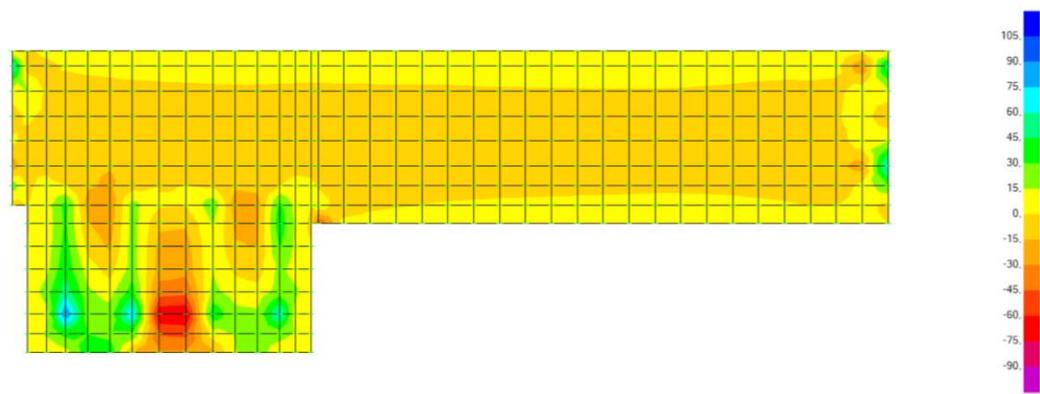


Figura 4.9 – Laje de fundo. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envoltente mínima

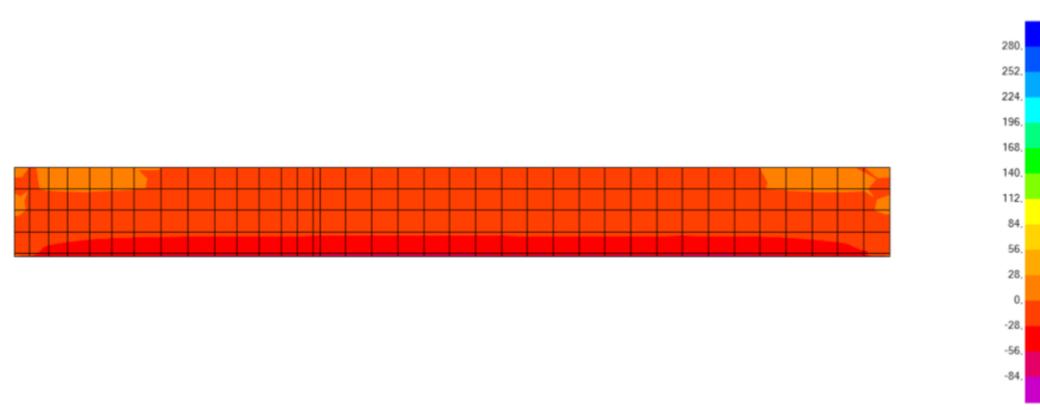


Figura 4.10 – Parede Exterior. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envoltente máxima

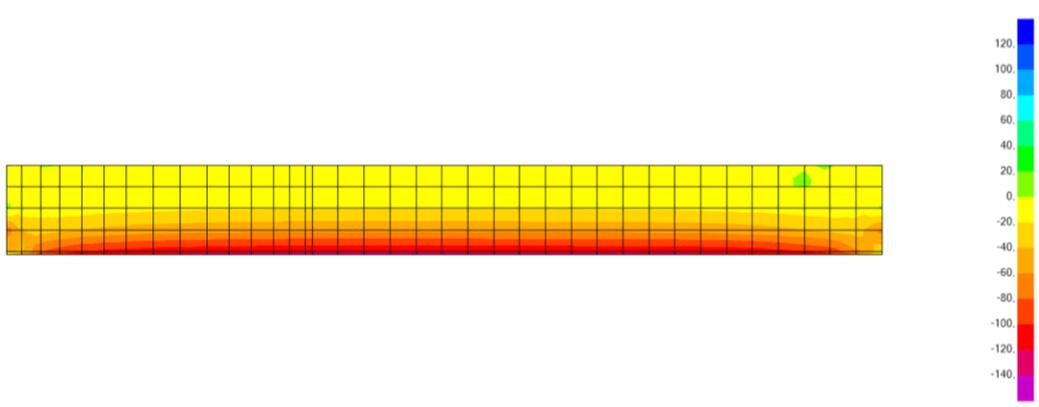


Figura 4.11 – Parede Exterior. Diagrama de Momentos Fletores Myy. Envolve mínima

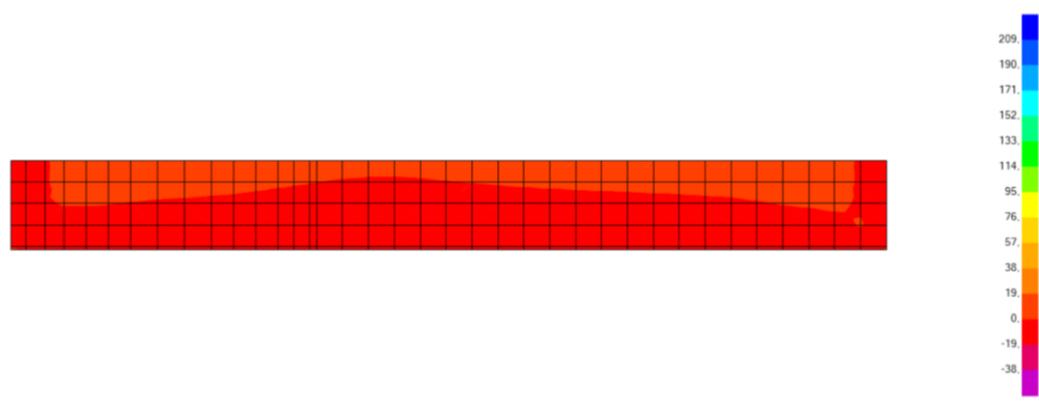


Figura 4.12 – Parede Exterior. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolve máxima

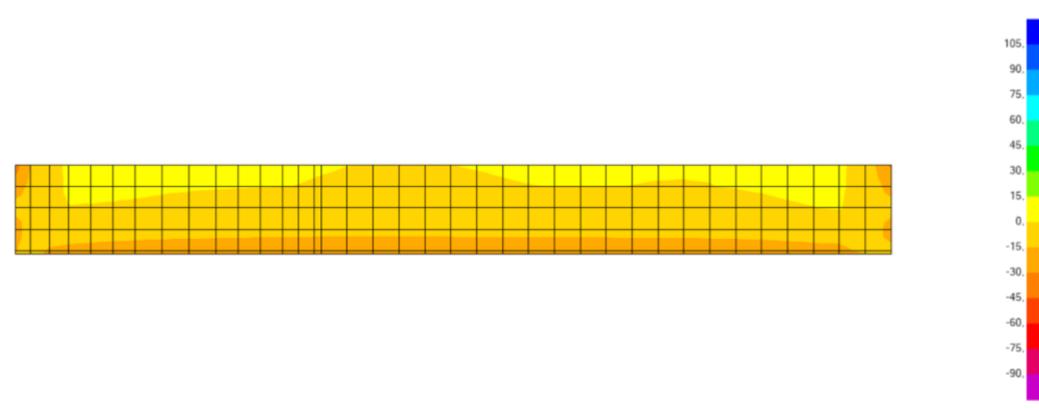


Figura 4.13 – Parede Exterior. Diagrama de Momentos Fletores Mxx. Envolve mínima

4.3 LAJE DE FUNDO

4.3.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 4.1.

Quadro 4.1 – Dimensionamento da laje de fundo

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE FUNDO -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd ⁻ (kNm/m)	Msd ⁺ (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V _{0d} (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As ⁻ (cm ² /m)	As ⁺ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As ⁻	As ⁺
dir XX	Mmáx ⁻	1,00	0,60	0,56	75,00			297,02	0,00	3,12	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx ⁺	1,00	0,60	0,56		155,00		297,02	0,00	0,00	6,52	0,00	φ16//.15	
dir YY	Mmáx ⁻	1,00	0,60	0,56	60,00			297,02	0,00	2,49	0,00	0,00	φ16//.15	
	Mmáx ⁺	1,00	0,60	0,56		140,00		297,02	0,00	0,00	5,88	0,00	φ16//.15	

fcd (kN/m²) 20000
 fsyd (kN/m²) 435000
 τ1 (kN/m²) 860

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

4.4 LAJE DE TOPO

4.4.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Dimensionamento da laje de topo

- DIMENSIONAMENTO DA LAJE DE TOPO -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd ⁻ (kNm/m)	Msd ⁺ (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V _{0d} (kN/m)	Armaduras			Armaduras Adoptadas	
										As ⁻ (cm ² /m)	As ⁺ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	As ⁻	As ⁺
dir XX	Mmáx ⁻	1,00	0,40	0,36	55,00			227,66	0,00	3,59	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx ⁺	1,00	0,40	0,36		55,00		227,66	0,00	0,00	3,59	0,00	φ12//.15	
dir YY	Mmáx ⁻	1,00	0,40	0,36	45,00			227,66	0,00	2,92	0,00	0,00	φ12//.15	
	Mmáx ⁺	1,00	0,40	0,36		10,00		227,66	0,00	0,00	0,64	0,00	φ12//.15	

fcd (kN/m²) 20000
 fsyd (kN/m²) 435000
 τ1 (kN/m²) 860

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$A_{s_{\min}} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

4.5 PAREDES

4.5.1 ESTADO LIMITE ÚLTIMO DE FLEXÃO

O dimensionamento das armaduras apresenta-se no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Dimensionamento das paredes

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd ⁻ (kNm/m)	Msd ⁺ (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V _o d (kN/m)	As ⁻ (cm ² /m)	As ⁺ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	Armaduras Adoptadas As ⁻	As ⁺
dir XX	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	80,00			227,66	0,00	5,27	0,00	0,00	φ16//.125	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		30,00		227,66	0,00	0,00	1,94	0,00		φ16//.125
dir YY	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	130,00			227,66	0,00	8,72	0,00	0,00	φ16//.125	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		50,00		227,66	0,00	0,00	3,25	0,00		φ16//.125

fcd (kN/m²) 20000
fsyd (kN/m²) 435000
τ1 (kN/m²) 850

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE EXTERIOR -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd ⁻ (kNm/m)	Msd ⁺ (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V _o d (kN/m)	As ⁻ (cm ² /m)	As ⁺ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	Armaduras Adoptadas As ⁻	As ⁺
dir XX	Mmáx-	1,00	0,25	0,21	25,00			148,87	0,00	2,81	0,00	0,00	φ12//.125	
	Mmáx+	1,00	0,25	0,21		15,00		148,87	0,00	0,00	1,67	0,00		φ12//.125
dir YY	Mmáx-	1,00	0,25	0,21	34,00			148,87	0,00	3,87	0,00	0,00	φ12//.125	
	Mmáx+	1,00	0,25	0,21		10,00		148,87	0,00	0,00	1,11	0,00		φ12//.125

fcd (kN/m²) 20000
fsyd (kN/m²) 435000
τ1 (kN/m²) 850

- DIMENSIONAMENTO DA PAREDE INTERIOR -

secção		b (m)	h (m)	d (m)	Msd ⁻ (kNm/m)	Msd ⁺ (kNm/m)	Vsd (kN/m)	Vcd (kN/m)	V _o d (kN/m)	As ⁻ (cm ² /m)	As ⁺ (cm ² /m)	Asw/s (cm ² /mxm)	Armaduras Adoptadas As ⁻	As ⁺
dir XX	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	36,00			227,66	0,00	2,33	0,00	0,00	φ12//.125	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		30,00		227,66	0,00	0,00	1,94	0,00		φ12//.125
dir YY	Mmáx-	1,00	0,40	0,36	30,00			227,66	0,00	1,94	0,00	0,00	φ12//.125	
	Mmáx+	1,00	0,40	0,36		15,00		227,66	0,00	0,00	0,96	0,00		φ12//.125

fcd (kN/m²) 20000
fsyd (kN/m²) 435000
τ1 (kN/m²) 850

A armadura mínima é obtida pela expressão:

$$As_{\min} = 0.12 \times \frac{b \times d}{100}$$

sendo:

b – Largura;

d – Altura útil.

ANEXO IV – CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

DGADR – DIREÇÃO-GERAL DE AGRICULTURA E DESENVOLVIMENTO RURAL

PROJETO DE EXECUÇÃO DE INFRAESTRUTURAS DE REGADIO DO
APROVEITAMENTO HIDROAGRÍCOLA DO CRATO

Edifício da Estação Elevatória

CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

Projeto de Execução

Abril 2024

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	2
2.	LOCALIZAÇÃO E AMBIENTE SONORO.....	2
3.	ENQUADRAMENTO TÉCNICO E REGULAMENTAR.....	3
3.1.	No âmbito do planeamento urbano	3
3.2.	Em matéria de ruído para o exterior.....	3
3.3.	No âmbito dos requisitos acústicos do edifício.....	4
4.	SOLUÇÕES DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO	5
5.	CONTROLO DA EMISSÃO DE RUÍDO PARA O EXTERIOR.....	6
5.1.	Considerações gerais.....	6
5.2.	Modelo de cálculo	7
5.3.	Verificação regulamentar	9
6.	NOTAS FINAIS	10
7.	ANEXO I: IDENTIFICAÇÃO EM PLANTA DAS SOLUÇÕES PRECONIZADAS	11
8.	ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	12
8.1.	Caracterização acústica das soluções preconizadas	12
8.1.1.	Parede exterior.....	12
8.1.2.	Envidraçados exteriores	13
8.1.3.	Cobertura	14
8.1.4.	Paredes Interiores	15
8.1.5.	Envidraçados interiores.....	16
8.2.	Modelo de cálculo de isolamento sonoro.....	17
8.3.	Verificação regulamentar dos requisitos do edifício	18

1. INTRODUÇÃO

A presente Memória Descritiva é referente ao Projeto de Execução da especialidade de Condicionamento Acústico para a obra de construção do edifício da Estação Elevatória (EE), relativamente ao projeto de execução de infraestruturas de regadio do aproveitamento hidroagrícola do Crato.

São apresentadas as soluções adotadas no projeto, no âmbito do comportamento acústico do edifício, tendo sido preconizadas a partir de critérios enquadrados pelas exigências regulamentares aplicáveis, estabelecidas no Regulamento Geral do Ruído (RGR, DL 9/2007) e no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (RRAE, DL 96/2008).

2. LOCALIZAÇÃO E AMBIENTE SONORO

Na figura seguinte é apresentado o local da obra:



Fig.1 – Localização da obra (fonte: Projeto ARQ)

Os mapas de ruído do concelho não são apresentados uma vez que a C.M. do Crato não disponibiliza estes elementos. Contudo, é possível considerar que o ambiente sonoro exterior do local de implantação do edifício da EE em apreço será pouco perturbado, estando as principais fontes de ruído existentes, IC13 (rodovia) e via-férrea, a distâncias superiores a 1000m.

3. ENQUADRAMENTO TÉCNICO E REGULAMENTAR

3.1. No âmbito do planeamento urbano

De acordo com as informações disponíveis, a C. M. do Crato ainda não procedeu ao zonamento acústico territorial, no âmbito da elaboração do plano municipal de ordenamento do território, pelo que se considera o local de implantação do edifício como “zona sem classificação” (Art.º 6º do RGR).

3.2. Em matéria de ruído para o exterior

Em matéria de emissão de ruído para o exterior e para os recetores sensíveis localizados nos edifícios de habitação mais próximos, atende-se ao cumprimento do RGR.

Face ao programa de ocupação definido para o edifício da EE, que acolherá atividades marcadamente ruidosas e atendendo a que os recetores sensíveis mais próximos (edifícios de habitação) se localizam a uma distância aproximada de 500m (a sul da estação elevatória), é necessário assegurar que a sua utilização cumpre os requisitos regulamentares aplicáveis.

Apresenta-se na figura seguinte a localização dos recetores sensíveis, mas próximos da EE:

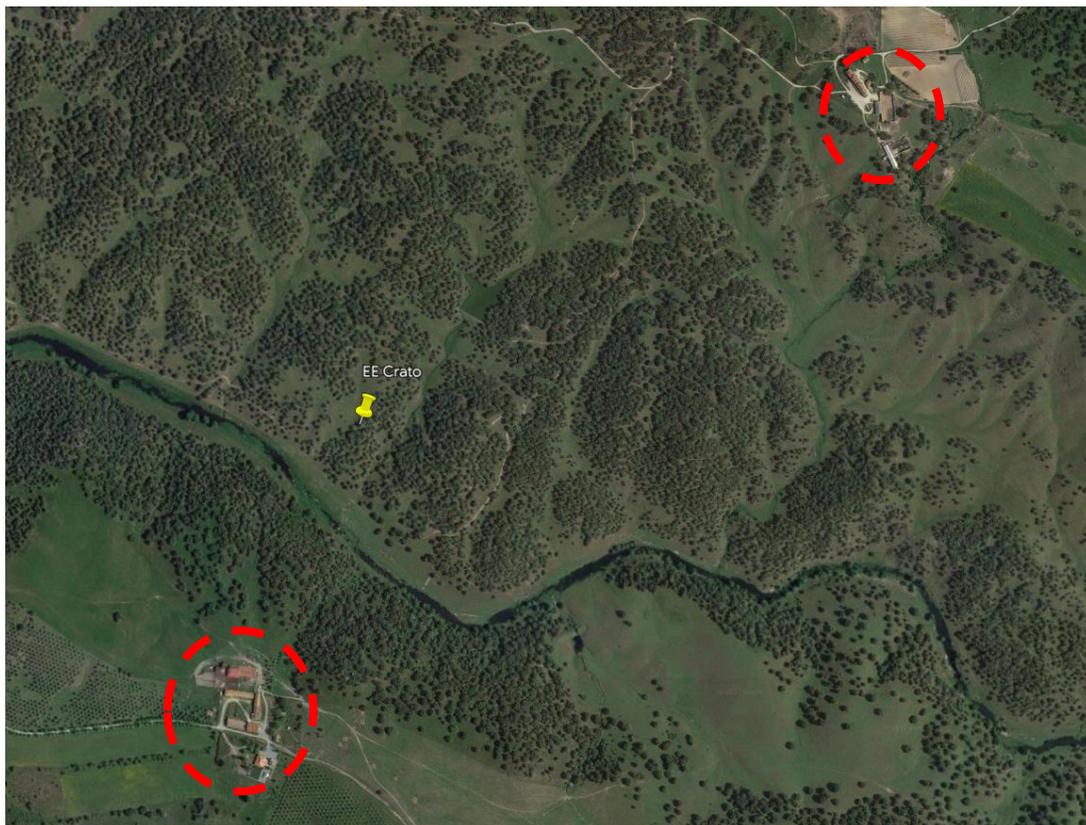


Fig.2 – Recetores sensíveis (habitações) mais próximos da EE
(fonte: Google Earth)

Neste contexto e atendendo à classificação acústica do local (“zona sem classificação”), sintetizam-se de seguida os requisitos a verificar em matéria de ruído para o exterior:

RGR - DL 9/2007	
Requisitos	Limites
Art.º 11º Valores limite de exposição	Zona sem classificação: <ul style="list-style-type: none"> · $L_{den} \leq 63$ dBA · $L_n \leq 53$ dBA
Art.º 13º Critério de incomodidade	<ul style="list-style-type: none"> · $L_{Aeq R.Amb.} - L_{Aeq R.Res.} \leq 5$ dBA, no período diurno; · $L_{Aeq R.Amb.} - L_{Aeq R.Res.} \leq 4$ dBA, no período do entardecer; · $L_{Aeq R.Amb.} - L_{Aeq R.Res.} \leq 3$ dBA, no período noturno.

3.3. No âmbito dos requisitos acústicos do edifício

Face ao programa de ocupação definido para o edifício, os requisitos no âmbito do Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de Junho), apresentam-se de seguida:

RRAE - DL 96/2008, Art.º 6.º	
Requisitos	Limites
Isolamento a sons aéreos entre o exterior do edifício e o interior de escritórios ⁽¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> · $D_{2m,nT,w} \geq 30$ dB;
Tempo de reverberação no interior de escritórios com $V \geq 100m^3$ ⁽²⁾	<ul style="list-style-type: none"> · $T_{[500Hz-2kHz]} \leq 0,15 \cdot V^{1/3}$ (s)
Isolamento sonoro a sons de percussão proveniente de uma percussão normalizada sobre pavimentos de outros locais do edifício, como locais emissores ⁽³⁾	<ul style="list-style-type: none"> · $L'_{nT,w} \leq 60$ dB;
Ruído de equipamentos do edifício em locais onde se exerçam actividades que requeiram concentração e sossego ⁽⁴⁾	<ul style="list-style-type: none"> · $L_{Ar,nT} \leq 42$ dBA, se o funcionamento do equipamento for intermitente; · $L_{Ar,nT} \leq 37$ dBA, se o funcionamento do equipamento for contínuo.

Notas:

1. No caso do edifício em projeto, refere-se que apenas a sala de comando poderá ser equiparada a espaço de escritório, com requisitos regulamentares associados ao isolamento sonoro de fachada.
2. Dado que a sala de comando não tem um volume $\geq 100m^3$, este requisito (tempo de reverberação) não é aplicável.
3. Dado que todos os compartimentos respeitam à mesma fração, não se entende aplicável o requisito respeitante ao isolamento a sons de percussão.
4. Dado o tipo de uso previsto para a sala de comando, integrada em edifício industrial e sem ocupação permanente pelos operadores, não se entendem aplicáveis requisitos de concentração e sossego.

4. SOLUÇÕES DE CONDICIONAMENTO ACÚSTICO

As soluções com relevo para o comportamento acústico do edifício da EE estão preconizadas e sintetizadas no quadro seguinte, estando em coerência com as definições constantes no Projeto de Arquitetura e sendo identificadas em planta no anexo I.

No anexo II são apresentadas as características acústicas das soluções preconizadas e os resultados da verificação regulamentar, respectivamente, efetuada através de modelo de cálculo e de simulação digital, seguindo os procedimentos normativos aplicáveis.

Soluções de Condicionamento Acústico (SCA)			
Situação	Elemento	Especificação	Ref.ª
Fachada da sala de comando	Parede exterior	Parede com espessura global de 435mm, com a seguinte composição: - Acabamento exterior de acordo com a ARQ; - Isolamento exterior com sistema ETICS (100mm) de acordo com a TER; - Pano de alvenaria de tijolo térmico e acústico (315mm), conforme ARQ; - Reboco (20mm). Índice acústico $R_w=49$ dB, conforme caracterização em anexo.	SCA.01
	Vãos envidraçados exteriores	Caixilharia de boa qualidade, em vãos fixos, com perdas reduzidas de isolamento sonoro, não superiores a 3dB;	SCA.02
		Vidro duplo constituído por vidro 6mm, caixa de ar 20mm e vidro 4mm, com índice acústico $R_w(C;C_{tr})=35(-2;-6)$ dB, de acordo com caracterização em anexo.	SCA.03
Cobertura da sala de comando	Cobertura	Cobertura constituída por: - Pannel sandwich (50mm), conforme ARQ; - Laje de betão (250mm), conforme EST; - Acabamento interior com tecto falso em placas de gesso cartonado, conforme ARQ; Índice acústico $R_w=84$ dB, conforme caracterização em anexo.	SCA.04
Confrontação entre a sala de comando e outros espaços interiores (sem requisitos)	Paredes interiores	Parede em alvenaria simples (355mm), com a seguinte composição: - Reboco (20mm); - Pano de alvenaria de tijolo térmico e acústico (315mm), conforme ARQ; - Reboco (20mm). Índice acústico $R_w=49$ dB, conforme caracterização em anexo.	SCA.05
	Vãos envidraçados interiores	Caixilharia de boa qualidade, em vãos fixos, com perdas reduzidas de isolamento sonoro, não superiores a 3dB;	SCA.06
		Vidro duplo constituído por vidro 4mm, caixa de ar 10mm e vidro 4mm, com índice acústico $R_w(C;C_{tr})=33(-2;-5)$ dB, conforme ARQ, de acordo com caracterização em anexo.	SCA.07
	Porta	Porta com pannel em alumínio, conforme ARQ.	SCA.08
Equipamentos associados à sala de comando	Unidades interiores de climatização	Seleção de unidades com baixos níveis de ruído próprio, respeitando o critério de conforto $L_p \leq 37$ dBA a 1m, na velocidade média de funcionamento;	SCA.09

5. CONTROLO DA EMISSÃO DE RUÍDO PARA O EXTERIOR

5.1. Considerações gerais

Tendo em consideração a localização da EE e dos edifícios vizinhos mais próximos, é necessário garantir que os equipamentos eletromecânicos afetos ao funcionamento do edifício não constituem fonte de ruído significativa no contexto do ambiente sonoro exterior.

Nesse sentido, as condições de emissão do ruído originado pelos equipamentos referidos (descritos à frente) foram alvo de simulação acústica com base nas suas características específicas, recorrendo a software de cálculo previsional adequado (iNoise v2023).

Com recurso a este software foi elaborado um modelo de cálculo tridimensional, criado com base nas plantas do projeto de arquitetura, tendo em consideração a volumetria do edificado e as suas características construtivas.

Foram ainda introduzidas fontes sonoras no modelo, com base na informação acústica dos equipamentos a instalar, presente nas fichas técnicas e na informação recebida dos mesmos.

Para o cálculo efetuado foi considerada a seguinte informação de referência:

Equipamentos	Referência (Marca/Modelo)	Nível sonoro (L _w /L _p)	Vãos considerados como fonte sonora no modelo de cálculo (*)
Grupos de bombagem principais (4 bombas)	KSB RDLO 500-685 A SC G F	74dB(A) x 4	VeP1; VeP2; VeJ1; VeJ2; VeJ3; VeJ4; VeG1.
Grupos de bombagem secundários (2 bombas)	KSB Omega 300-435 B SC G F	69dB(A) x 2	VeP1; VeP2; VeJ1; VeJ2; VeJ3; VeJ4; VeG1.
Ventiladores da nave dos grupos (6 ventiladores)	HCFT/6-710/H	65dB(A)	VeJ1; VeJ2.
Compressores (1+1 reserva)	GA11	62dB(A)	VeP2; VeJ8.
Ventilador da sala dos compressores	HCFT/4-315/H	55dB(A)	VeG4
Ventilador da sala dos QE	HCFT/4-250/H	49dB(A)	VeG4
Ventiladores da sala dos variadores (2 Ventiladores)	TCBT/4-560/L	68dB(A)	VeG2
Ventilador da sala dos variadores	TCBB/4-500/H	66dB(A)	VeG3
Ventiladores da sala dos transformadores (2 ventiladores)	HT80-6T	64dB(A)	Ventiladores na cobertura
Ventilador da sala dos transformadores	HT35-4T	48dB(A)	Ventilador na cobertura
Transformadores de potência 690V (2 Transformadores)	-	77dB(A)	VeP4
Transformador de potência 250kVA	-	65dB(A)	VeP4

(*) – De acordo com as plantas, alçados e mapa de vãos da ARQ.

Os cálculos de previsão acústica foram realizados segundo a Norma Portuguesa NP ISO 9613 (2014) – ‘Acústica. Atenuação do som na sua propagação ao ar livre’, tendo sido determinados os níveis de ruído particular a uma cota relativa de 4m acima do pavimento.

5.2. Modelo de cálculo

Apresenta-se a seguir uma imagem do modelo de cálculo, com fotografia aérea do local em “background”, com a localização do edifício da EE (considerando as várias fontes de ruído referidas atrás, a vermelho) e dos edifícios vizinhos existentes (habitações, a azul, localizadas aproximadamente a 500m a sul e a 1300m a nordeste da EE).



Fig.3 – Elementos considerados no modelo de cálculo – localização do edificad

Apresentam-se de seguida imagens tridimensionais representativas do modelo de cálculo elaborado, ilustrando o edifício da EE e as fontes sonoras consideradas:

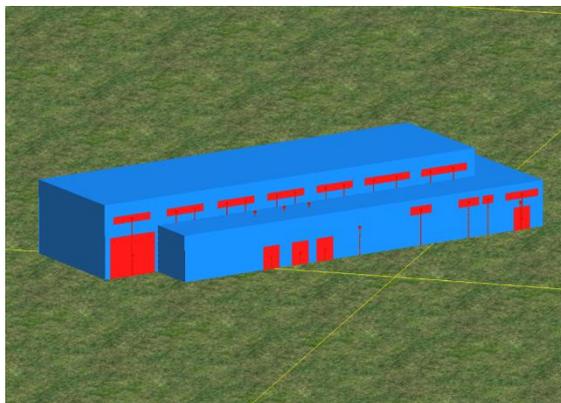


Fig. 4 – Vista tridimensional aproximada – alçado norte e alçado nascente

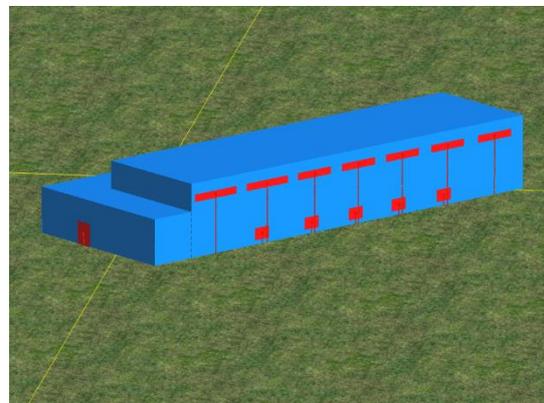


Fig. 5 – Vista tridimensional aproximada – alçado sul e alçado poente

Considerando as características dos equipamentos e a sua relação com os recetores sensíveis mais próximos, conclui-se que estes não constituem fontes de ruído significativas para os edifícios de habitação na envolvente, não sendo ultrapassado um nível de ruído particular $L_p \leq 40$ dB(A), na fachada destes edifícios, de acordo com as imagens abaixo:

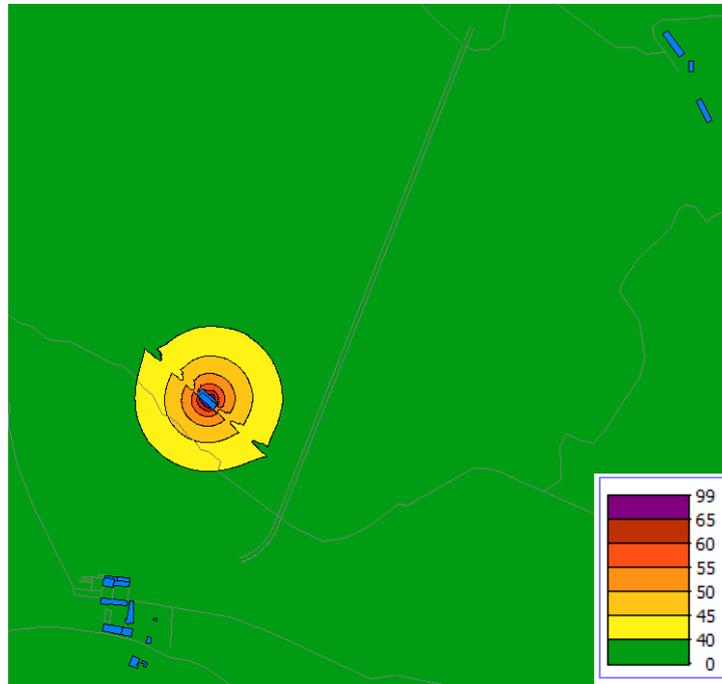


Fig. 6 – Mapa de ruído obtido considerando o pleno funcionamento da EE – ruído particular (propagação de ruído até junto dos recetores sensíveis mais próximos)

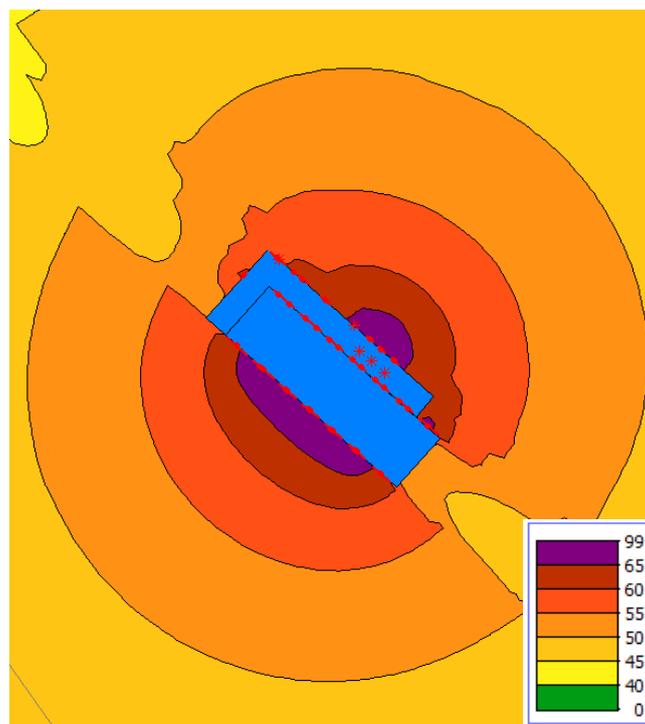


Fig. 7 – Mapa de ruído obtido considerando o pleno funcionamento da EE – ruído particular (propagação de ruído na proximidade do edifício da estação)

5.3. Verificação regulamentar

Com base no exposto foi efetuada a verificação da conformidade regulamentar aplicável, nomeadamente o limite de exposição e o critério de incomodidade (Art.º 11 e 13 respetivamente do RGR), como explicitado nas tabelas abaixo:

Verificação do limite de exposição – Art.º 11 do RGR						
Período de Referência	Ruído ⁽¹⁾ Residual RR (dBA)	Ruído ⁽²⁾ Particular RP (dBA)	Ruído ⁽³⁾ Ambiente RA (dBA)	Indicadores ⁽⁴⁾ regulam. (dBA)	Limite Regulamentar (dBA)	Verificação Regulamentar
Diurno	55	32	55	L _{den} = 55 L _n = 45	L _{den} ≤ 63 L _n ≤ 53	Cumpre
Entardecer	50	32	50			
Noturno	45	32	45			

Verificação do critério de incomodidade – Art.º 13 do RGR						
Período de Referência	Ruído ⁽¹⁾ Residual RR (dBA)	Ruído ⁽²⁾ Particular RP (dBA)	Ruído ⁽³⁾ Ambiente RA (dBA)	Diferença ⁽⁵⁾ RA-RR (dBA)	Limite Regulamentar (dBA)	Verificação Regulamentar
Diurno	55	32	55	0	≤ 5	Cumpre
Entardecer	50	32	50	0	≤ 4	Cumpre
Noturno	45	32	45	0	≤ 3	Cumpre

Notas:

- (1) Ruído residual – nível de ruído existente, na ausência da EE, estimado com base nos indicadores L_{den} = 55 dBA e L_n = 45 dBA (assumidos em posição cautelar caso o local apresentasse classificação de “zona sensível”, na ausência do mapa de ruído do concelho).
- (2) Ruído particular – nível de ruído resultante da atividade da EE; dada a natureza dos equipamentos e à distância para os recetores sensíveis mais próximos não se considerou a presença de componentes tonais e/ou impulsivas. Em posição cautelar, foi considerada a situação mais gravosa, com o pleno funcionamento da estação elevatória, considerando todos os equipamentos referidos na tabela atrás em funcionamento, em todos os períodos de referência.
- (3) Ruído ambiente – resulta da soma logarítmica do ruído residual com o ruído particular.
- (4) L_{den} – Indicador de ruído diurno-entardecer-noturno; L_n – Indicador de ruído período noturno (23h-7h).
- (5) A diferença regulamentar resulta da subtração aritmética do ruído residual ao ruído ambiente.

Conforme a verificação apresentada, considera-se assegurado o cumprimento dos requisitos regulamentares aplicáveis em matéria de emissão de ruído para o exterior.

6. NOTAS FINAIS

O presente Projeto de Condicionamento Acústico, elaborado em fase de Projeto de Execução para a obra de construção do edifício da estação elevatória, relativamente ao projeto de execução de infraestruturas de regadio do aproveitamento hidroagrícola do Crato, permite concluir pela verificação dos requisitos regulamentares aplicáveis, definidos no Regulamento Geral do Ruído (aprovado pelo Decreto-Lei nº9/2007, de 17 de Janeiro), e no Regulamento dos Requisitos Acústicos dos Edifícios (aprovado pelo Decreto-Lei n.º 129/2002, de 11 de Maio, com redação dada pelo Decreto-Lei n.º 96/2008, de 9 de Junho).

As soluções de condicionamento acústico preconizadas foram definidas em articulação com o Projecto de Arquitetura, atendendo à necessária optimização para controlo dos custos estimados da obra, que as integraram nas peças e medições dos projetos correspondentes.

As especificações técnicas apresentadas na presente memória descritiva devem ser usadas para boa interpretação das soluções preconizadas, devendo o Empreiteiro solicitar os necessários esclarecimentos no caso de detectadas incongruências entre projectos.

Cascais, 09 Maio 2023

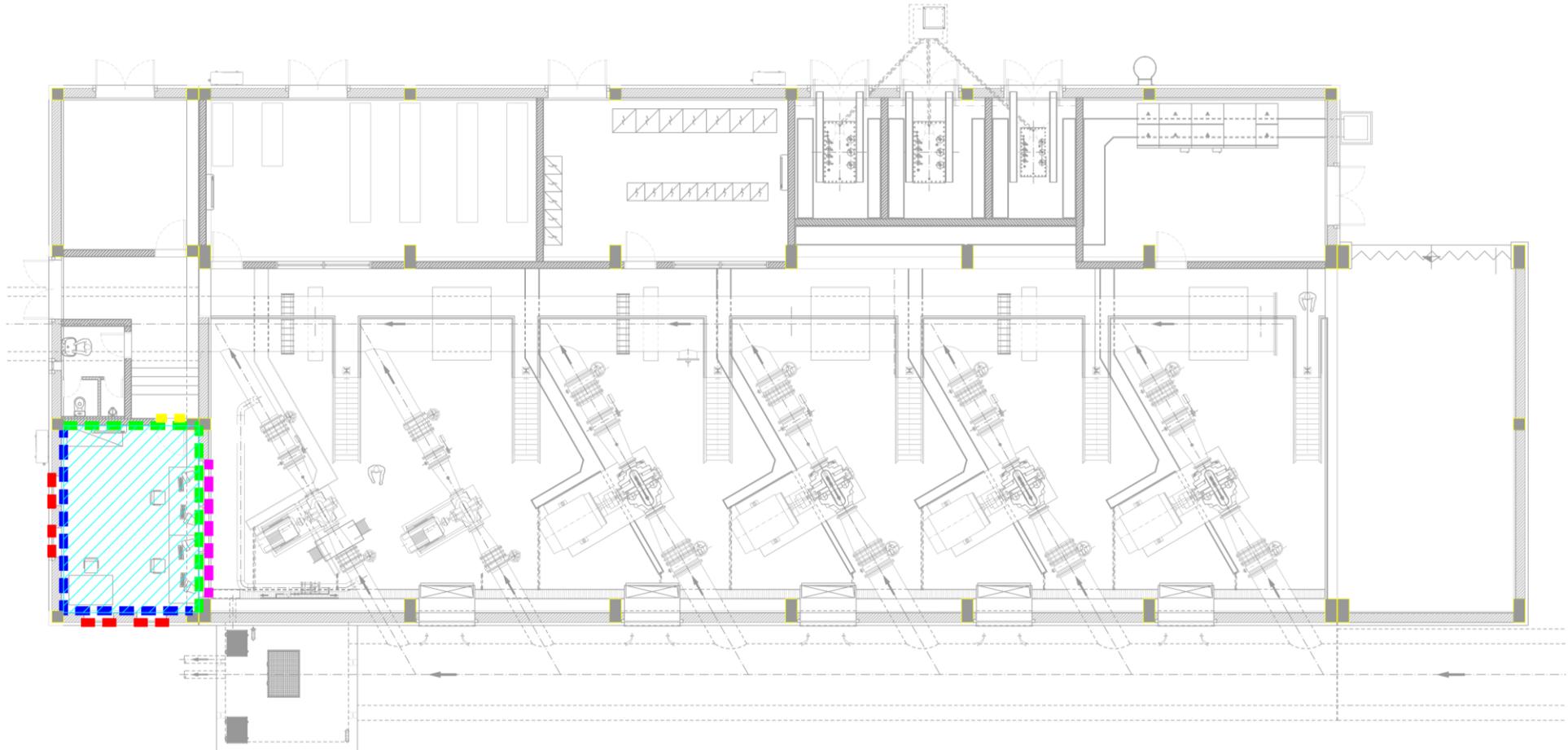
Carlos Penedo, Eng.º (OE 50181)
Especialista em Engenharia Acústica

Colaboração:

Helena Correia, Eng.ª (OE 56096)

André Neves, Tec. Sup.

7. ANEXO I: IDENTIFICAÇÃO EM PLANTA DAS SOLUÇÕES PRECONIZADAS



LEGENDA

- - SCA.01
- - SCA.02 e SCA.03
- ▨ - SCA.04
- - SCA.05
- - SCA.06 E SCA.07
- - SCA.08

8. ANEXO II: CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

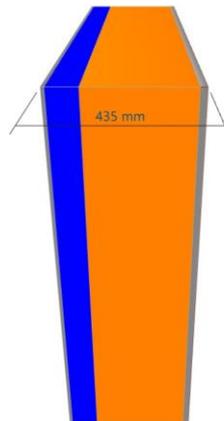
8.1. Caracterização acústica das soluções preconizadas

8.1.1. Parede exterior

Sound Insulation Prediction (v9.0.23)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017
Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB
- Key No. 2490
Job Name:
Job No.:
Date:09/05/2023
File Name:

Initials:TONAL - ENG ACUSTICA LDA



Notes:

R_w 49 dB
C -2 dB
Ctr -5 dB

Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

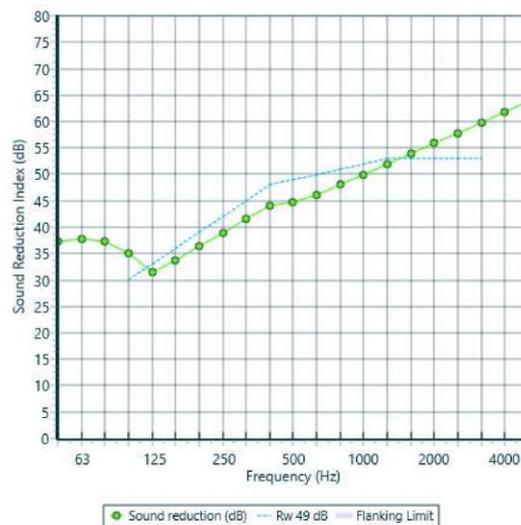
Partition surface mass = 254 kg/m²

System description

Panel 1 : 1 x 10 mm Sand/Cement render
+ 1 x 315 mm Briques bio'bric Carrobriç 100 enduits

+ 1 x 90 mm Poliestireno 20 mm 15 kg/m³
+ 1 x 20 mm Sand/Cement render

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	37	
63	38	37
80	37	
100	35	
125	31	33
160	34	
200	36	
250	39	38
315	42	
400	44	
500	45	45
630	46	
800	48	
1000	50	50
1250	52	
1600	54	
2000	56	56
2500	58	
3150	60	
4000	62	62
5000	64	



8.1.2. Envidraçados exteriores

Sound Insulation Prediction (v9.0.23)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017
Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB
- Key No. 2490
Job Name:
Job No.:
Date: 10/05/2023
File Name:

Initials: TONAL - ENG ACÚSTICA LDA



Notes:



R_w	35 dB
C	-2 dB
Ctr	-6 dB

Mass-air-mass resonant frequency = 195 Hz

Panel Size = 2,0 m x 1,5 m

Partition surface mass = 19,6 kg/m²

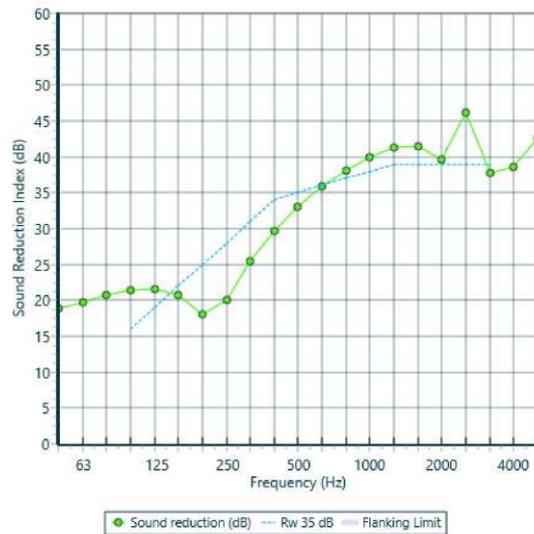
System description

Pane 1 : 1 x 6 mm Glass

air: 20 mm

Pane 2 : 1 x 4 mm Glass

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	19	
63	20	20
80	21	
100	21	
125	22	21
160	21	
200	18	
250	20	20
315	25	
400	30	
500	33	32
630	36	
800	38	
1000	40	40
1250	41	
1600	41	
2000	40	42
2500	46	
3150	38	
4000	39	39
5000	43	



8.1.3. Cobertura

Sound Insulation Prediction (v9.0.23)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017
Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB
- Key No. 2490
Job Name:
Job No.:
Date:09/05/2023
File Name:

Initials:TONAL - ENG ACUSTICA LDA



Notes:



R_w 84 dB
C -1 dB
Ctr -4 dB

Mass-air-mass resonant frequency = =22 Hz , 27 Hz

Panel Size = 2,7 m x 4,0 m

Partition surface mass = 607 kg/m²

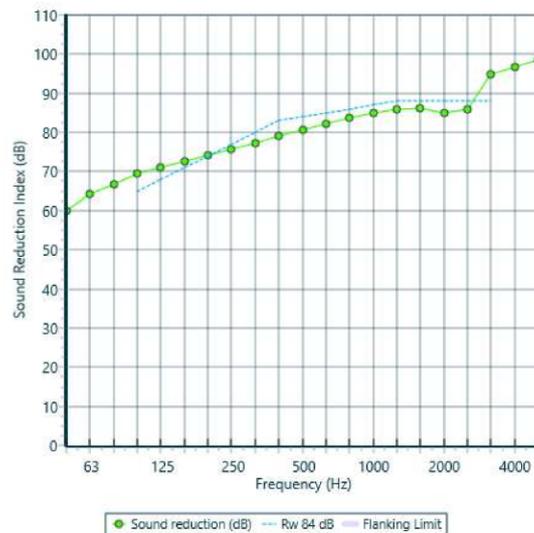
System description

Panel 1 : 1 x 59,9 mm Kingspan KS1000 RW 50/60/70mm

Frame: Z Purlin (7E2 mm x 70 mm), Stud spacing 2000 mm ; Cavity Width 700 mm
Panel 2 : 1 x 250 mm Concrete

Frame: Suspended Light Steel Grid (1E3 mm x 45 mm), Stud spacing 600 mm ; Cavity Width 1000 mm
Panel 3 : 1 x 15 mm Plasterboard

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	60	
63	64	63
80	67	
100	70	
125	71	71
160	73	
200	74	
250	76	76
315	77	
400	79	
500	81	80
630	82	
800	84	
1000	85	85
1250	86	
1600	86	
2000	85	86
2500	86	
3150	95	
4000	97	97
5000	99	



8.1.4. Paredes Interiores

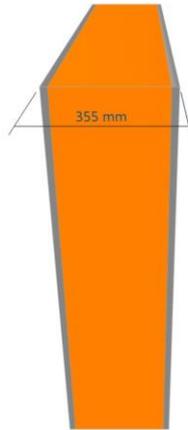
Sound Insulation Prediction (v9.0.23)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017
Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB
- Key No. 2490
Job Name:
Job No.:
Date:09/05/2023
File Name:

Initials:TONAL - ENG ACUSTICA LDA



Notes:



R_w 49 dB
C -1 dB
Ctr -5 dB

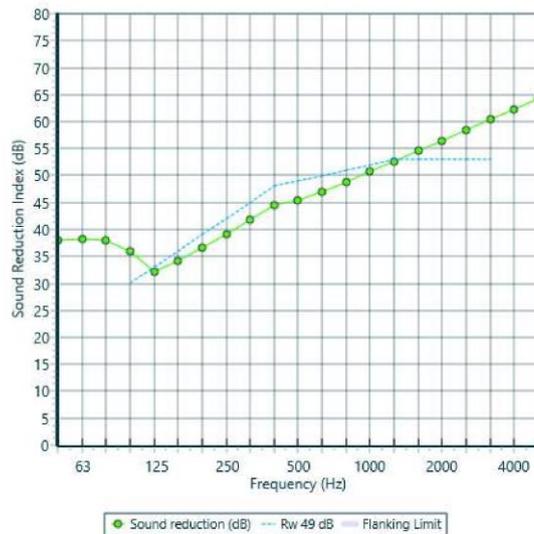
Panel Size = 2,7 m x 4,0 m
Partition surface mass = 268 kg/m²

System description

Panel 1 : 1 x 20 mm Sand/Cement render
+ 1 x 315 mm Briques bio'bric Carrobric 100 enduits

+ 1 x 20 mm Sand/Cement render

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	38	
63	38	38
80	38	
100	36	
125	32	34
160	34	
200	37	
250	39	39
315	42	
400	44	
500	45	45
630	47	
800	49	
1000	51	50
1250	53	
1600	55	
2000	57	56
2500	58	
3150	60	
4000	62	62
5000	64	



8.1.5. Envidraçados interiores

Sound Insulation Prediction (v9.0.23)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2017
Margin of error is generally within $R_w \pm 3$ dB
- Key No. 2490
Job Name:
Job No.:
Date:09/05/2023
File Name:

Initials:TONAL - ENG ACUSTICA LDA



Notes:



R_w	33 dB
C	-2 dB
C_{tr}	-5 dB

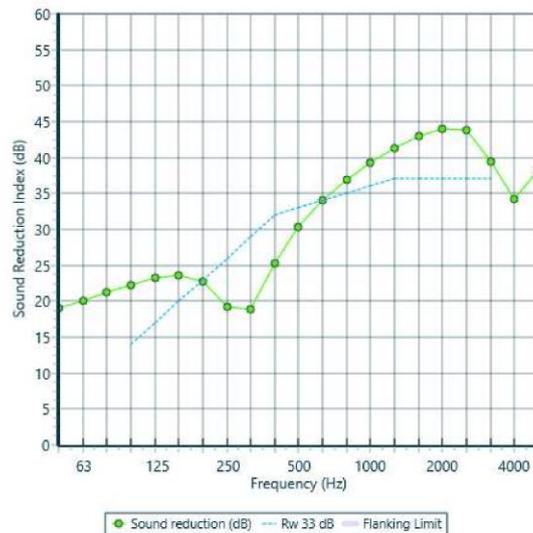
Mass-air-mass resonant frequency = =268 Hz
Panel Size = 2,0 m x 1,5 m
Partition surface mass = 20 kg/m²

System description

Pane 1 : 1 x 4 mm Glass

air: 10 mm
Pane 2 : 1 x 4 mm Glass

freq.(Hz)	R(dB)	R(dB)
50	19	
63	20	20
80	21	
100	22	
125	23	23
160	24	
200	23	
250	19	20
315	19	
400	25	
500	30	28
630	34	
800	37	
1000	39	39
1250	41	
1600	43	
2000	44	44
2500	44	
3150	39	
4000	34	37
5000	38	

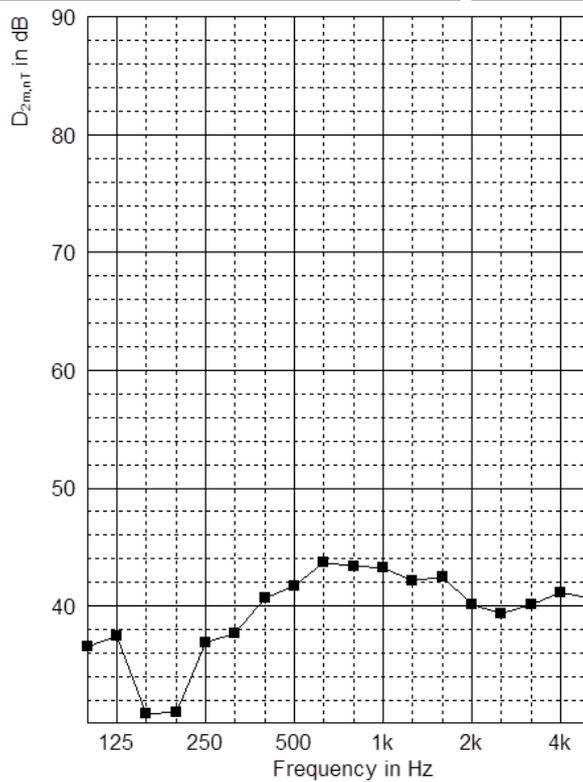
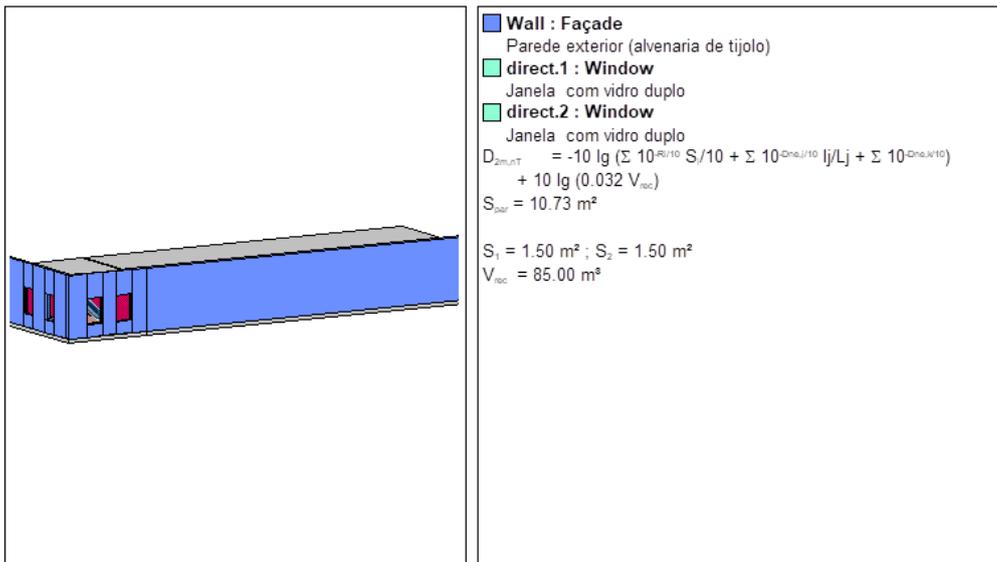


8.2. Modelo de cálculo de isolamento sonoro

1. Isolamento sonoro relativamente ao exterior – sala de comando

CASO 01 - ISOLAMENTO DE FACHADA
Insulation against external noise : Escritório

Overall



Freq.	$D_{2m,nT}$
100	36.5
125	37.4
160	30.8
200	30.9
250	36.9
315	37.7
400	40.6
500	41.7
630	43.7
800	43.4
1000	43.3
1250	42.2
1600	42.5
2000	40.1
2500	39.4
3150	40.1
4000	41.1
5000	40.7
Hz	dB

$D_{2m,nT,w} (C; C_{tr}) = 42 (-1; -2) \text{ dB}$

Overall index calculated according to the standard EN ISO 717-1 (1997)

Copyright © 1998-2016 CSTB Acoubat V8.0.0

8.3. Verificação regulamentar dos requisitos do edifício

Com base nas soluções de condicionamento acústico definidas, a verificação regulamentar foi efetuada através de software de cálculo integrando procedimentos normalizados e recorrendo a elementos técnicos de referência (determinados a partir da previsão dos índices acústicos correspondentes), que se entendem representativos das soluções preconizadas.

Segue-se a demonstração do cumprimento regulamentar face aos resultados previstos:

#	Situação em análise	Resultado previsto	Requisito regulamentar	Verificação regulamentar
1	Isolamento sonoro relativamente ao exterior (sala de comando)	$D_{2m,nT,w} = 42 \text{ dB}$	$D_{2m,nT,w} \geq 30 \text{ dB}$	Cumpre