



Projeto e Construção de Subestações

RICARDO JORGE VIEIRA E RESSURREIÇÃO
(Licenciado)

Relatório de Estágio para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil

Orientadores:

Mestre António Jorge Guerreiro Rodrigues da Silva e Sousa
Licenciado Rui Miguel Lopes Babau

Júri:

Presidente: Doutor João Alfredo Ferreira dos Santos

Vogais:

Mestre António Jorge Guerreiro Rodrigues da Silva e Sousa
Licenciado Manuel Augusto Gamboa

Outubro de 2014

RESUMO

As vantagens no transporte de energia elétrica em alta tensão ou muito alta tensão, associadas à minimização de perdas energéticas e ao fator económico na distribuição de energia, criam a necessidade de introduzir na rede elétrica de distribuição, elementos que permitam elevar ou reduzir o nível de tensão na rede, as *subestações*.

Uma vez realizada a atividade de produção de energia elétrica nos centros produtores, sejam hidroelétricos, termoelétricos ou eólicos, as subestações são responsáveis pela elevação da tensão da eletricidade, para que a energia possa ser transportada para junto das zonas de consumo com maiores benefícios energéticos e económicos, ou em alternativa, e uma vez perto destas, baixar o nível de tensão para que a energia elétrica possa ser distribuída em média tensão, sendo exatamente este o tipo de subestações projetadas e executadas na área departamental onde este estágio se realizou.

Assim, pretende o presente relatório de estágio, não só descrever a componente de projeto e construção destes elementos integrantes da rede elétrica no nosso país, mas também fornecer uma forte componente crítica, com base em sugestões de carácter técnico relativamente a soluções adotadas, nomeadamente na vertente de projeto.

Palavras-chave: Subestação, Projeto, Construção, Cobertura invertida, Cofragem, ETICS.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ABSTRACT

The advantages of transporting high or very high voltage electricity, associated to energy loss minimization and economic factor's in the distribution, create the necessity of introducing elements which raise or lower the level of tension in the grid in the electrical distribution network. These are known as *substations*.

Once the electrical energy production activity is complete in production centers, whether they are thermoelectric, hydroelectric or eolic, substations are responsible for raising the electricity voltage, so that the energy can be transported to consumption areas with greater energy and economic benefits. Once the energy is near the consumption areas, the substations are responsible for lowering the tension level so that the electricity can be distributed in medium voltage. This type of substations are designed and executed in the departmental area, where this internship took place.

This internship report intends, not only to describe the project and construction activities of these elements, which integrate the electric distribution network, but also to provide a strong critical component, based on technical nature suggestions, regarding the adopted solutions, mainly in the project area.

Keywords: Substation, Design, Construction, Inverted covering, Formwork, ETICS.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por nunca terem deixado de acreditar em mim... O caminho foi longo e nem sempre fácil, mas com o vosso amor, presença e preocupação sempre constantes, tornaram o vosso apoio vital no atingimento desta meta.

À Filipa, por todo o seu amor, apoio e sinceridade... Mas acima de tudo, simplesmente por estar presente na minha vida. Não fosse ela, e tenho a mais certa das certezas que hoje não teria aqui chegado.

Ao Carlos, pela amizade, pela companhia e pelo ânimo constante nesta etapa da minha vida... Obrigado pela boa disposição constante.

Aos meus orientadores, por terem facultado o apoio necessário no momento adequado... Bem como a todo o departamento de engenharia civil que sempre se disponibilizou para ajudar no que fosse preciso. Obrigado a todos.

À EDP Distribuição, em particular à Direção de Projeto e Construção, por terem aceitado ajudar-me nesta fase final da minha vida académica.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ÍNDICE GERAL

RESUMO	III
ABSTRACT.....	V
AGRADECIMENTOS	VII
ÍNDICE GERAL.....	IX
ÍNDICE DE IMAGENS.....	XIII
ÍNDICE DE FÓRMULAS	XVII
ÍNDICE DE TABELAS	XIX
ÍNDICE DE ANEXOS	XXI
ACRÓNIMOS.....	XXIII
1. Introdução	1
1.1 Enquadramento.....	1
1.2 Sobre a empresa.....	2
1.3 A área de Engenharia Civil Sul - SEECS.....	4
1.3.1 Empreitada Contínua	5
2. Subestações.....	7
2.1 Porque são necessárias?	7
2.2 Subestação urbana e rural	8
2.3 A subestação rural e o projeto-tipo.....	10
3. Sugestões ao projeto-tipo	13
3.1 Cobertura do edifício de comando.....	13
3.1.1 Cálculo coeficientes de transmissão térmica.....	18
3.1.2 Análise económica	22
3.1.3 Cálculo do acréscimo de taxa de armadura	25
3.2 Drenagem de águas pluviais na cobertura	33
3.2.1 Disposição da camada de forma e encaminhamento de águas pluviais.....	38
3.2.2 Análise económica	39

3.3	Plano de cofragens para o edifício de comando.....	39
3.3.1	Cálculo de cofragem inferior para vigas	42
3.3.2	Cálculo de cofragem lateral para vigas	44
3.3.3	Cálculo de cofragem para lajes	46
3.3.4	Resultados da folha de cálculo aplicados ao edifício de comando	48
3.4	Substituição do cobre utilizado na rede de terras	50
3.5	Envoltente exterior do edifício de comando	53
3.5.1	Cálculo coeficientes de transmissão térmica.....	54
3.5.2	Análise económica	57
4.	Acompanhamentos de obra	63
4.1	SE Amareleja	63
4.1.1	Dados gerais da empreitada de Eng. ^a Civil	63
4.1.2	Visitas efetuadas.....	64
4.2	SE Merceana	80
4.2.1	Dados gerais da empreitada de Eng. ^a Civil	80
4.2.2	Visitas efetuadas.....	81
4.3	SE Estoril (Remodelação)	86
4.3.1	Dados gerais da empreitada de Eng. ^a Civil	86
4.3.2	Visitas efetuadas.....	86
4.4	Situações detetadas passíveis de erro de execução	91
4.4.1	Erro de execução de muro de vedação	91
4.4.2	Erro de execução de muro de suporte	92
4.4.3	Erro de execução em armadura	92
4.5	Segurança em obra.....	93
5.	Outras atividades realizadas.....	99
5.1	Estudo do “Manual de Prevenção do Risco Elétrico”	99
5.2	Orçamentação da futura SE Vila Chã.....	99
5.3	Cálculos de estabilidade em muros de suporte	102



6. Conclusão	107
7. Desenvolvimentos futuros.....	109
8. Bibliografia.....	111
ANEXOS.....	i
PEÇAS DESENHADAS.....	lxiii



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ÍNDICE DE IMAGENS

Imagem 1 - Distribuição temporal por atividades	1
Imagem 2 - Grupo EDP (Fonte: http://intranet.edpon.edp.pt/).....	3
Imagem 3 - Organização da Direção de Projeto e Construção	3
Imagem 4 - Subestação urbana	9
Imagem 5 - Subestação rural	9
Imagem 6 - Sistema GIS na SE urbana de Parceiros.....	10
Imagem 7 - Planta de uma subestação-tipo rural (2ª fase)	11
Imagem 8 - Planta do EC	14
Imagem 9 - Corte do EC.....	14
Imagem 10 - Cobertura em planta do EC	15
Imagem 11 - Cobertura do EC em construção (1ª fase)	16
Imagem 12 - Cobertura EC terminada (1ª fase).....	16
Imagem 13 - Painéis da laje de cobertura	25
Imagem 14 - Modelo de cálculo para o painel A	27
Imagem 15 - Tubo de queda	34
Imagem 16 - Drenagem de águas pluviais da cobertura.....	34
Imagem 17 - Dimensionamento de tubos de queda ($L \geq 40D$) de entrada em aresta viva	37
Imagem 18 - Plano de escoamento cobertura e exemplo tridimensional de área drenante ..	38
Imagem 19 - Inserção de dados para cálculo cofragem inferior em vigas.....	42
Imagem 20 - Resultados para cofragem inferior em vigas.....	43
Imagem 21 - Cálculo de cofragem lateral para vigas.....	45
Imagem 22 - Inserção de dados para cálculo de cofragem em lajes	46
Imagem 23 - Resultados para cofragem em lajes.....	47
Imagem 24 - Identificação de vigas e lajes do plano de cofragem.....	49
Imagem 25 - Malha de rede de terras de uma subestação-tipo rural (2ª fase).....	51
Imagem 26 - Cabo multifilar de aço cobreado	52
Imagem 27 - Composição do sistema ETICS	53
Imagem 28 - Implantação SE Amareleja	64
Imagem 29 - Montagem de cofragem de vigas em EC.....	65
Imagem 30 - Desmontagem de cofragem em muros de vedação.....	65
Imagem 31 - Laje de cobertura e platibanda após betonagem	66
Imagem 32 - Vista geral do EC após betonagem de vigas e laje de cobertura	66
Imagem 33 - Betonagem de caixa recetora de óleos.....	67

Imagem 34 - Espaçadores para garantia de recobrimento em caixa recetora de óleos	67
Imagem 35 - Execução de muros de vedação.....	68
Imagem 36 - Escavação para execução de maciço MP	68
Imagem 37 - Acertos finais após betonagem de maciço MP	69
Imagem 38 - Maciço MIII após betonagem.....	69
Imagem 39 - Execução de alvenarias no EC.....	70
Imagem 40 - Remoção de cofragem de caixa recetora de óleos	70
Imagem 41 - Escavação para execução de canal tipo II.....	71
Imagem 42 - Execução de canal tipo III.....	71
Imagem 43 - Colocação de armaduras para execução de maciço MP	72
Imagem 44 - Execução de alvenarias em parede dupla no edifício de comando.....	72
Imagem 45 - Betonagem de maciços MI e soleira de canal tipo I	73
Imagem 46 - Execução de reboco interior no edifício de comando.....	73
Imagem 47 - Execução de muros de suporte	74
Imagem 48 - Betonagem de canal tipo I	75
Imagem 49 - Colocação de serralharias no edifício de comando.....	75
Imagem 50 - Execução de cofragem de muro de suporte	76
Imagem 51 - Aplicação de tela de impermeabilização na cobertura do EC	76
Imagem 52 - Escavação para execução de rede de terras.....	77
Imagem 53 - Betonagem de canal tipo I	77
Imagem 54 - Alinhamento de carris no maciço do transformador de potência.....	78
Imagem 55 - Execução de travessias para passagem de cabos	79
Imagem 56 - Pinturas interiores no edifício de comando	79
Imagem 57 - Colocação de tubagem junto de maciços para passagem de cabos.....	80
Imagem 58 - Implantação SE Merceana	81
Imagem 59 - Reboco exterior no EC	82
Imagem 60 - Movimentações de terras	82
Imagem 61 - Execução de dreno.....	83
Imagem 62 - Execução de valas para travessias de cabos	84
Imagem 63 - Execução de vala para canal tipo I	84
Imagem 64 - Retoques na ombreira do portão de entrada	85
Imagem 65 - Execução cofragem e colocação de armaduras em muros de suporte	85
Imagem 66 - Execução de estrutura metálica para apoio à laje intermédia	87
Imagem 67 - Execução de bacia de contenção de transformador de potência	87
Imagem 68 - Desmontagem de passagens provisórias de cabos.....	88
Imagem 69 - Aplicação de placas do tipo “Viroc”	88

Imagem 70 - Elevação do piso metálico	89
Imagem 71 - Fissuras devido a furações na laje intermédia	89
Imagem 72 - Estrutura metálica de apoio à laje intermédia	90
Imagem 73 - Estrutura metálica de apoio à laje intermédia	90
Imagem 74 - Recobrimento não respeitado.....	91
Imagem 75 - Execução de muro com altura não correspondente ao definido em projeto	92
Imagem 76 - Ø16 mm intercalado com Ø20 mm em armadura superior de MTP	93
Imagem 77 - Zona de caleira não delimitada com pontas de armadura expostas.....	94
Imagem 78 - Cabo elétrico imerso em zona com acumulação de água.....	95
Imagem 79 - Cabo elétrico de betoneira em zona com água.....	95
Imagem 80 - Ligações elétricas em esforço	96
Imagem 81 - Zona periférica de escavação não delimitada e com sinais de rotura	97
Imagem 82 - Mau acondicionamento de material sobranete	97
Imagem 83 - Trabalhador sem EPI adequado	98
Imagem 84 - Perfuração de travessia com cabos em tensão	98
Imagem 85 - Panorâmica do atual PC Vila Chã.....	100
Imagem 86 - Implantação da SE Vila Chã V1.....	100
Imagem 87 - Implantação da SE Vila Chã V2.....	101
Imagem 88 - Folha de cálculo de muro de suporte para seção IV SE Amareleja.....	103
Imagem 89 - Pormenorização de muro de suporte da seção IV SE Amareleja.....	104



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“*Projeto e Construção de Subestações*”

ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Potência Elétrica	7
Equação 2 - Energia dissipada por efeito de Joule	8
Equação 3 - Coeficiente de transmissão térmica final	21
Equação 4 - Coeficiente de transmissão de calor	21
Equação 5 - Carga total.....	26
Equação 6 - Carga parcial	26
Equação 7 - Momentos positivos.....	27
Equação 8 - Momentos negativos	28
Equação 9 - Acerto de momentos negativos	29
Equação 10 - Momentos negativos	29
Equação 11 - Caudal através do método racional	35
Equação 12 - Duração de precipitação máxima	35
Equação 13 - Diâmetro da seção de ramal de descarga	36
Equação 14 - Cargas impostas em cofragem inferior em vigas e lajes.....	40
Equação 15 - Flecha elástica para cargas distribuídas.....	42
Equação 16 - Pressão máxima exercida pelo betão segundo o “ACI”	44
Equação 17 - Taxa de armadura mínima	104



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Coeficientes de transmissão térmica da solução atual	19
Tabela 2 - Coeficientes de transmissão térmica da solução cobertura seixo	20
Tabela 3 - Coeficientes de transmissão térmica da solução cobertura lajetas	20
Tabela 4 - Comparação dos coeficientes de transmissão térmica das três soluções.....	20
Tabela 5 - Custos de execução da solução atual	23
Tabela 6 - Custos de execução da solução cobertura seixo	23
Tabela 7 - Custos de execução da solução cobertura lajetas	24
Tabela 8 - Cargas aplicadas na laje da cobertura.....	27
Tabela 9 - Momentos fletores antes de acerto.....	28
Tabela 10 - Momentos fletores após acerto.....	29
Tabela 11 - Resumo de todos os momentos aplicados e respetivas áreas de varão.....	30
Tabela 12 - Momentos finais considerados com respetivo varão e espaçamento.....	30
Tabela 13 - Cargas aplicadas na laje da cobertura.....	31
Tabela 14 - Momentos fletores antes de acerto.....	31
Tabela 15 - Momentos fletores após acerto.....	32
Tabela 16 - Resumo de todos os momentos aplicados e respetivas áreas de varão.....	32
Tabela 17 - Momentos finais considerados com respetivo varão e espaçamento.....	32
Tabela 18 - Peso das diferentes malhas	33
Tabela 19 - Resumo da poupança económica	39
Tabela 20 - Verificações de esforços utilizando 4 prumos por viga de cofragem	41
Tabela 21 - Verificações finais de flechas e ações	41
Tabela 22 - Valor do parâmetro C_c de acordo com o tipo de mistura	44
Tabela 23 - Plano de cofragens para o EC de uma subestação rural (2ª fase).....	48
Tabela 24 - Coeficientes de transmissão térmica na solução atual da envolvente do EC.....	54
Tabela 25 - Coeficientes de transmissão térmica na solução ETICS da envolvente do EC ..	55
Tabela 26 - Coeficiente de transferência de calor na solução atual da envolvente do EC ..	56
Tabela 27 - Coeficiente de transferência de calor na solução ETICS da envolvente do EC ..	56
Tabela 28 - Diferença monetária entre as duas soluções	58
Tabela 29 - Poupança derivada da solução ETICS no final do período de vida útil	59
Tabela 30 - Poupança derivada de soluções propostas no final do período de vida útil	60
Tabela 31 - Resumo de orçamentação da SE Vila Chã.....	101



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO Nº I - <i>Desenvolvimento do processo de execução de subestações</i>	iii
ANEXO Nº II - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120196</i>	v
ANEXO Nº III - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120203</i>	vii
ANEXO Nº IV - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120224</i>	ix
ANEXO Nº V - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120287</i>	xi
ANEXO Nº VI - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120293</i>	xiii
ANEXO Nº VII - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120294</i>	xv
ANEXO Nº VIII - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120295</i>	xvii
ANEXO Nº IX - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120327</i>	xix
ANEXO Nº X - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120328</i>	xxi
ANEXO Nº XI - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120329</i>	xxiii
ANEXO Nº XII - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120330</i>	xxv
ANEXO Nº XIII - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120331</i>	xxvii
ANEXO Nº XIV - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120332</i>	xxix
ANEXO Nº XV - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120334</i>	xxxi
ANEXO Nº XVI - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120358</i>	xxxiii
ANEXO Nº XVII - <i>Atividade CEC ESE 2011 código 120881</i>	xxxv
ANEXO Nº XVIII - <i>Preço de betonilha de regularização exterior</i>	xxxvii
ANEXO Nº XIX - <i>Preço betão leve tipo “Leca Mix B”</i>	xli
ANEXO Nº XX - <i>Preço lajetas térmicas tipo “Grisol”</i>	xliii
ANEXO Nº XXI - <i>Preço geotêxtil</i>	xliv
ANEXO Nº XXII - <i>Preço ETICS</i>	xlvii
ANEXO Nº XXIII - <i>Preço de aço</i>	li
ANEXO Nº XXIV - <i>Betão leve tipo “Leca Mix B”</i>	liii
ANEXO Nº XXV - <i>Lajetas térmicas tipo “Grisol”</i>	lv
ANEXO Nº XXVI - <i>Regiões Pluviométricas Portugal continental</i>	lvii



ANEXO Nº XXVII - *Detalhe de orçamentação da SE Vila Chã* lix

ACRÓNIMOS

SE – Subestação

EC – Edifício de Comando

PEA – Parque Exterior de Aparelhagem

MAT – Muito Alta Tensão

AT – Alta Tensão

MT – Média tensão

GIS – Gas Insulated Switchgear

LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil

REH – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação

RECS – Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços

CEC – Condições Especiais de Contrato

ETICS – External Thermal Insulation Composite Systems



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

1. INTRODUÇÃO

1.1 Enquadramento

O presente Trabalho Final de Mestrado, inserido no Mestrado em Engenharia Civil, na área de especialização de Edificações, diz respeito a um estágio curricular realizado numa empresa com atividades ligadas à construção civil, a EDP Distribuição, S.A., e destina-se à obtenção do grau de Mestre do aluno nº 21946, Ricardo Jorge Vieira e Ressurreição.

Foi apresentada proposta de estágio mediada pela instituição de ensino, no seguimento de um estágio de verão frequentado pelo aluno no ano transato, realizado na delegação do Porto, na mesma direção e na mesma área departamental onde este estágio teve lugar, a qual foi aceite pela empresa.

Com lugar na sede da empresa em Lisboa, e com uma área de intervenção e execução de empreitadas que se estende a toda a região centro/sul do país, atribuiu-se ao estágio para além de uma componente descritiva, onde se apresentam as atividades desenvolvidas no departamento, uma outra componente mais pró-ativa e crítica, onde se propôs a utilização de outro tipo de soluções, métodos e materiais, com vista à melhoria da execução de processos e, em alguns casos, à redução de custos.

A duração do estágio foi de dezassete semanas, com início a 3 de Março e término a 27 de Junho de 2014, compreendendo assim 79 dias efetivos de estágio, onde as principais atividades se distribuíram de acordo com o ilustrado na imagem 1.

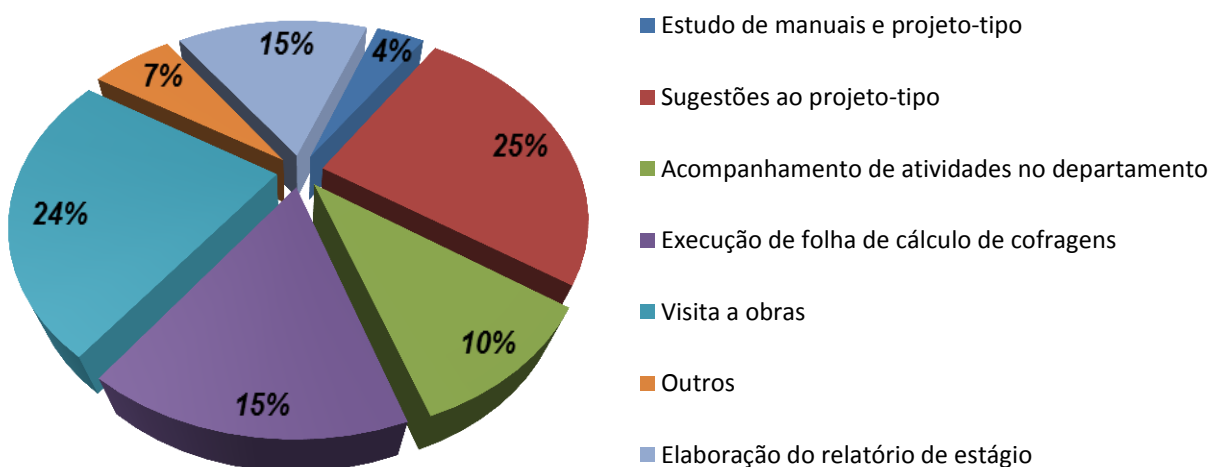


Imagem 1 - Distribuição temporal por atividades

1.2 Sobre a empresa

O Grupo EDP intervém em diversas áreas de negócio através das diferentes empresas que o constituem. As três grandes áreas são a *Produção*, *Distribuição* e *Comercialização* de energia.

Na *Produção* de eletricidade, a EDP opera através de quatro empresas distintas, a EDP Produção em Portugal, a HC Energia em Espanha, a EDP no Brasil, e a EDP Renováveis, sendo esta última uma empresa produtora de energia a partir de fontes renováveis, que possui e opera parques eólicos globalmente em vários países, como Espanha, Portugal, França, Bélgica, Polónia, Roménia, Itália, Reino Unido, Estados Unidos, Canadá e Brasil.

Na área da *Distribuição* de eletricidade, a EDP está presente em Portugal através da EDP Distribuição, em Espanha através da HC Distribución e no Brasil através das empresas Bandeirante e Escelsa. Os operadores das redes de distribuição têm como missão assegurar o acesso às redes, aos produtores e consumidores, nas condições definidas na legislação e regulamentação de cada país.

A área da *Comercialização* de eletricidade em Portugal, está presente através da EDP Serviço Universal no mercado regulado e da EDP Comercial no mercado livre. Em Espanha opera através da HC Energia.

Também no Brasil o grupo EDP se faz representar na comercialização de eletricidade através da Enertrade, detida a 100% pela EDP Brasil.

O negócio do Gás é também uma das áreas do Grupo EDP, com uma presença relevante no setor da Península Ibérica. Em Portugal a EDP Gás SGPS, é a holding para a área do gás detida a 100% pela EDP. Em Espanha o Grupo está presente no negócio do gás natural, através da Naturgas Energía, com sede em Bilbao, fornecendo gás a empresas e particulares.

Existem ainda outras empresas do grupo EDP que são transversais na cadeia de valor e que prestam serviços a todo o grupo, como é o caso da EDP Valor, EDP Imobiliária, EDP Inovação ou EDP Soluções Comerciais, entre outras.

Na imagem 2 podemos observar esquematicamente algumas das principais áreas de negócio atrás descritas, não só no panorama nacional como também internacional, sendo todas elas partes constituintes do grupo EDP.

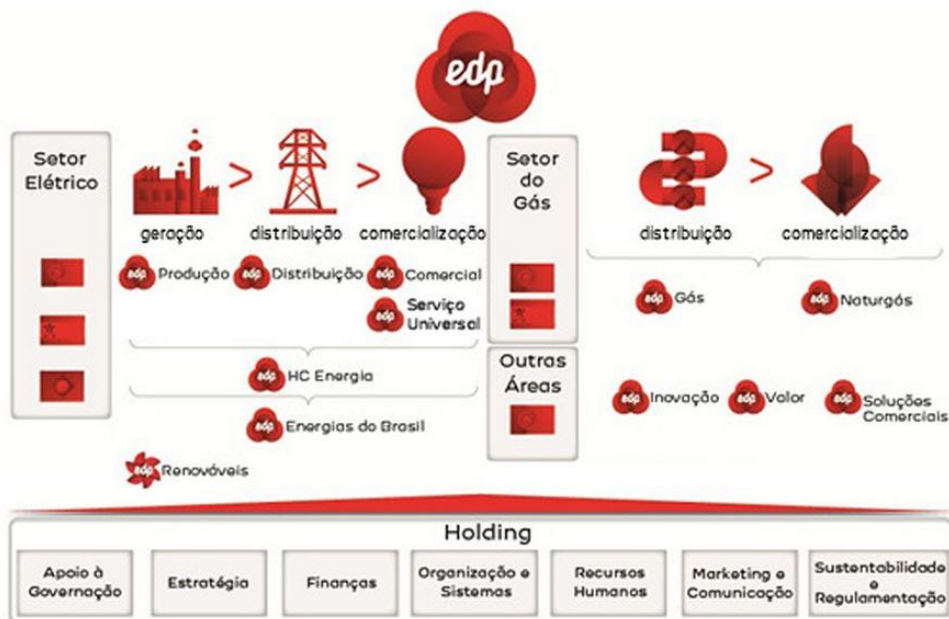


Imagem 2 - Grupo EDP (Fonte: <http://intranet.edpon.edp.pt/>)

Este estágio foi realizado numa das áreas operacionais da EDP Distribuição, a Direção de Projeto e Construção - *DPC*, cuja missão é a de garantir a edificação dos diversos elementos da rede estruturante, com a maior qualidade e o menor custo possível e no prazo fixado.

Esta direção é composta por várias áreas, sendo que o estágio se realizou no departamento de Subestações - *PCSE*, mais concretamente na área de Engenharia Civil Sul - *SEECS*. A organização desta direção pode ser observada mais em detalhe na imagem 3.

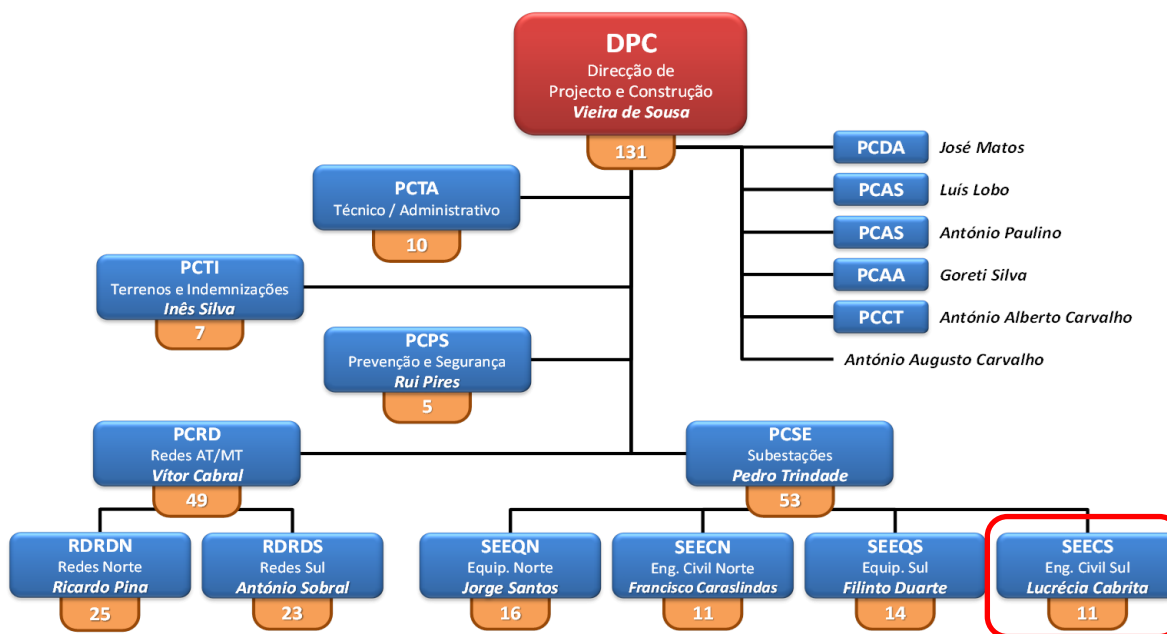


Imagem 3 - Organização da Direção de Projeto e Construção

1.3 A área de Engenharia Civil Sul - SEECS

Esta área conta atualmente com um gestor de área, cinco projetistas, três desenhistas e três fiscais de obra, tendo à sua responsabilidade a execução de infraestruturas, nomeadamente de Subestações - *SE* e Postos de Corte - *PC*, infraestruturas essas vitais para a rede de distribuição de energia elétrica. Essencialmente, a diferença entre estas duas infraestruturas está no facto de, no caso das subestações, existir transformador de potência, equipamento responsável por baixar ou elevar o nível de tensão, e no caso dos postos de corte este equipamento não existir, fazendo assim com que esta infraestrutura sirva apenas para efeitos de corte e secionamento da rede de distribuição, sendo mantido o mesmo nível de tensão à entrada e à saída.

Esta área departamental, é assim responsável pela elaboração de especificações técnicas do caderno de encargos, projeto, acompanhamento e fiscalização das obras, controlo dos respetivos custos e monitorização das empresas prestadoras de serviços, no que diz respeito às empreitadas que lhes são adjudicadas. No departamento onde o estágio decorreu, são desenvolvidas diversas atividades, quase todas elas relacionadas, direta ou indiretamente, com a execução de subestações.

A construção de uma subestação, surge da identificação por parte da Direção de Planeamento de Rede - *DPL*, de uma carência energética numa determinada área, o que leva à execução de um relatório com as necessidades identificadas, onde é feito um estudo prévio que posteriormente é enviado ao departamento de Subestações – *PCSE*. Este departamento comunica com as duas áreas subsequentes, a área de Equipamentos – *SEEQ*, responsável pelo projeto e instalação de todos os equipamentos afetos à subestação e a área de Engenharia Civil – *SEEC*, responsável por toda a empreitada de construção civil. Em paralelo, a área de engenharia civil recebe também da área de equipamentos, os elementos guia com a disposição física dos equipamentos a instalar na subestação a construir, para que sejam criadas as infraestruturas de suporte aos equipamentos necessários. Após esta fase, a informação conjunta destas duas áreas, segue para aprovação, para que seja verificado se o valor global de ambas as empreitadas se encontra dentro dos valores previamente aprovados pela direção. Uma vez aprovado, dá-se a conclusão do projeto e procede-se à elaboração do processo de licenciamento a enviar à autarquia local, que por sua vez emitirá um parecer prévio não vinculativo, documento este onde a autarquia expressa, se for caso disso, alterações ao projeto inicialmente previsto. Em paralelo é também elaborado o dossier técnico e feita a adjudicação que são remetidos ao adjudicatário (ver capítulo 1.3.1 – Empreitada Contínua). Este por sua vez elabora o Plano

de Segurança e Saúde, bem como o Plano de estaleiro, que terá que obter a aprovação da área de engenharia civil. Uma vez aprovado, dá-se uma reunião de início de obra com todos os intervenientes na empreitada, e é enviado à Autoridade para as Condições do Trabalho a respetiva comunicação de abertura de estaleiro, para que se possa finalmente dar início aos trabalhos.

No âmbito deste estágio foi elaborado o organograma ilustrado no Anexo I, que sistematiza todo o desenvolvimento do processo de execução de subestações, nomeadamente o encadeamento das sucessivas etapas bem como a documentação inerente ao processo em si.

Pontualmente surge a necessidade de intervenção em determinadas subestações ou postos de corte existentes, seja por ampliação ou reestruturação de infraestruturas, ficando essas intervenções também a cargo deste departamento.

Em suma, as principais atividades executadas nesta área departamental são:

- ❖ Colaboração na elaboração de projetos-tipo;
- ❖ Execução de projetos, adequando o projeto-tipo a casos concretos;
- ❖ Participação na análise técnica para a implantação de novas subestações;
- ❖ Elaboração de cadernos de encargos;
- ❖ Preparação de projetos para licenciamento;
- ❖ Análise e validação técnica das propostas de prestadores de serviços externos;
- ❖ Adjudicação de obras a prestadores de serviços externos;
- ❖ Monitorização dos prestadores de serviços externos;
- ❖ Fiscalização e controlo da execução de empreitadas;
- ❖ Controlo financeiro de projetos de investimento;
- ❖ Receção e encerramento de obras;
- ❖ Entrega das instalações à Manutenção;
- ❖ Compilação de elementos para a execução dos relatórios de controlo de atividades;
- ❖ Interação com entidades externas.

1.3.1 Empreitada Contínua

Atualmente, a adjudicação de empreitadas segue um regime de empreitada contínua, ou seja, existem apenas quatro prestadores de serviços externos – *PSE*, a quem são atribuídas pela direção as empreitadas que cada um deles executa, respeitando no

entanto valores aproximadamente iguais entre os quatro. A ele associado está uma listagem de preços definidos e fixos (Condições Especiais do Contrato - ESE 2011), para todas as atividades de construção civil na execução de subestações, que em todas as empreitadas servem de base para a orçamentação das mesmas. Estes foram acordados entre a direção e cada um dos quatro empreiteiros, aquando do início deste regime de empreitada.

O principal motivo da empreitada contínua é o facto de acelerar todo o processo que normalmente decorre, entre o lançamento de um concurso até à adjudicação da empreitada, facilitando também o processo dado que se está sempre a trabalhar com base numa lista de preços fechados, o que em termos de contabilidade e faturação favorece não só as empresas prestadoras de serviços, como o dono de obra.

2. SUBESTAÇÕES

2.1 Porque são necessárias?

A necessidade de implementação de subestações nas redes de energia elétrica, está intimamente relacionada com o facto de necessitarmos de elevar e de baixar o nível de tensão, desde os centros produtores até às zonas de consumo.

Esta necessidade deve-se ao facto de nestes centros produtores (hidroelétricos, termoelétricos e eólicos) os alternadores produzirem eletricidade em níveis de tensão não superiores a 20/25 kV, ou seja, média tensão. Assim, para que o transporte seja feito em alta tensão - AT ou muito alta tensão - MAT, torna-se vital a existência de subestações elevadoras ou redutoras, consoante estejamos mais a montante ou mais a jusante da cadeia de consumo, desde o centro produtor até ao centro consumidor.

Resta então entender quais as vantagens que advêm do transporte de energia em AT ou MAT. Estas vantagens prendem-se essencialmente com dois fatores. Um deles relaciona-se com o facto de querermos minimizar ao máximo as perdas por efeito de Joule no transporte de energia elétrica, ou seja, minimizar as perdas de energia sob a forma de calor, provocadas pela passagem de corrente elétrica num condutor.

Para melhor percebermos esta questão vamos primeiro analisar a expressão indicada na equação 1, que quantifica uma determinada potência elétrica.

$$S = U \times I, \text{ em que } \begin{cases} S = \text{Potência elétrica [VA]} \\ U = \text{Tensão aplicada [V]} \\ I = \text{Intensidade da corrente [A]} \end{cases} \quad (1)$$

Equação 1 - Potência Elétrica

Assim, temos essencialmente dois modos para efetuar o transporte de um determinado valor de potência elétrica - S , ou aumentamos a intensidade de corrente - I e baixamos a tensão - U ou inversamente, aumentamos a tensão e baixamos a intensidade de corrente.

O tema central desta questão surge, quando se quantifica a energia calorífica dissipada por efeito de Joule, que pode ser medida pela expressão indicada na equação 2.

$$E = R \times I^2 \times t, \text{ em que } \begin{cases} E = \text{Energia dissipada [J]} \\ R = \text{Resistência do condutor [} \Omega \text{]} \\ I = \text{Intensidade da corrente [A]} \\ t = \text{duração da corrente [seg]} \end{cases} \quad (2)$$

Equação 2 - Energia dissipada por efeito de Joule

Rapidamente se percebe, que quanto maior for o nível de intensidade de corrente (e consequentemente menor for a tensão), maiores serão as perdas caloríficas no nosso transporte, dado que estas perdas se relacionam com o quadrado da intensidade de corrente. Ao invés, quanto menor for a intensidade de corrente e maior for a tensão aplicada, menores serão também as perdas por efeito de Joule, daí a grande vantagem de se efetuar o transporte de energia elétrica em níveis de tensão elevados, devido a perdas caloríficas significativamente menores.

A outra razão pela qual se torna vantajoso o transporte de energia elétrica em níveis de tensão elevados, prende-se com o facto de quanto menor for a intensidade de corrente (e maior a tensão), menor será também a secção de cabo necessária para a transportar, dada a proporcionalidade direta entre a secção do cabo e a intensidade de corrente que o atravessa, fazendo assim com que em toda a infraestrutura de transporte de energia, as vantagens económicas sejam também preponderantes na escolha de níveis de tensão mais elevados.

2.2 Subestação urbana e rural

Existem duas vertentes distintas na execução de subestações, consoante a localização e a envolvente das mesmas, estas poderão ser urbanas ou rurais tal como se ilustra nas imagens 4 e 5. Assim como o próprio nome indica, as subestações urbanas são normalmente projetadas para ambientes densamente povoados, onde o espaço disponível é normalmente reduzido, ou em situações onde mesmo fora de ambientes urbanos, tenhamos pessoas e edificações próximas e onde se pretende que o impacto visual e acústico da subestação seja minorado.

As subestações rurais, são normalmente edificadas em zonas menos densificadas, onde a sua implantação não causa grande impacto na envolvente. Em qualquer um dos casos a sua constituição em termos de equipamentos é genericamente a mesma, apenas diferindo a disposição física dos elementos e das infraestruturas que a constituem.



Imagem 4 - Subestação urbana



Imagem 5 - Subestação rural

Por vezes em determinadas situações, tanto em subestações urbanas como rurais, é utilizado o sistema “Gas Insulated Switchgear” - *GIS*. Este permite que um conjunto de equipamentos elétricos afetos à subestação (com exceção do transformador de potência), fiquem confinados num espaço mais reduzido e isolado, devido ao facto de todo o equipamento estar isolado com gás SF₆ (hexafluoreto de enxofre), minimizando as distâncias limite de ocorrência de arco elétrico, permitindo assim que a ocupação de espaço

seja menor e fazendo deste sistema um equipamento ideal não só para instalação em áreas densamente povoadas, mas também com condições ambientais severas, sendo que este tipo de sistema representa sempre um investimento mais avultado, em relação ao método normalmente utilizado, onde os equipamentos estão expostos. Na imagem 6 podemos observar este tipo de sistema implementado na subestação urbana de Parceiros.



Imagem 6 - Sistema GIS na SE urbana de Parceiros

2.3 A subestação rural e o projeto-tipo

O projeto-tipo diz apenas respeito a subestações rurais, dado que atualmente as subestações urbanas não seguem um projeto-tipo perfeitamente definido. Este é um projeto base comum que é utilizado em cada subestação rural, mas sempre adaptado a cada caso concreto, segundo as especificidades de cada zona e de cada região, nomeadamente condições geológicas do terreno onde a subestação será implantada. Assim, iremos a partir de agora focar esta vertente de projeto de subestações realizada nesta área departamental, dado que esta é executada num maior número de vezes em relação à urbana.

Genericamente estas instalações são compostas por um parque exterior de aparelhagem – *PEA* e por um edifício de comando – *EC*. No parque exterior de aparelhagem estão instalados painéis de alta tensão e os equipamentos complementares de média tensão. Os painéis e o barramento são constituídos por diversos equipamentos, tais como transformador de potência, transformador de tensão, transformador de intensidade de

corrente, descarregador de sobretensão, seccionador, disjuntor, linha de alta tensão, barramento e isoladores. O edifício de comando é constituído por uma sala ampla onde está instalado o equipamento principal de média tensão e todo o sistema de comando e controlo. Nele encontramos equipamentos como quadros de média tensão, unidades de proteção, contadores, posto de comando local, sistema de comunicações, serviços auxiliares de tensão alternada, retificador e baterias de tensão contínua. Exteriormente, as subestações estão circunscritas por uma vedação, com sinalização que adverte para o perigo elétrico no seu interior e interditam o acesso a pessoas não autorizadas.

Apresenta-se de seguida a imagem 7 com a implantação de uma subestação rural que tem por base o projeto-tipo, obra em torno da qual giram a maioria das atividades realizadas no departamento onde este estágio se realizou.

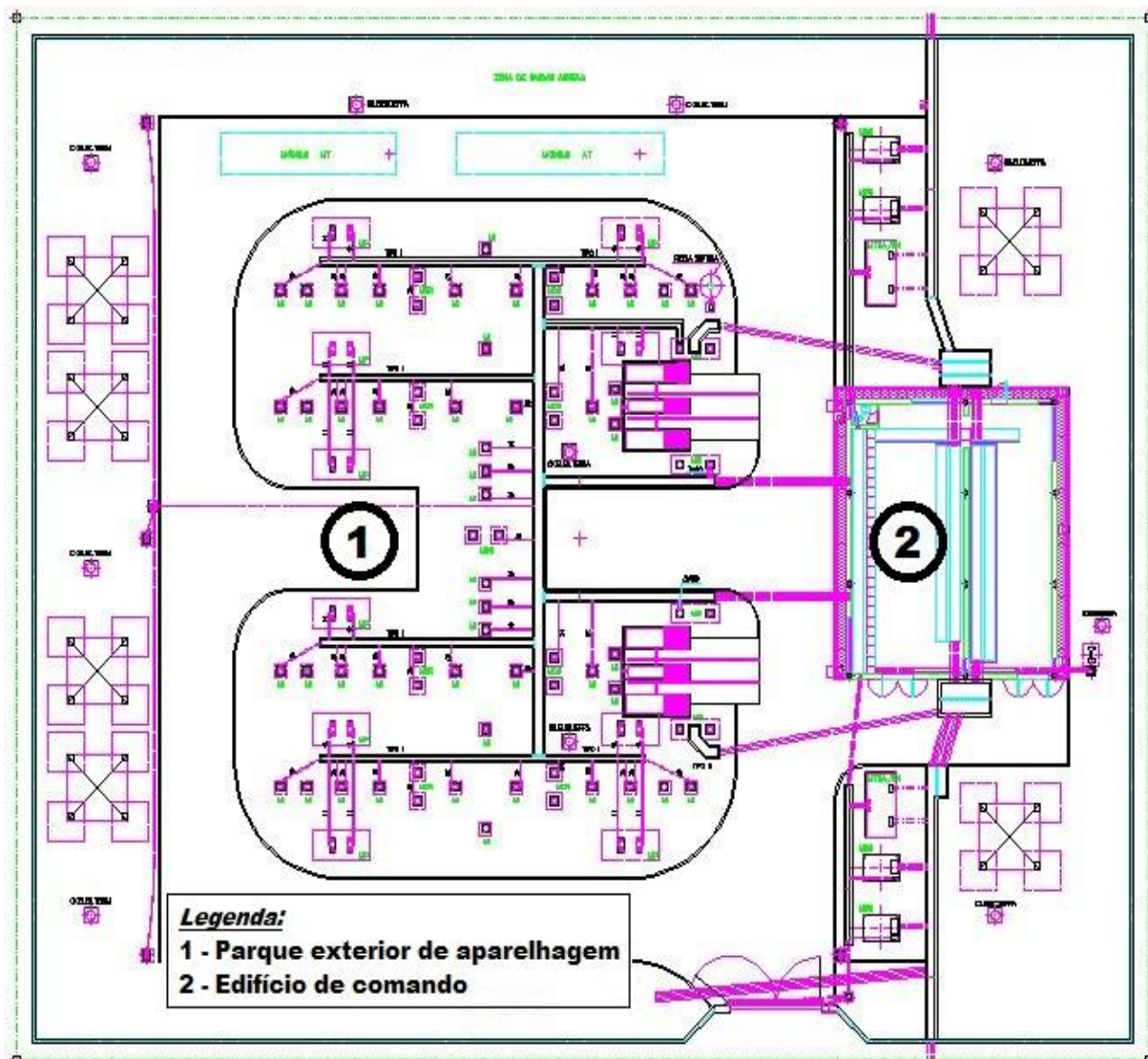


Imagem 7 - Planta de uma subestação-tipo rural (2ª fase)

Importa ainda referir, que neste tipo de subestação, pode ainda haver uma variante na sua execução, ou seja, esta poderá ser executada de acordo com a 1ª fase ou com a 2ª fase, diferindo entre as duas variantes, o facto de que na 1ª fase o parque exterior de aparelhagem fica apenas com um painel de linha executado e o edifício de comando tem sensivelmente metade da dimensão comparativamente ao da 2ª fase. No que toca ao edifício de comando as diferenças entre 1ª e 2ª fase, podem ser melhor observadas no capítulo 3.1, nas imagens 8 e 9.

Assim, se a qualquer momento as necessidades energéticas da zona onde a subestação está inserida aumentarem, e haja a necessidade de executar a 2ª fase, em termos de engenharia civil, bastará aumentar o edifício de comando de acordo com as dimensões da 2ª fase, e executarem-se as infraestruturas de apoio ao segundo painel de linha no parque exterior de aparelhagem.

3. SUGESTÕES AO PROJETO-TIPO

Neste capítulo serão abordados alguns temas, que no âmbito deste estágio e seguindo a perspetiva já atrás mencionada, de caracterizá-lo com uma componente crítica e pró-ativa mais acentuada, pareceram ser merecedores de algum tipo de revisão ou de melhoramento.

Para isso foi dado especial enfoque no estudo do projeto-tipo de subestações rurais de AT/MT, dado o maior número de vezes que este tipo de subestações é realizado comparativamente a subestações urbanas ou a postos de corte, embora este tema não fosse novidade para o estagiário, dado que também no estágio realizado no ano anterior na área departamental do Porto, este era o tema central em que recaíam a maior parte das atividades desenvolvidas naquele departamento.

Em cada capítulo será descrito o porquê de cada sugestão e quais as vantagens ao adotar-se uma nova solução proposta. Tal como já havia sido mencionado, estas sugestões serão sempre centradas no projeto-tipo de uma subestação rural, e sempre na vertente de 2ª fase.

3.1 Cobertura do edifício de comando

O edifício de comando é um edifício simples de um piso com cerca de 4 m de altura, com estrutura em betão armado, com a laje de cobertura assente em vigas, apoiadas em pilares e fundações diretas (sapatas), com uma área de implantação retangular com cerca de 240m². Em todo o perímetro da cobertura existe uma platibanda, também em betão armado, com 60 cm de altura.

As paredes exteriores são em alvenaria de pano duplo com isolamento em poliestireno extrudido – XPS na caixa-de-ar, fixo ao pano interior.

A zona interior é praticamente toda ampla, existindo apenas uma parede simples de alvenaria a dividir o edifício no caso de este ser projetado como sendo de 2ª fase e uma outra que separa a instalação sanitária com cerca de 2 m² da restante área, sendo esta situada num dos cantos do edifício.

As imagens 8 e 9 ilustram em planta e em corte a geometria do edifício, onde podemos também visualizar mais concretamente as diferenças entre 1ª fase e 2ª fase.

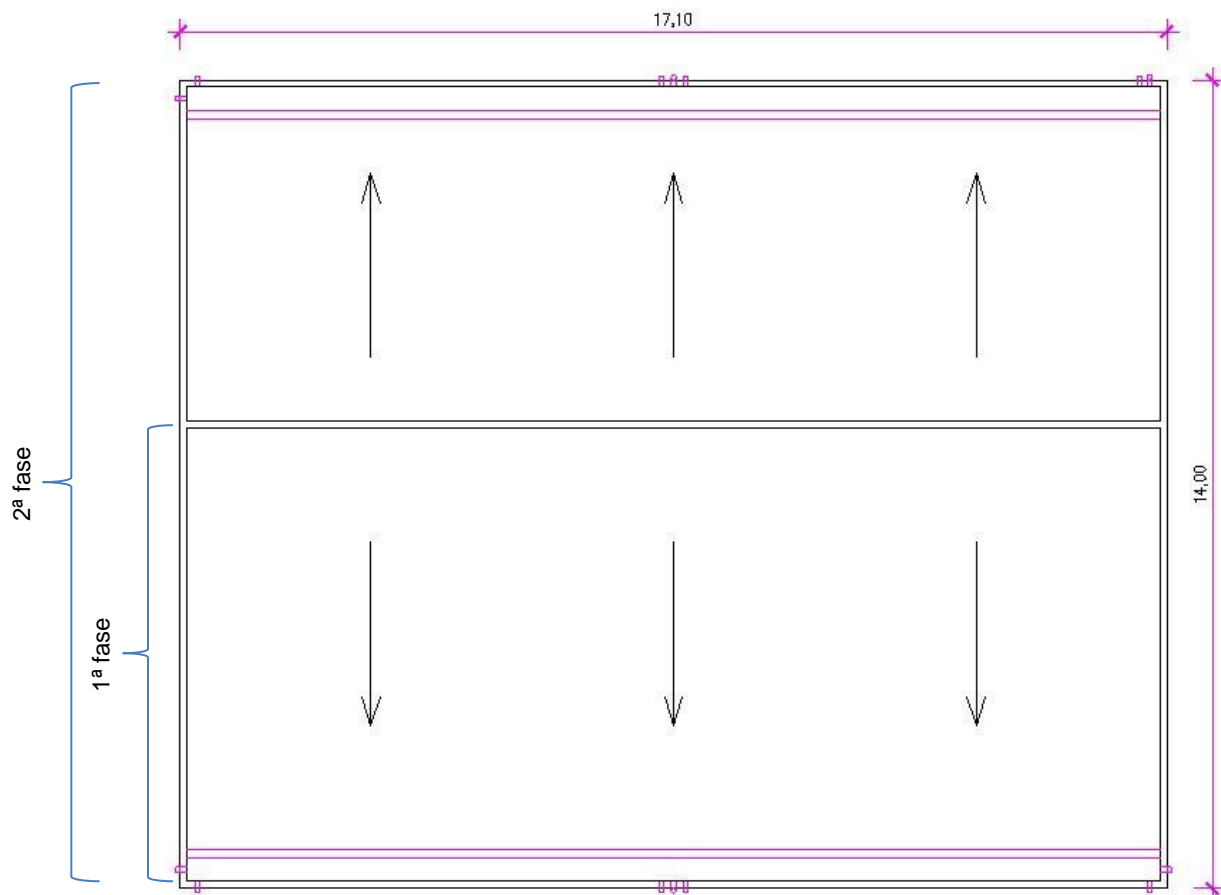


Imagem 8 - Planta do EC

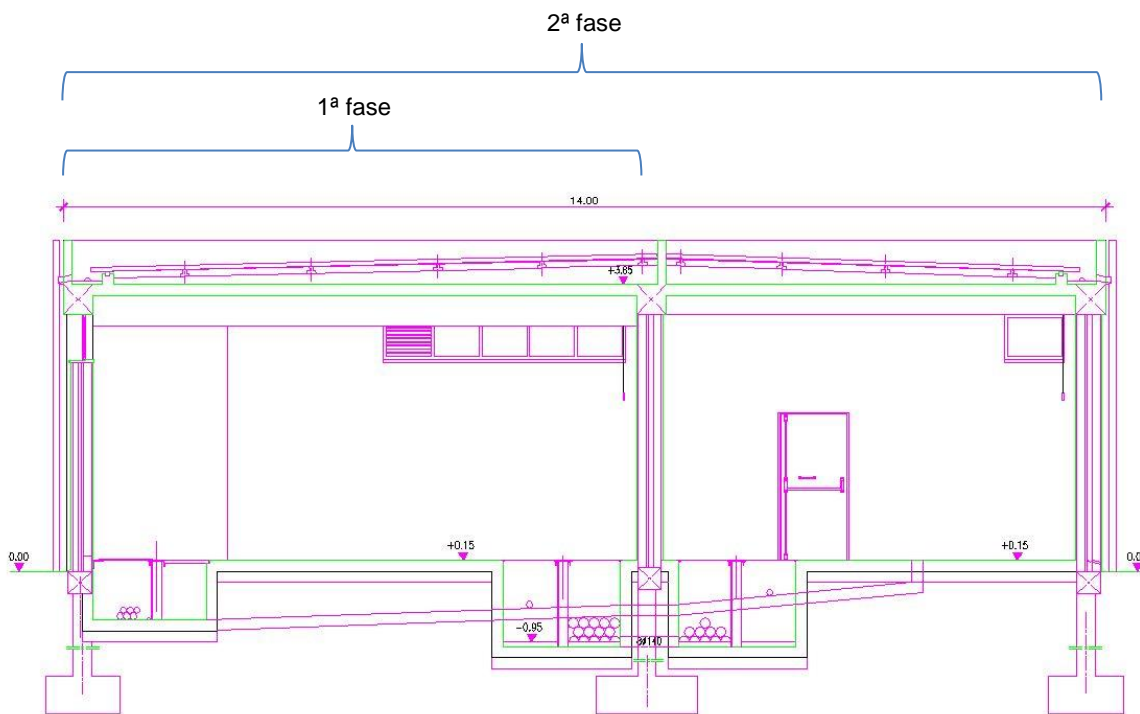


Imagem 9 - Corte do EC

A cobertura do edifício de comando, é uma cobertura não acessível e sem circulação (exceto ocasionalmente para manutenção), que no caso de execução da 2ª fase conta com duas águas, em que cada uma delas conta com três pontos de drenagem para águas pluviais. Em cada um deles é feita a ligação ao ramal de descarga que atravessa a platibanda e ao tubo de queda respetivo que assegura o encaminhamento das águas.

A laje de betão armado tem 15 cm de espessura, sendo que acima desta há duas zonas distintas com diferentes constituições. Uma zona coberta, com tela de impermeabilização simples de membrana asfáltica do tipo “polyxis R40”, sobreposta com chapas de cobertura em “*painéis sandwich*” apoiados em vigotas pré-esforçadas, por sua vez apoiadas em pilaretes de alvenaria, criando assim uma caixa-de-ar entre a impermeabilização e as chapas de cobertura, de espessura variável entre os 18 cm e os 35 cm, dada a inclinação das chapas.

A outra zona é constituída por uma caleira para escoamento de águas pluviais, onde acima da laje apenas existe uma camada de forma que fornece pendente à caleira e que está coberta por uma impermeabilização composta por duas telas, uma com membrana asfáltica do tipo “*polyplás 25*”, e outra com membrana betuminosa do tipo “*polyxis R40*”, com acabamento mineralizado.

Pode-se observar melhor a constituição da cobertura, bem como a fase de construção, nas imagens 10, 11 e 12.

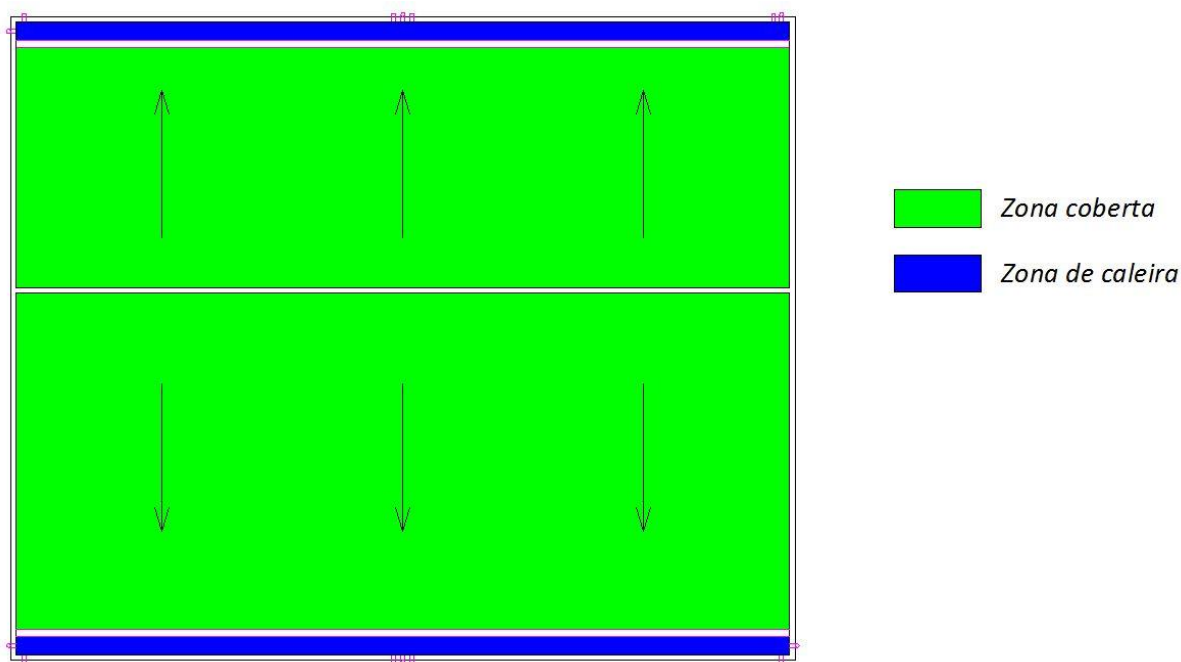


Imagem 10 - Cobertura em planta do EC



Imagem 11 - Cobertura do EC em construção (1ª fase)



Imagem 12 - Cobertura EC terminada (1ª fase)

Esta solução para a cobertura, aparenta ter alguns pontos que parecem suscetíveis de análise. O primeiro são as pontes térmicas causadas pelas duas caleiras de 40 cm de largura e cerca de 17 m de comprimento em cada uma delas, que fazem com que tenhamos perto de 14 m² de área em contacto com o exterior sem isolamento. Importa aqui referir que o edifício de comando tem em permanência dois aparelhos de ar condicionado independentes, que têm o propósito de garantir permanentemente e durante todo o ano, uma temperatura no interior de aproximadamente 22 °C devido às exigências do

equipamento elétrico que se encontra no interior, pelo que as transferências térmicas através da envolvente deste edifício entre interior e exterior tomam alguma relevância, nomeadamente com reflexo em gastos energéticos.

Outro ponto que merece análise, é a utilização de chapas de cobertura em “*painéis sandwich*”. Estas chapas têm a vantagem de proporcionar bom isolamento térmico devido à baixa condutibilidade térmica, mas dado que existe uma caixa-de-ar considerável entre a mesma e a laje torna a questão suscetível de análise. Isto porque o remate em todo o perímetro das chapas de cobertura é feito apenas com recurso a chapa de zinco e estas estão simplesmente apoiadas e aparafusadas, sem qualquer material isolante nos encontros. Isto faz com que, existam vários potenciais locais de entrada e saída de ar posicionados aleatoriamente, permitindo a livre entrada e saída de ar, o que inviabiliza em grande medida o isolamento térmico constituído pelos “*painéis sandwich*”.

Outras das desvantagens associadas a este sistema de cobertura, são o custo e complexidade de execução. Definido nas CEC – ESE 2011 a € 44,72/m² com o código 120334 (Anexo nº XV), as chapas de cobertura encarecem o custo final do edifício de comando e tal como já foi mostrado, a sua utilização levanta algumas dúvidas em termos de eficiência energética. O sistema de fixação em vigotas pré-esforçadas apoiadas em pilaretes de alvenaria e os remates em chapa de zinco em toda a envolvente para impedir a entrada de água na caixa-de-ar, são de execução complexa e demorada e claramente suscetíveis a potenciais erros.

Assim, aquilo que se propõe neste capítulo é a alteração do sistema de cobertura para um sistema do tipo invertido, funcionando como uma cobertura plana em que o isolamento térmico é colocado sobre a impermeabilização. A camada de forma necessária em qualquer cobertura plana, seria constituída por um betão leve com agregados de argila expandida do tipo “*Leca MIX B*” (Anexo nº XXIV) de granulometria entre 4 mm a 12,5 mm com cimento e aditivos, de secagem rápida, com vista a não sobrecarregar em demasia a laje, tendo também a vantagem acrescida de contribuir para uma menor condutibilidade térmica, comparando com uma argamassa tradicional. Esta camada teria a função de drenagem de águas pluviais, com 2% de inclinação. Sobre a camada de forma seria aplicada uma betonilha de regularização com 2 cm, sendo sobre esta colocada a impermeabilização composta por duas membranas asfálticas do tipo “*polyplás 25*” cruzadas, à semelhança do que já é atualmente aplicado na zona das caleiras. De seguida teríamos o isolamento térmico em poliestireno extrudido (XPS) do tipo “*roofmate*” com 6 cm de espessura aplicado sobre a impermeabilização. Sobre o isolamento térmico seria aplicada uma camada de feltro sintético não tecido (geotêxtil) de massa por unidade de área de cerca

de 120 g/m^2 . Este deve ser permeável à água e quimicamente compatível com o isolamento térmico (XPS), uma vez que os dois se encontrarão em contacto. A sua função será a de filtrar elementos finos que poderiam acumular-se sobre a impermeabilização e contribuir para a sua degradação e a de proteger mecanicamente as placas de isolamento térmico da camada de proteção pesada. Esta proteção pesada seria composta por seixo rolado, branco e lavado, de granulometria entre 20 a 40 mm, com 6 cm de espessura total nesta camada, tendo esta a função de proteger as camadas inferiores da radiação ultravioleta e a de as manter no seu lugar dado que não há lugar a qualquer tipo de fixação das mesmas à estrutura. A cor branca desta camada serviria também para aumentar a refletância dos raios solares e assim diminuir a temperatura no interior do edifício. Os acréscimos de carga inerentes à solução aqui apresentada, são mais à frente considerados e calculados neste relatório no capítulo 3.1.3, para que a armadura da laje da cobertura seja reforçada de acordo com os mesmos.

Existe também no mercado uma alternativa semelhante à atrás proposta, que consiste em lajetas com 60 x 60 cm, do tipo “Grisol” compostas por duas camadas. Uma inferior de poliestireno extrudido (XPS) com espessura desejável que fornece o isolamento térmico e outra superior composta por uma betonilha reforçada com 35 kg/m^2 , que fornece proteção pesada à semelhança do seixo na solução anterior (Anexo nº XXV). É sugerido para estas lajetas, a camada de XPS com 5 cm e a de betonilha com 2,5 cm. As sugestões feitas neste capítulo para as espessuras das camadas, nomeadamente de isolamento, são com base no cálculo térmico efetuado mais à frente no capítulo 3.1.1.

Para melhor ilustrar as soluções atrás sugeridas, foi elaborada em AutoCAD o desenho nº 1 que consta nas *Peças Desenhadas*, onde se pode observar em corte as soluções propostas, bem como a solução atual.

3.1.1 Cálculo coeficientes de transmissão térmica

Apresenta-se de seguida o cálculo dos coeficientes de transmissão térmica – U , de cada uma das soluções já apresentadas, bem como da solução atual, para que seja feita a comparação. Este coeficiente é de especial importância em qualquer elemento da envolvente de um edifício, dado que reflete a maior ou menor facilidade com que se fazem transferências de calor entre os ambientes que este elemento separa, ou seja, quanto mais baixo for o coeficiente de transmissão térmica, menor será também a transferência de calor, o que significa que melhor isolado estará o nosso edifício. A unidade em que vem expresso ($\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) ajuda-nos a entender este coeficiente, ou seja, se tivermos $2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, significa

que por cada grau de diferença entre os ambientes que o nosso elemento separa e por cada metro quadrado, iremos ter a transferência de 2 W de calor.

Os valores de condutibilidade térmica – λ , necessários para o cálculo, são os que constam na publicação do LNEC, “Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios” – ITE 50, para cada tipo de material, sendo a metodologia de cálculo de coeficientes de transmissão térmica, a indicada no “Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação” – REH (Decreto-Lei n.º 118/2013 de 20 de Agosto), de acordo com a norma europeia EN ISO 6946.

Para o caso específico de um edifício de comando de uma subestação é aplicável o “Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços” – RECS, mas no que diz respeito ao cálculo de coeficientes de transmissão térmica, este remete a metodologia de cálculo para o REH.

Nas tabelas 1, 2 e 3 podemos observar o cálculo dos coeficientes de transmissão térmica nas diferentes zonas da cobertura, tanto para a solução atual como para as soluções propostas.

SOLUÇÃO ATUAL							
Laje da cobertura (fluxo ascendente)				Laje da cobertura (fluxo descendente)			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040	Ar exterior	-	-	0,040
Painel sandwich	0,050	0,037	1,351	Painel sandwich	0,050	0,037	1,351
Caixa de ar	Variável	-	0,160	Caixa de ar	Variável	-	0,220
Tela impermeável	0,002	0,230	0,010	Tela impermeável	0,002	0,230	0,010
Betão	0,150	2,500	0,060	Betão	0,150	2,500	0,060
Ar interior	-	-	0,100	Ar interior	-	-	0,170
<i>Total</i>	Variável	-	1,721	<i>Total</i>	Variável	-	1,851
U (W/m².°C)			0,58	U (W/m².°C)			0,54
Caleira (fluxo ascendente)				Caleira (fluxo descendente)			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040	Ar exterior	-	-	0,040
Tela impermeável	0,005	0,230	0,020	Tela impermeável	0,005	0,230	0,020
Argamassa	0,050	1,300	0,038	Argamassa	0,050	1,300	0,038
Betão	0,150	2,500	0,060	Betão	0,150	2,500	0,060
Ar interior	-	-	0,100	Ar interior	-	-	0,170
<i>Total</i>	0,205	-	0,258	<i>Total</i>	0,205	-	0,328
U (W/m².°C)			3,87	U (W/m².°C)			3,04

Tabela 1 - Coeficientes de transmissão térmica da solução atual

SOLUÇÃO ALTERNATIVA COBERTURA SEIXO

Laje da cobertura (fluxo ascendente)				Laje da cobertura (fluxo descendente)			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040	Ar exterior	-	-	0,040
Seixo rolado	0,060	2,000	0,030	Seixo rolado	0,060	2,000	0,030
Isolamento XPS	0,060	0,037	1,622	Isolamento XPS	0,060	0,037	1,622
2 telas imperme.	0,005	0,230	0,020	2 telas imperme.	0,005	0,230	0,020
Argamassa	0,080	0,156	0,513	Argamassa	0,080	0,156	0,513
Betão	0,150	2,500	0,060	Betão	0,150	2,500	0,060
Ar interior	-	-	0,100	Ar interior	-	-	0,170
Total	0,355	-	2,384	Total	0,355	-	2,454
U (W/m².°C)			0,42	U (W/m².°C)			0,41

Tabela 2 - Coeficientes de transmissão térmica da solução cobertura seixo

SOLUÇÃO ALTERNATIVA COBERTURA LAJETAS

Laje da cobertura (fluxo ascendente)				Laje da cobertura (fluxo descendente)			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)	Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040	Ar exterior	-	-	0,040
Lajeta - Arg.	0,025	1,300	0,019	Lajeta - Arg.	0,025	1,300	0,019
Lajeta - XPS	0,050	0,033	1,515	Lajeta - XPS	0,050	0,033	1,515
2 telas imperme.	0,005	0,230	0,020	2 telas imperme.	0,005	0,230	0,020
Argamassa	0,080	0,156	0,513	Argamassa	0,080	0,156	0,513
Betão	0,150	2,500	0,060	Betão	0,150	2,500	0,060
Ar interior	-	-	0,100	Ar interior	-	-	0,170
Total	0,310	-	2,267	Total	0,310	-	2,337
U (W/m².°C)			0,44	U (W/m².°C)			0,43

Tabela 3 - Coeficientes de transmissão térmica da solução cobertura lajetas

A tabela 4 apresentada de seguida, apresenta um resumo para melhor se compararem termicamente as várias soluções.

COMPARAÇÃO COEFICIENTES DE TRANSMISSÃO TÉRMICA

		Área (m ²)	U _{ASC.} (W/m ² .°C)	U _{DESC.} (W/m ² .°C)	U _{ASC. FINAL} (W/m ² .°C)	U _{DESC. FINAL} (W/m ² .°C)
SOLUÇÃO ATUAL	Cobertura	211,42	0,58	0,54	0,85	0,74
	Caleira	18,55	3,87	3,04		
SOLUÇÃO ALTERNATIVA COBERTURA SEIXO	Cobertura	230,00	0,42	0,41	0,42	0,41
SOLUÇÃO ALTERNATIVA COBERTURA LAJETAS	Cobertura	230,00	0,44	0,43	0,44	0,43

Tabela 4 - Comparação dos coeficientes de transmissão térmica das três soluções

Assim, podemos ver os coeficientes de transmissão térmica de cada solução, sendo que para a solução atual e dado que temos dois coeficientes diferentes consoante a zona, os valores apresentados são com base na percentagem de área a que cada um deles corresponde. Assim, irá ser utilizada a relação indicada na equação 3.

$$U_{FINAL} = \frac{(A_{Cob} \times U_{Cob}) + (A_{Cal} \times U_{Cal})}{(A_{Cob} + A_{Cal})} \quad (3)$$

Equação 3 - Coeficiente de transmissão térmica final

$$\text{em que } \begin{cases} A_{Cob} = \text{Área da cobertura [m}^2 \text{]} \\ A_{Cal} = \text{Área da caleira [m}^2 \text{]} \\ U_{Cob} = \text{Coef. trans. térmica cobertura [} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}} \text{]} \\ U_{Cal} = \text{Coef. trans. térmica caleira [} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}} \text{]} \end{cases}$$

Obtemos então:

$$U_{ASC\ FINAL} = \frac{(211,42 \times 0,58) + (18,55 \times 3,87)}{(211,42 + 18,55)} = 0,85 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}} \quad (3)$$

$$U_{DESC\ FINAL} = \frac{(211,42 \times 0,54) + (18,55 \times 3,04)}{(211,42 + 18,55)} = 0,74 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}} \quad (3)$$

Para as soluções alternativas apresentadas, os valores de coeficientes de transmissão térmica apresentados, são os de leitura direta dos quadros anteriormente apresentados, dado que a solução é única em toda a cobertura. De seguida, e para se tentar obter uma ideia dos ganhos práticos da implementação deste sistema, foi-se obter o coeficiente de transferência de calor por transmissão da nossa envolvente, o que consiste em multiplicar os coeficientes atrás calculados pela área de cobertura, dando-nos assim uma ideia da diferença entre as soluções no que toca a transmissões térmicas entre exterior e interior através da mesma. Estes valores serão também mais à frente utilizados no capítulo 3.5.2. Para se obter o coeficiente de transmissão de calor, é utilizada a equação 4.

$$A \cdot U, \text{ em que } \begin{cases} A = \text{Área [m}^2 \text{]} \\ U = \text{Coeficiente de transmissão térmica [} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{°C}} \text{]} \end{cases} \quad (4)$$

Equação 4 - Coeficiente de transmissão de calor

Em transmissões ascendentes temos:

$$\text{❖ Solução atual: } 230 \text{ m}^2 \times 0,85 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} = 195,50 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \quad (4)$$

$$\text{❖ Solução seixo: } 230 \text{ m}^2 \times 0,42 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} = 96,60 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \quad (- 51\%) \quad (4)$$

$$\text{❖ Solução lajetas térmicas: } 230 \text{ m}^2 \times 0,44 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} = 101,20 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \quad (- 48\%) \quad (4)$$

Em transmissões descendentes temos:

$$\text{❖ Solução atual: } 230 \text{ m}^2 \times 0,74 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} = 170,20 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \quad (4)$$

$$\text{❖ Solução seixo: } 230 \text{ m}^2 \times 0,41 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} = 94,30 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \quad (- 45\%) \quad (4)$$

$$\text{❖ Solução lajetas térmicas: } 230 \text{ m}^2 \times 0,43 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} = 98,90 \frac{\text{W}}{^\circ\text{C}} \quad (- 42\%) \quad (4)$$

Analisando globalmente estes valores, podemos observar que as soluções alternativas apresentadas, obtêm sempre valores de coeficientes de transmissão térmica significativamente mais baixos (entre 42 a 51%), comparativamente à solução atual, refletindo-se este fator em ganhos de energia associados aos sistemas de ar condicionado instalados no edifício de comando, e conseqüentemente em ganhos económicos.

Tentou-se que a quantificação destes ganhos fosse feita também no âmbito deste estágio, mas a realidade mostrou que devido ao grande número de variáveis a controlar e a condicionamentos não exequíveis num estágio com estas características, essa quantificação tivesse que ser feita com recurso a equipamentos e meios que implicariam investimento financeiro e tempo para os implementar.

3.1.2 Análise económica

Vamos agora comparar as várias soluções do ponto de vista económico, tendo em conta os custos associados aos materiais utilizados em cada uma das soluções, bem como à mão de obra necessária para os executar. Para isso, irá primeiro ser apresentado um quadro resumo com os custos da atual solução para a cobertura e depois um outro com os valores de cada uma das soluções alternativas propostas.

À frente de cada material, está indicado entre parêntesis o anexo que contém o preço correspondente utilizado no cálculo de cada solução, sendo que para a solução atual foram utilizados os valores constantes nas CEC – ESE 2011.

Para as soluções propostas, foi feita consulta de preços para as atividades que não constam naquele documento, sendo que todos os preços indicados englobam já todos os meios necessários à execução da atividade, como mão-de obra, ferramentas, etc. Os preços que resultaram de consulta, podem ser observados no anexo respetivo mais detalhadamente.

Assim, temos nas tabelas 5, 6 e 7, os valores parciais referentes a cada atividade, tanto para a solução atual como para as soluções propostas, bem como o valor global de cada uma das três soluções. É também indicado o valor diferencial, entre cada solução proposta e a solução atual.

SOLUÇÃO ATUAL					
	Quantidade		Preço unitário		Preço
Painéis Sandwich (Anexo nº XV)	214	m ²	44,72	€/m ²	€ 9.570,08
Rufos Zinco (Anexo nº XIV)	79	ml	26,82	€/m	€ 2.118,78
Impermeabilização 1 tela (Anexo nº X)	218	m ²	8,79	€/m ²	€ 1.916,22
Impermeabilização 2 telas (Anexo nº XI)	88	m ²	17,38	€/m ²	€ 1.529,44
Camada de forma (Anexo nº IX)	14	m ²	12,55	€/m ²	€ 175,70
Vigotas da estrutura de suporte (Anexo nº XVII)	119	ml	5,00	€/m	€ 595,00
Alvenarias da estrutura de suporte (Anexo nº VII)	5	m ²	12,49	€/m ²	€ 62,45
Murete da caleira + barrote madeira (Anexo nº III)	0,84	m ³	193,09	€/m ³	€ 162,77
Total					€ 16.130,44

Tabela 5 - Custos de execução da solução atual

POUPANÇA NA EXECUÇÃO - SOLUÇÃO ALTERNATIVA COBERTURA SEIXO					
	Quantidade		Preço unitário		Preço
Seixo rolado (Anexo nº II)	230	m ²	5,66	€/m ²	€ 1.301,80
Rufos Zinco (Anexo nº XIV)	79	ml	26,82	€/m	€ 2.118,78
Geotêxtil (Anexo nº XXI + Eurico Ferreira)	230	m ²	0,91	€/m ²	€ 209,30
Roofmate 6 cm (Anexo nº XII + Eurico Ferreira)	230	m ²	8,59	€/m ²	€ 1.975,70
Impermeabilização 2 telas (Anexo nº XI)	279	m ²	17,38	€/m ²	€ 4.849,02
Betonilha de regularização (Anexo nº XVIII)	230	m ²	4,97	€/m ²	€ 1.143,10
Camada de forma (Anexo nº XIX)	230	m ²	7,01	€/m ²	€ 1.612,30
Aço* (Anexo nº XXIII)	φ 8	-1.260,84	kg	0,77	€ -964,54
	φ 12	2.125,87		0,72	€ 1.520,00
Total					€ 13.765,46
Diferença para a solução atual					€ 2.364,99

Tabela 6 - Custos de execução da solução cobertura seixo

*O cálculo do acréscimo de aço que aqui é apresentado, é apresentado no capítulo 3.1.3.3

POUPANÇA NA EXECUÇÃO - SOLUÇÃO ALTERNATIVA COBERTURA LAJETAS

		Quantidade		Preço unitário		Preço
Lajetas térmicas 50/25 (Anexo nº XX)		230	m ²	24,70	€/m ²	€ 5.681,00
Rufos Zinco (Anexo nº XIV)		79	ml	26,82	€/m	€ 2.118,78
Impermeabilização 2 telas (Anexo nº XI)		279	m ²	17,38	€/m ²	€ 4.849,02
Betonilha de regularização (Anexo nº XVIII)		230	m ²	4,97	€/m ²	€ 1.143,10
Camada de forma (Anexo nº XIX)		230	m ²	7,01	€/m ²	€ 1.612,30
Aço* (Anexo nº XXIII)	φ 8	-630,42	kg	0,77	€/kg	€ -482,27
	φ 10	1.181,68		0,74		€ 868,53
Total						€ 15.790,46

Diferença para a solução atual	€ 339,98
---------------------------------------	-----------------

Tabela 7 - Custos de execução da solução cobertura lajetas

*O cálculo do acréscimo de aço que aqui é apresentado, é apresentado no capítulo 3.1.3.3

Nota: Relativamente à contabilização de aço e de acordo com a lista de atividades CEC - ESE 2011 e respetivos preços unitários, a atividade de execução da laje de cobertura do edifício de comando com o código 120287 (Anexo nº V), não depende da taxa de aço, mas sim do volume do elemento. Assim, o acréscimo de taxa de armadura imposto pelas soluções atrás referidas, não se deveria refletir no preço de execução da laje. Em todo o caso, foram contabilizadas estas diferenças nas quantidades de varão, para que os valores se aproximem da realidade. Esta contabilização é feita no capítulo 3.1.3.3.

Podemos então concluir, que as poupanças a nível financeiro são de considerar, principalmente na solução de seixo rolado em que os valores chegam aos €2.365, mas há ainda outras vantagens na utilização deste tipo de cobertura. Tal como já foi indicado, existem ganhos económicos provenientes da melhoria a nível de transmissões térmicas pela cobertura, que são difíceis de contabilizar mas que existem na realidade, mas para além destes existem outros. O facto de optarmos por uma cobertura invertida, garante-nos uma maior longevidade do sistema de impermeabilização, dado que este se encontra protegido pelo isolamento térmico, não ficando suscetível a gradientes térmicos tão elevados, fator este que é a principal causa da deterioração dos sistemas de impermeabilização. Enumeram-se de seguida uma listagem de vantagens associadas a este sistema:

- ❖ Execução mais económica;
- ❖ Melhoria nos níveis de transmissão térmica;
- ❖ Eliminação de pontes térmicas na cobertura;
- ❖ Maior longevidade do sistema de impermeabilização;

- ❖ Maior refletância da radiação solar.

No fundo, todos estes fatores se refletem em poupança a nível económico, embora nem todos sejam fáceis de contabilizar, mas que na realidade existem.

3.1.3 Cálculo do acréscimo de taxa de armadura

Devido ao acréscimo de carga na cobertura causado não só pelo seixo ou pelas lajetas térmicas, mas também pela camada de forma presente em ambas as soluções, torna-se necessário verificar qual o acréscimo de taxa de armadura em toda a laje de cobertura do edifício. Apenas será verificado este acréscimo na laje e não nas vigas e pilares, dado que será neste elemento que se esperam haver aumentos significativos nos momentos fletores a que ele está sujeito e conseqüentemente na armadura que resistirá a esses momentos, sendo neste capítulo adotada a metodologia de cálculo que consta na NP EN 1992-1-1, ou seja, no “Eurocódigo 2”. Assim, na imagem 13, podemos ver os vários painéis a calcular, bem como as disposições de cálculo adotadas.

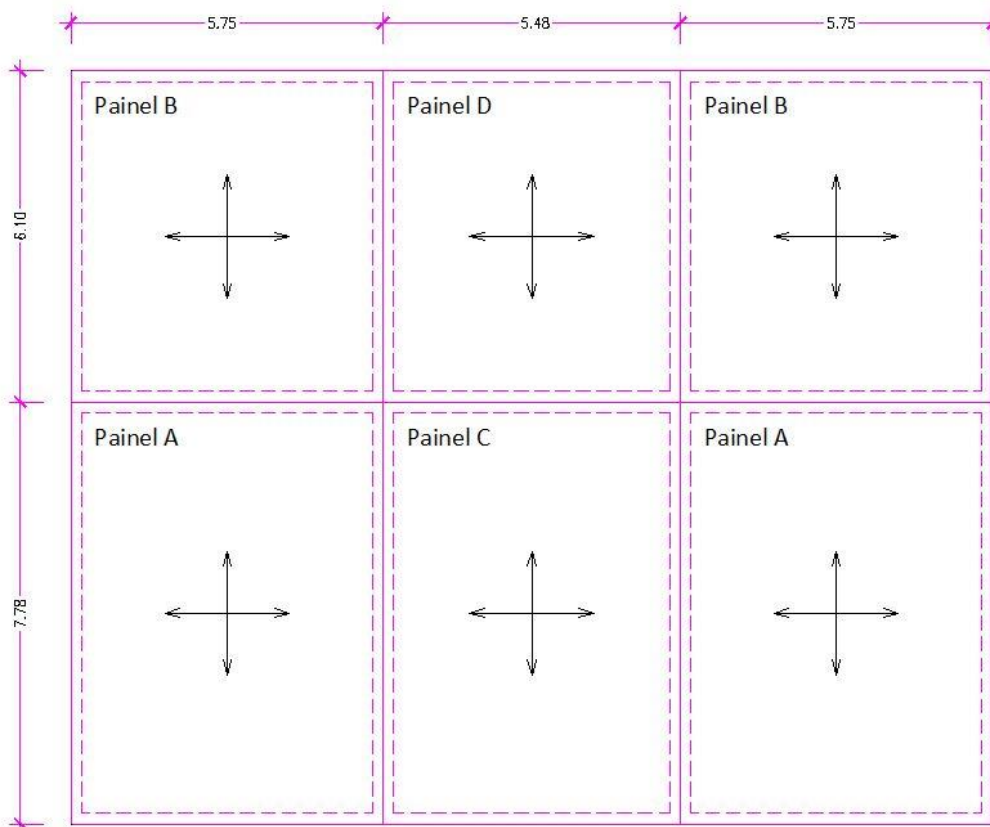


Imagem 13 - Painéis da laje de cobertura

3.1.3.1 Solução de seixo rolado

Considerando 1,00 kN/m² de sobrecargas, a cobertura ficará sujeita às seguintes cargas:

- ❖ **Camada de forma:** 552 kg/m³, em 16 cm de espessura → 88 kg/m² = 0,88 kN/m²;
- ❖ **Seixo rolado:** 1700 kg/m³, em 6 cm de espessura → 102 kg/m² = 1,02 kN/m²;
- ❖ **Betão armado:** 2500 kg/m³, em 15 cm de espessura → 375 kg/m² = 3,75 kN/m².

As fórmulas para o cálculo das cargas total e parcial, são as indicadas nas equações 5 e 6.

$$p_{sd_{total}} = \text{Coef.}_{CP} \times CP + \text{Coef.}_{SOB} \times SOB \quad (5)$$

Equação 5 - Carga total

$$p_{sd_{parcial}} = \text{Coef.}_{CP} \times CP + \text{Coef.}_{SOB} \times SOB + \text{Coef.}_{SOB} \times \frac{SOB}{2} \quad (6)$$

Equação 6 - Carga parcial

$$\text{em que } \left\{ \begin{array}{l}
 \text{Coef.}_{CP} = \text{Coeficiente de majoramento das cargas permanentes } [-] \\
 \text{Coef.}_{SOB} = \text{Coeficiente de majoramento das sobrecargas } [-] \\
 CP = \text{Cargas permanentes } \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] \\
 SOB = \text{Sobrecargas } \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]
 \end{array} \right.$$

Com a majoração das cargas consideradas, obtemos assim os seguintes valores:

$$p_{sd_{total}} = 1,35 \times 3,75 + 1,50 \times 1,90 + 1,50 \times 1,00 = 9,42 \text{ kN/m}^2 \quad (5)$$

$$p_{sd_{parcial}} = 1,35 \times 3,75 + 1,50 \times 1,90 + 1,50 \times \frac{1,00}{2} = 8,67 \text{ kN/m}^2 \quad (6)$$

Na tabela 8 são indicados todos os valores respeitantes a cargas aplicadas na laje da cobertura, impostos por esta solução.

Camada de forma	0,88	kN/m ²
Seixo rolado	1,02	
Total revestimentos	1,90	

p.p. laje	3,75	kN/m ²
p.p. revestimentos	1,90	
Sobrecargas	1,00	

P _{sd} total	9,42	kN/m ²
P _{sd} parcial	8,67	

Tabela 8 - Cargas aplicadas na laje da cobertura

De seguida apresenta-se um exemplo de cálculo para o painel A, ilustrado na imagem 14, seguido de um quadro resumo com os valores para os vários painéis.

Exemplo de cálculo para o painel A:

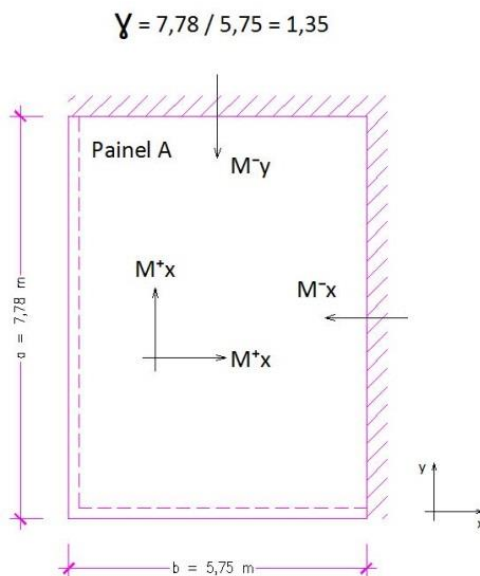


Imagem 14 - Modelo de cálculo para o painel A

Para o cálculo dos momentos, utilizaram-se as equações 7 e 8.

$$M_{sd}^+ = M_{Tab} \times p_{sd_{parcial}} \times l^2 + M_{Tab} \times p_{sd_{SOB}} \times l^2 \quad (7)$$

Equação 7 - Momentos positivos

$$M_{sd}^- = M_{Tab} \times p_{sd_{total}} \times l^2 \quad (8)$$

Equação 8 - Momentos negativos

em que $\left\{ \begin{array}{l} M_{Tab} = \text{Coeficiente tabelado de acordo com o modelo de painel [-]} \\ p_{sd_{total}} = \text{Carga total } \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] \\ p_{sd_{parcial}} = \text{Carga parcial } \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] \\ l = \text{dimensão de acordo com orientação [m]} \end{array} \right.$

Obtemos assim:

$$M_{y_{sd}}^+ = 0,0135 \times 8,67 \times 7,78^2 + 0,0224 \times 1,5 \times 7,78^2 = + 9,12 \text{ kN.m/m} \quad (7)$$

$$M_{x_{sd}}^+ = 0,0424 \times 8,67 \times 5,75^2 + 0,0677 \times 1,5 \times 5,75^2 = + 15,51 \text{ kN.m/m} \quad (7)$$

$$M_{y_{sd}}^- = - 0,0434 \times 9,42 \times 7,78^2 = - 24,74 \text{ kN.m/m} \quad (8)$$

$$M_{x_{sd}}^- = - 0,0965 \times 9,42 \times 5,75^2 = - 30,05 \text{ kN.m/m} \quad (8)$$

Para os vários painéis, temos então os momentos fletores indicados na tabela 9.

Painel A:	$M_{y_{sd}}^+$	+ 9,12	kN.m/m	Painel B:	$M_{y_{sd}}^+$	+ 9,77	kN.m/m
	$M_{x_{sd}}^+$	+ 15,51			$M_{x_{sd}}^+$	+ 10,96	
a (m) = 7,78	$M_{y_{sd}}^-$	- 24,74		a (m) = 5,75	$M_{y_{sd}}^-$	- 22,36	
b (m) = 5,75	$M_{x_{sd}}^-$	- 30,05		b (m) = 6,10	$M_{x_{sd}}^-$	- 23,54	
Painel C:	$M_{y_{sd}}^+$	+ 5,50	kN.m/m	Painel D:	$M_{y_{sd}}^+$	+ 6,77	kN.m/m
	$M_{x_{sd}}^+$	+ 12,76			$M_{x_{sd}}^+$	+ 9,95	
a (m) = 7,78	$M_{y_{sd}}^-$	- 16,02		a (m) = 6,10	$M_{y_{sd}}^-$	- 15,87	
b (m) = 5,48	$M_{x_{sd}}^-$	- 22,26		b (m) = 5,48	$M_{x_{sd}}^-$	- 19,37	

Tabela 9 - Momentos fletores antes de acerto

Exemplo de acerto de momentos fletores negativos e positivos:

As equações para acerto de momentos positivos e negativos, são as indicadas nas equações 9 e 10.

$$M_{AB}^- = \frac{M_A^- + M_B^-}{2} \quad (9)$$

Equação 9 - Acerto de momentos negativos

$$M_A^+ = M_{Tab} \times p_{sd_{total}} \times l^2 + \frac{M_A^- - M_{AB}^-}{2} \quad (10)$$

Equação 10 - Momentos negativos

em que

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{Tab} = \text{Coeficiente tabelado de acordo com o modelo de painel [-]} \\ M_{AB}^- = \text{Momento negativo entre os painéis A e B } \left[\frac{\text{kN/m}}{\text{m}} \right] \\ M_A^- = \text{Momento negativo respeitante ao painel A } \left[\frac{\text{kN/m}}{\text{m}} \right] \\ M_B^- = \text{Momento negativo respeitante ao painel B } \left[\frac{\text{kN/m}}{\text{m}} \right] \\ p_{sd_{total}} = \text{Carga total } \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right] \\ l = \text{dimensão de acordo com orientação [m]} \end{array} \right.$$

Obtém-se então:

$$M_{AB}^- = \frac{-24,74 - 22,36}{2} = -23,55 \text{ kN.m/m} \quad (9)$$

$$M_{yA}^+ = 0,0135 \times 9,42 \times 7,78^2 + \frac{24,74 - 23,55}{2} = +8,29 \text{ kN.m/m} \quad (10)$$

Feitos todos os acertos de momentos negativos e positivos, obtemos os valores indicados na tabela 10.

Acerto dos momentos negativos		
M_{AB}^-	- 23,55	kN.m/m
M_{AC}^-	- 26,15	
M_{BD}^-	- 21,46	
M_{CD}^-	- 15,95	

Acerto dos momentos positivos		
M_{yA}^+	+ 8,29	kN.m/m
M_{xA}^+	+ 15,15	
M_{yB}^+	+ 7,74	
M_{xB}^+	+ 10,41	
M_{yC}^+	+ 4,08	
M_{xC}^+	+ 8,35	
M_{yD}^+	+ 5,26	
M_{xD}^+	+ 7,24	

Tabela 10 - Momentos fletores após acerto

E finalmente na tabela 11, são indicados todos os momentos fletores, bem como a área de seção associada a cada um deles.

M (kN.m/m)	μ	ω	Área (cm ² /m)
- 23,55	-0,098	0,104	4,78
- 26,15	-0,109	0,116	5,34
- 21,46	-0,089	0,094	4,32
- 15,95	-0,066	0,068	3,13
+ 8,29	0,035	0,036	1,66
+ 15,15	0,063	0,065	2,99
+ 7,74	0,032	0,033	1,52
+ 10,41	0,043	0,044	2,02
+ 4,08	0,017	0,017	0,78
+ 8,35	0,035	0,036	1,66
+ 5,26	0,022	0,022	1,01
+ 7,24	0,030	0,031	1,43

Tabela 11 - Resumo de todos os momentos aplicados e respetivas áreas de varão

De modo a simplificar a tarefa de execução e de minimizar potenciais erros em obra, optou-se por utilizar o maior valor em módulo, de todos os momentos negativos e positivos, para que todas as armaduras superiores que resistem a momentos fletores negativos, tenham igual diâmetro e espaçamento de varões, e todas as armaduras inferiores que resistem a momentos fletores positivos, tenham também valor igual. Os valores em módulo mais elevados, bem como os varões e espaçamentos a utilizar são os da tabela 12.

M _{máx} (kN.m/m)	- 26,15	ϕ 12 // 20 (5,65)
	+ 15,15	ϕ 8 // 15 (3,35)

Tabela 12 - Momentos finais considerados com respetivo varão e espaçamento

3.1.3.2 Solução de lajetas térmicas

De seguida irão ser apresentados valores análogos aos anteriores descritos, mas para as cargas impostas pela solução de lajetas térmicas, dado que esta solução apresenta cargas inferiores, o que implica custos em aço menores em relação à solução de seixo rolado.

Considerando novamente 1,00 kN/m² de sobrecargas, a cobertura ficará sujeita às seguintes cargas:

- ❖ **Camada de forma:** 552 kg/m^3 , em 16 cm de espessura $\rightarrow 88 \text{ kg/m}^2 = 0,88 \text{ kN/m}^2$;
- ❖ **Lajetas térmicas:** 1860 kg/m^3 , em 2,5 cm de espessura $\rightarrow 47 \text{ kg/m}^2 = 0,47 \text{ kN/m}^2$;
- ❖ **Betão armado:** 2500 kg/m^3 , em 15 cm de espessura $\rightarrow 375 \text{ kg/m}^2 = 3,75 \text{ kN/m}^2$.

Com a majoração das cargas consideradas obtemos assim:

$$p_{sd\text{total}} = 1,35 \times 3,75 + 1,50 \times 1,35 + 1,50 \times 1,00 = 8,58 \text{ kN/m}^2 \quad (5)$$

$$p_{sd\text{parcial}} = 1,35 \times 3,75 + 1,50 \times 1,35 + 1,50 \times \frac{1,00}{2} = 7,83 \text{ kN/m}^2 \quad (6)$$

Na tabela 13 são indicados todos os valores respeitantes a cargas aplicadas na laje da cobertura, impostos por esta solução.

Camada de forma	0,88	kN/m ²
Lajetas térmicas	0,47	
Total	1,35	
p.p.laje	3,75	kN/m ²
p.p.revestimentos	1,35	
Sobrecargas	1,00	
$p_{sd\text{ total}}$	8,58	kN/m ²
$p_{sd\text{ parcial}}$	7,83	

Tabela 13 - Cargas aplicadas na laje da cobertura

Para os vários painéis, temos então os momentos fletores indicados na tabela 14.

Painel A:	$M_{y\text{sd}}^+$	+ 8,44	kN.m/m
	$M_{x\text{sd}}^+$	+ 14,34	
	$M_{y\text{sd}}^-$	- 22,55	
	$M_{x\text{sd}}^-$	- 27,39	
a (m) = 7,78			
b (m) = 5,75			
Painel B:	$M_{y\text{sd}}^+$	+ 9,03	kN.m/m
	$M_{x\text{sd}}^+$	+ 10,13	
	$M_{y\text{sd}}^-$	- 20,38	
	$M_{x\text{sd}}^-$	- 21,46	
a (m) = 5,75			
b (m) = 6,10			
Painel C:	$M_{y\text{sd}}^+$	+ 5,14	kN.m/m
	$M_{x\text{sd}}^+$	+ 11,85	
	$M_{y\text{sd}}^-$	- 14,60	
	$M_{x\text{sd}}^-$	- 20,29	
a (m) = 7,78			
b (m) = 5,48			
Painel D:	$M_{y\text{sd}}^+$	+ 6,31	kN.m/m
	$M_{x\text{sd}}^+$	+ 9,21	
	$M_{y\text{sd}}^-$	- 14,47	
	$M_{x\text{sd}}^-$	- 17,66	
a (m) = 6,10			
b (m) = 5,48			

Tabela 14 - Momentos fletores antes de acerto

Feitos todos os acertos de momentos negativos e positivos, obtemos os valores indicados na tabela 15.

Acerto dos momentos negativos			Acerto dos momentos positivos		
M_{AB}^-	- 21,47	kN.m/m	M_{yA}^+	+ 7,56	kN.m/m
M_{AC}^-	- 23,84		M_{xA}^+	+ 13,81	
M_{BD}^-	- 19,56		M_{yB}^+	+ 7,06	
M_{CD}^-	- 14,54		M_{xB}^+	+ 9,49	
			M_{yC}^+	+ 3,72	
			M_{xC}^+	+ 7,61	
			M_{yD}^+	+ 4,79	
			M_{xD}^+	+ 6,60	

Tabela 15 - Momentos fletores após acerto

E finalmente na tabela 16, são indicados todos os momentos fletores, bem como a área de seção associada a cada um deles.

M (kN.m/m)	μ	ω	Área (cm ² /m)
- 21,47	-0,089	0,094	4,32
- 23,84	-0,099	0,105	4,83
- 19,56	-0,081	0,085	3,91
- 14,54	-0,061	0,063	2,90
+ 7,56	0,031	0,032	1,47
+ 13,81	0,058	0,060	2,76
+ 7,06	0,029	0,030	1,38
+ 9,49	0,040	0,041	1,89
+ 3,72	0,016	0,016	0,74
+ 7,61	0,032	0,033	1,52
+ 4,79	0,020	0,020	0,92
+ 6,60	0,028	0,029	1,33

Tabela 16 - Resumo de todos os momentos aplicados e respetivas áreas de varão

Mais uma vez, de modo a simplificar a tarefa de execução e de minimizar potenciais erros em obra, optou-se por utilizar o maior valor em módulo, de todos os momentos negativos e positivos, sendo os varões e espaçamentos a utilizar os indicados na tabela 17.

$M_{máx}$ (kN.m/m)	- 23,84	ϕ 8 // 10 (5,03)
	+ 13,81	ϕ 10 // 25 (3,14)

Tabela 17 - Momentos finais considerados com respetivo varão e espaçamento

3.1.3.3 Explicação das diferenças de taxa de armadura do capítulo 3.1.2

A diferença de taxas de armadura, já contabilizada no capítulo anterior pode então ser encontrada com base na tabela 18.

	Comprimento (m)	Peso (kg)
φ 8 // 15 (2 malhas)	6 384,00	2 521,68
φ 8 // 15 (1 malha)	3 192,00	1 260,84
φ 8 // 10 (1 malha)	4 788,00	1 891,26
φ 10 // 25 (1 malha)	1 915,20	1 181,68
φ 12 // 20 (1 malha)	2 394,00	2 125,87

Tabela 18 - Peso das diferentes malhas

Assim, dado que a solução atual utiliza malha quadrada de varão de 8 mm espaçado de 15 cm, iremos ter a seguinte diferença de pesos:

$$\text{Seixo rolado: } \varnothing 8 \rightarrow 2.521,68 - 1.260,84 = 1.260,84 \text{ kg}$$

$$\text{Lajetas térmicas: } \varnothing 8 \rightarrow 2.521,68 - 1.891,26 = 630,42 \text{ kg}$$

Concluimos assim, que iremos ter em varão de 8 mm relativamente à solução atual, 1.260,84 kg a menos na solução de seixo rolado e menos 630,42 kg na solução de lajetas térmicas, sendo que à solução de seixo rolado acrescem 2.125,87 kg de varão de 12 mm e à solução das lajetas térmicas acrescem 1.181,68 kg de varão de 10 mm, tal como indicado no quadro de análise económica das soluções no capítulo 3.1.2.

3.2 Drenagem de águas pluviais na cobertura

Optando por uma das soluções construtivas discriminadas nos capítulos anteriores, referente à cobertura do edifício de comando, e nomeadamente devido à anulação das caleiras existentes, torna-se aconselhável verificar e adaptar o sistema de drenagem da cobertura às soluções apresentadas. Na solução atual, existem para o edifício de comando de 2ª fase, seis tubos de queda com diâmetro de 90 mm, quatro deles localizados nos quatro cunhais do edifício e os outros dois a meio do maior vão, com as ligações horizontais também de 90 mm, tal como ilustrado na imagem 15.

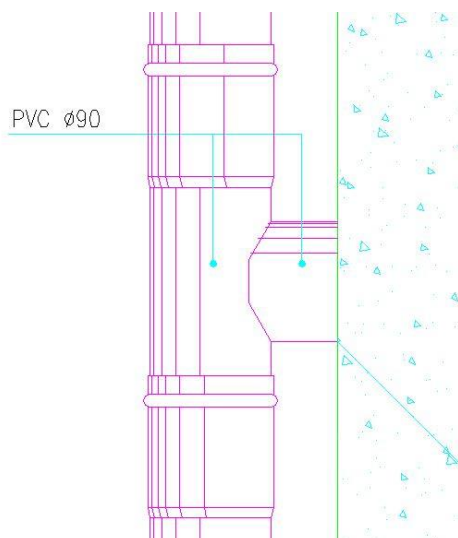


Imagem 15 - Tubo de queda

Assim, para efeitos de cálculo irá ser seguido o disposto no documento “Apontamentos de Hidráulica Aplicada”, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, que por sua vez respeita o “Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais” – Decreto Regulamentar nº 23/95, de 23 de Agosto.

Em primeiro lugar foi idealizada uma solução com quatro tubos de queda, um em cada canto do edifício, contribuindo para o caudal de cada um deles, sensivelmente $\frac{1}{4}$ da área total da cobertura, de acordo com a imagem 16, estando a localização dos tubos de queda identificada na imagem com circunferências a tracejado.

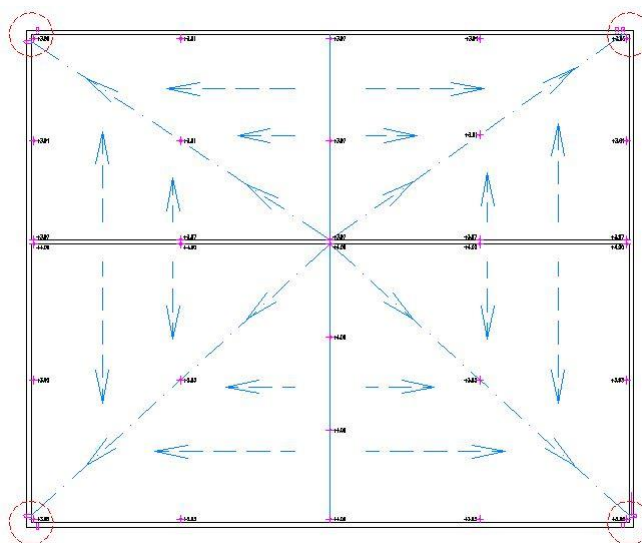


Imagem 16 - Drenagem de águas pluviais da cobertura

O caudal de cálculo de águas pluviais na cobertura, pode ser obtido através da expressão do método racional indicada na equação 11.

$$Q = C \times i \times A, \text{ em que } \begin{cases} Q - \text{Caudal de cálculo [l/min]} \\ C - \text{Coeficiente de escoamento [-]} \\ i - \text{Intensidade de precipitação [l/min]} \\ A - \text{Área a drenar em projeção horizontal [m}^2\text{]} \end{cases} \quad (11)$$

Equação 11 - Caudal através do método racional

Dado que estamos a tratar de uma superfície de cobertura impermeabilizada, o coeficiente de escoamento pode ser tomado como sendo igual à unidade. Para obtermos o valor da intensidade máxima, recorre-se a curvas de Intensidade, Duração, Frequência (I-D-F), representadas no Anexo nº XXVI em regiões pluviométricas de Portugal continental. Estas fornecem os valores das intensidades máximas médias de precipitação, para as diferentes regiões pluviométricas do país, para diferentes períodos de retorno (T) e diferentes durações de precipitação (t).

Dada a utilização de um projeto tipo generalizado para todo o país, e para que o cálculo se torne mais conservativo, considerou-se para este cálculo a região pluviométrica com maior pluviosidade (Região C), para um período de retorno de 5 anos e uma duração de precipitação de 5 minutos. Importa referir que o regulamento impõe para o cálculo de redes prediais, um período de retorno mínimo de 5 anos e uma duração de precipitação máxima de 5 minutos.

Assim, obtém-se:

$$\text{Do Anexo nº XXVI} \rightarrow \begin{cases} \text{Região C} \\ T = 5 \text{ anos} \end{cases} \rightarrow \begin{cases} a = 311,11 \\ b = -0,562 \end{cases}$$

Estas curvas traduzem-se por uma expressão exponencial indicada na equação 12.

$$i = a \times t^b, \text{ em que } \begin{cases} a = \text{Coeficiente do anexo nº XXVI [-]} \\ b = \text{Coeficiente do anexo nº XXVI [-]} \\ t = \text{Duração de precipitação [min]} \end{cases} \quad (12)$$

Equação 12 - Duração de precipitação máxima

Tendo sido obtida assim uma intensidade de precipitação de:

$$i = a \times t^b = 311,11 \times 5^{-0.562} = 125,92 \text{ mm/h} = 2,10 \text{ l/min} \quad (12)$$

De seguida e para que os quatro tubos de queda fiquem com o mesmo diâmetro, é considerado para o cálculo, aquele cuja área a drenar é maior, ou seja, com dimensões de 8,43 x 7,86 m, obtendo-se uma área de 66,26 m². Estamos assim em condições de obter o caudal de cálculo:

$$\begin{cases} C = 1 \\ i = 2,10 \text{ l/min} \\ A = 66,26 \text{ m}^2 \end{cases} \rightarrow Q = 1 \times 2,10 \times 66,26 = 139,06 \text{ l/min} = 0,00232 \text{ m}^3/\text{s} \quad (11)$$

O próximo passo é calcular a seção do ramal de descarga, ou seja, dos troços horizontais que fazem a ligação da área a drenar na cobertura, ao tubo de queda. Para tal, irá ser utilizado a fórmula de “Mannig-Strickler”, para escoamento do tubo a seção cheia.

Explicitando assim em relação ao diâmetro, obtemos a expressão indicada na equação 13.

$$D = \left(\frac{Q}{0,312 \times K_S \times \sqrt{i}} \right)^{\frac{3}{8}}, \text{ em que } \begin{cases} D - \text{Diâmetro da seção [m]} \\ Q - \text{Caudal de cálculo [m}^3/\text{s]} \\ K_S - \text{Coeficiente de Strickler [m}^{1/3} \cdot \text{s}^{-1}] \\ i - \text{Inclinação da tubagem [m/m]} \end{cases} \quad (13)$$

Equação 13 - Diâmetro da seção de ramal de descarga

Considerando que mantemos o mesmo tipo de material, temos para o PVC um K_S de 120 m^{1/3}.s⁻¹, e considerando uma inclinação de 2% para este ramal de descarga, obtemos assim:

$$D = \left(\frac{0,00232}{0,312 \times 120 \times \sqrt{0,02}} \right)^{\frac{3}{8}} \approx 0,055 \text{ m} = 55 \text{ mm} \quad (13)$$

Dado que os 55 mm determinados, dizem respeito ao diâmetro interno iremos somar duas vezes a espessura do tubo em PVC ($\pm 3\text{mm}$), o que resulta num diâmetro exterior de 61 mm. Em termos de diâmetros comerciais (exteriores) teremos de utilizar o diâmetro imediatamente acima deste que corresponde a 75 mm.

De seguida, e de acordo com o disposto no regulamento, considerando o comprimento do tubo de queda de 3,85 m e a entrada no tubo de queda em aresta viva, podemos consultar a tabela na imagem 17 para determinar o diâmetro nominal do tubo de queda.

DN (mm)	Diâmetro interior (mm)	L mínimo do tubo de queda (m)	Caudais (l/min)									
			Carga no tubo de queda (lâmina líquida) H (mm)									
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	700
50	45,6	2	20	65	135	231	356					
75	70,6	3	30	92	184	307	462	650	873			
90	85,6	3	35	108	214	352	525	733	978	1260	1583	
110	105,1	4	43	129	252	411	607	841	1114	1427	1782	2179
125	119,5	5	48	144	280	455	668	921	1215	1550	1929	2351
140	133,9	5	54	160	308	498	729	1001	1316	1673	2076	2523

Imagem 17 - Dimensionamento de tubos de queda ($L \geq 40D$) de entrada em aresta viva

Assim podemos constatar que poderíamos utilizar o diâmetro mínimo nominal de 50 mm, dado que para uma altura de lâmina líquida de 55 mm este diâmetro suporta caudais até aos 356 l/min e no nosso caso temos um caudal de 139,06 l/min. Porém, o regulamento explicita que o diâmetro dos tubos de queda, não deve ser inferior ao maior dos diâmetros dos ramos de descarga que para ele confluem, e por esta razão devemos manter o mesmo diâmetro do ramal de descarga para o tubo de queda, ou seja, 75 mm.

Resumindo, podemos concluir que em alternativa aos atuais seis tubos de queda existentes no edifício de comando, podemos com segurança utilizar apenas quatro tubos, suprimindo assim os dois tubos de queda centrais e ficando com um em cada cunhal do edifício nos mesmos locais onde estão correntemente projetados, tal como havia sido inicialmente idealizado segundo a representação ilustrada na imagem 16. Estas alterações acarretam algumas vantagens do ponto de vista económico, que serão mais à frente analisadas no capítulo 3.2.2.

3.2.1 Disposição da camada de forma e encaminhamento de águas pluviais

A disposição da camada de forma toma especial importância devido ao facto de agora passarmos a ter apenas quatro tubos de queda, e o encaminhamento das águas pluviais ter de ser necessariamente diferente, mas este fator é ainda mais importante para o caso da solução de lajetas térmicas, devido à solução construtiva e método de execução que lhe é inerente. Quer-se com isto dizer, que devido ao facto de as lajetas terem dimensões de 60 x 60 cm, com a base plana, torna-se importante que as mesmas assentem também sobre uma base perfeitamente plana.

Tendo estes fatores em conta, foi projetada uma disposição para a camada de forma que respeitasse não só a pendente imposta, mas também que fosse constituída por planos que se intercetam entre si, para que todas as lajetas fiquem perfeitamente apoiadas.

Na imagem 18 pode melhor compreender-se a disposição e constituição da camada de forma aqui sugerida, ilustrando-se também de uma forma tridimensional um exemplo de uma das quatro áreas drenantes, que diz respeito a um tubo de queda.

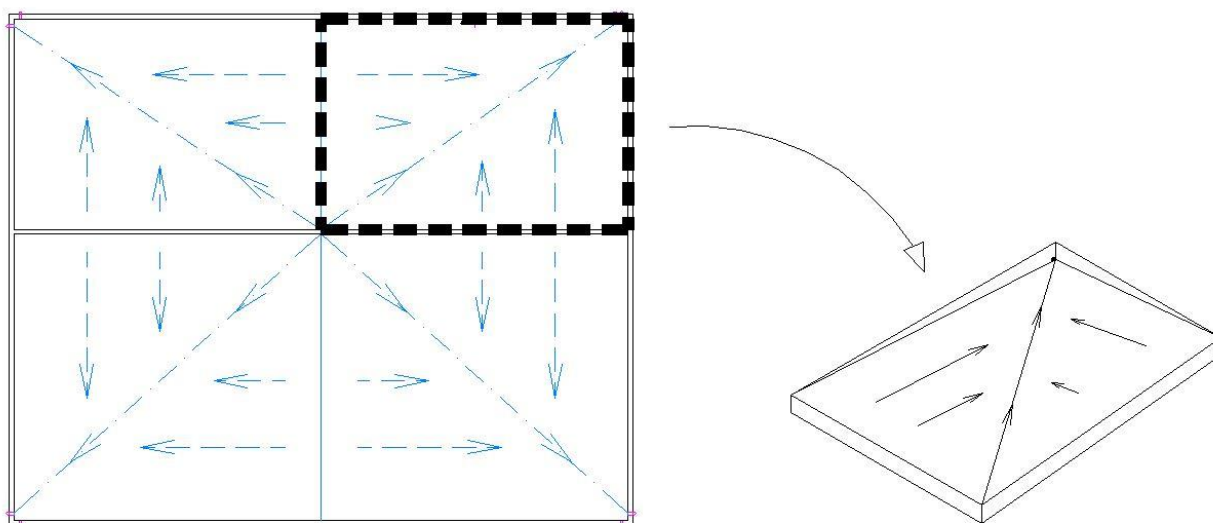


Imagem 18 - Plano de escoamento cobertura e exemplo tridimensional de área drenante

Assim, em cada uma destas quatro áreas drenantes teremos dois planos formados pela camada de forma onde assentarão as várias camadas constituintes de qualquer das duas soluções, cada um deles com uma inclinação de 2%. As lajetas que sobrepuserem a linha formada pela interseção dos dois planos, terão naturalmente que ser cortadas para que cada parte desta lajeta assente perfeitamente na camada de forma.

3.2.2 Análise económica

A adaptação desta solução, acarreta com ela algumas pequenas adaptações relativamente às disposições que constam no projeto tipo, nomeadamente na abolição de dois tubos de queda e de uma caixa tipo I, sendo que estes representam segundo a lista de preços utilizada (CEC - ESE 2011) uma poupança que se resume na tabela 19.

	Quantidade		Preço unitário		Preço
Tubos de queda (Anexo nº XVI)	10	m	30,44	€/m	€ 304,40
Caixa Tipo I (Anexo nº IV)	1	un	316,17	€/un	€ 316,17
Total					€ 620,57

Tabela 19 - Resumo da poupança económica

Sendo que a alteração do sistema de drenagem de águas pluviais, se destinava unicamente a adaptar as potenciais novas soluções construtivas da cobertura ao edifício, esta poupança não era inicialmente prevista, embora venha de qualquer forma reforçar as vantagens já atrás discriminadas relativamente às soluções propostas para a cobertura.

3.3 Plano de cofragens para o edifício de comando

Inicialmente surgiu a ideia de realizar um plano de cofragens para vigas e lajes do edifício de comando, dado que não existe nenhum plano deste género no departamento, e neste âmbito as cofragens serem executadas de acordo com a experiência por parte de quem executa a empreitada, sem nenhuma base de cálculo que sustente as opções tomadas, dado que também não existe por parte dos empreiteiros um projeto ou plano específico neste âmbito.

Assim, numa perspetiva de levar mais além esta temática e também para criar algo sólido e funcional que possa dar utilidade no futuro à empresa, foi pensado não só executar o referido plano para o edifício de comando, como também criar uma plataforma que nos auxiliasse neste tema para qualquer edifício ou elemento estrutural, ou seja, uma plataforma que funcionasse na ótica de inserção de dados referentes aos elementos a edificar e que nos fornecesse toda a informação necessária para a realização de um sistema de cofragem seguro e funcional.

Para isso recorreu-se a uma folha de cálculo em Microsoft Excel, tendo sido nela introduzida toda a informação necessária para o cálculo de um plano de cofragem, de modo

a permitir através da inserção de dados pelo utilizador, obter os resultados esperados referentes a toda a constituição de um plano de cofragem.

Esta está dividida em três partes:

- ❖ Cálculo de cofragem inferior para vigas;
- ❖ Cálculo de cofragem lateral para vigas;
- ❖ Cálculo de cofragem para lajes.

Foi feita com base nas características dos materiais comercializados pela marca “Doka”, permitindo-nos a folha de cálculo inclusivamente escolher de entre os vários modelos de prumos, vigas de cofragem e painéis de cofragem.

Para efeitos de cálculo de cofragem inferior em vigas e cofragem de lajes, foram consideradas as cargas impostas pelo betão, armaduras, cofragens, equipamentos e sobrecargas, com os respetivos fatores de segurança, de acordo com a equação 14.

$$p_{sdTotal} = 1,35 \times p \cdot p_{viga} + 1,50 \times p \cdot p_{cofragens} + 1,50 \times \text{Sobrecargas} \quad (14)$$

Equação 14 - Cargas impostas em cofragem inferior em vigas e lajes

De seguida, a folha de cálculo através de informação introduzida referente a cada viga de cofragem considerada no cálculo e dos prumos a utilizar, de acordo com cada vão estabelecido após a inserção de dados iniciais, faz a verificação para o esforço normal em cada prumo, bem como para o esforço transversal máximo e para o momento fletor máximo em cada viga de cofragem, comparando-os com os valores resistentes de cada material escolhido.

Na tabela 20, ilustra-se um exemplo de uma lista de verificações atrás descrita para todos os esforços a que cada viga de cofragem está sujeita, para o caso em que são utilizados quatro prumos por cada viga de cofragem.

Este serve apenas de exemplo para que melhor se compreenda como são feitas as verificações na plataforma criada, sendo que nela estão inseridos outros modelos com diferentes quantidades de prumos por viga de cofragem, como mais à frente será detalhadamente explicado.

Modelo com 4 prumos / 3 vãos iguais								
		Ações atuantes		Ações resistentes		Verificação		
		2 Vigas	1 Viga	1 Viga				
Viga completa	$R_1 = R_4$	6,77	3,38	20,90	kN	Verifica	1	7
	$R_2 = R_3$	18,61	9,30	20,90		Verifica	1	
	$V_2^{esq} = V_3^{dir}$	10,15	5,07	11,00		Verifica	1	
	$V_2^{dir} = V_3^{esq}$	8,46	4,23	11,00		Verifica	1	
	$M_{12}^+ = M_{34}^+$	1,80	0,90	5,00	kN.m	Verifica	1	
	M_{23}^+	0,56	0,28	5,00		Verifica	1	
	$M_{2-}^- = M_{3-}^-$	-2,26	-1,13	-5,00		Verifica	1	
Viga parcial	$R_1 = R_4$	5,92	2,96	20,90	kN	Verifica	1	7
	$R_2 = R_3$	16,28	8,14	20,90		Verifica	1	
	$V_2^{esq} = V_3^{dir}$	8,88	4,44	11,00		Verifica	1	
	$V_2^{dir} = V_3^{esq}$	7,40	3,70	11,00		Verifica	1	
	$M_{12}^+ = M_{34}^+$	1,38	0,69	5,00	kN.m	Verifica	1	
	M_{23}^+	0,43	0,22	5,00		Verifica	1	
	$M_{2-}^- = M_{3-}^-$	-1,73	-0,86	-5,00		Verifica	1	
Viga de igual comp.	$R_1 = R_4$	6,34	3,17	20,90	kN	Verifica	1	7
	$R_2 = R_3$	17,44	8,72	20,90		Verifica	1	
	$V_2^{esq} = V_3^{dir}$	9,51	4,76	11,00		Verifica	1	
	$V_2^{dir} = V_3^{esq}$	7,93	3,96	11,00		Verifica	1	
	$M_{12}^+ = M_{34}^+$	1,59	0,79	5,00	kN.m	Verifica	1	
	M_{23}^+	0,50	0,25	5,00		Verifica	1	
	$M_{2-}^- = M_{3-}^-$	-1,98	-0,99	-5,00		Verifica	1	

Tabela 20 - Verificações de esforços utilizando 4 prumos por viga de cofragem

Nota: Os tipos de vigas do quadro anterior são ilustrados na imagem 20.

Estas verificações são feitas sempre para a utilização de dois, três, quatro e cinco prumos em cada viga de cofragem, sendo que o resultado final apresentado reflete aquele que passou em todas as verificações com a utilização do menor número de prumos.

Após a verificação das ações atuantes, é feita a verificação das flechas máximas a respeitar, sempre para $L/500$, sendo L o comprimento do vão, tal como se demonstra na tabela 21.

	Quantidade (un)	Comprimento (m)	Espaçamento prumos (m)	Verificações					
				Ações	Flecha vão (mm)	Flecha máx. (mm)	Flecha	FINAL	
Viga completa	1	4,00	3 prumos/viga	2,00	Verifica	0,1	4,0	Verifica	Verifica
			4 prumos/viga	1,33	Verifica	0,0	2,7	Verifica	Verifica
			5 prumos/viga	1,00	Verifica	0,0	2,0	Verifica	Verifica
Viga parcial	1	3,50	2 prumos/viga	3,50	Não verifica	0,7	7,0	Verifica	Não Verifica
			3 prumos/viga	1,75	Verifica	0,0	3,5	Verifica	Verifica
			4 prumos/viga	1,17	Verifica	0,0	2,3	Verifica	Verifica
			5 prumos/viga	0,88	Verifica	0,0	1,8	Verifica	Verifica

Tabela 21 - Verificações finais de flechas e ações

Para saber a flecha no vão, foi utilizada a equação 15, referente à flecha elástica em cargas distribuídas.

$$\delta = k \times \frac{p \times l^4}{E \times I}, \text{ em que } \begin{cases} k - \text{ em função das condições de apoio } [-] \\ p - \text{ carga imposta [kN/m]} \\ l - \text{ comprimento [m]} \\ E \times I - \text{ Resistência à flexão [kN.m}^2] \end{cases} \quad (15)$$

Equação 15 - Flecha elástica para cargas distribuídas

No quadro anterior é feito o resumo das verificações quanto às ações resistentes e quanto às flechas impostas, sendo que apenas no caso de verificar estas duas, é aceite a verificação final.

3.3.1 Cálculo de cofragem inferior para vigas

Nesta folha de cálculo, os campos a amarelo são de inserção de dados, onde se devem introduzir valores pedidos ou escolher de entre as opções disponíveis para cada caso. Assim, na imagem 19 podemos ver a área da folha de cálculo concebida para este efeito, onde à esquerda é definida a seção da viga a betonar e mais à direita é definido o comprimento do vão a betonar, o comprimento das vigas de cofragem, comprimento dos prumos e o tipo de viga de cofragem a utilizar.

CÁLCULO DE COFRAGEM INFERIOR PARA VIGAS

Exemplo de área da seção da viga a betonar:

Área da seção da viga a betonar		
a (m) ↓	b (m) ↓	Área
0,40	0,40	0,16
0,12	0,60	0,07
		0,00
Total		0,23

Betão armado	6,38	kN/m
Cofragem	0,32	
Acessórios cofragem	0,40	
Total	7,10	

P.P. viga	6,38	kN/m
P.P. cofragem	0,72	
Sobrecargas	2,00	
P.p total	12,69	kN/m

Inserir o vão da viga a betonar (m) →	7,50
Inserir o comprimento das vigas de cofragem (m) →	4,00
Selecionar comprimento dos prumos →	3,5 m < L < 4,0 m
Selecionar tipo de viga de cofragem →	H20N

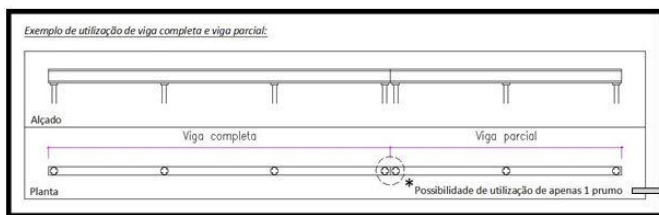
Ações resistentes			
Compressão admissível dos prumos	20,90	kN	
Esf. transversal admissível vigas cofragem	11,00		
Momento flector admissível vigas cofragem	5,00	kN.m	

H16 N e P	H20 N e P	H24 N	H30	H36

Imagem 19 - Inserção de dados para cálculo cofragem inferior em vigas

Após a inserção dos dados surgem de imediato os resultados no formato ilustrado na imagem 20.

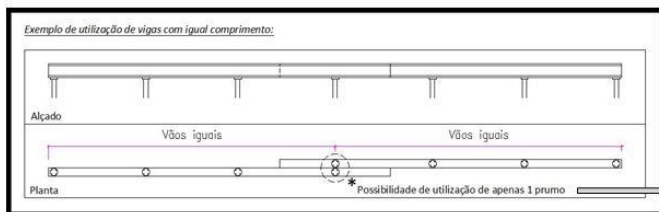
Opção 1 - Vigas de cofragem completas de igual comprimento + Viga de cofragem parcial de menor comprimento



	Quantidade (un.)	Comprimento (m)	Dist. entre prumos (m)	
Viga cofragem completa	1	4,00	2,00	3 prumos/viga
Viga cofragem parcial	1	3,50	1,75	3 prumos/viga

	N _{act} (kN)	N _{adm} (kN)	* Apenas 1 prumo?
Entre vigas completas	9,51	20,90	Sim
Entre viga completa e viga parcial	8,92	20,90	Sim

Opção 2 - Todas as vigas de cofragem com igual comprimento



	Quantidade (un.)	Comprimento (m)	Dist. entre prumos (m)	
Viga cofragem	2	3,75	1,88	3 prumos/viga

	N _{act} (kN)	N _{adm} (kN)	* Apenas 1 prumo?
Entre vigas de cofragem de igual vão	8,92	20,90	Sim

Imagem 20 - Resultados para cofragem inferior em vigas

Nesta fase é possível optar por uma de duas opções. A primeira é utilizar para o comprimento total a betonar, vigas de cofragem com o seu comprimento total, sendo que no caso de haver uma parte excedente se utiliza uma viga de menor comprimento nesse troço.

A outra opção é a de considerar para o vão a betonar, todas as vigas de igual comprimento, existindo neste caso em todos os encontros de vigas de cofragem uma sobreposição, neste caso refletindo em obra a opção de não se querer cortar qualquer viga de cofragem.

Na imagem 20, estão ilustradas cada uma destas opções, para melhor se entenderem ambas as opções. Neste capítulo é ainda feita uma verificação adicional, que se relaciona com os encontros entre vigas de cofragem e com a possibilidade de se poder utilizar apenas um prumo para o encontro das duas vigas e não um prumo em cada uma delas. Esta verificação pode também ser visualizada a título de exemplo na imagem 20.

Assim, e consoante a opção escolhida, como resultado final é mostrado o número de vigas a utilizar, o seu comprimento, a distância entre prumos e o número de prumos por cada viga de cofragem, tal como é mostrado também na imagem 20.

Apenas de referir que os resultados apresentados nesta fase, nomeadamente no número de vigas, são sempre a duplicar, isto porque no cálculo foram sempre consideradas duas vigas de cofragem a suportar o painel inferior.

3.3.2 Cálculo de cofragem lateral para vigas

Nesta zona da folha de cálculo recorreu-se ao método utilizado pelo “*American Concrete Institute - ACI*”, para o cálculo da pressão máxima exercida durante a betonagem. Este método indica-nos que a pressão máxima é calculada de acordo com a equação 16.

$$p = C_w \times C_c \times \left(7,2 \times \frac{1156}{T + 17,8} + \frac{244 \times R}{T + 17,8} \right), \text{ em que } \begin{cases} C_w - \text{Peso volúmico do betão [kN/m}^3\text{]} \\ C_c - \text{Tipo de mistura [-]} \\ T - \text{Temperatura do betão [}^\circ\text{C]} \\ R - \text{Velocidade de betonagem [m/h]} \end{cases} \quad (15)$$

Equação 16 - Pressão máxima exercida pelo betão segundo o “ACI”

Segundo a *ACI*, o parâmetro C_c é obtido segundo o disposto na tabela 22.

C_c	
Tipo I e III sem retardadores	1,00
Tipo I e III com um retardador	1,20
Misturas com menos de 70% de escórias ou 40% de cinzas volantes sem retardadores	1,20
Misturas com menos de 70% de escórias ou 40% de cinzas volantes com um retardador	1,40
Misturas com mais de 70% de escórias ou 40% de cinzas volantes	1,40

Tabela 22 - Valor do parâmetro C_c de acordo com o tipo de mistura

Após introdução destes dados, é necessário introduzir também o tipo de painel a utilizar, a dimensão das vigas horizontais, que neste cálculo se consideraram ser constituídas por madeira de pinho, e também é necessário escolher em que face é feito o apoio das vigas horizontais, dado que no caso de serem de seção retangular, o momento de inércia – I , das vigas horizontais varia consoante estas se apoiem na maior ou na menor face.

De seguida é solicitada a largura da viga a betonar, para verificação da flecha transversal do painel inferior de cofragem. Posto isto, surgem de imediato os resultados, onde o espaçamento máximo entre vigas verticais é calculado de acordo com a fórmula de flecha elástica para cargas distribuídas, já mencionada no capítulo anterior e com base também na flecha máxima de $L/500$. Surge também a indicação do espaçamento entre apoios nas vigas horizontais. Por último a feita também a verificação das vigas verticais, tendo para isso que ser introduzida a altura de betonagem, a seção das vigas verticais e em que face se faz o apoio das mesmas. Com estes dados, a folha de cálculo indica-nos se necessitamos de dois ou de três apoios em cada viga vertical. Contudo, devem ser tidos em

atenção os seguintes aspetos:

- ❖ Nos vãos exteriores das horizontais, os espaçamentos entre vigas verticais, deve ser metade do indicado pela folha de cálculo;
- ❖ Os apoios das vigas horizontais estão considerados ser sempre no alinhamento de vigas verticais, ou no caso de não se pretender perfurar também a viga vertical, estes apoios podem ficar logo encostados às vigas verticais.

Na imagem 21, mostra-se a zona da folha onde é feito o cálculo das cofragens laterais de vigas.

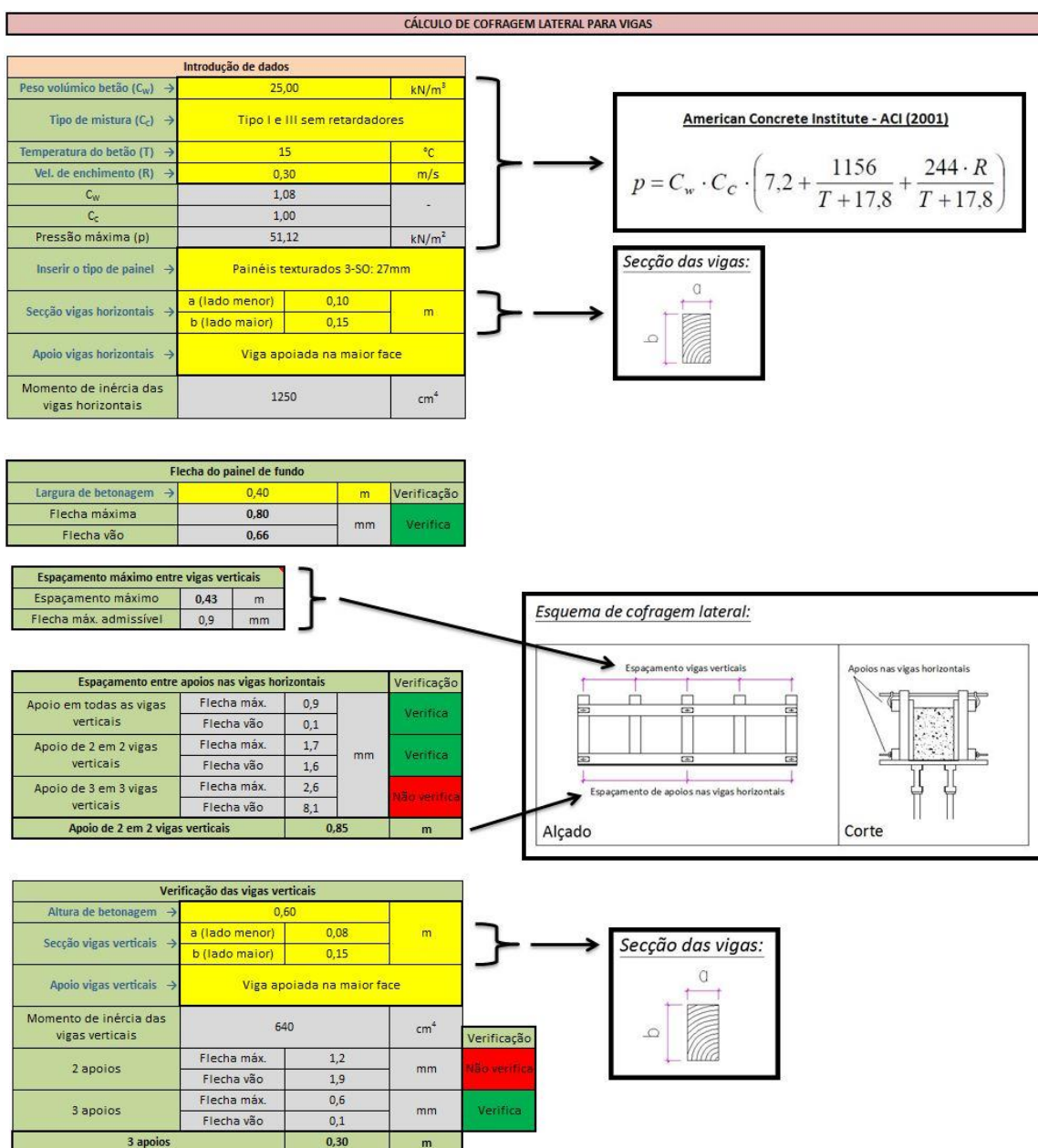


Imagem 21 - Cálculo de cofragem lateral para vigas

3.3.3 Cálculo de cofragem para lajes

Este cálculo é feito com uma base semelhante ao do cálculo de cofragem inferior para vigas. As verificações e toda a explicação já feita no capítulo 3.3.1 é aplicável e semelhante para este caso em que estamos a tratar de lajes.

Assim, na imagem 22 podemos observar a zona da folha de cálculo onde é inserida toda a informação relevante para o cálculo da cofragem de laje, ou seja, do lado esquerdo é inserida a espessura da laje a betonar, bem como a largura de influência de cada viga de cofragem.

Do lado direito escolhemos o tipo de painel a utilizar, o maior vão da laje a betonar, o comprimento das vigas de cofragem, o comprimento dos prumos e o tipo de viga de cofragem a utilizar.

CÁLCULO DE COFRAGEM PARA LAJES

Exemplo de área da seção da laje por cada viga de cofragem:

Vão interior do painel:

Vão exterior do painel:

Área da seção da laje por viga de cofragem		
a (m) ↓	b (m) ↓	Área
0,15	0,80	0,12
Total		0,12 m ²

Betão armado	3,30	kN/m
Cofragem	0,11	
Acessórios cofragem	0,05	
Total		3,46

P.P. viga + pleitebando	3,30	kN/m
P.P. cofragem	0,16	
Sobrecargas	2,00	
P _{act} total		7,69 kN/m

Flechas nos painéis		Verificação
P _{act} total	3,46 kN/m	L/500
Flecha máx. admissível	1,6	Verifica
Flecha vão interior	0,7	Verifica
Flecha vão exterior	1,5	Verifica

Inserir o tipo de painel →	Painéis de cofragem Doka 3-S plus, 3-S0, 3-S eco: 27mm
Inserir o maior vão da laje a betonar (m) →	8,00
Inserir o comprimento das vigas de cofragem (m) →	4,00
Selecionar comprimento dos prumos →	3,5 m < L < 4,0 m
Selecionar tipo de viga de cofragem →	H20N

Ações resistentes	Compressão admissível dos prumos	20,90	kN
	Esf. transversal admissível vigas cofragem	11,00	
	Momento flector admissível vigas cofragem	5,00	

H16 N e P	H20 N e P	H24 N	H30	H36

Imagem 22 - Inserção de dados para cálculo de cofragem em lajes

Quando é inserida a dimensão *b*, que diz respeito à largura de influência de cada viga, é feita a verificação da flecha entre vigas de betonagem, que se pode observar em cima na imagem 22.

Caso as flechas, tanto do vão interior como do vão exterior não sejam verificadas, devemos optar por uma dimensão *b* mais reduzida, para que a flecha do vão seja também ela mais reduzida.

Após a inserção de todos os dados surgem de imediato os resultados no formato ilustrado na imagem 23.

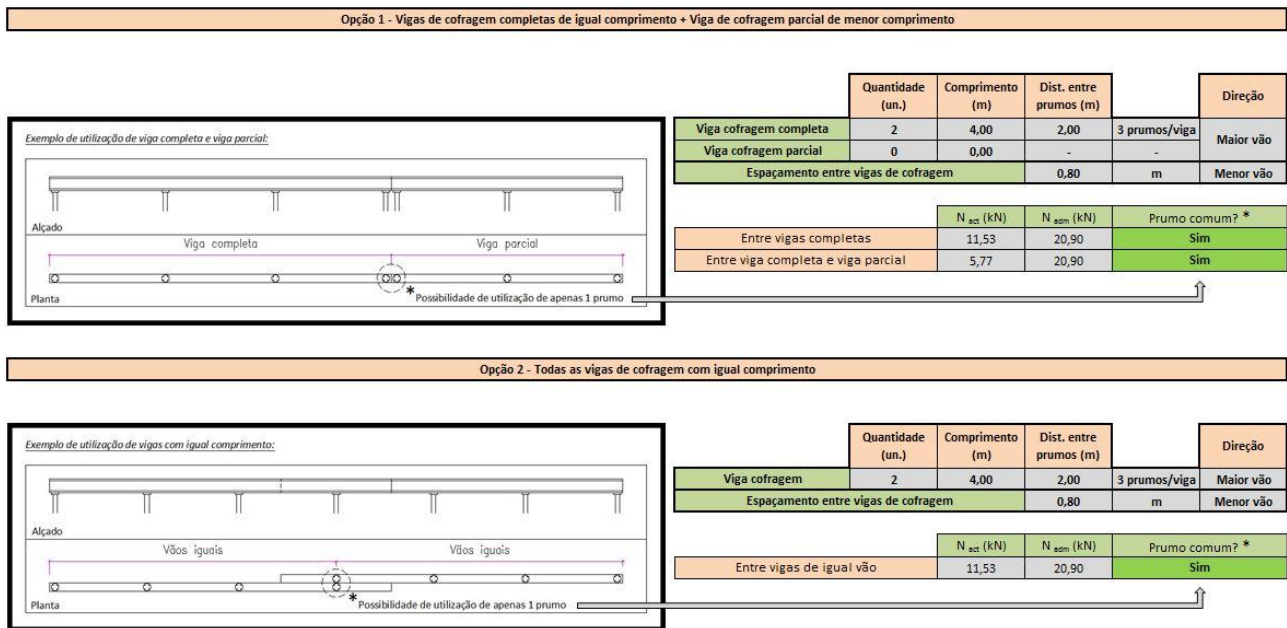


Imagem 23 - Resultados para cofragem em lajes

Mais uma vez, à semelhança do que acontecia com a cofragem inferior de vigas no capítulo 3.3.1, podemos aqui também optar por uma de duas opções. A primeira é utilizar para o comprimento total a betonar, vigas de cofragem com o seu comprimento total, sendo que no caso de sobrar uma parte excedente se utiliza uma viga de menor comprimento nesse troço, refletindo em obra o caso de se optar pelo corte de uma viga de cofragem.

A outra opção é a de considerar para o vão a betonar, todas as vigas de igual comprimento, existindo neste caso em todos os encontros de vigas de cofragem uma sobreposição, neste caso refletindo em obra a opção de não se querer cortar qualquer viga de cofragem. Na imagem 23, estão ilustradas cada uma destas opções, para que melhor se entendam.

Também aqui é ainda feita a verificação adicional, que se relaciona com os encontros entre vigas de cofragem e com a possibilidade de se poder utilizar apenas um prumo para o encontro das duas vigas e não um prumo em cada uma delas. Esta verificação pode também ser visualizada a título de exemplo na imagem 23.

Assim, e consoante a opção escolhida, como resultado final é mostrado o número de vigas a utilizar, o seu comprimento, a distância entre prumos e o número de prumos por cada viga de cofragem, isto na direção do maior vão a betonar da laje, tal como é mostrado também na imagem 23.

De referir que os resultados aqui apresentados, nomeadamente no número de

vigas, são sempre a multiplicar pela dimensão do menor vão a betonar dividido da dimensão b introduzida no início, isto porque o cálculo é feito segundo um alinhamento de vigas de cofragem que é segundo o maior vão a betonar, mas que depois é repetido na direção perpendicular a este.

3.3.4 Resultados da folha de cálculo aplicados ao edifício de comando

Tal como tinha sido originalmente pensado, pretende-se agora obter resultados para um plano de cofragem a aplicar em vigas e lajes para o edifício de comando de uma subestação rural.

Assim, com a aplicação da folha de cálculo anteriormente desenvolvida foram introduzidos todos os dados relativos a vigas e lajes referentes ao projeto tipo ilustrado na imagem 24, tendo sido os resultados compilados na tabela 23.

PLANO DE COFRAGENS PARA O EDIFÍCIO DE COMANDO (2ª fase)									
VIGAS									
COFRAGEM INFERIOR							COFRAGEM LATERAL		
Vigas	Comprimento da viga a betonar (m)	Nº de vigas de cofragem no vão a betonar	Em cada viga de cofragem			Mesmo prumo no encontro de vigas	Vigas verticais		Vigas horizontais
			Comprimento (m)	Distância entre prumos (m)	Nº de prumos		Espaçamento (m)	Nº de apoios (vigas horizontais)	Espaçamento entre apoios (m)
V1 (0,40 x 0,55 m)	7,18	2 //	3,59	1,80	3	Sim	0,43	3	0,85
V2 (0,40 x 0,40 m)	16,18	5 //	3,24	1,62	3			2	0,25
	5,50	2 //	2,75	1,38	3			2	0,25
V3 (0,40 x 0,40 m) + (0,60 x 0,12 m)	16,98	5 //	3,40	1,70	3			3	0,85
	13,08	4 //	3,27	1,64	3			3	0,85
LAJES									
Lajes	Espessura (m)	Comprimento maior vão (m)	Nº de vigas de cofragem por espaçamento	Cada viga de cofragem na direção do maior vão			Espaçamento entre vigas na direção do menor vão (m)	Mesmo prumo no encontro de vigas	
				Comprimento (m)	Distância entre prumos (m)	Nº de prumos			
L1 (7,18 x 5,15 m)	0,15	7,18	2	3,59	1,80	3	0,80	Sim	
L2 (5,50 x 5,15 m)		5,50	2	2,75	1,38	3			
L3 (7,18 x 5,08 m)		7,18	2	3,59	1,80	3			
L4 (5,50 x 5,08 m)		5,50	2	2,75	1,38	3			

Tabela 23 - Plano de cofragens para o EC de uma subestação rural (2ª fase)

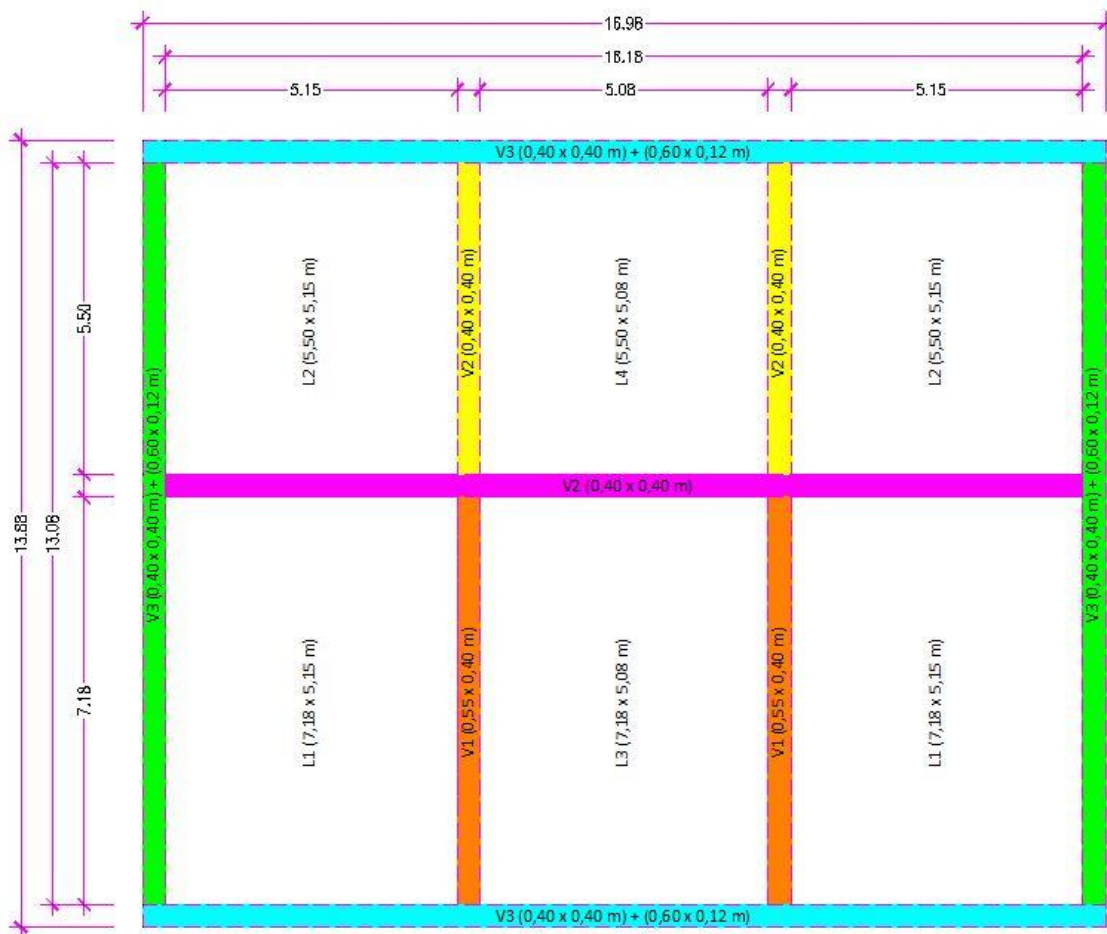


Imagem 24 - Identificação de vigas e lajes do plano de cofragem

Neste plano de cofragem, foram feitas algumas considerações relativas a materiais e parâmetros a utilizar, nomeadamente:

- ❖ Peso volúmico de betão armado: 25 kN/m³;
- ❖ Mistura tipo I sem retardadores;
- ❖ Temperatura de betonagem: 15 °C;
- ❖ Velocidade de betonagem: 0,30 m/s;
- ❖ Painéis de cofragem: Doka 3-S eco com 27 mm de espessura;
- ❖ Dimensões dos painéis de cofragem: 2,00 x 0,50 m;
- ❖ Vigas de cofragem: Doka H20N;
- ❖ Prumos: Doka com 3,85 m de comprimento;
- ❖ Vigas retangulares de cofragem lateral com dimensões 0,10 x 0,12 m;
- ❖ Vigas retangulares de cofragem lateral apoiadas na menor face, tanto horizontais como verticais.

Mais uma vez, para melhor ilustrar o plano obtido e desenvolvido a partir da folha de cálculo foram elaboradas em AutoCAD os desenhos nº 2 e 3, que podem ser observadas nas *Peças Desenhadas*.

3.4 Substituição do cobre utilizado na rede de terras

Embora esta temática não seja do domínio da engenharia civil, a execução da rede de terras está incluída na empreitada de construção civil, da qual esta área departamental é responsável.

O facto de podermos tocar num objeto ou de estarmos nas proximidades deste no momento preciso em que ele escoar uma corrente de defeito, pode em algumas circunstâncias constituir um risco.

A probabilidade de um choque elétrico resulta da ocorrência simultânea de um conjunto de acontecimentos aleatórios, ocorrência de um defeito, a presença no local de seres humanos ou animais e a criação de uma diferença de potencial que dê origem a uma corrente elétrica que circule através do corpo.

Para isso, em todas as subestações existe uma rede de terras à qual estão conectados todos os elementos com partes metálicas suscetíveis de transmitir passagem de corrente elétrica a pessoas.

Funciona assim como um sistema de proteção que garante a transmissão de correntes elétricas de defeito para a terra e que tem os objetivos principais de:

- ❖ Assegurar que pessoas nas proximidades de instalações ligadas à terra não estejam expostas ao perigo de serem eletrocutadas;
- ❖ Providenciar meios para conduzir correntes elétricas para a terra sob condições normais ou em situações de defeito.

Tal como ilustrado na imagem 25, este sistema é composto por uma malha quadrada de cabo de cobre, que por sua vez é conectada a eletrodos de terra cravados ou enterrados no solo e em contacto direto com este, com a finalidade de assegurar uma boa ligação elétrica à terra, para que em caso de necessidade, o escoamento de correntes provenientes de situações acidentais, se possa efetuar em perfeitas condições.

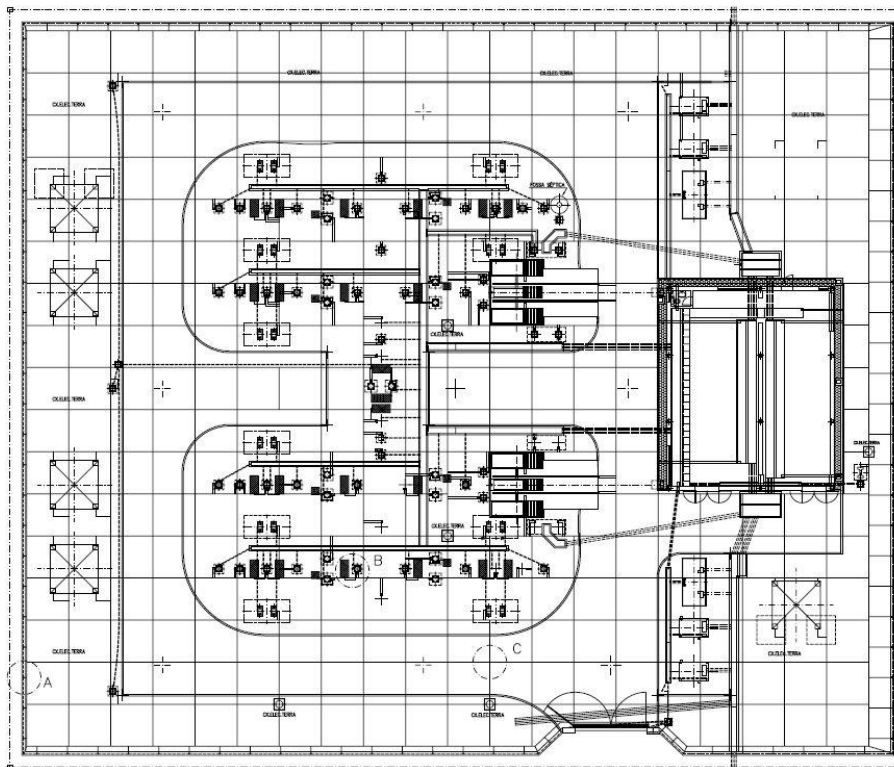


Imagem 25 - Malha de rede de terras de uma subestação-tipo rural (2ª fase)

O facto de esta rede ser constituída em cabo de cobre, faz com que pontualmente seja alvo de roubos, tanto em fase de obra, como em situações em que as subestações se encontram já em fase de exploração, isto devido ao preço atual que este material atinge no mercado.

Com este fator em mente, foi ponderada a possibilidade da existência de um material alternativo que desse garantia das mesmas características pelas quais o cobre é utilizado.

Feita pesquisa nesse sentido, foi encontrado um material que é já utilizado em larga escala no estrangeiro, nomeadamente nos Estados Unidos da América, denominado de “Copper Clad Steel Wire”. Conhecido em Portugal por aço cobreado, este conta já com algumas aplicações correntes, nomeadamente na aplicação dos elétrodos terra utilizados nas subestações, embora aqui o material seja em varão. O “Copper Clad Steel Wire” é então um elemento multifilar, sendo cada fio constituído por um composto bimetálico, em que um núcleo de aço é coberto por uma pequena camada de cobre, de espessura constante e concêntrica em torno do núcleo, tal como ilustrado na imagem 26. Estes dois elementos são unidos metalurgicamente, sendo que a sua separação, para além de difícil, torna-se não lucrativa, devido à baixa percentagem de cobre presente neste tipo de cabo.

Dado que a maior parte da corrente elétrica viaja ao longo da superfície do fio condutor, este material apresenta praticamente todas as vantagens do cobre com os benefícios económicos e de resistência de um cabo de aço.



Imagem 26 - Cabo multifilar de aço cobreado

Com isto em mente, por iniciativa do estagiário foi contactada uma empresa nacional que comercializa este tipo de solução e foi agendada reunião nas instalações da EDP Distribuição, onde participaram o estagiário, o seu orientador, um representante da área de equipamentos e dois representantes da referida empresa. Nesta reunião foram acertadas uma série de questões técnicas que viabilizavam a utilização deste tipo de material. Em todo o caso a empresa contactada disponibilizou-se ainda a reunir com a *Labelec*, empresa do Grupo EDP que presta serviços nomeadamente no dimensionamento de rede de terras, em cada subestação.

Dessa reunião, foi comunicado que em alternativa ao cabo de cobre de 95 mm^2 de secção ($\varnothing 11 \text{ mm}$) utilizado atualmente, poderia ser utilizada como solução tecnicamente viável, o cabo em aço cobreado de secção 183 mm^2 ($\varnothing 15 \text{ mm}$). Esta conclusão surgiu após terem sido efetuados testes em software de cálculo utilizado em dimensionamento de redes de terras, sendo que os valores obtidos para a solução de aço cobreado foram em tudo idênticos aos obtidos para o cobre.

Em termos de custo e para as quantidades normalmente utilizadas para uma subestação referente ao projeto-tipo (~ 2000 m), foi-nos indicado um preço de €11 por metro linear, sendo que a este valor teremos ainda de somar o custo da aplicação. Estando a atividade referente à instalação do cabo de cobre, definida na CEC – ESE 2011 a €11,50 por metro linear (com aplicação incluída), conclui-se que a solução aqui proposta será ainda por certo ligeiramente superior relativamente à usada atualmente, muito embora a solução em aço cobreado tenha a vantagem acrescida de anular os riscos já referidos anteriormente no que toca a roubos de cobre. No entanto foi ainda referido que num futuro próximo a situação poderia ser estudada mais aprofundadamente, com vista a poder reduzir a secção

do aço cobreado em função dos parâmetros considerados, para que também se consigam diminuir os custos, sem colocar em causa a segurança da instalação e de quem a utiliza.

Como exercício de reflexão, podemos pensar que se ambas as soluções tiverem o mesmo custo, e se conseguirmos evitar apenas um roubo de cabo de cobre, a solução de aço cobreado passa automaticamente a ser mais vantajosa, o que é exponenciado quando consideramos mais do que apenas um roubo. Se por ventura conseguirmos um preço mais reduzido nesta solução alternativa, então não existiram quaisquer pontos negativos a respeito desta solução.

3.5 Envolvente exterior do edifício de comando

Foi estudada mais uma alternativa ao edifício de comando, que propositadamente é apresentada em último lugar, devido ao facto de no final desta análise ser feita uma consideração hipotética, no sentido de se tentarem contabilizar ganhos provenientes da solução apresentada, mas que não tem qualquer base científica e tratar-se apenas de uma mera suposição, para se ficar com uma ideia do impacto que a solução teria.

Esta alternativa consistiria na utilização de um sistema de isolamento térmico pelo exterior, conhecido na indústria da construção civil como ETICS - *External Thermal Insulation Composite Systems*. Tal como já foi referido no capítulo 3, o isolamento térmico dos paramentos exteriores do edifício de comando está localizado na caixa-de-ar, fixo no pano interior, sendo que num edifício em que é utilizado o sistema ETICS, este ficará sempre localizado no exterior da envolvente, tal como se ilustra na imagem 27.

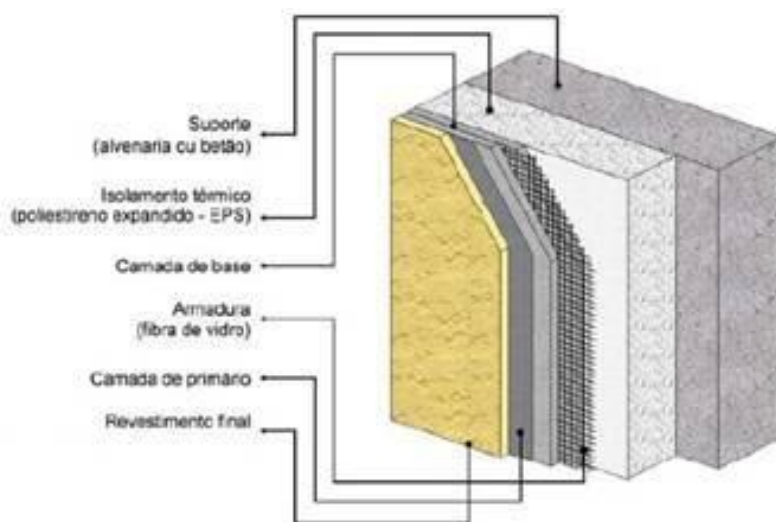


Imagem 27 - Composição do sistema ETICS

As vantagens na utilização deste tipo de sistema são várias, mas entre elas destacam-se as seguintes:

- ❖ Eliminação de pontes térmicas;
- ❖ Diminuição do risco de condensações superficiais e internas;
- ❖ Melhoria do conforto térmico resultante do aumento de inércia térmica interior;
- ❖ Melhoria da impermeabilidade das paredes;
- ❖ Aumento da durabilidade das fachadas por se encontrarem protegidas dos agentes.

3.5.1 Cálculo coeficientes de transmissão térmica

Primeiramente, foi efetuado o estudo térmico da envolvente do edifício de comando tal como está atualmente no projeto-tipo. Para isso foi feito o cálculo dos coeficientes de transmissão térmica de todos os elementos que constituem a envolvente, nomeadamente de paredes, vigas e pilares, seguindo na íntegra a metodologia de cálculo já descrita no capítulo 3.1.1 e da qual se mostram os resultados de seguida, na tabela 24.

SOLUÇÃO ATUAL			
Parede exterior c/ tijoleira cerâmica			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040
Tijol. cerâmica	0,015	0,340	0,044
Arg. assentam.	0,005	1,300	0,004
Reboco	0,010	1,300	0,008
Tijolo de 7 cm	0,070	-	0,190
Caixa de ar	0,045	-	0,180
Isolamento XPS	0,030	0,037	0,811
Tijolo de 11 cm	0,110	-	0,270
Reboco	0,015	1,300	0,012
Ar interior	-	-	0,130
Total	0,300	-	1,688
U (W/m².°C)			0,59
Parede exterior rebocada			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040
Reboco	0,015	1,300	0,012
Tijolo de 11 cm	0,110	-	0,270
Caixa de ar	0,070	-	0,180
Isolamento XPS	0,030	0,037	0,811
Tijolo de 11 cm	0,110	-	0,270
Reboco	0,015	1,300	0,012
Ar interior	-	-	0,130
Total	0,350	-	1,724
U (W/m².°C)			0,58
Pilares			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040
Reboco	0,015	1,300	0,012
Tijolo de 7 cm	0,070	-	0,190
Betão	0,250	2,500	0,100
Reboco	0,015	1,300	0,012
Ar interior	-	-	0,130
Total	0,350	-	0,483
U (W/m².°C)			2,07
Vigas			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040
Betão	0,400	2,500	0,160
Ar interior	-	-	0,130
Total	0,400	-	0,330
U (W/m².°C)			3,03

Tabela 24 - Coeficientes de transmissão térmica na solução atual da envolvente do EC

A solução proposta, consistiria na utilização de uma parede exterior de apenas um pano constituído por tijolo de 22 cm, dado que o sistema ETICS diminui o risco de condensações superficiais e internas dispensando assim a parede dupla, ao que seria então aplicado o sistema ETICS pelo exterior da envolvente, cobrindo não só as paredes exteriores, bem como elementos estruturais como vigas e pilares, diminuindo drasticamente as pontes térmicas entre exterior e interior causadas por estes elementos, e contribuindo também para o aumento de inércia térmica, dado que os materiais pesados utilizados na construção ficariam todos na parte interior do isolamento térmico, funcionando assim a favor do clima interior do edifício, contribuindo para que as temperaturas se mantenham estáveis.

De seguida, na tabela 25 apresentam-se os coeficientes de transmissão térmica para o sistema proposto.

SOLUÇÃO ALTERNATIVA ENVOLVENTE EXTERIOR ETICS			
Parede exterior c/ tijoleira cerâmica			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040
Tijol. cerâmica	0,015	0,340	0,044
Arg. assentam.	0,005	1,300	0,004
Reboco	0,010	1,300	0,008
Isolamento EPS	0,060	0,037	1,622
Tijolo de 22 cm	0,220	-	0,520
Reboco	0,015	1,300	0,012
Ar interior	-	-	0,130
Total	0,325	-	2,379
U (W/m².°C)			0,42
Parede exterior rebocada			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040
Reboco	0,015	1,300	0,012
Isolamento EPS	0,060	0,037	1,622
Tijolo de 22 cm	0,220	-	0,520
Reboco	0,015	1,300	0,012
Ar interior	-	-	0,130
Total	0,310	-	2,335
U (W/m².°C)			0,43
Vigas			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040
Reboco	0,015	1,300	0,012
Isolamento EPS	0,060	0,037	1,622
Betão	0,400	2,500	0,160
Ar interior	-	-	0,130
Total	0,475	-	1,963
U (W/m².°C)			0,51
Pilares			
Material	e (m)	λ (W/m.°C)	R (m ² .°C/W)
Ar exterior	-	-	0,040
Reboco	0,015	1,300	0,012
Isolamento EPS	0,060	0,037	1,622
Betão	0,250	2,500	0,100
Reboco	0,015	1,300	0,012
Ar interior	-	-	0,130
Total	0,340	-	1,915
U (W/m².°C)			0,52

Tabela 25 - Coeficientes de transmissão térmica na solução ETICS da envolvente do EC

Podemos observar que os coeficientes de transmissão térmica baixam com a aplicação deste sistema, principalmente nas vigas e pilares onde a redução é substancial. À semelhança do que acontece com as soluções propostas no capítulo 3.1, também aqui estas reduções se irão refletir em ganhos de energia associados aos sistemas de ar

condicionado instalados no edifício de comando, e conseqüentemente em ganhos económicos. De seguida, e para se tentar obter uma ideia dos ganhos práticos da implementação deste sistema, foi-se obter o coeficiente de transferência de calor por transmissão da nossa envolvente, que se obtêm através da multiplicação do coeficientes atrás calculados pelas áreas de envolvente respetivas, indicados nas tabelas 26 para a solução atual e na tabela 27 para a solução de ETICS.

ENVOLVENTE EXTERIOR	Área A (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Parede exterior c/ tijoleira cerâmica (Alçado lateral direito)	8,78	0,59	5,18
Parede exterior rebocada (Alçado lateral direito)	40,94	0,58	23,74
Parede exterior c/ tijoleira cerâmica (Alçado posterior)	8,78	0,58	5,09
Parede exterior rebocada (Alçado posterior)	29,63	0,59	17,48
Parede exterior c/ tijoleira cerâmica (Alçado lateral esquerdo)	8,78	0,58	5,09
Parede exterior rebocada (Alçado lateral esquerdo)	40,94	0,59	24,15
Parede exterior rebocada (Alçado principal)	30,94	0,58	17,94
Pilares (Alçado lateral direito)	1,73	2,07	3,57
Pilares (Alçado posterior)	0,86	2,07	1,79
Pilares (Alçado lateral esquerdo)	1,73	2,07	3,57
Pilares (Alçado principal)	0,86	2,07	1,79
Vigas (Alçado lateral direito)	6,80	3,03	20,60
Vigas (Alçado posterior)	5,56	3,03	16,85
Vigas (Alçado lateral esquerdo)	6,80	3,03	20,60
Vigas (Alçado principal)	5,56	3,03	16,85
TOTAL			184,29

Tabela 26 - Coeficiente de transferência de calor na solução atual da envolvente do EC

ENVOLVENTE EXTERIOR	Área A (m ²)	U (W/m ² .°C)	U.A (W/°C)
Parede exterior c/ tijoleira cerâmica (Alçado lateral direito)	8,78	0,42	3,69
Parede exterior rebocada (Alçado lateral direito)	40,94	0,43	17,60
Parede exterior c/ tijoleira cerâmica (Alçado posterior)	8,78	0,42	3,69
Parede exterior rebocada (Alçado posterior)	29,63	0,43	12,74
Parede exterior c/ tijoleira cerâmica (Alçado lateral esquerdo)	8,78	0,42	3,69
Parede exterior rebocada (Alçado lateral esquerdo)	40,94	0,43	17,60
Parede exterior rebocada (Alçado principal)	30,94	0,43	13,30
Pilares (Alçado lateral direito)	1,73	0,52	0,90
Pilares (Alçado posterior)	0,86	0,52	0,45
Pilares (Alçado lateral esquerdo)	1,73	0,52	0,90
Pilares (Alçado principal)	0,86	0,52	0,45
Vigas (Alçado lateral direito)	6,80	0,51	3,47
Vigas (Alçado posterior)	5,56	0,51	2,84
Vigas (Alçado lateral esquerdo)	6,80	0,51	3,47
Vigas (Alçado principal)	5,56	0,51	2,84
TOTAL			87,60

Tabela 27 - Coeficiente de transferência de calor na solução ETICS da envolvente do EC

Podemos desde já observar, que o coeficiente de transferência de calor por transmissão da nossa envolvente baixa para menos de metade, o que quer dizer que, se tivermos em linha de conta que esta envolvente exterior (paredes, vigas e pilares) tem um grande peso no cômputo global do nosso edifício, a par com a cobertura, no que toca a trocas de calor entre exterior e interior (dado que é neles que está a maior parte da área de contacto com o exterior), rapidamente se percebe que os ganhos serão consideráveis, muito embora se saiba que as perdas de energia no edifício de comando não se dão apenas pela envolvente aqui estudada.

Mais uma vez, tentou-se que a quantificação destes ganhos fosse feita também no âmbito deste estágio, mas à semelhança do que já atrás foi referido para o caso da cobertura, a realidade mostrou que devido ao grande número de variáveis a controlar e a condicionamentos não exequíveis num estágio com estas características, essa quantificação teria que ser feita com recurso a equipamentos e meios que implicariam investimento financeiro e tempo para os implementar.

3.5.2 Análise económica

Para esta análise, será primeiro calculado o investimento adicional que a implementação deste sistema de isolamento pelo exterior representaria, face ao sistema atual.

Para isso, irá primeiro ser apresentado um quadro resumo com as diferenças entre os custos da atual solução e da solução proposta.

À frente de cada atividade, está indicado entre parêntesis o anexo que contém o preço correspondente utilizado no cálculo de cada solução, sendo que para a solução atual foram utilizados os valores constantes nas CEC – ESE 2011.

Para a solução proposta, foi feita consulta de preços para as atividades que não constam naquele documento, sendo que todos os preços indicados englobam já todos os meios necessários à execução da atividade, como mão-de obra, ferramentas, material, meios, etc..

Os preços que resultaram de consulta, podem ser observados no anexo respetivo mais detalhadamente.

Assim, o diferencial entre a solução atualmente utilizada e a solução aqui proposta é o apresentado na tabela 28.

Investimento adicional			
Preço execução ETICS (Anexo nº XXII)		28,54	€/m ²
Preço execução de pano alvenaria 22 cm (Anexo nº VII)		13,00	
Preço de execução de parede dupla (CEC - ESE 2011)	Parede dupla (Anexo nº VI)	20,28	€/m ²
	Reboco exterior (Anexo nº VIII)	8,69	
	Isolamento XPS (Anexo nº XIII)	5,86	
Solução ETICS	ETICS	5.669,76	€
	Alvenaria 22 cm	2.193,88	
	Total	7.863,64	
Solução atual	Parede dupla	3.422,45	
	Reboco exterior	1.466,52	
	Isolamento XPS	988,93	
	Total	5.877,91	
Diferença		1.985,73	

Tabela 28 - Diferença monetária entre as duas soluções

Para os cálculos do quadro anterior, foram considerados 168,76 m² de alvenaria de pano duplo para a solução atual, e para o sistema proposto de ETICS a mesma área para o pano simples de alvenaria e 29,90 m² adicionais correspondentes às áreas de vigas e pilares, obtendo-se então um diferencial acrescido que ronda os €2.000 face à solução atual.

Tal como já havia sido referido, a quantificação de ganhos concretos no âmbito de um estágio com estas características não foi possível, devido ao grande número de variáveis a controlar e a condicionamentos não exequíveis dado que a quantificação teria que ser feita com recurso a equipamentos e meios que implicariam investimento financeiro e tempo para os implementar.

Ainda assim, e para tentar concretizar esta análise com algo mais tangível, foi feito um exercício hipotético que consistiu na consideração de um valor arbitrado para a poupança efetiva que esta redução poderia trazer no consumo de energia. É importante realçar que este valor será bastante conservativo e não tem qualquer base científica, tratando-se apenas de uma consideração hipotética, para que fiquemos com uma ideia de valores de poupança, no caso do valor considerado corresponder à realidade. Assim, este valor arbitrado consiste numa percentagem de poupança no consumo do sistema de ar condicionado, que tal como já foi referido existe em todos os edifícios de comando a funcionar quase em permanência.

Posto isto, e tendo em mente que o coeficiente de transferência de calor por

transmissão da nossa envolvente, baixa para menos de metade com a implementação deste sistema, e que a envolvente aqui estudada neste capítulo tem grande peso nas trocas de calor entre interior e exterior devido à considerável área de contacto que a constitui, será considerado um fator de redução de 20% no consumo do ar condicionado. Volta-se a frisar que este valor não tem qualquer base científica e que serve apenas como hipótese para chegarmos a valores concretos de poupança.

Feita esta consideração, estamos em condições de analisar os ganhos efetivos que esta solução representaria, tendo por base um consumo anual do sistema de ar condicionado de 7.200 kWh/ano, valor este indicado por colegas da parte da manutenção de subestações, no seguimento de leituras de consumos de energia recentemente efetuadas, devido à implementação de medidas economizadoras, nomeadamente na utilização de tecnologia LED.

Assim, podemos constatar os seguintes resultados na tabela 29.

SOLUÇÃO ETICS			
Gastos anuais estimados com ar condicionado (2ap.)		7.200	kWh/ano
Coeficiente de transferência de calor por transmissão	Solução atual	184,29	W/°C
	Solução ETICS	87,60	
Redução no consumo de ar condicionado		20%	%
		1.440	kWh/ano
Poupança anual	1 kWh ≈ 0,15€	216,00	€/ano
Investimento adicional		1.985,73	€
Retorno		9,2	anos
Poupança efetiva no final da vida útil (30 anos)		4.494,27	€

Tabela 29 - Poupança derivada da solução ETICS no final do período de vida útil

Podemos concluir que apesar do investimento inicial ser mais avultado, representando um acréscimo que ronda €2.000 face ao sistema atual, este valor seria amortizado em cerca de 9 anos, o que considerando um período de vida útil de 30 anos para este tipo de edifício, representaria no final deste período uma poupança efetiva de aproximadamente €4.500, sendo esta uma vantagem acrescida na utilização deste tipo de sistema, embora este valor seja também meramente hipotético devido à consideração feita

atrás, servindo apenas como exercício de reflexão.

Levando esta reflexão um pouco mais longe e considerando também os ganhos energéticos proporcionados por uma das duas soluções propostas no capítulo 3.1 relativamente à cobertura, que nos garantia uma redução do coeficiente de transferência de calor entre os 42 a 51%, conjuntamente as duas soluções teriam certamente um impacto maior no consumo do sistema de ar condicionado, e em vez dos 20% arbitrados anteriormente teríamos por certo um valor superior.

Façamos uma reflexão idêntica à anterior, para um fator de poupança de 30%, obtemos os resultados apresentados na tabela 30.

SOLUÇÃO ETICS + SOLUÇÃO SEIXO ROLADO			
Gastos anuais estimados com ar condicionado (2ap.)		7 200	kWh/ano
Coeficiente de transferência de calor por transmissão	Solução atual	379,79	W/°C
	Solução propostas	184,20	
Redução no consumo de ar condicionado		30%	%
		2 160	kWh/ano
Poupança anual	1 kWh ≈ 0,15€	324,00	€/ano
Poupança efetiva no final da vida útil (30 anos)		9 720,00	€
Poupança na execução	Solução ETICS	-1 985,73	€
	Solução seixo rolado	2 364,99	
	Drenagem	620,57	
Total		999,83	

Tabela 30 - Poupança derivada de soluções propostas no final do período de vida útil

Conclui-se assim, que resultante da utilização das duas soluções propostas, a globalidade deste exercício revela que teríamos uma poupança no momento de execução de cerca de €1.000, e que anualmente se economizariam €324, o que no final da vida útil do edifício representaria uma poupança de €9.720.

Importa novamente referir também, outras vantagens associadas aos sistemas propostos, de cobertura invertida e do sistema ETICS, que também elas representam vantagens acrescidas, não só financeiras como outras, entre elas:

- ❖ Eliminação de pontes térmicas;



- ❖ Melhoria do conforto térmico resultante do aumento de inércia térmica interior;
- ❖ Melhoria da impermeabilidade das paredes;
- ❖ Aumento da durabilidade dos materiais.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

4. ACOMPANHAMENTOS DE OBRA

De seguida irão ser referidas as principais empreitadas que estavam em curso durante a realização do estágio e que o estagiário teve oportunidade de acompanhar.

Em cada uma delas serão mencionados os principais dados de cada empreitada, com a descrição dos trabalhos a realizar, seguido do relato das visitas efetuadas com a indicação do dia em que foram feitas, bem como a descrição das atividades que estavam em curso no momento da visita.

4.1 SE Amareleja

4.1.1 Dados gerais da empreitada de Eng.^a Civil

Localização: Amareleja, concelho de Moura, distrito de Beja;

Infraestrutura: Subestação 60 / 30 kV;

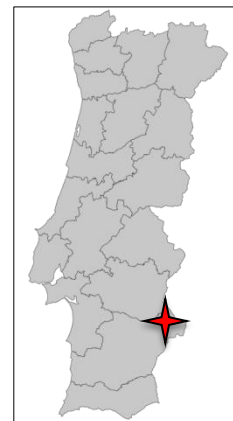
Projetista: Eng.^o André Lousinha;

Adjudicatário: Eurico Ferreira;

Valor da empreitada: € 375.731,35;

Duração prevista: 25 semanas;

Descrição dos trabalhos a realizar: A obra consiste na construção de uma subestação de distribuição de energia elétrica 60 / 30 kV, integrada na rede nacional de distribuição, com a área de 2.817 m², incluindo um edifício de comando de um piso com uma área de 136 m² e um parque exterior de aparelhagem, sendo apenas executada de acordo com a 1^a fase.



Embora esta subestação vá ser edificada num terreno pertencente à EDP, terá de ser harmonizado com um edifício existente, pertencente à Guarda Nacional Republicana, o que obriga à adoção de algumas adaptações face ao projeto tipo, para que seja garantida a funcionalidade de ambas as infraestruturas.

Na imagem 28, podemos observar a implantação geral projetada para a subestação da Amareleja, e perceber as diferenças para o projeto tipo já atrás descrito neste trabalho, sendo que estas se resumem na sua essência à diminuição do espaço disponível no PEA. Aqui o terreno é constituído por um solo xistoso com boas capacidades resistentes.

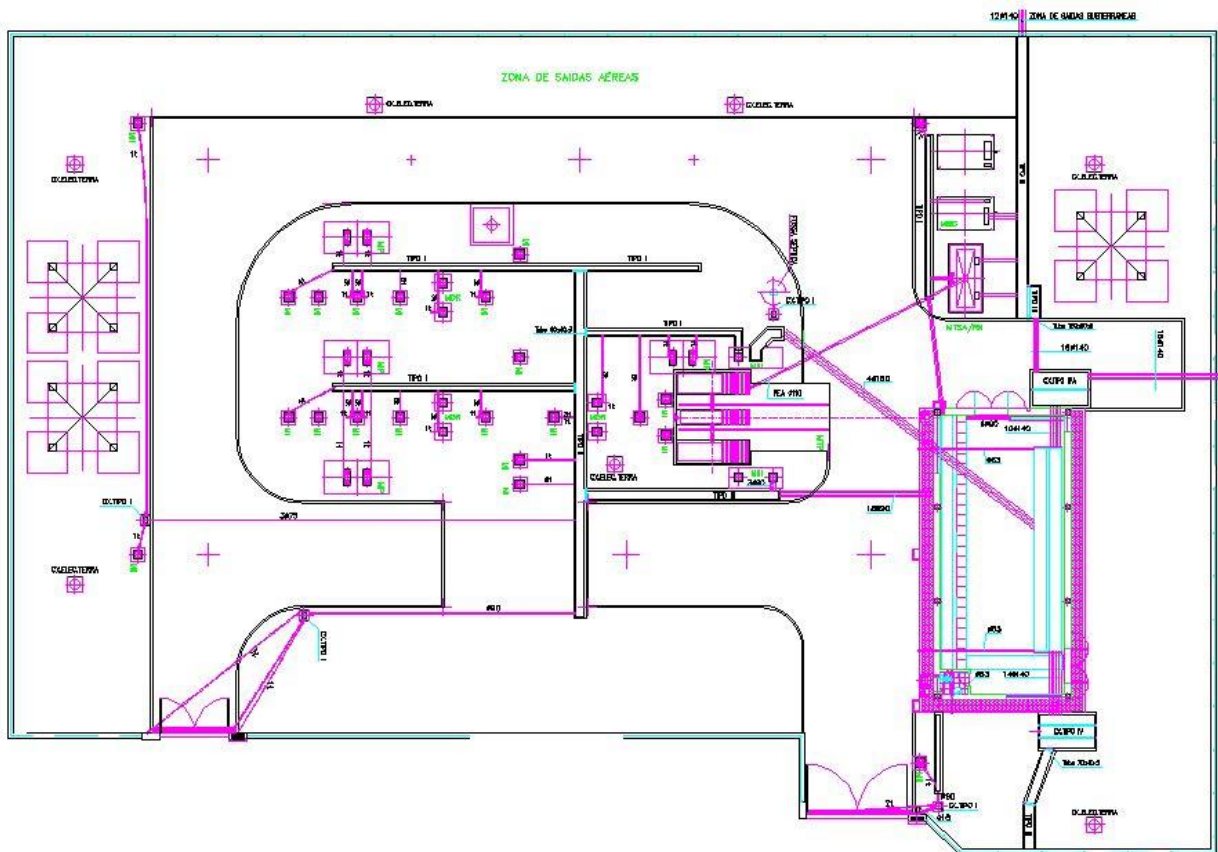


Imagem 28 - Implantação SE Amareleja

4.1.2 Visitas efetuadas

De seguida são apresentadas as visitas efetuadas à SE da Amareleja, com a indicação do dia de visita, e com a descrição dos trabalhos em curso:

18-03-2014

- ❖ Montagem de cofragem para betonagem de vigas e laje no edifício de comando;
- ❖ Desmontagem de cofragem de muros de vedação.

Neste dia de visita, os trabalhos estavam centrados principalmente no edifício de comando, sendo que em termos estruturais haviam sido já executadas as sapatas, vigas de fundação e pilares, estando a ser edificada a estrutura de cofragem que dará forma a vigas, laje de cobertura e platibanda, tal como se observa na imagem 29, ainda na fase de montagem.



Imagem 29 - Montagem de cofragem de vigas em EC

Recentemente havia sido betonado o muro de vedação referente ao alçado posterior da subestação, muro este que para além de delimitar o perímetro da subestação, serve também de estrutura de suporte e de fixação de toda a vedação que impede a entrada de elementos estranhos à subestação. Assim, na altura da visita estavam também a ser retiradas as cofragens que haviam dado forma a este elemento, tal como se pode observar na imagem 30.



Imagem 30 - Desmontagem de cofragem em muros de vedação

25-03-2014

- ❖ Betonagem de vigas e laje de cobertura;
- ❖ Betonagem de caixa recetora de óleos.

Dado que já toda a cofragem referente a vigas, laje de cobertura e platibanda havia sido executada, pôde ser acompanhado neste dia de visita a betonagem destes elementos, tal como se mostra nas imagens 31 e 32.



Imagem 31 - Laje de cobertura e platibanda após betonagem



Imagem 32 - Vista geral do EC após betonagem de vigas e laje de cobertura

Outro trabalho que estava em curso neste dia, era a betonagem da caixa recetora de óleos. Esta caixa tem a função de, em caso de rotura acidental do transformador de potência, armazenar o óleo proveniente deste, que ao ser recolhido por uma bacia de contenção, parte integrante da estrutura de suporte do transformador, é depois encaminhado para esta caixa recetora. Na imagem 33 podemos observar o momento de betonagem da referida caixa e na imagem 34 o pormenor de colocação de espaçadores para que seja garantido o recobrimento necessário.



Imagem 33 - Betonagem de caixa recetora de óleos



Imagem 34 - Espaçadores para garantia de recobrimento em caixa recetora de óleos

01-04-2014

- ❖ Montagem de cofragem de muros de vedação;
- ❖ Escavação para execução de maciço MP.

Neste dia, estava a ser executada a cofragem que dará forma ao muro de vedação do alçado principal, ilustrado na imagem 35. Estava também a ser executada a escavação para um dos maciços de um pórtico de chegada de linha, tal como se mostra na imagem 36.



Imagem 35 - Execução de muros de vedação



Imagem 36 - Escavação para execução de maciço MP

10-04-2014

- ❖ Betonagem de maciços MP e MIII;
- ❖ Execução de alvenarias no edifício de comando;
- ❖ Desmontagem de cofragem de caixa de óleos.

Neste dia haviam sido betonados os maciços MP e MIII, tal como se observa nas imagens 37 e 38.



Imagem 37 - Acertos finais após betonagem de maciço MP



Imagem 38 - Maciço MIII após betonagem

Neste dia estavam também a ser erguidos os panos interiores das alvenarias de parede dupla, sendo que estes são erguidos antes dos panos exteriores, para que assim se possa fixar o isolamento térmico nos panos interiores, tal como está definido em projeto. Estes trabalhos são os que observamos na imagem 39. Podemos também observar nesta imagem que toda a cofragem de vigas, laje de cobertura e platibanda havia sido já removida. Para além disso, estava também a ser removida a cofragem da caixa recetora de óleos que atrás foi referenciada, tal como se ilustra na imagem 40.



Imagem 39 - Execução de alvenarias no EC



Imagem 40 - Remoção de cofragem de caixa recetora de óleos

23-04-2014

- ❖ Execução de cofragem de canal tipo III;
- ❖ Execução de alvenarias no edifício de comando;
- ❖ Escavação para execução de canal tipo II;
- ❖ Colocação de armaduras para execução de maciço MP.

Neste dia foi possível acompanhar a escavação para um canal tipo II tal como se observa na imagem 41 e também observar a montagem da cofragem que servirá de execução ao canal tipo III, tal como ilustrado na imagem 42.



Imagem 41 - Escavação para execução de canal tipo II



Imagem 42 - Execução de canal tipo III

Tal como se observa na imagem 43, também foi acompanhada a colocação de armaduras e chumbadouros referentes a um maciço MP, cuja escavação tínhamos acompanhado numa das anteriores visitas, para que de seguida se possa proceder à sua betonagem.



Imagem 43 - Colocação de armaduras para execução de maciço MP

Os panos interiores das alvenarias do edifício de comando haviam também sido já concluídos, tal como se observa na imagem 44. Também aqui se podem melhor observar algumas das pontes térmicas referidas no capítulo 3.5 deste trabalho.



Imagem 44 - Execução de alvenarias em parede dupla no edifício de comando

30-04-2014

- ❖ Betonagem de maciços MI, MDR, canal tipo II e soleira de canal tipo I;
- ❖ Execução de reboco interior no edifício de comando.

Neste dia, estavam a decorrer essencialmente betonagens de diversos elementos, entre eles, maciços MI, maciço MDR, canal tipo II e soleira de um canal tipo I, tal como se ilustra na imagem 45. Na imagem 46 observa-se a execução do reboco interior.



Imagem 45 - Betonagem de maciços MI e soleira de canal tipo I



Imagem 46 - Execução de reboco interior no edifício de comando

06-05-2014

- ❖ Execução de muros de suporte;
- ❖ Betonagem de canal tipo I,
- ❖ Colocação de serralharias no edifício de comando.

Neste dia, foi possível observar a execução da sapata de um muro de suporte, situado no alçado direito da subestação, onde tal como se observa na imagem 47 estava a ser colocada a armadura da mesma.

Este muro de suporte tem a principal função de sustentar o solo que se encontra no interior da subestação, mas também o de limitar o perímetro da subestação e também de servir de base de sustentação para a vedação circundante.

Mais à frente no capítulo 4.4.2, iremos ver que houve aqui a deteção de um erro no que diz respeito a uma diferença de cotas, entre o que estava inicialmente projetado e o que estava no momento da visita a ser executado.

Para além disso, como iremos ver mais à frente no capítulo 5.3, esta seção de muro de suporte serviu também como oportunidade para o estagiário utilizar uma plataforma de cálculo para muros de suporte. Esta situação foi originada no seguimento de uma não concordância manifestada pelo empreiteiro, no que diz respeito à quantidade de armadura atribuída a esta seção do muro.



Imagem 47 - Execução de muros de suporte

Neste dia e tal como se mostra na imagem 48, foi ainda possível observar a betonagem de um canal tipo I, sendo este o mesmo canal onde na visita anterior havia sido acompanhado a betonagem da sua soleira.

Também se observou a colocação de diversas serralharias no edifício de comando, nomeadamente no pavimento, tal como se mostra na imagem 49.



Imagem 48 - Betonagem de canal tipo I



Imagem 49 - Colocação de serralharias no edifício de comando

16-05-2014

- ❖ Aplicação de tela de impermeabilização na cobertura do edifício de comando;
- ❖ Execução de cofragem de muro de suporte.

Neste dia estava a ser executada a cofragem do paramento do muro de suporte referenciado na visita anterior, tal como se observa da imagem 50, bem como a colocação da tela de impermeabilização da cobertura do edifício de comando, ilustrada na imagem 51.



Imagem 50 - Execução de cofragem de muro de suporte



Imagem 51 - Aplicação de tela de impermeabilização na cobertura do EC

27-05-2014

- ❖ Betonagem de canal tipo I;
- ❖ Execução de escavação para rede de terras.

Nesta visita foi acompanhado o início da escavação para a colocação da rede de terras, tal como se mostra na imagem 52, e também a betonagem de mais um canal tipo I, ilustrada na imagem 53.



Imagem 52 - Escavação para execução de rede de terras



Imagem 53 - Betonagem de canal tipo I

03-06-2014

- ❖ Alinhamento de carris no maciço do transformador de potência;
- ❖ Execução de travessias para passagem de cabos;
- ❖ Pinturas interiores no edifício de comando;
- ❖ Colocação de tubagem junto de maciços para passagem de cabos.

Aquando desta visita, os trabalhos estavam centrados no maciço do transformador de potência.

Na imagem 54 pode-se observar o momento em que, os carris que servem para deslocação do transformador de potência do meio que o transporta até à sua localização final, estavam a ser solidarizados através de soldadura à armadura superior deste maciço. Estes carris têm de ser milimetricamente posicionados e a margem de erro é mínima, o que torna este um trabalho de precisão. Se as dimensões da bitola entre os carris não forem respeitadas corre-se o sério risco de o transformador não poder ser deslocado e posicionado no seu local definitivo.

Nesta imagem é também possível observar três aberturas neste maciço que não são mais do que bacias de retenção, que tal como já foi anteriormente explicado, servem para recolha do óleo do transformador em caso de rotura accidental deste. Daqui o óleo é então encaminhado para a caixa recetora de óleo, cuja execução já foi aqui acompanhada e explicada.



Imagem 54 - Alinhamento de carris no maciço do transformador de potência

Foi ainda acompanhada a atividade de escavação para travessias de cabos elétricos entre o parque exterior de aparelhagem e o edifício de comando, como se mostra na imagem 55.

Para além disso foi observada a execução de pinturas interiores no edifício de comando, ilustrada na imagem 56 e também a colocação de tubagens junto a muros para passagem de cabos elétricos, ilustrado na imagem 57.



Imagem 55 - Execução de travessias para passagem de cabos



Imagem 56 - Pinturas interiores no edifício de comando



Imagem 57 - Colocação de tubagem junto de maciços para passagem de cabos

4.2 SE Merceana

4.2.1 Dados gerais da empreitada de Eng.^a Civil

Localização: Merceana, concelho de Alenquer, distrito de Lisboa;

Infraestrutura: Subestação 60 / 30 kV;

Projetista: Eng.^o João Sanches;

Adjudicatário: Nortejuvil;

Valor da empreitada: € 410.721,01;

Duração prevista: 22 semanas;

Descrição dos trabalhos a realizar: A obra consiste na construção de uma subestação de distribuição de energia elétrica integrada na rede nacional de distribuição, com a área de 4.814 m², incluindo um edifício de comando de um piso com uma área de 136 m² e um parque exterior de aparelhagem, sendo apenas executada de acordo com a 1^a fase.



Na imagem 58, podemos observar a implantação geral projetada para a subestação da Merceana, sendo esta baseada no projeto tipo sem alterações significativas, excetuando algumas adaptações a nível de muros de suporte. Aqui o terreno tem uma componente argilosa significativa o que se veio a revelar um fator de demora na realização dos trabalhos.

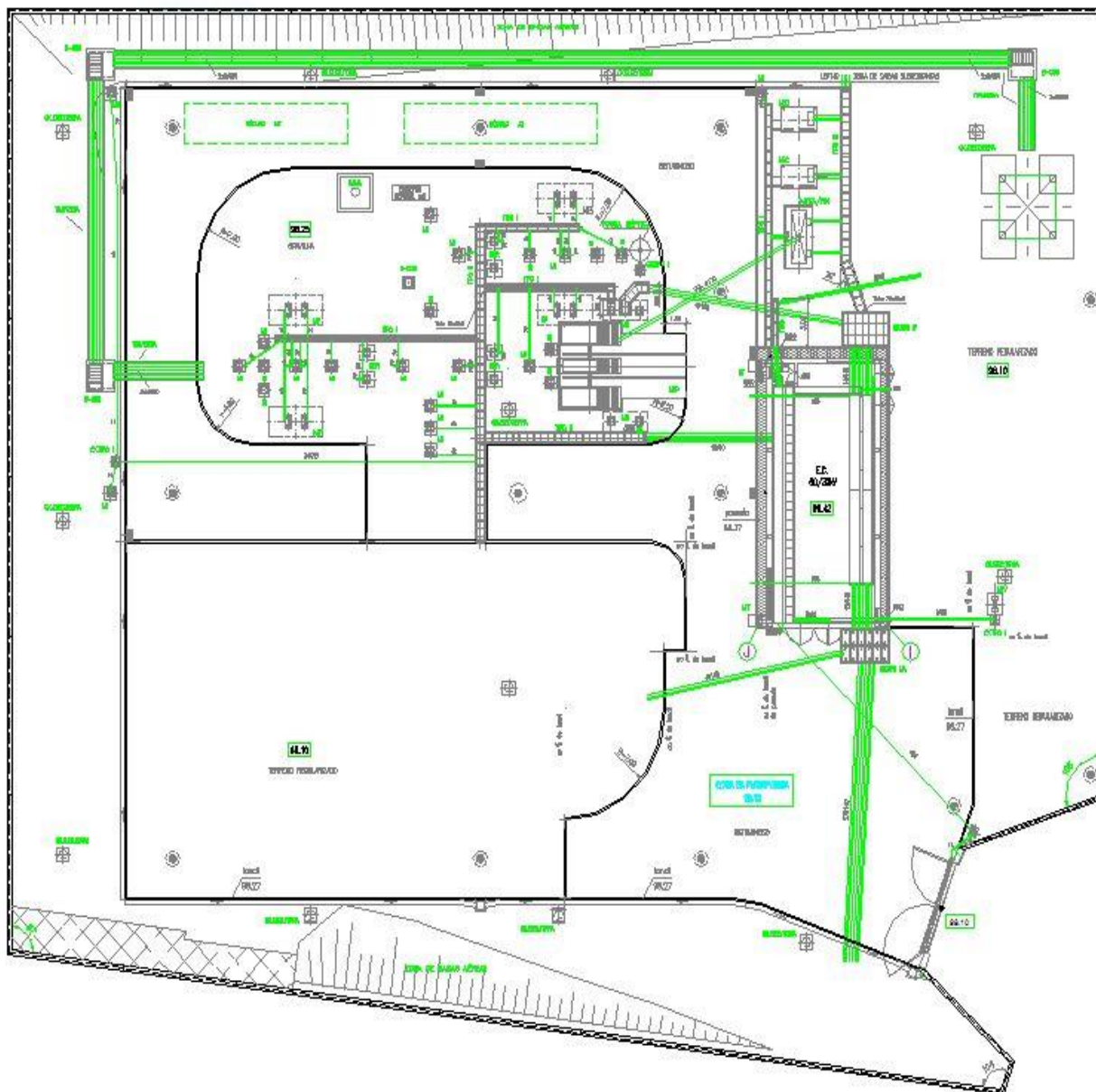


Imagem 58 - Implantação SE Merceana

4.2.2 Visitas efetuadas

De seguida são apresentadas as visitas efetuadas à SE da Merceana, com a indicação do dia de visita, e com a descrição dos trabalhos em curso:

12-03-2014

- ❖ Reboco exterior do edifício de comando;
- ❖ Movimentações de terras para execução de maciços.

Neste dia de visita a esta subestação os trabalhos a decorrer resumiam-se à execução do reboco exterior do edifício de comando, ilustrado na imagem 59 e em algumas movimentações de terras para execução de travessias de cabos elétricos, tal como se observa na imagem 60. Nesta imagem pode-se ver também a incapacidade do terreno argiloso para escoar águas pluviais, o que se revelou um contratempo na execução de alguns trabalhos, nomeadamente na movimentação de terras.



Imagem 59 - Reboco exterior no EC



Imagem 60 - Movimentações de terras

24-04-2014

- ❖ Execução de dreno;
- ❖ Execução de valas para travessias de cabos;
- ❖ Execução de vala para canal tipo I.

Nesta visita, foi possível acompanhar trabalhos de execução de travessias de cabos em vala, com execução complementar de drenos. Estes elementos foram utilizados nesta subestação, numa escala superior ao que é corrente em subestações, e o seu propósito é permitirem o melhor escoamento das águas pluviais que se infiltram no terreno, dado que, tal como já foi referido, o terreno por ser de natureza argilosa tem uma capacidade drenante reduzida, o que numa infraestrutura desta natureza representa um risco acrescido, devido à presença de vários elementos elétricos.

Os drenos são constituídos por um tubo corrugado e perfurado, revestido por uma manta geotêxtil que impede a colmatação das furações no tubo e que depois é envolvido por material granular, normalmente areias, para que seja permitida a passagem da água infiltrada no terreno e encaminhada depois pelo tubo para o sistema de drenagem pluvial.

Nas imagens 61 e 62, podemos melhor observar os aspetos referidos, bem como o momento em que os mesmos estavam a ser levados a cabo.



Imagem 61 - Execução de dreno



Imagem 62 - Execução de valas para travessias de cabos

Foram ainda acompanhados trabalhos de escavação e preparação de valas para execução de canal tipo I, tal como se observa na imagem 63.

Nesta imagem podemos também constatar que o terreno à superfície está relativamente seco, mas logo a seguir numa cota ligeiramente inferior, temos ainda o terreno com muita água acumulada, estando o operador a tentar compactar o mesmo numa tentativa de o estabilizar para que o canal tipo I possa ser executado.



Imagem 63 - Execução de vala para canal tipo I

05-06-2014

- ❖ Retoques na ombreira do portão de entrada da subestação;
- ❖ Execução cofragem e colocação de armaduras em muros de suporte.

Neste dia foram observados alguns acertos na ombreira do portão de entrada na subestação, ilustrados na imagem 64, bem como a execução de cofragem e colocação de armaduras num dos muros de suporte da subestação, ilustrados na imagem 65.



Imagem 64 - Retoques na ombreira do portão de entrada



Imagem 65 - Execução cofragem e colocação de armaduras em muros de suporte

4.3 SE Estoril (Remodelação)

4.3.1 Dados gerais da empreitada de Eng.^a Civil

Localização: Estoril, concelho de Cascais, distrito de Lisboa;

Infraestrutura: Subestação 60 / 10 kV;

Projetista: Eng.^o João Sanches;

Adjudicatário: CME;

Valor da empreitada: € 89.613,47;

Duração prevista: 18 semanas;

Descrição dos trabalhos a realizar:

- ❖ Levantamento e reposição do pavimento exterior existente;
- ❖ Demolição de canais existentes, elementos de betão, alvenarias;
- ❖ Execução de fundações, muros, canais, caleiras e rede de terras;
- ❖ Cofragens, colocação de armaduras e betonagens de fundações;
- ❖ Remoção de estruturas metálicas existentes no piso 1 e elevação do piso metálico;
- ❖ Construção de duas caixas recetoras de óleos e respetivas drenagens;
- ❖ Reparação das paredes, tetos e pavimentos do edifício, incluindo pinturas;
- ❖ Fornecimento e colocação de tubos em PVC, tubos de grés, cabo e barra de cobre e ligadores, ferragens em canais e tampas e perfis metálicos.



4.3.2 Visitas efetuadas

De seguida são apresentadas as visitas efetuadas à SE do Estoril, com a indicação do dia de visita, e com a descrição dos trabalhos em curso:

Como veremos mais à frente nesta remodelação de uma subestação urbana, foram detetadas situações que inicialmente não estavam previstas aquando do projeto de remodelação. Estas situações referem-se essencialmente a perfurações feitas numa das lajes intermédias do edifício pelo departamento de manutenção para passagem de cabos e mostram um total desconhecimento dos fatores que estão em jogo e das possíveis consequências. Mais à frente na visita feita a 28 de Abril a esta obra, nas imagens 70 e 71 podem observar-se estas perfurações na laje e também um indicador dos seus efeitos, nomeadamente no aparecimento de fissuração ao longo das perfurações.

17-04-2014

- ❖ Execução de estrutura metálica para apoio à laje intermédia;
- ❖ Execução de bacia de contenção de transformador de potência.

Nesta visita observou-se o fabrico de suportes metálicos que irão servir de apoio à laje intermédia danificada pelas perfurações, tal como se mostra na imagem 66. Foi também observada a execução da bacia de contenção de óleos, como se ilustra na imagem 67.



Imagem 66 - Execução de estrutura metálica para apoio à laje intermédia



Imagem 67 - Execução de bacia de contenção de transformador de potência

28-04-2014

- ❖ Desmontagem de passagens provisórias de cabos;
- ❖ Colocação de estrutura metálica de apoio à laje intermédia;
- ❖ Aplicação de placas do tipo “Viroc”.

A remoção de estruturas provisórias de passagem de cabos, e a aplicação de placas do tipo “Viroc”, para cobertura de uma parede subterrânea que frequentemente está sujeita a humidades, foram atividades observadas, como se ilustra nas imagens 68 e 69.



Imagem 68 - Desmontagem de passagens provisórias de cabos



Imagem 69 - Aplicação de placas do tipo “Viroc”

Nas imagens 70 e 71 pode observar-se as furações que foram feitas na laje intermédia pelo departamento de manutenção, bem como as fendas originadas por essas mesmas furações. Esta situação coloca a laje, bem como o próprio edifício numa situação delicada, que em caso de não sofrer uma intervenção urgente, como aquela que foi executada nesta remodelação, poderia dar origem a constrangimentos a vários níveis.

Foi também possível observar o piso metálico elevado que foi executado de novo em substituição do anterior que se encontrava degradado.

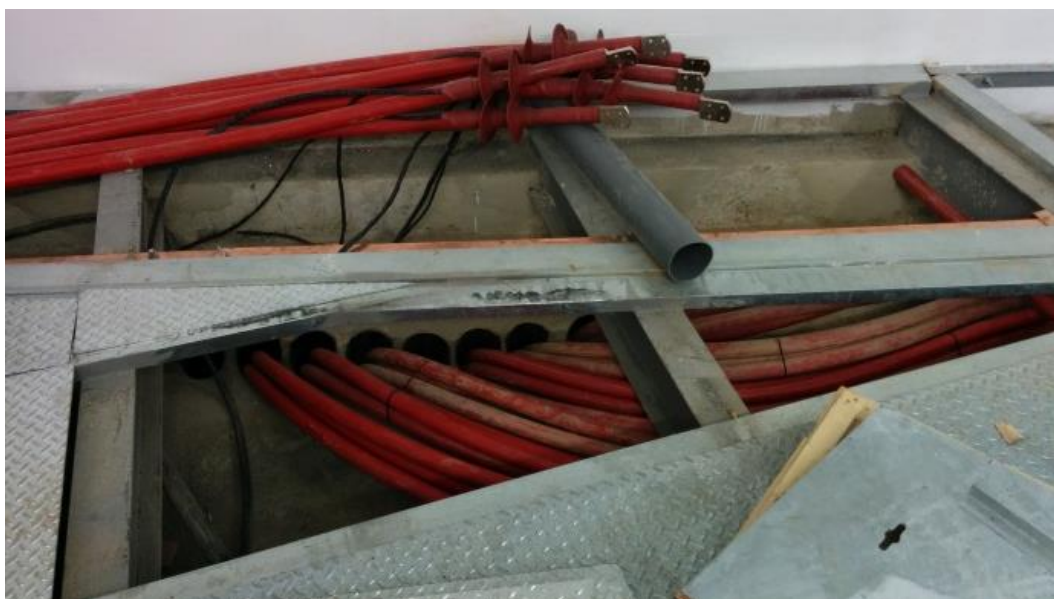


Imagem 70 - Elevação do piso metálico



Imagem 71 - Fissuras devido a furações na laje intermédia

Nas imagens 72 e 73, podemos ver as estruturas metálicas que servem de apoio à laje danificada, já colocadas no seu local definitivo. Embora apenas se vejam as furações na imagem 73, por prevenção efetuou-se o reforço com estas estruturas nos dois locais que são contíguos entre si.

Cada uma destas estruturas foi executada recorrendo a perfis metálicos HEB e feito o apoio das mesmas através de parafuso com bucha química, numa parede de betão e em duas vigas.



Imagem 72 - Estrutura metálica de apoio à laje intermédia



Imagem 73 - Estrutura metálica de apoio à laje intermédia

4.4 Situações detetadas passíveis de erro de execução

Neste subcapítulo irão ser descritas algumas situações que foram detetadas ao longo do estágio, em acompanhamento de obras, que do ponto de vista de execução de projeto, não estavam a ser executadas de acordo com o mesmo.

Será feita uma descrição de cada uma destas situações, seguida de uma imagem para melhor se perceber a questão detetada.

4.4.1 Erro de execução de muro de vedação

A questão aqui detetada, prende-se com o facto de não estar a ser respeitada a distância de recobrimento, na face de um muro em contacto com uma junta de dilatação que separa dois troços deste mesmo muro.

Tal como se observa na imagem 74, a armadura deste muro que está já solidarizada com a soleira do muro, e portanto não poderá ser deslocada, está encostada ao poliestireno expandido (EPS), que serve de separação física para a junta de dilatação, o que levará a que quando for executada a betonagem deste muro, não irá existir qualquer distância de recobrimento nesta face do mesmo.

O recobrimento que está nesta situação a ser referido, está definido em projeto com uma dimensão de 4 cm.



Imagem 74 - Recobrimento não respeitado

4.4.2 Erro em cota de execução de muro de suporte

Neste caso, pura e simplesmente não estava a ser respeitada a dimensão referente à altura de um dos muros de suporte, definida em projeto.

Este muro em projeto estava definido com uma altura de 4,10 m e em obra, aquando da colocação das armaduras na sapata do muro, foi detetado que este estava a ser executado para uma altura de cerca de 3 m, ou seja, a cota de fundação do muro não coincidia com a de projeto, fazendo com que a altura do muro fosse menor.

Na imagem 75 pode ver-se este momento em que o erro de execução foi detetado. Como consequência o empreiteiro teve de remover a fundação do muro já executada, escavar até à cota definida em projeto e refazer o trabalho que já havia sido feito. Este troço de muro de suporte foi mais à frente analisado e calculado no capítulo 5.3, devido a algumas questões levantadas pelo empreiteiro no decorrer da obra.



Imagem 75 - Execução de muro com altura não correspondente ao definido em projeto

4.4.3 Erro de execução em armadura

Neste caso, foi detetado no maciço do transformador de potência que a armadura superior não estava de acordo com o projeto, dado que estranhamente e tal como se pode observar na imagem 76, a malha superior era composta por varão de $\varnothing 16$ mm intercalado com varão de $\varnothing 20$ mm, com espaçamento entre eles de 20 cm, quando em projeto o que está definido é $\varnothing 20$ mm espaçado a 20 cm.

Como consequência, esta armadura foi reforçada nas zonas onde a taxa de armadura era inferior àquela que estava definida em projeto.

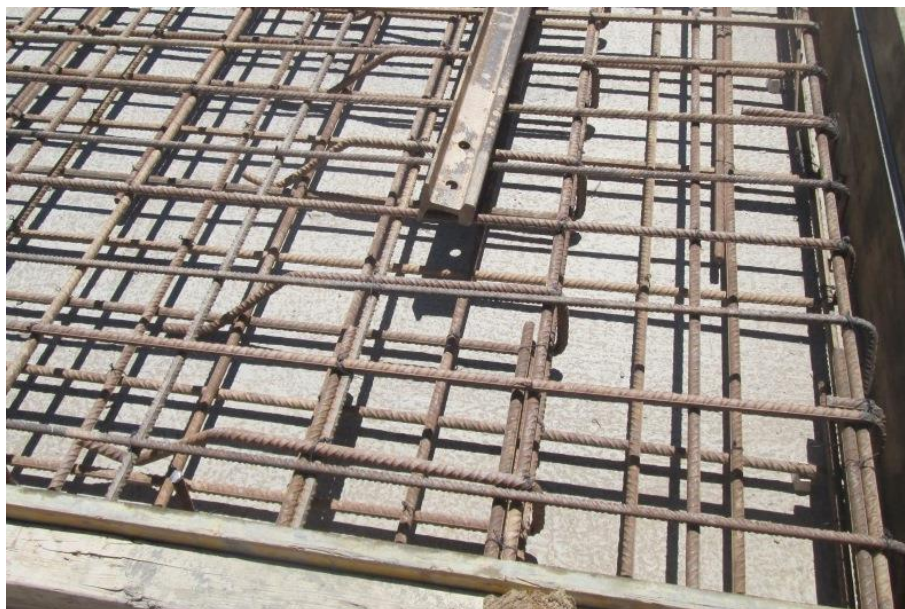


Imagem 76 - Ø16 mm intercalado com Ø20 mm em armadura superior de MTP

4.5 Segurança em obra

No âmbito de atividades que normalmente têm lugar num estaleiro, qualquer ocorrência não desejada que modifique ou que ponha fim a uma determinada atividade, e que dela advenham danos materiais ou humanos, pode ser denominada de “*acidente de trabalho*”, dado que ocorre durante o desempenho de uma determinada profissão.

Para que um acidente seja possível, torna-se necessária a existência simultânea de uma série de fatores denominadas de “*causas do acidente*”, sendo que a análise de milhares de acidentes demonstra que estas são bem específicas e o seu encadeamento determina a sua ocorrência. Naturalmente que os acidentes têm consequências, sejam elas danos humanos e/ou danos materiais, e custos inerentes para os diversos intervenientes no processo.

Poderemos então dizer que a “*prevenção de acidentes*” é um conjunto de técnicas de carácter obrigatório em qualquer empreitada, que visam analisar e eliminar as causas dos acidentes, contribuindo para uma melhoria da qualidade de vida do homem. Em qualquer técnica de prevenção é da maior importância:

- ❖ Observar cuidadosamente as condições de trabalho;
- ❖ Localizar as fontes de perigo;
- ❖ Definir as medidas preventivas a tomar;
- ❖ Agir no sentido da rápida execução das medidas decididas adotar;
- ❖ Controlar a execução e eficácia das medidas implementadas.

Com estes fatores em mente, aquando da deslocação a obras em curso durante o presente estágio, foram identificadas algumas situações que deveriam ter sido salvaguardadas, no sentido de eliminar fontes de perigo ou em adotar medidas preventivas que contribuam para a prevenção de acidentes de trabalho. De seguida são identificadas com imagens, cada uma destas situações.

Na imagem 77 podemos ver uma zona de caleira no interior do edifício de comando, que para além de não estar delimitada fisicamente por representar um perigo de queda horizontal, tinha também parte da armadura de uma das paredes da caleira à vista, com extremidades de armadura salientes. Estes dois fatores combinados entre si comprometem com grande risco a segurança de trabalhadores e visitantes à obra.

O empreiteiro foi alertado para a situação pelo projetista responsável pela obra e a situação foi corrigida com o dobramento das extremidades de varão salientes para a horizontal.



Imagem 77 - Zona de caleira não delimitada com pontas de armadura expostas

Nas imagens 78, 79 e 80, os riscos provenientes das situações aqui exibidas prendem-se todas com o risco de eletrocussão nomeadamente por parte de trabalhadores, dado que bastará um destes cabos ter alguma fissura ou estarem danificados para a água entrar em contacto com a eletricidade e dar-se um acidente.

Nas imagens 78 e 79 temos cabos elétricos de maquinaria de apoio à obra a passarem em zonas de acumulação de água. Em ambos os casos o empreiteiro foi alertado e os cabos foram recolocados em zonas seguras e secas.



Imagem 78 - Cabo elétrico imerso em zona com acumulação de água



Imagem 79 - Cabo elétrico de betoneira em zona com água

Na imagem 80, embora o risco de acidente não seja tão elevado como nas situações anteriormente descritas, a situação exibida não deve ser alvo de prática e todas as tomadas de energia em estaleiro devem ser feitas em total segurança, não colocando em esforço cablagens e tomadas elétricas, para que o risco elétrico proveniente de uma situação inesperada de acidente seja assim prevenida.



Imagem 80 - Ligações elétricas em esforço

Na imagem 81, mostra-se o resultado de após ter sido feita uma escavação para execução de um muro de suporte, não ter sido efetuada a entivação da mesma para estabilizar as paredes de terreno.

Esta situação, julgando pela fissura que se formou paralelamente à zona escavada, colocou aparentemente as paredes de terreno em risco eminente de queda, e coloca também em risco os trabalhadores que vão executar trabalhos na zona escavada, como é o caso da sapata do muro de suporte, que é também visível na imagem.

Os riscos que aqui se correm são o de soterramento de pessoal, e consequentemente danos físicos e pessoais aos mesmos, para além das consequências financeiras e atrasos na empreitada que uma situação desta natureza implicaria.

Para além do já exposto, a zona limite de terreno onde a fissura surgiu deveria também ela estar delimitada, para que seja bem visível e facilmente identificável que estamos na proximidade de uma escavação, com uma diferença de cotas considerável.



Imagem 81 - Zona periférica de escavação não delimitada e com sinais de rotura

Na imagem 82 observam-se restos de material sobranente mal acondicionados e que também eles podem provocar uma situação de acidente. Para além dos riscos óbvios de tropeçamento e queda de trabalhadores ou de visitantes ao local, temos também o risco de desmoronamento eminente desta pilha de material, o que por si representa também um risco. Se repararmos com atenção, pode observar-se também um cabo elétrico que atravessa esta mesma pilha de material e que poderá danificar o mesmo e originar por si só outros riscos aos trabalhadores. O empreiteiro foi alertado para que o acondicionamento fosse feito nas condições desejáveis e respeitando os critérios de segurança.



Imagem 82 - Mau acondicionamento de material sobranente

Na imagem 83, podemos observar um trabalhador que auxiliava os trabalhos de soldadura dos carris à armadura, sem o equipamento de proteção individual que se impunha, as luvas de proteção. O trabalhador foi avisado e a situação corrigida.

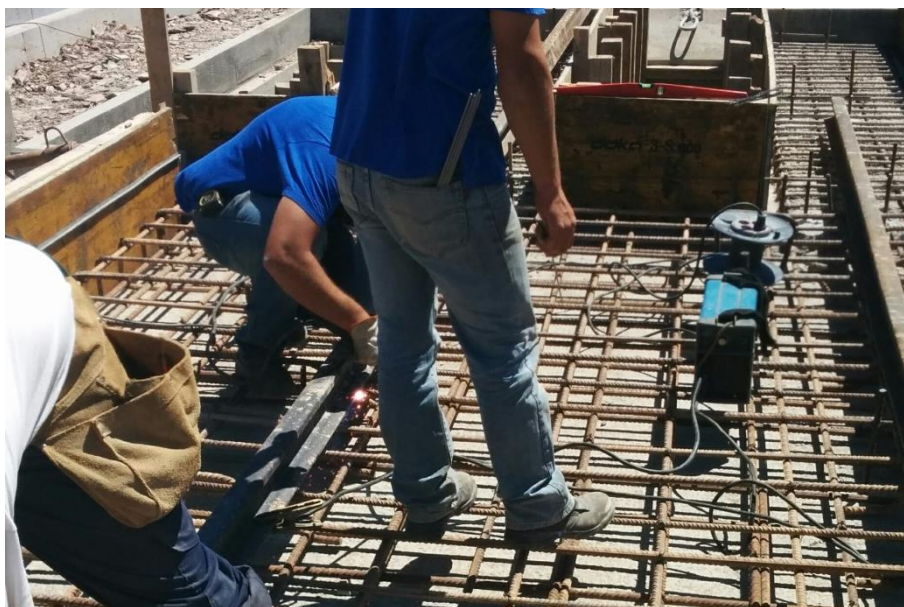


Imagem 83 - Trabalhador sem EPI adequado

Na imagem 84, aquando da demolição de um maciço de betão foi perfurada uma tubagem que continha cabos em tensão. Estas situações são difíceis de acautelar, mas a EDP tem normas apertadas neste tipo de trabalhos e a situação não deveria ter ocorrido.



Imagem 84 - Perfuração de travessia com cabos em tensão

5. OUTRAS ATIVIDADES REALIZADAS

5.1 Estudo do “Manual de Prevenção do Risco Elétrico”

A análise e estudo deste documento interno destinado às empresas do grupo EDP, foi outra das atividades realizadas neste estágio, devido a questões de segurança que obrigatoriamente têm de ser asseguradas, dado que todas as empreitadas de construção civil dizem respeito a infraestruturas de apoio a instalações elétricas e algumas delas são mesmo levadas a cabo com equipamento em tensão.

Assim, o “Manual de Prevenção do Risco Elétrico” estabelece as prescrições de segurança com vista a assegurar a proteção das pessoas contra os riscos de origem elétrica, sempre que realizem trabalhos:

- ❖ Em instalações elétricas em exploração (condução, manutenção, modificação, ampliação) ou na sua vizinhança;
- ❖ Em instalações elétricas ou não elétricas em construção ou demolição, quando estiverem na vizinhança de instalações elétricas em exploração.

Por via contratual, as prescrições deste manual aplicam-se aos trabalhos realizados em instalações da EDP por empresas exteriores, bem como a trabalhos a cargo da EDP realizados em instalações de terceiros. No caso de existirem diversas empresas exteriores na mesma obra, antes do início dos trabalhos, e por iniciativa do coordenador de segurança em obra, devem ser definidas em conjunto as medidas a tomar para evitar os riscos profissionais que possam resultar do exercício simultâneo das atividades das diversas empresas.

5.2 Orçamentação da futura SE Vila Chã

No domínio desta atividade, foi elaborado conjuntamente com o projetista responsável, o Eng.º Rui Babau, um orçamento base para a execução de uma subestação, a construir num local onde atualmente se encontra um posto de corte, localizado na localidade de Vila Chã, concelho de Barreiro, distrito de Setúbal. Na imagem 85 podemos ver o atual posto de corte:



Imagem 85 - Panorâmica do atual PC Vila Chã

Inicialmente estava prevista a edificação de uma subestação-tipo rural, com a execução de 1ª fase, onde a demolição do edifício de comando do atual posto de corte estava incluída. Porém, o valor global dessa empreitada não foi autorizado, pelo que, com vista à redução do orçamento, se optou pelo aproveitamento do edifício existente, dado que as suas dimensões são próximas do edifício de comando do projeto-tipo, e facilmente com algumas adaptações e reabilitações, se torna viável o seu aproveitamento. Na imagem 86 pode-se observar a implantação da subestação inicialmente prevista, bem como o edifício existente que seria para demolição.

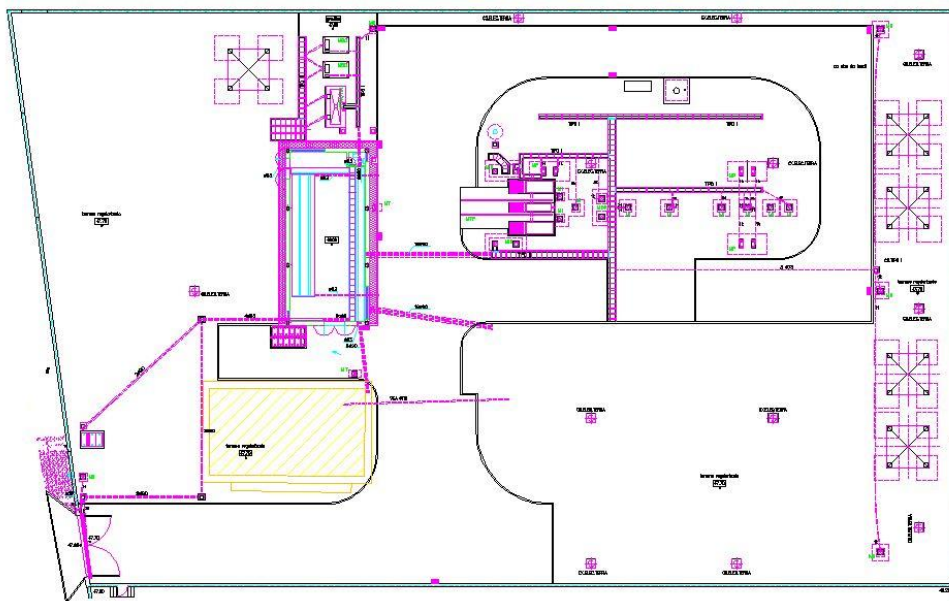


Imagem 86 - Implantação da SE Vila Chã V1

Para além do aproveitamento do edifício, também a entrada do atual posto de corte será mantida, sendo que será erguida uma segunda vedação interior que limitará o parque exterior de aparelhagem, onde estará também incluído um portão de entrada, ficando também assim o parque com algumas adaptações e com dimensões mais reduzidas.

Na imagem 87 pode-se observar melhor as disposições adotadas, após redução do orçamento inicialmente previsto.

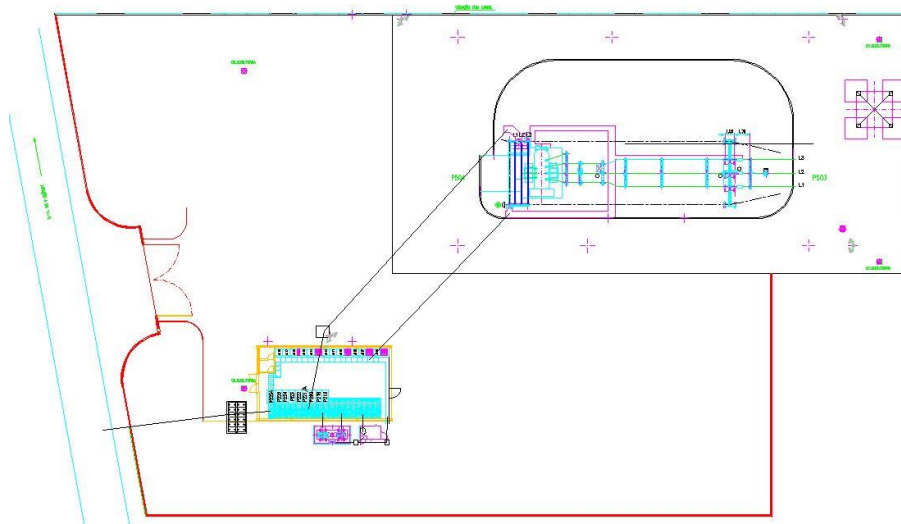


Imagem 87 - Implantação da SE Vila Chã V2

Após realização do orçamento requerido com base nos preços constantes na CEC – ESE 2011, com as adaptações necessárias a uma solução mais económica, foi encontrado um valor que corresponde sensivelmente a metade daquele que originalmente estava previsto para a construção de raiz da subestação e demolição do atual edifício, valor este já aceite pela administração para esta empreitada. O resumo deste orçamento mostra-se de seguida na tabela 31.

SE Vila Chã		
Código Numérico	Designação da Atividade	Preço Ref.
PTF	EXECUÇÃO DA PLATAFORMA	9.059,25 €
PEA	PARQUE EXTERIOR DE APARELHAGEM	150.316,32 €
EC	EDIFÍCIO DE COMANDO	33.516,47 €
PU	PREÇOS UNITÁRIOS	3.243,00 €
MO	CEDÊNCIA DE MÃO DE OBRA	4.725,30 €
CED	CEDÊNCIA DE VIATURA	0,00 €
Equi	PAGAMENTOS DE EQUIPAS	0,00 €
TOTAL		200.860,34 €

Tabela 31 - Resumo de orçamentação da SE Vila Chã

A orçamentação completa que serviu de base a este resumo, pode ser vista mais em detalhe no Anexo nº XXVII.

5.3 Cálculos de estabilidade em muros de suporte

Também esta temática estava prevista neste estágio, e foi aproveitada uma objeção por parte do empreiteiro responsável pela execução da subestação de Amareleja, que chamou a atenção do projetista responsável por esta empreitada, para o facto de no seu entender, a taxa de armadura numa das seções de muros de suporte (seção IV) ser demasiado alta. Isto obrigou a uma revisão do cálculo desta seção do muro de suporte, onde se aproveitou para que o estagiário pudesse participar desta revisão.

Assim, importa para já referir que neste âmbito, esta área departamental recorre a uma ferramenta elaborada em Microsoft Excel, que tem por base três teorias a que se recorre atualmente para estudos deste tipo, sendo elas:

- ❖ Teoria de Rankine;
- ❖ Teoria de Coulomb;
- ❖ Teoria de Mononobe-Okabe.

Esta ferramenta permite, após introdução de todos os elementos necessários para o cálculo, perceber se com os dados introduzidos obtemos a estabilidade necessária segundo as três teorias, com a indicação do fator de segurança respetivo a cada uma delas. Para além disso, a folha de cálculo fornece também o cálculo da taxa de armadura necessária, tanto para o paramento vertical, onde temos até a hipótese de o obter para diferentes cotas deste paramento, bem como para a sapata do muro e para a biqueira, no caso de esta existir.

Na imagem 88, temos uma vista geral da folha de cálculo para o caso atrás descrito do muro de suporte da seção IV da subestação de Amareleja, para que se fique com uma ideia geral desta ferramenta.

Os campos no topo da folha com fundo cinza são os campos para inserção de dados e os quadros mais abaixo indicam todas as verificações efetuadas, segundo as três teorias já indicadas. Realçados a vermelho temos as taxas de armadura para a sapata e paramento vertical do muro de suporte, que iremos utilizar para definir esta seção de muro.

VERIFICAÇÃO DA SEGURANÇA DE MUROS DE SUPORTE DE TERRAS EM CONSOLA - MURO (CORPO 1)

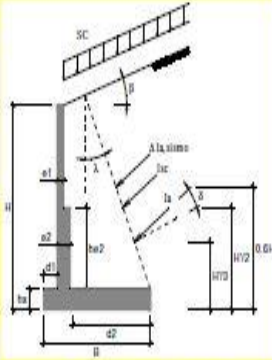
MDO - PC
 06.10.2003

Solo no lado z:
 $\phi' (^{\circ}) = 40$
 $\gamma (kNm^{-3}) = 20$
 $c (kPa) = 0$

Coefficientes sísmicos:
 Zona B
 $\alpha = 0,7$
 $\tau_1 = 2,0$
 Terreno tipo II
 $k_h = 0,14$
 $k_v = 0,05$

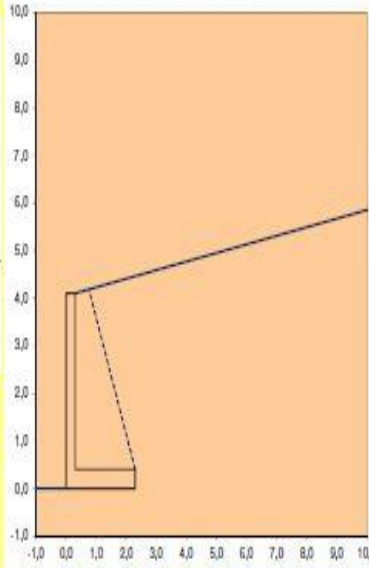
inclinação terreno lado z, $\beta (^{\circ})$: 10,0
abito no terreno, $\delta (^{\circ})$: 30,0
incl. da superfície de contacto, $\lambda (^{\circ})$: 22,2
coef. de abito base, μ : 0,55
sobrecarga, SC (kPa): 10,0
fator de redução da SC, ψ_s : 0,6
FS do lp: 3,0
altura do passivo (m): 0,00

Geometria do muro
 $H (m) = 4,100$
 $d1 (m) = 0,000$
 $d2 (m) = 2,000$
 $e1 (m) = 0,300$
 $e2 (m) = 0,300$
 $hs (m) = 0,400$
 $he2 (m) = 0,000$
 $S (m) = 2,300$
 $H' (m) = 4,181$
 $d2' (m) = 0,460$
 $\Delta H (m) = 0,081$



Betão B25 Solo de fundação
 $f_{ctd} (MPa) = 13,3$ $\alpha_{qm} (MPa) = 1000$
 $\tau_1 (kPa) = 650$

Aço A400
 $f_{ec} (MPa) = 348$



opção	força estabilizante (kNm)	força instabilizante (kNm)	brago (m)	Mo (kNm/m)
We1	27,8		0,150	4,2
We2	0,0		0,150	0,0
Wsapeta	23,0		1,150	26,5
Wsolo.rank.1	0,0		0,300	0,0
Wsolo.rank.2	148,0		1,300	192,4
Wsolo.rank.3	7,1		1,633	11,5
Wsolo.coul.1	0,0		0,300	0,0
Wsolo.coul.2	34,0		0,530	18,0
Wsolo.coul.3	58,2		1,273	74,1
Wsolo.coul.4	0,4		0,607	0,2
ls.rank.h		43,9	1,484	65,1
ls.rank.v		-7,7	2,300	-17,8
lsc.rank.h		9,9	2,226	21,9
lsc.rank.v		-1,7	2,300	-4,0
ls.coul.h		52,0	1,394	72,4
ls.coul.v		-66,9	1,895	-126,8
lsc.coul.h		12,4	2,091	26,0
lsc.coul.v		-16,0	1,611	-25,8
kh.Me1		3,9	2,250	8,7
kh.Me2		0,0	0,400	0,0
kh.Msapeta		3,2	0,200	0,6
kh.Msolo.1		0,0	0,250	0,0
kh.Msolo.2		4,8	2,250	10,7
kh.Msolo.3		8,2	1,633	13,3
kh.Msolo.4		0,1	4,127	0,2
$\Delta ls.h.sis (+)$		22,0	2,509	55,3
$\Delta ls.v.sis (-)$		-28,4	1,441	-40,9
$\Delta lsc.h.sis (+)$		3,2	2,509	7,9
$\Delta lsc.v.sis (-)$		-4,1	1,441	-5,9
$\Delta ls.h.sis (-)$		17,7	2,509	44,4
$\Delta ls.v.sis (+)$		-22,8	1,441	-32,8
$\Delta lsc.h.sis (-)$		2,5	2,509	6,4
$\Delta lsc.v.sis (+)$		-3,3	1,441	-4,7

Coef. de impulso ativo (Rankine): $K_a = 0,225$
 $K_{a,h} = 0,221$
 $K_{a,v} = 0,039$

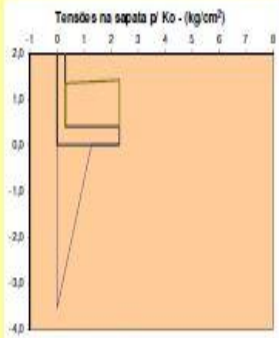
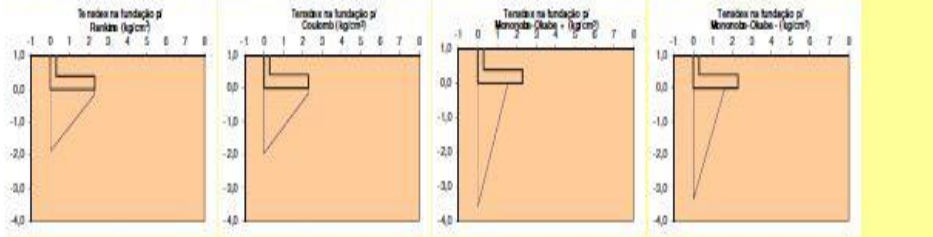
Coef. de impulso ativo (Coulomb): $K_a = 0,485$
 $K_{a,h} = 0,297$
 $K_{a,v} = 0,383$

Coef. de impulso sísmico (Mononobe-Okabe):
 $\Delta K_{a,s} (+) = 0,206$ $\Delta K_{a,s} (-) = 0,165$
 $\Delta K_{a,s,h} (+) = 0,126$ $\Delta K_{a,s,h} (-) = 0,101$
 $\Delta K_{a,s,v} (+) = 0,162$ $\Delta K_{a,s,v} (-) = 0,130$

Coef. de impulso passivo (Rankine): $K_p = 4,599$
Coef. de impulso em repouso: $K_0 = 0,419$

Verificação ao E.L.	Sobrecarga (Rankine)		Sobrecarga (Coulomb)		Sismo (+)		Sismo (-)	
	ΣF_h	ΣMo	ΣF_h	ΣMo	ΣF_h	ΣMo	ΣF_h	ΣMo
Último de Equilíbrio								
opções estabilizantes	113,2	234,5	78,9	123,0	82,5	128,8	75,2	117,3
opções instabilizantes	48,5	65,3	18,8	-54,2	44,8	-4,2	44,8	-7,4
Fator de Segurança	2,33	3,59	4,20	estável	1,84	estável	1,68	estável

Verificação da	ΣF	ΣMo	d_{01}	ΣM_{01}	e	% sapata carregada	σ_{max} (kPa)	σ_{min} (kPa)
Capacidade de Carga	(kN)	(kNm)	(m)	(kNm)	(m)			
pl Rankine	235	-195	1,15	75	0,320	100%	188	17
pl Coulomb	246	-203	1,15	80	0,325	100%	198	16
pl Mononobe-Okabe (+)	277	-143	1,15	176	0,536	67%	360	0
pl Mononobe-Okabe (-)	271	-146	1,15	166	0,512	70%	336	0



VERIFICAÇÃO DO PARAMENTO VERTICAL - BETÃO ARMADO

seção	z (m)	esp. (m)	lo (kNm)	lsc (kNm)	Sismo			Msolo (kNm/m)	Msc (kNm/m)	Msismo (kNm/m)	Armadura de corte	Vod (kN/m)	Vsd (kN/m)	Asw/s (cm²/m)	Msd (kNm/m)	As.calc (cm²/m)	μ
					σ (kPa)	I (kNm/m)	J (kNm/m)										
topo	0,000	0,30	0,0	0,3	9,0	8,9	0,7	0,0	0,0	0,0	não	132	1	0,1	0,01	0,000	
	0,477	0,30	1,3	2,3	8,9	8,1	4,8	0,2	0,7	1,3	não	132	10	2,6	0,30	0,003	
	1,170	0,30	6,6	5,2	8,1	7,0	9,5	2,7	3,3	6,2	não	132	22	13,3	1,54	0,016	
base	3,700	0,30	59,9	15,9	7,0	2,9	18,8	75,5	30,0	41,5	não	132	114	158,3	20,98	0,190	

VERIFICAÇÃO DO CALCANHAR

seção	ΣF (kN)	ΣMo (kNm)	d_{01} (m)	ΣM_{01} (kNm)	e (m)	% sapata carregada	σ_{max} (kPa)	σ_{min} (kPa)	$\sigma_{médias}$ (kPa)	$\sigma_{médias}$ (kPa)	$\sigma_{médias}$ (kPa)	$\sigma_{médias}$ (kPa)	$\sigma_{médias}$ (kPa)	μ
muro/calc.	226	-96	1,15	164	0,727	55%	396	0	272	94	101			

seção	Vod (kN/m)	Vsd (kN/m)	Vsd (kN/m)	Vsd (kN/m)	Armadura de corte	Asw/s (cm²/m)	Msd (kNm/m)	Msd (kNm/m)	Msd (kNm/m)	As.calc (cm²/m)	μ
muro/calc.	171	293	198	95	não	—	296	64	232	21,07	0,143

Imagem 88 - Folha de cálculo de muro de suporte para seção IV SE Amareleja

Tendo em conta a fórmula de cálculo da taxa de armadura mínima que consta no EC2 para elementos desta natureza, tal como se indica na fórmula 17.

$$A_S = K_c \times K_h \times b \times \frac{h}{2} \times \frac{f_{ct}}{f_{yk}} \quad (16)$$

Equação 17 - Taxa de armadura mínima

Estamos em condições de obter as todas taxas de armadura, para a seção do muro de suporte:

- ❖ Paramento vertical: $A_S = 20,98 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Ø}20 \text{ mm} // 0,14 \text{ m}$
- ❖ Sapata: $A_S = 21,07 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Ø}20 \text{ mm} // 0,14 \text{ m}$
- ❖ Armadura mínima: $A_S = 1 \times 1 \times \frac{0,3}{2} \times \frac{2,2}{348} = 9,48 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \text{Ø}16 \text{ mm} // 0,20 \text{ m}$ (17)

Tendo achado todas as armaduras principais, iremos utilizar as taxas de armadura mínima para as armaduras de distribuição, obtendo assim a seção ilustrada na imagem 89.

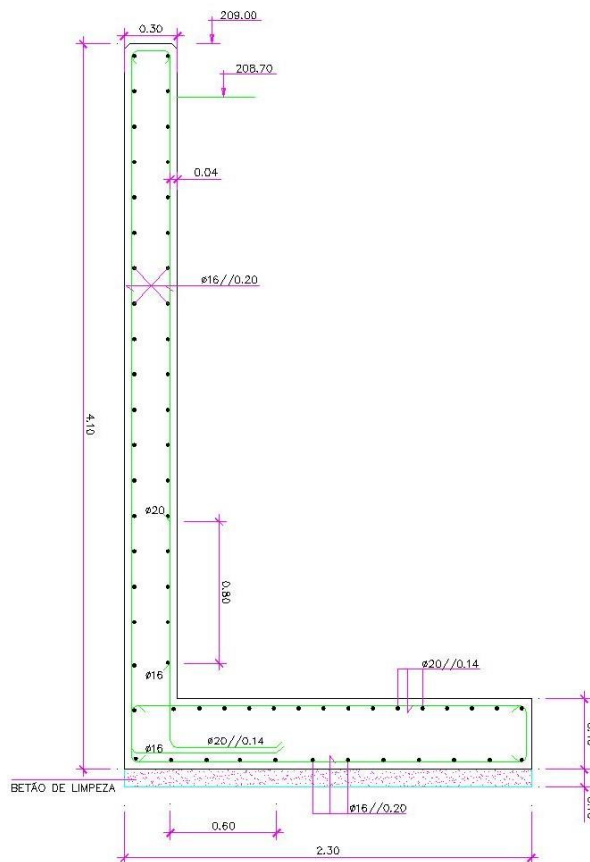


Imagem 89 - Pormenorização de muro de suporte da seção IV SE Amareleja

Importa ainda acrescentar, que estas eram as taxas de armadura que originalmente estavam definidas em projeto, e com base neste cálculo pode-se demonstrar ao empreiteiro que os seus argumentos não eram válidos, mantendo-se as taxas de armadura inicialmente previstas.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

6. CONCLUSÃO

As soluções propostas neste trabalho e os custos que lhe estão associados, carecem de uma quantificação dos custos de manutenção que lhes são inerentes, ou seja, de uma quantificação global de valores a longo prazo.

Assim, a análise aqui feita diz apenas respeito aos custos no momento de execução, mas a longo prazo a manutenção destas soluções, pode alterar algumas das conclusões alcançadas nestas propostas. Este fator de incerteza está associado a qualquer solução construtiva e a falta de estudos nesta área da manutenção de materiais e de soluções, não nos permite aprofundar o nosso estudo até onde seria desejável.

Relativamente ao estágio e contrariamente ao que é comum, pretendeu-se dotá-lo com uma componente crítica e sugestiva mais preponderante, do que normalmente é comum ver neste tipo de estágios, onde a componente descritiva assume o papel principal.

Assim, com as sugestões apresentadas, não só no que toca a disposições construtivas e aos benefícios que elas acarretam, mas também com a ferramenta desenvolvida no âmbito da cofragem de elementos em betão armado, bem como com algumas outras pequenas contribuições, pensa-se ter acrescentado valor e elementos contributivos nas atividades realizadas neste departamento. Os ganhos económicos inerentes às soluções propostas, tomam também uma especial importância nos tempos atuais, onde o fator económico tem um papel cada vez mais vincado.

O contributo que este estágio proporcionou, é sem dúvida uma grande mais-valia no culminar deste percurso académico, por ter facultado o contacto com a vertente prática de processos e metodologias abordados ao longo do curso de Engenharia Civil, tornando a visita à obra e o acompanhamento prático de algumas técnicas de execução, uma peça chave na compreensão de todo um processo, mas também por permitir a participação em processos relacionados com a vertente de projeto, desde cálculo e dimensionamento de elementos estruturais, até ao acompanhamento e gestão de empreitadas.

Toda a parte relativa a sugestões feitas no âmbito deste estágio, trouxe vantagens não só ao departamento de Engenharia Civil, que fica com a compilação de informação importante da qual poderão usufruir quando acharem conveniente, mas permitiu também ao estagiário rever e cimentar conhecimentos adquiridos ao longo do curso.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

7. DESENVOLVIMENTOS FUTUROS

Como proposta para desenvolvimento futuro no âmbito de projeto e construção de subestações, e uma vez que uma grande parte dos projetos desenvolvidos nesta área departamental têm por base o projeto-tipo de uma subestação rural, aquilo que se propõe é efetuar um estudo incisivo no que toca ao comportamento térmico do edifício de comando, presente em todas as subestações deste tipo, e com base neste poder-se aferir o impacto que a adoção de determinadas medidas implementadas neste edifício teriam a nível económico, nomeadamente nos gastos associados aos aparelhos de ar condicionado.

Mais concretamente, propõe-se selecionar uma subestação que esteja sujeita ao longo do ano a gradientes térmicos consideráveis e dotá-la de alguns equipamentos, que nos permitam perceber quais as condições a que o nosso edifício de comando está sujeito, não só no que toca a transferências térmicas entre o exterior e o interior, mas também para contabilizar os gastos efetivos em ar condicionado ao longo de um ano.

Atualmente estes aparelhos estão programados para manter uma temperatura no interior de 22 °C, devido a exigências impostas pelos equipamentos elétricos no interior do edifício, pelo que continuamente vão adaptando o seu funcionamento à temperatura que se faz sentir a cada momento.

Assim, aquilo que se propõe é a instalação de alguns equipamentos na referida subestação, instalação esta que representaria um investimento muito baixo (na ordem da centena de euros), e que nos iria fornecer dados importante para percebermos se o comportamento térmico do edifício é o desejável. Entre eles estariam:

- ❖ “*Energy Logger*”;
- ❖ Sensor interior de temperatura e humidade;
- ❖ Sensor exterior de temperatura e humidade;
- ❖ Ventilador.

O *Energy Logger* serviria para se obter o registo do consumo exato dos aparelhos de ar condicionado, de modo a ser possível a contabilização dos gastos energéticos com base numa escala temporal.

O sensor interior e exterior de temperatura e de humidade, complementariam a informação, fornecendo também dados com base numa escala temporal, que permitiria

cruzar os dados do *Energy Logger* com os fornecidos pelos sensores.

A recomendação do ventilador, dado o seu baixo valor comercial, serviria para se testar a sua influência, nomeadamente na estação de arrefecimento durante o período noturno, com vista ao aproveitamento do ar exterior mais fresco, para que assim se torne desnecessária a utilização dos aparelhos de ar condicionado, durante aquele período. Esta medida poderia também ser complementada com a pintura da cobertura com tinta de alta refletância, já existente no mercado e que apresentam resultados muito interessantes, nomeadamente em testes levados a cabo pelo LNEC, que homologou já alguns destes produtos.

Com base nas informações retiradas dos aparelhos atrás descritos, poderia ser primeiramente estudado o comportamento atual do edifício, e com base nessa informação, poderiam numa fase posterior ser levados a cabo, testes de implementação de medidas, que nos pareçam contribuir para a diminuição de gastos energéticos, tal como aquelas que já foram indicadas.

No final, e consoante o sucesso da implementação daquelas medidas, poderia este estudo ser alargado e adaptado às diversas subestações existentes e que estão sujeitas a diferentes condições climatéricas consoante a região do país, com vista a uma redução de gastos desnecessários de energia e ao aumento da longevidade destas infraestruturas.

8. BIBLIOGRAFIA

- ❖ Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Coeficientes de Transmissão Térmica de Elementos da Envolvente dos Edifícios: 2006. Lisboa: LNEC, 2006. Edifícios – ITE 50.
- ❖ Decreto-Lei n.º 118/2013 “D.R. 2ª série” 234 (13-12-03)
- ❖ NP EN 1992-1-1. 2010, Documentação - Eurocódigo 2 – Projeto de estruturas de betão. IPQ.
- ❖ Folhas de apoio da unidade curricular de “Qualidade, Saúde e Segurança”, pertencente ao 3º semestre do plano de estudos do Mestrado em Engenharia Civil, na área de especialização de Edificações, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - IPL.
- ❖ Folhas de apoio da unidade curricular de “Hidráulica Aplicada”, pertencente ao 2º semestre do plano de estudos do Mestrado em Engenharia Civil, na área de especialização de Edificações, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - IPL.
- ❖ Folhas de apoio da unidade curricular de “Tecnologia do Revestimento de Edifícios”, pertencente ao 2º semestre do plano de estudos do Mestrado em Engenharia Civil, na área de especialização de Edificações, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - IPL.
- ❖ Folhas de apoio da unidade curricular de “Betão estrutural II”, pertencente ao 1º semestre do plano de estudos do Mestrado em Engenharia Civil, na área de especialização de Edificações, do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa - IPL.
- ❖ Correia, Joana Inês Ribeiro de Sá – Dimensionamento de Cofragens para Estruturas de Betão Armado. Aveiro: Universidade de Aveiro, 2008. Tese de Mestrado.
- ❖ Lopes, Duarte Barroso – Cálculo de Cofragens de acordo com o EC5. Porto: Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000. Tese de Mestrado.
- ❖ <http://www.edp.pt/>
- ❖ <http://intranet.edpon.edp.pt/>
- ❖ <http://www.edpdistribuicao.pt/pt/rede/Pages/subestacao.aspx>
- ❖ <http://www.prof2000.pt/users/lpa/>
- ❖ <http://orcamentos.eu/>



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXOS



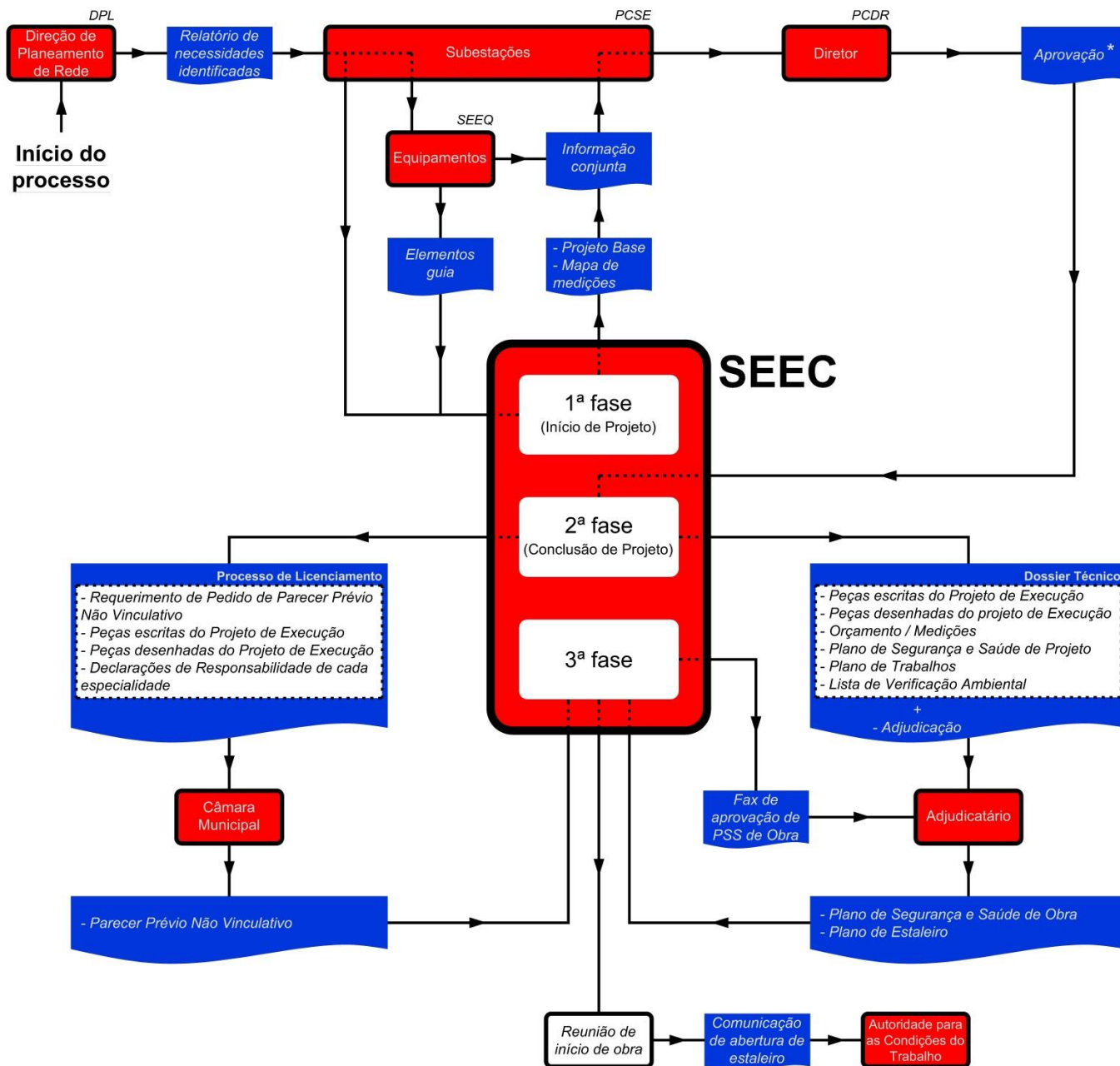
ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“*Projeto e Construção de Subestações*”

ANEXO Nº I - Desenvolvimento do processo de execução de subestações



* Caso o valor esteja dentro dos valores aprovados




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº II - Atividade CEC ESE 2011 código 120196

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120196	PEAPAV-COLOCAÇÃO BRITA+TELA	Pavimentações-fornecimento e colocação de brita, incluindo tela	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE Fornecimento e colocação de brita 12/25 com 0,15m de espessura, sobre tela de polietileno furada, de baixa densidade, preto, com 120 <u>microns</u> de espessura, com sobreposição de 0,10m de largura, incluindo a colocação de "bolachas" em argamassa de 0,10mx0,10mx0,01m, ao longo das sobreposições espaçadas de 2,0 metros.			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS

Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120196	PEA06	PEAPAV-COLOCAÇÃO BRITA+TELA	Pavimentações - fornecimento e colocação de brita, incluindo tela	m2	5,66 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº III - Atividade CEC ESE 2011 código 120203

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120203	PEAMVD-MUROS BET LIG.ARMADO	Muros - execução de muros de betão ligeiramente armado	m3
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
<p>Fornecimento e aplicação de betão da classe C20/25, com aditivo hidrófugo, ligeiramente armado com aço da classe A235 NR, em muros de vedação tipo, incluindo cofragem, descofragem, tubo para passagem do cabo da rede de terras e pintado com resina sintética e todas as operações necessárias - Desenhos 00 00 S5 2009 00 59 001 01 00 A e 00 00 S5 2009 00 59 002 01 00.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120203	PEA13	PEAMVD-MUROS BET LIG.ARMADO	Muros - execução de muros de betão ligeiramente armado	m3	193,09 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº IV - Atividade CEC ESE 2011 código 120224

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120224	PEADRE-CAIXAS VISITA	Drenagens - execução de caixas de visita	un
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE <p>Fornecimento e colocação de caixas de visita Tipo I, em betão, incluindo escavação em terreno de qualquer natureza até à profundidade de 1,50m, regularização e compactação do seu fundo e remoção e dos produtos sobrantes para vazadouro autorizado, cofragem armaduras, tampas de ferro fundido estanques tipo "FUCOLI" e todos os trabalhos necessários, de acordo com o desenho</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS

Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120224	PEA34	PEADRE-CAIXAS VISITA	Drenagens - execução de caixas de visita	un	316,17 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“*Projeto e Construção de Subestações*”

ANEXO Nº V - Atividade CEC ESE 2011 código 120287

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120287	ECBET-VIGAS-LAJES-PLATIBANDA	Betões -vigas / lajes / platibanda	m3
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
Execução de vigas / lajes / platibanda em betão da classe C20/25 com aditivo hidrófugo, incluindo betão de limpeza, fornecimento, corte, dobragem e colocação de armaduras em aço A400 NR, bem como fornecimento, colocação e desmontagem de cofragens e escoramentos. Inclui todos os fornecimentos e tarefas necessárias para o efeito. O acabamento das faces visíveis das vigas será em betão à vista, enquanto que as lajes poderão ter ou não face em betão à vista.			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS

Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120287	EC04	ECBET-VIGAS-LAJES-PLATIBANDA	Betões - vigas / lajes / platibanda	m3	236,57 €



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº VI - Atividade CEC ESE 2011 código 120293



CEC – ESE 2011
 Anexo I-Lista actividades
 Construção Civil
 Março 2012

Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120293	ECALV-PAREDE DUPLA	Alvenarias - paredes duplas em tijolo 30x20x11 + 30x20x11 ou 7	m2

DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE

Execução de parede exterior dupla composta por alvenaria de tijolo 30x20x11 e 30x20x11 ou 7, assente sobre argamassa de cimento e areia, incluindo todos os fornecimentos e tarefas necessárias para o efeito.

CONSIDERA-SE INCLUÍDO

- Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade.
- Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade.
- Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos).
- Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade.
- Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade.
- Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário.
- Limpeza do local de intervenção.
- Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade.

CONSIDERA-SE EXCLUÍDO

- Não há referências a exclusões.

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS

Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120293	EC10	ECALV-PAREDE DUPLA	Alvenarias - paredes duplas em tijolo 30x20x11 + 30x20x11 ou 7	m2	20,28 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº VII - Atividade CEC ESE 2011 código 120294

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120294	ECALV-PAREDE SIMPLES	Alvenarias - paredes simples em tijolo 30x20x20, 15 ou 11	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
<p>Execução de parede simples em alvenaria de tijolo 30x20x20, 30x20x15 ou 30x20x11, assente sobre argamassa de cimento e areia, incluindo todos os fornecimentos e tarefas necessárias para o efeito.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120294	EC11	ECALV-PAREDE SIMPLES	Alvenarias - paredes simples em tijolo 30x20x20, 15 ou 11	m2	12,49 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº VIII - Atividade CEC ESE 2011 código 120295

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120295	ECREV-REBOCO EXTERIOR	Revestimentos - rebocos exteriores com aditivo impermeabilizante	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE <p>Execução de <u>salpisco</u>, emboço e reboco com argamassa de cimento e areia com aditivo impermeabilizante em paredes e consola no exterior, incluindo todos os fornecimentos e tarefas necessárias para o efeito.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120295	EC12	ECREV-REBOCO EXTERIOR	Revestimentos - rebocos exteriores com aditivo impermeabilizante	m2	8,69 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“*Projeto e Construção de Subestações*”

ANEXO Nº IX - Atividade CEC ESE 2011 código 120327

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120327	ECIMP-CAMADA DE FORMA	Impermeabilizações - Execução da camada de forma, com os respectivos caimentos	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
<p>Execução de camada de forma em argamassa de cimento e areia nas pendentes da cobertura, com os respectivos caimentos. Inclui todos os fornecimentos e tarefas necessárias para o efeito.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120327	EC44	ECIMP-CAMADA DE FORMA	Impermeabilizações - Execução da camada de forma, com os respectivos caimentos	m2	12,55 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº X - Atividade CEC ESE 2011 código 120328

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120328	ECIMP-COM 1 TELA	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de uma tela de membrana asfáltica	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE Impermeabilização da cobertura com membrana tipo "POLYXIS R40", incluindo todos os fornecimentos e tarefas associadas ao fim a que se destinam.			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. O empreiteiro deverá submeter à aprovação da fiscalização, o tipo de telas e os acessórios a aplicar, devendo para o efeito apresentar as características técnicas, documentos de homologação e respectivas amostras. Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. Limpeza do local de intervenção. Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. A firma aplicadora deverá emitir uma declaração de garantia do material e dos trabalhos executados pelo prazo de 10 anos. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120328	EC45	ECIMP-COM 1 TELA	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de uma tela de membrana asfáltica	m2	8,79 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XI - Atividade CEC ESE 2011 código 120329

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120329	ECIMP-COM 2 TELAS	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de duas telas, sendo uma membrana asfáltica, e a superior com acabamento mineralizado	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
Impermeabilização da cobertura após a execução da camada de forma durante a betonagem, com membrana asfáltica do tipo "POLYPLÁS 25", seguida de aplicação de membrana betuminosa do tipo "POLYXIS R40", com acabamento mineralizado. A membrana dobrará na platibanda e topo da mesma para o seu interior, e será fixada com cantoneira L 40X40X3, de acordo com o pormenor, incluindo todos os fornecimentos e tarefas associadas ao fim a que se destinam.			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. ▪ Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. ▪ Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). ▪ Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. ▪ Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. ▪ O empreiteiro deverá submeter à aprovação da fiscalização, o tipo de telas e os acessórios a aplicar, devendo para o efeito apresentar as características técnicas, documentos de homologação e respectivas amostras. ▪ Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. ▪ Limpeza do local de intervenção. ▪ Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. ▪ A firma aplicadora deverá emitir uma declaração de garantia do material e dos trabalhos executados pelo prazo de 10 anos. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120329	EC46	ECIMP-COM 2 TELAS	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de duas telas, sendo uma membrana asfáltica, e a superior com acabamento mineralizado	m2	17,38 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

**Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”**

ANEXO Nº XII - Atividade CEC ESE 2011 código 120330

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120330	ECIMP-ROOFMATE	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de «roofmate» em coberturas	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
<p>Isolamento térmico da cobertura com chapas de poliestireno do tipo "ROOFMATE" com 30 mm de espessura, incluindo todos os fornecimentos e trabalhos necessários para o efeito.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120330	EC47	ECIMP-ROOFMATE	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de «roofmate» em coberturas	m2	6,09 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XIII - Atividade CEC ESE 2011 código 120331

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista atividades Construção Civil Março 2012	
Código da atividade	Designação da atividade	Descrição da atividade	Unidade
120331	ECIMP-WALLMATE	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de «wallmate» em paredes	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
<p>Isolamento térmico de paredes com placas de espuma de poliestireno do tipo "WALLMATE" com 30 mm de espessura, incluindo todos os fornecimentos e trabalhos necessários para o efeito.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120331	EC48	ECIMP-WALLMATE	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de «wallmate» em paredes	m2	5,86 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XIV - Atividade CEC ESE 2011 código 120332

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120332	ECIMP-RUFOS ZINCO	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de rufos em zinco n.º 14	m
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
<p>Fornecimento e montagem de rufo m zinco nº 14 BWG, de acordo com plano de pormenores. incluindo todos os fornecimentos e trabalhos necessários para o efeito.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120332	EC49	ECIMP-RUFOS ZINCO	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de rufos em zinco n.º 14	m	26,82 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XV - Atividade CEC ESE 2011 código 120334

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120334	ECIMP-PAINÉIS SANDWICH	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de chapas de cobertura em «painéis sandwich»	m2
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE <p>Fornecimento e montagem de cobertura do edifício em <u>em</u> «painéis sandwich», incluindo todos os acessórios de remates, acabamentos e de fixação, e toda a estrutura para apoio, de acordo com os planos de pormenor. Inclui todos os fornecimentos e trabalhos necessários para o efeito.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120334	EC51	ECIMP-PAINÉIS SANDWICH	Impermeabilizações - Fornecimento e colocação de chapas de cobertura em «painéis sandwich»	m2	44,72 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XVI - Atividade CEC ESE 2011 código 120358

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120358	ECDIV-TUBOS QUEDA E LIGAÇÕES	Diversos - Fornecimento e colocação de tubos de queda, rede exterior de escoamento c/ respectivas caixas e ligações à drenagem	m
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE			
<p>Fornecimento e colocação de tubos de queda, rede exterior de escoamento e ligações à drenagem pluvial, em tubos de PVC com PN 4 kg/cm², incluindo execução de caixa de visita tipo I, completas, com tampas de ferro fundido tipo "FUCOLI", caixas de drenagem, ligações às sarjetas de pavimento ou caixas de drenagem, ralos de pinha, <u>escarpulas</u> com todos os fornecimentos e tarefas necessárias para o efeito.</p>			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO			
<ul style="list-style-type: none"> • Não há referências a exclusões. 			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120358	EC75	ECDIV-TUBOS QUEDA E LIGAÇÕES	Diversos - Fornecimento e colocação de tubos de queda, rede exterior de escoamento c/ respectivas caixas e ligações à drenagem	m	30,44 €




ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XVII - Atividade CEC ESE 2011 código 120881

		CEC – ESE 2011 Anexo I-Lista actividades Construção Civil Março 2012	
Código da actividade	Designação da actividade	Descrição da actividade	Unidade
120881	LPU-VIGOTAS PRÉ-ESFORÇADAS	Fornecimento e aplicação de vigotas pré-esforçadas	m
DESCRIÇÃO DA ACTIVIDADE Fornecimento e aplicação de vigotas pré-esforçadas de 120x120.			
CONSIDERA-SE INCLUÍDO <ul style="list-style-type: none"> • Meios humanos, máquinas e ferramentas necessários à realização da actividade. • Transporte do pessoal, materiais e equipamentos necessários à execução da actividade. • Transporte de materiais sobrantes a qualquer distância (a vazadouro autorizado ou a local a definir pela fiscalização para posterior aplicação nas zonas de trabalhos). • Fornecimento de todos os materiais necessários à actividade. • Todos os trabalhos necessários para a boa execução da actividade. • Fornecimento e preenchimento dos documentos de transporte dos resíduos (guias de acompanhamento de resíduos), previstos na lei em vigor, se necessário. • Limpeza do local de intervenção. • Reparação de eventuais danos decorrentes da execução da actividade. 			
CONSIDERA-SE EXCLUÍDO Não há referências a exclusões.			

ESE 2011 CC CEC ANEXO II - CUSTOS					
Código Numérico	Código	Designação da Actividade	Descrição da Actividade	Un	Preço Ref.
120881	PU33	LPU-VIGOTAS PRÉ-ESFORÇADAS	Fornecimento e aplicação de vigotas pré-esforçadas	m	5,00 €



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XVIII - Preço de betonilha de regularização exterior

Item	Descrição	Un	Preço custo	Margem lucro	Preço Venda
14.01.11	Betonilha de regularização exterior com 5cm de espessura e acabamento talochado, executada com argamassa de cimento e areia ao traço 1:4, fabricada em obra.	m2	7,40 €	20,00%	8,880 €
Ficha de rendimento					
Tipo	Descrição	Un	Preço	Qte	Total
Mão-de-obra	Pedreiro	hr	9,700 €	0,2640	2,561 €
	Servente	hr	7,936 €	0,1128	0,895 €
Sub total					3,456 €
Materiais	Argamassa cimento + areia 1:4	m3	70,830 €	0,0525	3,719 €



Sub total					3,719 €
Equipamentos	Nivel de Laser Hilti	hr	0,418 €	0,377	0,158 €
Sub total					0,158 €
Ferramentas	Régua de Alumínio 3000 x 10 x 2 cm	hr	0,035 €	0,377	0,013 €
	Grampo pedreiro nº1	hr	0,008 €	0,377	0,003 €
	Gamela Plástica 35 Lts	hr	0,031 €	0,377	0,012 €
	Esquadro pedreiro 800 x 400mm	hr	0,008 €	0,377	0,003 €
	Talocha lisa 300x150mm cabo plastico	hr	0,013 €	0,377	0,005 €
	Nivel de bolha 800mm	hr	0,030 €	0,377	0,011 €
	Baldes pretos de 10lt	hr	0,010 €	0,377	0,004 €
	Ponteiro e	hr	0,016 €	0,377	0,006 €



	cinzel				
	Maçeta	hr	0,011 €	0,377	0,004 €
	Colher de pedreiro	hr	0,011 €	0,377	0,004 €
Total					7,398 €
	Descrição	Más	Medianas	Boas	Óptimas
Condições particulares da obra	Produção (m2 por dia)	10,616	15,165	21,231	26,539
	Rendimento (horas por m2)	0,754	0,528	0,377	0,301
	Mão de obra	6,912	4,838	3,46 €	2,765
	Preço custo	10,85 €	8,78 €	7,40 €	5,92 €
	Preço venda	13,02 €	10,54 €	8,88 €	7,10 €



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XIX - Preço betão leve tipo “Leca Mix B”

Item	Descrição	Un	Preço custo	Administração e lucros	Preço Venda
05.14.02	Fornecimento e execução de betão leve Leca Mix B constituído por agregados de argila expandida, cimento e aditivos em camadas de enchimento de pisos interiores, pisos técnicos e formação de pendentes de coberturas.	m3	91,24 €	20,00%	109,49 €
Ficha de rendimento					
Tipo	Descrição	Un	Preço	Ote	Total
Mão-de-obra	Pedreiro	hr	9,700 €	0,1000	0,970 €
	Servente	hr	7,936 €	1,5000	11,904 €
Sub total					12,874 €
Materiais	Água	m3	1,400 €	0,0800	0,112 €
	Weber.Leca Mix	lt	0,070 €	1102,500	77,175 €



Sub total						77,287 €
Equipamentos	Betoneira eléctrica	hr	0,710 €	1,500	1,065 €	
Sub total						1,065 €
Ferramentas	Pá de bico	hr	0,008 €	1,500	0,012 €	
	Enxada larga	hr	0,014 €	0,100	0,001 €	
	Régua de Alumínio 3000 x 10 x 2 cm	hr	0,035 €	0,100	0,004 €	
	Talocha lisa 300x150mm cabo plástico	hr	0,013 €	0,100	0,001 €	
Sub total						0,018 €
Total						91,244 €
	Descrição	Más	Medianas	Boas	Óptimas	
Condições particulares da obra	Produção (m3 por dia)	2,500	3,571	5,000	6,250	
	Rendimento (horas por m3)	3,200	2,240	1,600	1,280	
	Mão de obra	25,748	18,024	12,87 €	10,299	
	Preço custo	104,12 €	96,39 €	91,24 €	73,00 €	
	Preço venda	124,94 €	115,67 €	109,49 €	87,59 €	

ANEXO Nº XX - Preço lajetas térmicas tipo “Grisol”

Item	Descrição	Un	Preço custo	Margem lucro	Preço Venda
36.01.03	Lajetas térmicas Grisol 60x60cm ref [®] NP2 50/25, em coberturas técnicas na cor cinza (N), acabamento em betonilha com inertes de 2/4mm com 25mm de espessura (P2), isolamento térmico com 50mm de espessura e apoios 120x120x10m	m2	25,725 €	20,00%	30,870 €
Previsão de valor em função das condições particulares da obra	Descrição	Más	Medianas	Boas	Óptimas
	Produção (m2 por dia)	6,160	8,800	12,321	15,401
	Rendimento (horas por m2)	1,299	0,909	0,649	0,519
	Mão de obra por m2	11,25 €	7,87 €	5,62 €	4,50 €
	Preço custo por m2	31,35 €	27,97 €	25,73 €	20,58 €
	Preço venda por m2	37,62 €	33,57 €	30,87 €	24,70 €
Descrição curta	36.01.03 – Lajeta cob técnica Grisol NP2 50/25	Produção		Rendimento	
		12,321 m2/dia		0,649 hr/m2	
Tipo	Descrição	Un	Qte	Preço	Total
Mão-de-obra	Calceteiro	hr	0,267	9,700 €	2,591 €
	Servente	hr	0,382	7,936 €	3,033 €
Mão-de-obra					



Total					5,624 €
Materiais	Apoios 120x120x10mm (técnicas)	un	8,330	0,250 €	2,083 €
	Lajeta térmica NP2 50/25 (Z3) 600x600	m2	1,100	16,250 €	17,875 €
Materiais Total					19,958 €
Equipamento	Rebarbadora Bosch GWS 22-230mm	hr	0,364	0,286 €	0,104 €
Equipamento Total					0,104 €
Ferramentas	Baldes pretos de 10lt	hr	0,364	0,009 €	0,003 €
	Maçeta	hr	0,364	0,011 €	0,004 €
	Maço de borracha 250g	hr	0,364	0,007 €	0,003 €
	Nível de bolha 800mm	hr	0,364	0,030 €	0,011 €
	Ponteiro e cinzel	hr	0,364	0,016 €	0,006 €
	Réguas de Alumínio 3000 x 10 x 2 cm	hr	0,364	0,035 €	0,013 €
Ferramentas Total					0,039 €
Grand Total					25,725 €

ANEXO Nº XXI - Preço geotêxtil

08/04/14

DANOSA - Geotêxteis de poliéster

danosa

Danosa **Produtos** Soluções Obras Documentação Norma Emprego Contactar

Pesquisar

Geotêxteis de poliéster

Geotêxteis

Descrição

Geotêxtil não-tecido de poliéster, fabricado por meio dum processo de agulhado. Tem um excelente comportamento mecânico (protecção, separação) e hidráulico (filtração)

Utiliza-se principalmente em edificação, como protecção de lâminas impermeabilizantes, antes da colocação da protecção pesada, bem como lâmina auxiliar de separação e filtração.

Ficha * Técnica	Denominação comercial	Peso (g/m ²)	Dimensões (m)	Preço
710039	Danofelt PY 120	120 (+10%,-15%)	Rolos 100 x 2.2	0.71 €/m ²
710032			Rolos 200 x 2.2	0.69 €/m ²
710412		120, ±5%	Rolos 200 x 4.4	0.69 €/m ²

[Lâminas sintéticas](#)
[Impermeabilização](#)
[Isolamento Acústico](#)
[Isolamento Térmico](#)
[Drenagens](#)
[Geotêxteis](#)
 [Geotêxteis de poliéster](#)
 [Geotêxteis de polipropileno](#)
 [Separadores](#)
[Clarabóia](#)



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XXII - Preço ETICS

Item	Descrição	Un	Preço custo	Administração e lucros	Preço Venda
12.01.03	Fornecimento e execução de sistema de isolamento térmico ETICS com placa EPS100 de 60mm, constituído por: - Fassa A96 – cimento cola para eps - Placas EPS 60mm - Rede de reforço fibra de vidro 160g/m2 - Fassa FS412 primário fixador - Fassa RTA 549 Revestimento rústico acrílico na cor branca incluindo perfil de arranque em alumínio, perfis de canto em PVC com rede 10x15cm	m2	29,73 €	20,00%	35,68 €
Ficha de rendimento					
Tipo	Descrição	Un	Preço	Qte	Total
Mão-de-obra	Estucador – Oficial	hr	9,700 €	0,9304	9,025 €
	Estucador – Ajudante	hr	7,936 €	0,2328	1,848 €

Sub total					10,873 €
Materiais	Placas EPS 100 – 60mm	m2	5,150 €	1,1500	5,923 €
	Bucha perfil arranque – 38mm	un	0,070 €	0,825	0,058 €
	Bucha expansível placas EPS 60/70mm	un	0,140 €	6,000	0,840 €
	Perfil canto PVC + rede 10x15cm 2.50m	ml	1,180 €	0,720	0,850 €
	Perfil arranque alu+goteira 60mm 2.50m	ml	3,640 €	0,330	1,201 €
	Rede de armação FV reforçada 160g/m2	m2	1,010 €	1,250	1,263 €
	Faixa A96 – Cimento cola para ETICS	kg	0,430 €	9,000	3,870 €
			,950 €	0,150	0,743 €
			,460 €	2,500	3,650 €
Sub total					18,398 €
Equipamentos	Martelo perfurador Bosch GBH 2-26 800w	hr	0,390 €	0,941	0,367 €
Sub total					0,367 €
Ferramentas	Grampo pedreiro nº1	hr	0,008 €	0,941	0,008 €
	Gamela Plástica 35 Lts	hr	0,031 €	0,941	0,029 €
	Nível de bolha 800mm	hr	0,030 €	0,941	0,028 €
	Colher de Estucador	hr	0,011 €	0,941	0,010 €
	Talocha inox lisa	hr	0,013 €	0,941	0,012 €



Total					29,725 €
	Descrição	Más	Medianas	Boas	Óptimas
Condições particulares da obra	Produção (m2 por dia)	3,439	4,913	6,878	8,598
	Rendimento (horas por m2)	2,326	1,628	1,163	0,931
	Mão de obra	21,746	15,222	10,87 €	8,698
	Preço custo	40,60 €	34,07 €	29,73 €	23,78 €
	Preço venda	48,72 €	40,89 €	35,67 €	28,54 €



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XXIII - Preço de aço



VARÃO PARA BETÃO

APROVADO PELO LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL (L.N.E.C.)
 CERTIFICADO PELO INSTITUTO PORTUGUES DE QUALIDADE (I.P.Q.)

VARAO LISO A 235 NL

MEDIDAS	CÓDIGOS	EUROS/KG	PESO ESPC.
06 m/m	10023506	0,970	0,222 kg
08 m/m	10023508	0,970	0,395 kg
10 m/m	10023510	0,925	0,617 kg
12 m/m	10023512	0,925	0,888 kg
16 m/m	10023516	0,925	1,587 kg
20 m/m	10023520	0,925	2,466 kg
25 m/m	10023525	0,925	3,853 kg
32 m/m	10023532	0,925	6,313 kg
40 m/m	10023540	0,925	9,865 kg

VARAO NERVURADO A 400 NR

MEDIDAS	CÓDIGOS	EUROS/KG	PESO ESPC.
06 m/m	10040006	0,775	0,222 kg
08 m/m	10040008	0,755	0,395 kg
10 m/m	10040010	0,725	0,617 kg
12 m/m	10040012	0,705	0,888 kg
16 m/m	10040016	0,700	1,587 kg
20 m/m	10040020	0,700	2,466 kg
25 m/m	10040025	0,710	3,853 kg
32 m/m	10040032	0,740	6,313 kg
40 m/m	10040040	---	9,865 kg

VARAO NERVURADO A 500 NR

MEDIDAS	CÓDIGOS	EUROS/KG	PESO ESPC.
06 m/m	10050006	0,785	0,222 kg
08 m/m	10050008	0,765	0,395 kg
10 m/m	10050010	0,735	0,617 kg
12 m/m	10050012	0,715	0,888 kg
16 m/m	10050016	0,710	1,587 kg
20 m/m	10050020	0,710	2,466 kg
25 m/m	10050025	0,720	3,853 kg
32 m/m	10050032	0,750	6,313 kg
40 m/m	10050040	---	9,865 kg



“PREÇOS SUJEITOS A I.V.A À TAXA LEGAL”
 Esta tabela pode ser alterada sem aviso prévio.

02/ABRIL/2014



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XXIV - Betão leve tipo “Leca Mix B”



Leca® Mix

Descrição do produto

Pré-mistura leve e isolante de argila expandida Leca® de granulometria entre 4 mm e 12,5 mm com cimento e aditivos, de secagem rápida.

Armazenamento

O manuseamento do material durante o transporte e o armazenamento podem influenciar as suas características. Este produto deve ser armazenado em local abrigado da chuva e protegido da humidade.

Aplicações

Enchimento de pisos térreos, pisos elevados, pisos técnicos e coberturas, em interior ou exterior. Leca® Mix foi desenvolvido para poder ser aplicado com bombagem, usando máquinas tipo Putzmeister. O produto pode ser também aplicado manualmente, em balde, com um misturador / betoneira.

ATENÇÃO: Deve-se utilizar todo o conteúdo de cada saco!

Instruções de aplicação

Despejar todo o conteúdo do saco na betoneira; adicionar apenas 4 litros de água limpa por cada saco de Leca® Mix; misturar até que o produto apresente uma cor cinzenta brilhante; espalhar a mistura Leca® Mix com a espessura desejada e compactá-la; esperar pelo menos uma semana antes de aplicar qualquer outro revestimento.

Instruções de segurança

Perigoso – contém composto de elevado teor alcalino. Antes da utilização de Leca® Mix devem ser observadas todas as informações relativas às medidas de precaução contidas na **Ficha de Segurança**.

Embalagem

Saco 50 l (22 kg \pm 10%)

Curva granulométrica do agregado Leca® (NP EN 933-1)

A curva e valores apresentados neste ponto referem-se a 419 testes efectuados a 3352 amostras recolhidas durante 2010 e não devem ser considerados como uma especificação geral do material em questão.



Saint-Gobain Weber Portugal, S.A. | Tojeira, Apartado 16 | 3240-908 A vejar | T. 51 236 620 600 | F. 236 620 620 | www.weber.com.pt

Assistência Técnica Telefónica: 800 200 025

FT20110204Leca Mix



Malha do peneiro [mm]	2,00	4,00	5,60	6,30	8,00	10,00	11,20	12,50	14,00
Média-Passado acumulado [% peso]	3	4	17	27	51	80	93	99	100
Desvio Padrão	2	3	10	11	13	9	4	1	0
Média+Desvio Padrão	5	7	27	38	64	89	98	100	100
Média-Desvio Padrão	0	1	8	16	38	71	89	97	100
Max. Valor Declarado		15							
Mini. Valor Declarado								90	
$d_{50} \pm$ Desvio Padrão		7,9	\pm	0,8					

Características físicas do produto

- Humidade na entrega: inferior ou igual a 1% (kg/kg), variando com as condições climatéricas;
- Forma da partícula de Leca[®]: aproximadamente esférica;
- Reacção ao fogo: incombustível Euroclasse A1
- Resistência do agregado Leca[®] ao esmagamento: 1,0 MPa NP EN 13055-1;
- Massa volúmica aparente seca: 480kg/m³ \pm 15%
- Resistência à compressão da mistura endurecida, aos 28 dias: > 0,7 MPa (Relatório Técnico – ISEC – Junho.2004)
- Condutibilidade térmica da mistura endurecida e seca: 0,156 W/m°C (Relatório – LFC/IC – 135.2003)
- Secagem: teor de humidade, ao fim de 30 dias, após secagem a 20° C e humidade relativa de 50% (Relatório – LFC/IC – 140.2004)

Teor de humidade	Espessura da camada = 5 cm	Espessura da camada = 10 cm
À superfície da camada	1,7%	1,7%
Ponto intermédio da camada	n.a.	2,8%
Na face inferior da camada	4,0%	3,7%

Dados económicos

- Consumo: 100 l (2 sacos) de Leca[®]Mix / m², para um enchimento de 10 cm;
- Espessuras de aplicação:
 mínima = \pm 50 mm
 máxima = \pm 500 mm;

Para mais informação consultar a Ficha de Segurança.

A informação sobre o produto constante desta Ficha é apresentada de boa fé e baseia-se na experiência e conhecimento acumulado, em situações de utilização tipificadas. As condições de aplicação e utilização poderão influenciar o comportamento do produto, pelo que será aconselhável realizar verificações e testes em cada situação específica.



Saint-Gobain Weber Portugal, S.A. | Tojeira, Apartado 16 | 3240-908 Avelar | T. 51 236 620 600 | F. 236 620 620 | www.weber.com.pt

Assistência Técnica Telefónica: 800 200 025

FT20110204Leca Mix

ANEXO Nº XXV - Lajetas térmicas tipo “Grisol”

GRAZIMAC

15

Lajetas Térmicas Grisof



Prestações da Lajeta Grisol®

Propriedade	Referência		Unidade	Norma
	P2	3		
Resistência à tração	160	190	kPa	EN 1607
Estabilidade dimensional (48H, 70°C, 90%hr)	<0,1	<0,1%	%	NP EN 1604
Refletância total (gama do ultravioleta a visível, em condições D65/10°)	Cinza	Branco	%	
	17,6	49,2		

Prestações da Argamassa

Propriedade	Referência		Unidade	Norma
	P2	3		
Massa Volúmica	1820	1860	kg/m³	EN 1015-10
Resistência à flexão	>3	>4	N/mm²	EN 1015-11
Resistência à compressão	>15	>11	N/mm²	EN 1015-11
Absorção de água por difusão	4,5	3,3	% m/m	NP EN 12088
Absorção de água por imersão	3,7	4,0	% m/m	NP EN 12087

Prestações do Isolamento Térmico

Propriedade	Produto	Unidade	Norma
Resistência à compressão (10%)	300	kPa	EN 826
Densidade mínima	33	kg/m³	EN 1602
Condutibilidade térmica	0,033	W/mK	EN 13164
Absorção de água	<0,7	% Volume	EN 12087
Reação ao fogo	E	Euroclasse	EN 13501-1
Temperatura de aplicação	-50 / +75	°C	
Capilaridade	Nula		
Acabamento perimetral			



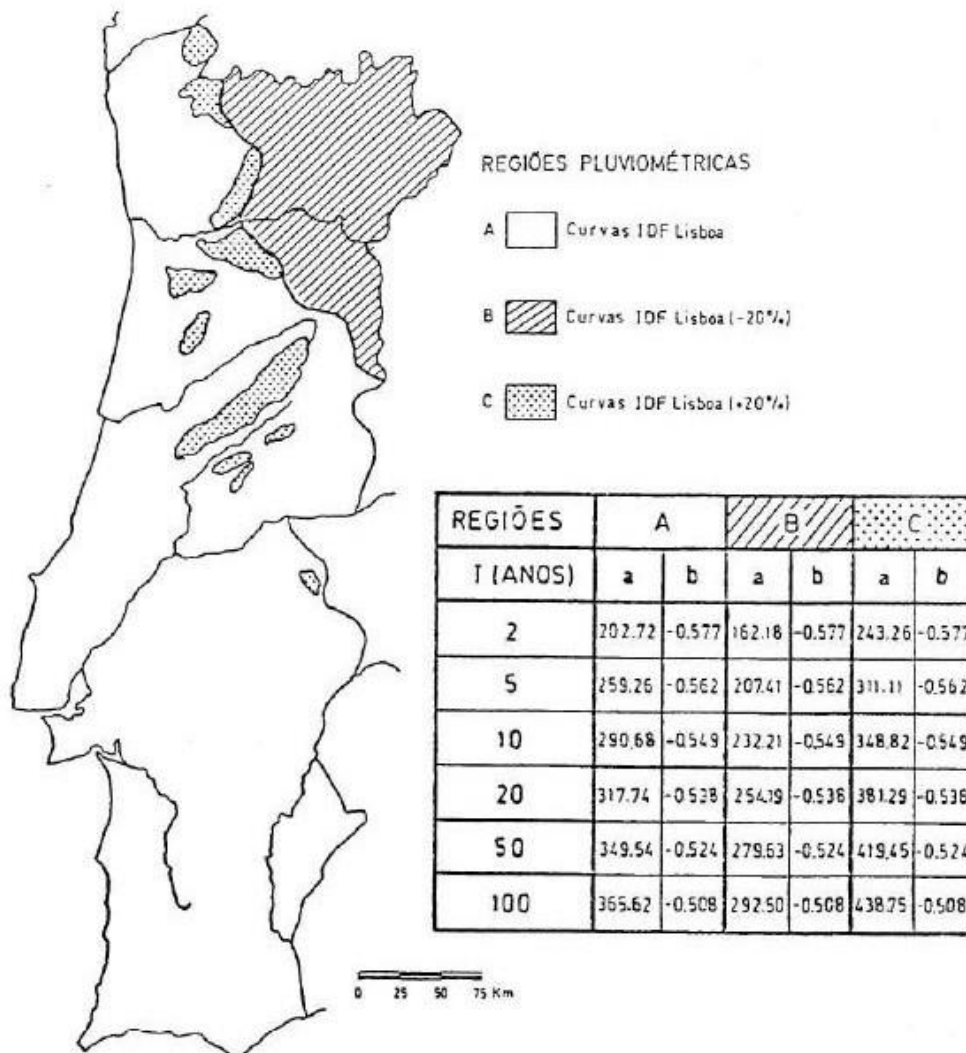
ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”

ANEXO Nº XXVI - Regiões Pluviométricas Portugal continental



REGIÃO PLUVIOMÉTRICA A – inclui as áreas não referidas em B e C

REGIÃO PLUVIOMÉTRICA B - inclui os concelhos seguintes: Alfândega da Fé, Aljô, Almeida, Armamar, Boticas, Bragança, Carrazeda de Anciães, Chaves, Figueira de Castelo Rodrigo, Freixo de Espada à Cinta, Macedo de Cavaleiros, Meda, Miranda do Douro, Mirandela, Mogadouro, Montalegre, Murça, Penedono, Pinhel, Ribeira de Pena, Sabroda, Santa Marta de Penaguião, São João da Pesqueira, Sernancelhe, Tabuaço, Torre de Moncorvo, Trancoso, Valpaços, Vila Flor, Vila Pouca de Aguiar, Vila Nova de Foz Côa, Vila Real, Vimioso e Vinhais.

REGIÃO PLUVIOMÉTRICA C - inclui os concelhos das Regiões autónomas dos Açores e da Madeira e do Continente, os concelhos de Guarda, Manteigas, Moimenta da Beira, Sabugal e Tarouca, e as áreas situadas a altitude superior a 700 metros dos concelhos de Aguiar da Beira, Amarante, Arcos de Valdevez, Arganil, Arouca, Castanheira de Pêra, Castro Daire, Celorico da Beira, Cinfães, Covilhã, Fundão, Góis, Gouveia, Lamego, Marvão, Melgaço, Oleiros, Pampilhosa da Serra, Ponte da Barca, Resende, Seia, S. Pedro do Sul, Terras do Bouro, Tondela, Vale de Cambra, Vila Nova de Paiva e Vouzela.



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“*Projeto e Construção de Subestações*”

ANEXO Nº XXVII - Detalhe de orçamentação da SE Vila Chã

SE Vila Chã Remodelação

2014-abr-14

Código numérico	Ref. EDP	Descrição		Unid.	Quantid.	P.unitário	Total
120184	PTF01	PTF-MVT-DECAPAGEM	Movimento de terras - decapagem geral	m2	5300	1,11 €	5.883,00 €
120187	PTF04	PTF-MVT-ATERRO T. EMPRÉSTIMO	Movimento de terras - aterro com terras de empréstimo	m3	1155	2,75 €	3.176,25 €
120193	PEA03	PEAPAV-TOUTVENANT+BETUMINOSO	Pavimentações - abertura de caixa para fundação, toutvenant e betuminoso	m2	1292	19,10 €	24.677,20 €
120195	PEA05	PEAPAV-LANCIL	Pavimentações - fornecimento e colocação de lancil	m	349	12,09 €	4.219,41 €
120201	PEA11	PEAMVD-SAPATAS BET LIG.ARMADO	Muros - execução de sapatas em betão ligeiramente armado	m3	16,74	135,11 €	2.261,74 €
120205	PEA15	PEAMVD-OMBREIRAS	Muros - execução de ombreiras, incluindo escavação, armaduras e betões	un	2	388,74 €	777,48 €
120203	PEA13	PEAMVD-MUROS BET LIG.ARMADO	Muros - execução de muros de betão ligeiramente armado	m3	16,74	193,09 €	3.232,33 €
120207	PEA17	PEAMVD-PORTÃO	Vedações - execução de portão	un	1	962,14 €	962,14 €
120208	PEA18	PEAMVD-PAINÉIS COM 2,03 M	Vedações - execução de vedação em painéis com 2,03 m de altura	m	186	39,03 €	7.259,58 €
120196	PEA06	PEAPAV-COLOCAÇÃO BRITA+TELA	Pavimentações - fornecimento e colocação de brita, incluindo tela	m2	698	5,66 €	3.950,68 €
120214	PEA24	PEADRERCT-TUBO PVC 200	Drenagens - fornecimento e colocação de tubo PVC Ø 200 mm, PN 4 kg/cm2	m	156	15,21 €	2.372,76 €
120215	PEA25	PEADRERCT-TUBO PVC 160	Drenagens - fornecimento e colocação de tubo PVC Ø 160 mm, PN 4 kg/cm2	m	107	12,76 €	1.365,32 €
120216	PEA26	PEADRERCT-TUBO PVC 110/125/140	Drenagens - fornecimento e colocação de tubo PVC Ø 110 mm, Ø 125 mm ou Ø 140 mm, PN 4 kg/cm2	m	201	12,93 €	2.598,93 €
120218	PEA28	PEADRE-GEODRENO 200	Drenagens - execução de geodreno Ø 200 mm	m	22	10,22 €	224,84 €
120221	PEA31	PEADRE-CÂMARA VISITA	Drenagens - execução de câmaras de visita	un	8	284,86 €	2.278,88 €
120222	PEA32	PEADRE-SARGETA	Drenagens - execução de sargeta de pavimento	un	10	183,66 €	1.836,60 €
120224	PEA34	PEADRE-CAIXAS VISITA	Drenagens - execução de caixas de visita	un	9	316,17 €	2.845,53 €
120223	PEA33	PEADRE-CANAL COM GRELHA METÁL	Drenagens - execução de canal com grelha metálica	m	13	83,09 €	1.080,17 €
120232	PEA42	PEARCT-CABO COBRE RTERRAS	Redes - fornecimento e colocação de cabo de cobre (c/ ou s/ escavação)	m	1725	11,50 €	19.837,50 €

120233	PEA43	PEAECRCT-LIGADORES E TERMINAIS	Redes - fornecimento e aplicação de cês, terminais de cobre de ligação a prumos de vedação e terminais de ligação aos pilares do edifício	un	317	9,17 €	2.906,89 €
120234	PEA44	PEARCT-ELÉCTRODOS DE TERRA	Redes - caixas de electrodos de terra	un	6	231,64 €	1.389,84 €
120235	PEA45	PEARCT-BATERIA TUBOS 6Ø90	Travessia de arruamentos com baterias de tubos 6 Ø 90 mm, PN 4 kg/cm2	m	50	46,76 €	2.338,00 €
120236	PEA46	PEARCT-BATERIA TUBOS 18Ø90	Travessia de arruamentos com baterias de tubos 18 Ø 90 mm, PN 4 kg/cm2	m	26	109,44 €	2.845,44 €
120237	PEA47	PEARCT-BATERIA TUBOS 4Ø160	Travessia de arruamentos com baterias de tubos 4 Ø 160 mm, PN 4 kg/cm2	m	322	40,27 €	12.966,94 €
120240	PEA50	PEARCT-CANAL TIPO I	Canal tipo I	m	58	69,95 €	4.057,10 €
120242	PEA52	PEARCT-CANAL TIPO III	Canal tipo III	m	45	153,65 €	6.914,25 €
120248	PEA58	PEARCT-CAIXA CABOS TIPO IV A	Caixa tipo IV A - reforçada	un	1	1.446,71 €	1.446,71 €
120252	PEA62	PEARCT-CX REC. DE ÓLEOS MTP	Execução de caixa receptora de óleo para MTP	un	1	1.503,44 €	1.503,44 €
120255	PEA65	PEARCT-TUBOS GRÉS Ø150	Fornecimento e colocação de tubos de grês Ø 150 mm	m	51	59,63 €	3.041,13 €
120256	PEA66	PEARCT-TUBOS Ø50	Fornecimento e colocação de tubo PVC Ø 50 mm, PN 4 kg/cm2	m	2	4,52 €	9,04 €
120257	PEA67	PEARCT-TUBOS Ø63	Fornecimento e colocação de tubo PVC ou hidronil Ø 63 mm, PN 4 kg/cm2	m	18	5,16 €	92,88 €
120259	PEA69	PEAMAC-MACIÇOS M I	Maciços de Aparelhagem (M I)	un	9	236,37 €	2.127,33 €
120260	PEA70	PEAMAC-MACIÇOS M II	Maciços de Iluminação (M II)	un	4	132,46 €	529,84 €
120261	PEA71	PEAMAC-MACIÇOS M III	Maciços do Pórtico MT (M III)	un	2	817,71 €	1.635,42 €
120263	PEA73	PEAMAC-MACIÇOS MDR	Maciços dos Disjuntores (MDR)	un	1	307,92 €	307,92 €
120264	PEA74	PEAMAC-MACIÇOS MP	Maciços do Pórtico AT (MP)	un	3	3.399,44 €	10.198,32 €
120265	PEA75	PEAMAC-MACIÇOS MT	Maciços de Tracção (MT)	un	2	330,57 €	661,14 €
120266	PEA76	PEAMAC-MACIÇOS MBC	Maciços para Bateria de Condensadores (MBC)	un	2	550,39 €	1.100,78 €
120267	PEA77	PEAMAC-MACIÇOS M TSA/RN	Maciços para Transf. dos Serviços Auxiliares e Reactância do Neutro (M TSA/RN)	un	1	724,68 €	724,68 €
120268	PEA78	PEAMAC-MACIÇOS MTP	Maciços para Transformadores de Potência (MTP)	un	1	8.600,12 €	8.600,12 €
120279	PEA89	PEAMAC-DEMOLIÇÃO CANAIS	Demolição de canais	m	44	62,83 €	2.764,52 €
120866	PEA97	PEAMVD-REMOÇÃO DA VEDAÇÃO	Remoção da rede de vedação e prumos, incluindo transporte a vazadouro ou armazém da EDP	m	83	4,50 €	373,50 €

120284	EC01	ECMVT-ESCAVAÇÃO	Movimento de terras - escavação para sapatas / VL's / canais / valas para tubos / caixas, incluindo reposição de terras e espalhamento na plataforma	m3	53,1	9,95 €	528,35 €
120288	EC05	ECBET-CANAIS INTERIORES	Betões - canais	m3	22	164,15 €	3.611,30 €
120290	EC07	ECPAV-EM BETÃO	Pavimentos - em betão, incluindo tout-venant / armaduras / endurecedores / serragem de juntas, e execução de aberturas para passagem de cabos	m2	66	62,76 €	4.142,16 €
120292	EC09	ECPAV-SOBRELEVADO NÓNIO	Pavimentos - sobrelevado, em vinil antiestático, do tipo «nónio»	m2	9	96,56 €	869,04 €
120313	EC30	ECSER-PERFIS U200+INP+L	Serralharias e Alumínios - Fornecimento de perfis metálicos U 200x75x8, pilares INP 140x66 e cantoneiras L 20x4	m	27	106,41 €	2.873,07 €
120314	EC31	ECSER-PERFIS U120+INP+L	Serralharias e Alumínios - Fornecimento de perfis metálicos U 120x55x7, pilares INP 80x42 e cantoneiras L 20x4	m	12	70,75 €	849,00 €
120315	EC32	ECSER-L 30X4 + L 20X4	Serralharias e Alumínios - Fornecimento de cantoneiras L 30x4 e L 20x4	m	47	14,29 €	671,63 €
120316	EC33	ECSER-L 120X10	Serralharias e Alumínios - Fornecimento de cantoneiras L 120x10	m	15	14,43 €	216,45 €
120317	EC34	ECSER-L 45X5	Serralharias e Alumínios - Fornecimento de cantoneiras L 45x5	m	31	74,35 €	2.304,85 €
120319	EC36	ECSER-CHAPAS CHADREZ+GANCHOS	Serralharias e Alumínios - Fornecimento de chapa xadrez e ganchos	m2	27	115,87 €	3.128,49 €
120320	EC37	ECSER-APOIOS PARA CABOS	Serralharias e Alumínios - Fornecimento de apoios para cabos	un	19	41,72 €	792,68 €
120342	EC59	ECPIN-PAREDES EXTERIORES	Pinturas c/ tinta texturada ou plástica - paredes exteriores	m2	143	6,66 €	952,38 €
120343	EC60	ECPIN-PAREDES INTERIORES	Pinturas c/ tinta texturada ou plástica - paredes interiores e tectos	m2	145	6,37 €	923,65 €
120344	EC61	ECPIN-VERNIZ VIG/TECT/PLATIB	Pinturas c/ verniz - vigas, tectos e platibanda	m2	197	7,72 €	1.520,84 €
120360	EC77	ECDIV-ABERT. EM PRDS E CANAIS	Diversos - Abertura para passagem de cabos entre caleira e a parede, e entre paredes, incluindo todos os remates	un	73	41,86 €	3.055,78 €
120364	EC81	ECDEM-ELEMENTOS BETÃO ARMADO	Demolição de elementos de betão armado e de estruturas metálicas	m3	17,46	114,16 €	1.993,23 €
120875	EC88	ECPAV-DEMOLIÇÃO PAV. TÉRREOS	Demolição de pavimentos térreos	m2	107	47,51 €	5.083,57 €
120895	PU85	LPU - REPAR. ESTRUTURAS BETÃO	Estruturas Betão - Reparação de elementos estruturais em betão armado	m2	70,5	46,00 €	3.243,00 €
120428	MO30	Mão obra pedreiro/motor/pintor subestç	Mão obra pedreiro/motor/pintor subestação	h	570	8,29 €	4.725,30 €



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“Projeto e Construção de Subestações”



ISEL

INSTITUTO SUPERIOR
DE ENGENHARIA DE LISBOA

Área Departamental de Engenharia Civil

Trabalho Final de Mestrado – Relatório de Estágio:
“*Projeto e Construção de Subestações*”

PEÇAS DESENHADAS