

PROJECTO DE AMPLIAÇÃO DO ATERRO DA BRAVAL

PROJECTO DE EXECUÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

C.P.A. - CONSULTORIA E PROJECTOS DE AMBIENTE, LDA

SETEMBRO 2021

PROJECTO DE AMPLIAÇÃO DO ATERRO DA BRAVAL

PROJECTO DE EXECUÇÃO

CONTEÚDO GERAL DO PROJECTO DE EXECUÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ESPECIFICAÇÕES

PEÇAS DESENHADAS

MEDIÇÕES

PROJECTO DE AMPLIAÇÃO DO ATERRO DA BRAVAL

EQUIPA DO PROJECTO DE EXECUÇÃO

Direcção de Projecto	Eng.º Mário Aguilar
Engenharia civil	Eng.º Eduardo Ferreira
Modelação	Dr. Benedito Rodrigues
Impermeabilização	Eng.º Mário Aguilar
Hidráulica	Eng.ª Eduardo Ferreira
Lixiviados	Eng.ª Eduardo Ferreira
Electricidade	Eng.º Luís Matos
Rede de incêndio	Eng.º António Vedor
Vias	Eng.ª Eduardo Ferreira
Biogás	Eng.ª Eva Rei
Medições	Nuno Araújo
Desenho	Nuno Araújo

A Direcção de Projecto:

ÍNDICE

1	Objecto do projecto e enquadramento legal	1
2	Caracterização da situação actual	2
3	Planeamento, escolha do local e bases de projecto.....	3
3.1	Enquadramento geral.....	3
3.2	Concepção geral	5
3.3	Bases de projecto	6
4	Sistema de impermeabilização	7
4.1	Enquadramento legal	7
4.2	Esquema de impermeabilização a adoptar.....	8
4.3	Dimensionamento e cálculos das barreiras de impermeabilização.....	10
4.3.1	Barreira de segurança passiva.....	10
4.3.2	Barreira de segurança activa	10
4.4	Verificações.....	11
4.4.1	Geomembrana.....	11
4.4.2	Geotêxtil com função de protecção à geomembrana	12
4.4.3	Camada drenante.....	13
4.4.4	Vala de ancoragem dos geossintéticos.....	14
5	Drenagem de águas freáticas	15
5.1	Concepção geral do sistema.....	15
5.2	Critérios de dimensionamento	16
6	Sistema de drenagem de lixiviados e de águas pluviais na base do aterro	17

6.1	Concepção geral do sistema.....	17
6.1.1	Drenagem de fundo da célula	17
6.2	Critérios de dimensionamento	18
6.3	Disposições construtivas.....	20
6.4	Caudais médios de lixiviados.....	21
6.5	Gestão de lixiviados	22
7	Sistema de drenagem de águas pluviais exteriores ao aterro.....	22
7.1	Concepção geral do sistema.....	22
7.2	Rede pluvial do lado exterior do arruamento	23
7.2.1	Critérios de dimensionamento.....	23
7.2.2	Disposições construtivas	25
8	Rede de poços de biogás	25
9	Instalações eléctricas	26
9.1	Regulamentos e Normas	26
9.2	Descrição dos trabalhos a executar.....	26
9.3	Alimentação de energia	26
9.4	Quadro eléctrico	27
9.5	Quadros de tomadas.....	29
9.6	Canalizações.....	31
9.6.1	Cabos de potência.....	31
9.6.2	Abertura de valas e reposição do pavimento	32
9.7	Protecção de pessoas.....	33

9.7.1	Protecção contra contactos directos	34
9.7.2	Protecção contra contactos indirectos	34
9.7.3	Tipo de ligações do circuito de protecção	34
10	Rede de incêndio	35
10.1	Conceito	35
10.2	Domínio de aplicação	35
10.2.1	Disposições gerais	35
10.2.2	Material	35
10.2.3	Características dos tubos	36
10.2.4	Classes de pressão	36
10.2.5	Dimensões e tolerâncias	36
10.2.6	Recepção	37
10.2.7	Acondicionamento	38
10.2.8	Documentos normativos aplicáveis	38
10.2.9	Carregamento, transporte e descargas	39
10.2.10	Manuseamento	40
10.2.11	Armazenamento temporário	41
10.3	Assentamento de tubo	43
10.3.1	Trabalhos preparatórios e subsequentes	43
10.3.2	Assentamento das tubagens	44
10.3.3	Movimentação de tubos e sua colocação nas valas	44
11	Arruamento periférico	45

11.1	Metodologia	46
11.2	Traçado	47
11.2.1	Planta e perfil longitudinal	47
11.2.2	Perfil transversal tipo	47
11.3	Terraplenagens	48
11.3.1	Terraplenagens gerais.....	48
11.3.2	Decapagem	48
11.3.3	Escavação	49
11.3.4	Aterro	49
11.3.5	Sustentabilidade	51
11.4	Pavimentação	52
11.4.1	Faixas de rodagem e plataforma.....	52
11.5	Drenagem.....	54
11.5.1	Águas superficiais	55
11.6	Aspectos de segurança, higiene e saúde	56
11.7	Muro de suporte	56

ANEXO I - Memória de Cálculo

ANEXO II – Especificações e controlo de geossintéticos

1 Objecto do projecto e enquadramento legal

O presente documento refere-se ao projecto de execução da ampliação do aterro sanitário da BRAVAL, situado no Rua do Aterro, Ferreiros, concelho da Póvoa de Lanhoso.



Figura 1 – Vista aérea do actual Ecoparque da BRAVAL (2020).

Fonte: Google Earth

O aterro sanitário da BRAVAL é uma infraestrutura de confinamento técnico que assegura um destino final apropriado para os resíduos sólidos não perigosos que não sejam passíveis de valorização, após triagem na Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico.

O presente projecto de execução refere-se ao alargamento do actual aterro de resíduos sólidos urbanos (RSU) da BRAVAL, a executar em terreno contíguo ao aterro existente.

Aproximando-se o esgotar da capacidade de recepção de resíduos do aterro existente, é necessário proceder à preparação de novas áreas que, a prazo, permitam ao aterro continuar a operar em condições normais de funcionamento. Perante esta circunstância, a BRAVAL decidiu iniciar o processo de ampliação do aterro, com a construção de uma nova célula.

A construção da nova célula do aterro permitirá um volume adicional de deposição de resíduos de cerca de 820.000 m³, a explorar durante a vida útil do projecto estimada em cerca de 8 anos, considerando os quantitativos e características médias de deposição de resíduos que se registam actualmente.

Em tudo o que não seja mencionado no presente projecto mantém-se válido o projecto do aterro existente e as licenças e autorizações entretanto obtidas, nomeadamente, entre outros, os sistemas de tratamento de lixiviados, os programas de monitorização, os planos de aceitação de resíduos e de exploração do aterro, os planos de segurança das populações e dos trabalhadores.

Considerando a tipologia dos resíduos a depositar no aterro, o projecto de alargamento do actual aterro enquadra-se, nos termos do Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, alterado pelo Decreto-Lei n.º 84/2011, de 20 de Junho, na classe “*Aterro para resíduos não perigosos*”, tendo sido o projecto desenvolvido de modo a estar em conformidade com a mencionada legislação em vigor. Este quadro legal «*visa regular a instalação, a exploração, o encerramento e a manutenção pós-encerramento*» e «*estabelece as características técnicas específicas para cada classe de aterros*».

2 Caracterização da situação actual

No aterro da BRAVAL são depositados os resíduos urbanos provenientes de 6 concelhos, concretamente, Braga, Póvoa de Lanhoso, Vieira do Minho, Vila Verde, Amares e Terras de Bouro.

Os municípios efectuem a recolha dos resíduos urbanos, transportando os mesmos directamente para a Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico, com excepção dos municípios de Vieira do Minho e Terras de Bouro, onde os resíduos recolhidos são conduzidos para uma Estação de Transferência, localizada no Parque Industrial de Pepim, em Vieira do Minho, a 25 km do Ecoparque da BRAVAL. De 2 em 2 dias, a BRAVAL transporta os resíduos depositados na Estação de Transferência para o Ecoparque. O aterro sanitário é o destino final dos resíduos que não são passíveis de valorização.



Figura 2 – Municípios que integram a BRAVAL

Fonte: Site oficial da BRAVAL

No âmbito dos processos de gestão de RSU que a BRAVAL desenvolve, o aterro integra-se no contexto de um Ecoparque de RSU e surge como o destino final último a dar aos resíduos que não se consegue submeter a processos de valorização.

O aterro existente ocupa uma área aproximada de 11 hectares e, actualmente, nele são depositados em média 100.000 m³ de resíduos por ano. Considerando a capacidade disponível no aterro existente, estima-se que o mesmo permita a deposição de resíduos por um período de cerca de 2 anos.

3 Planeamento, escolha do local e bases de projecto

3.1 Enquadramento geral

As instalações do Ecoparque da BRAVAL, para além do aterro, são constituídas, genericamente, por um Edifício Administrativo, uma Estação de Triagem de resíduos recolhidos selectivamente, uma Unidade de Produção de Biodiesel, um Ecocentro, um ponto de Recepção de Pneus Usados, uma Unidade de Valorização do Biogás, uma Unidade de Tratamento de Resíduos Hospitalares, uma

Unidade de Tratamento Mecânico e Biológico e outras instalações e equipamentos necessários ao funcionamento de todo o sistema, tais como, Estação de Tratamento de Águas Lixiviadas (ETAL), Laboratório, Estação Meteorológica, Unidade de Lavagem de Rodados, Portaria e Ecocentro. Existe ainda, em Vieira do Minho, uma Estação de Transferência e um Ecocentro.

O esgotamento da capacidade do actual aterro em exploração, induziu a necessidade de dar início ao processo de ampliação do aterro, correspondente a uma nova célula, continuando, em paralelo e de forma independente, a exploração de todas as restantes unidades operacionais que integram o Ecoparque.

Para o alargamento do aterro foram destacados terrenos incluídos dentro dos limites da área do Ecoparque da BRAVAL. O levantamento topográfico disponibilizado pela BRAVAL para efeitos de desenvolvimento do projecto, incluindo a área destinada à implantação da ampliação do aterro, é apresentado no Desenho E_BRV_101.

Com maior detalhe, a topografia da área destinada à implantação da nova célula do aterro é descrita pelos desenhos com referências E_BRV_102 a E_BRV_104 onde se encontram evidenciados não só os perfis que descrevem a topografia actual do terreno, mas também a modelação de superfície de fundo do aterro a executar.

De referir que as características geológicas e geotécnicas do local condicionaram de forma relevante a modelação de fundo de célula e do aterro na sua globalidade. O «Estudo Geotécnico», realizado pela PERFIL para a BRAVAL, constitui-se como documento técnico de suporte ao presente projecto.

Considerando o modelo de ampliação e a modelação proposta para a nova célula do aterro, consegue-se uma capacidade adicional de deposição de resíduos de cerca de 820.000 m³ ou cerca de 740.000 ton, tal como é evidenciado na tabela que se segue.

Tabela 1 – Capacidade de deposição adicional e programação previsional temporal da exploração da nova célula

Área total de terreno destinada ao alargamento	ha	~ 4,5
Área da célula de ampliação do aterro	m ²	32 625
Volume de encaixe	m ³	~ 820 000
Densidade dos resíduos	ton/m ³	0,90
Capacidade adicional de deposição	ton	~ 740 000
Resíduos anuais depositados (máx.)	m ³	100 000
Tempo de vida adicional de exploração	anos	8,2

3.2 Concepção geral

No âmbito do projecto de ampliação do aterro identificam-se as seguintes principais intervenções:

- Construção de uma célula de aterro para deposição de RSU, incluindo, movimentação de terras, construção de taludes, preparação da zona de deposição;
- Sistema de drenagem de águas freáticas;
- Sistema de impermeabilização de fundo de célula;
- Sistema de drenagem de lixiviados na zona de alargamento do aterro e respectivo encaminhamento até à rede de drenagem e sistema de tratamento de lixiviados existentes;
- Sistema de drenagem de águas pluviais na zona de alargamento do aterro;
- Rede de poços de biogás;
- Rede de combate a incêndio;
- Rede eléctrica;
- Arruamento periférico.

Para a concretização das intervenções projectadas torna-se necessário proceder à modelação do terreno na zona de implantação da nova célula do aterro.

Com a modelação do aterro como projectado, pretendeu-se otimizar a utilização do terreno disponível, assegurando-se o cumprimento do propósito do Dono de Obra de minimizar o recurso a processos de escavação que requeiram a utilização de explosivos e a intervenções sobre elementos da instalação existentes, concebendo-se ainda uma modelação de enquadramento visual com o aterro existente, potenciadora de um adequado enquadramento na paisagem envolvente.

A existência de diferentes unidades operacionais que integram o Ecoparque da BRAVAL, o condicionamento resultante da implantação de redes, infra-estruturas e de acessos existentes e as características geológicas e geotécnicas do terreno, foram factores determinantes na concepção da ampliação do aterro, na área disponibilizada para o efeito.

Como já referido anteriormente, em tudo o que não seja mencionado no presente projecto mantém-se válido o projecto das infra-estruturas existentes e as licenças e autorizações entretanto obtidas, nomeadamente, entre outros, os sistemas de tratamento de lixiviados, os programas de

monitorização ambiental, os planos de aceitação de resíduos e de exploração do aterro, os planos de segurança das populações e dos trabalhadores.

3.3 Bases de projecto

O terreno disponibilizado para o projecto de alargamento do aterro perfaz uma área total de cerca de 4,5 hectares.

O projecto de ampliação compreende a construção de uma única célula. Dada a dimensão e a modelação da célula, mais concretamente da plataforma de base do fundo de célula, foi preconizada a divisão desta célula em dois alvéolos, por meio da instalação de um “septo” central transversal que vai permitir compartimentar a área do aterro.

A tabela que se segue ilustra as áreas úteis de implantação associadas à nova célula, considerando a divisão em alvéolos de fundo de célula.

Tabela 2 – Áreas da célula

Célula / Alvéolo	Área (m2)
Alvéolo 1	18.625
Alvéolo 2	14.000
TOTAL	32.625

Para a concepção da modelação de fundo do aterro, as características geológicas e geotécnicas do local foram determinantes, bem como o propósito de minimizar as intervenções em escavação com recurso a explosivos. Ainda, a morfologia e as características hidrogeológicas também influíram na concepção do projecto da ampliação do aterro, com influência nas capacidades de encaixe de resíduos. De realçar que para além de minimizar as operações de escavação, como descrito, foi considerada a necessidade de assegurar o controlo do nível freático sob a plataforma de base do aterro, tendo sido projectado um sistema de drenagem de águas freáticas.

Atendendo à necessidade de garantir uma boa drenagem na plataforma de base do fundo de célula, foi adoptada uma inclinação mínima de fundo superior a 2%, em média de 5%, coadjuvada por uma rede de drenagem de lixiviados, complementada com um sistema de bombagem e escoamento de lixiviados, que asseguram a ligação à rede e sistema de tratamento de lixiviados existentes.

A drenagem das águas pluviais incidentes no alvéolo onde ainda não ocorra a deposição de resíduos será efectuada através de bombagem, com o escoamento a ser efectuada para a rede pluvial perimetral da célula do aterro, a executar.

A modelação proposta para os taludes de base da zona de alargamento do aterro apresenta inclinação de 2H:1V. A modelação foi efectuada de modo a garantir adequadas condições para a fixação das telas e camadas de selagem inferior, bem como, em fase de exploração, uma adequada deposição e estabilidade à massa de resíduos.

De referir que a modelação de fundo será efectuada quase integralmente com escavação em solos e rochas com meios exclusivamente mecânicos, sendo residual o desmonte rochoso com recurso ao uso de explosivos (ver «Estudo Geotécnico», realizado pela PERFIL para a BRAVAL e desenho E_BRV_102), sendo que nesta circunstância o empreiteiro deverá apresentar os projectos específicos de desmonte, de acordo com a legislação em vigor e com as boas práticas, assim como deverá obter as necessárias autorizações, efectuar as devidas comunicações e desenvolver os planos subjacentes, sempre e quando aplicável.

Em resultado do exposto, a superfície basal desenvolver-se-á entre as cotas 405,00 e 415,00 estimando-se que decorrentes da construção da célula de confinamento, os volumes associados a escavação e aterro técnico sejam de:

- Escavação – 308.952,79 m³
- Aterro técnico – 128.352,04 m³

Considerando o balanço entre os volumes de escavação e os volumes necessários a aterro técnico, a gestão dos materiais resultantes da escavação permite que se proceda à reutilização de solos na execução de aterros técnicos, especificamente para a execução da modelação da célula de confinamento. Tendo por base os valores apurados estima-se que cerca de 42% dos materiais provenientes da escavação sejam reaproveitados *in situ*, durante a presente empreitada.

4 Sistema de impermeabilização

4.1 Enquadramento legal

O projecto enquadra-se no Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto, alterado pelo Decreto-Lei nº 84/2011, de 20 de Junho, que determina a regulação da instalação, exploração, encerramento e

manutenção pós-encerramento; que define as características técnicas específicas por classe de aterros; e, que estabelece os requisitos gerais a observar na concepção, construção, exploração, encerramento e pós-encerramento de aterros.

No sentido de garantir a melhor protecção ambiental no que concerne à prevenção da contaminação de solos, águas subterrâneas e superficiais, resultantes de impactes gerados pela massa de resíduos e pelos lixiviados, o sistema de selagem de fundo para um aterro de resíduos não perigosos, de acordo com o definido na legislação supramencionada, tem que garantir os seguintes requisitos mínimos:

- Sistema de protecção ambiental passiva constituído por uma formação geológica de baixa permeabilidade ($k \leq 10^{-9}$ m/s) com uma espessura superior a um metro, ou, caso tal condição não se verifique, reforço com uma barreira artificial equivalente com uma espessura mínima de 0,5 m;
- Sistema de protecção ambiental activa constituído por uma barreira de impermeabilização artificial, um sistema de drenagem de águas freáticas, de águas pluviais, um sistema de drenagem e recolha de lixiviados e um sistema de drenagem e tratamento de biogás (se produzido).

O sistema de protecção ambiental activa tem como funções: controlar a infiltração no aterro de águas pluviais; evitar a infiltração de águas superficiais e subterrâneas; captar, drenar e tratar os lixiviados; e captar, tratar e valorizar o biogás (se produzido).

O sistema de drenagem e recolha de lixiviados deverá garantir a rápida remoção do lixiviado do aterro e garantir que a altura do líquido é mínima. A legislação aplicável determina que:

- O fundo do aterro deverá ter uma inclinação mínima de 2 % em toda a sua área;
- A camada drenante deverá apresentar um valor de permeabilidade hidráulica igual ou superior a 10^{-4} m/s;
- A camada mineral drenante deverá apresentar uma espessura mínima de 0,5 m e ser isenta de material calcário.

4.2 Esquema de impermeabilização a adoptar

No que se refere ao sistema de impermeabilização da célula, será estabelecido o seguinte esquema:

- Barreira de segurança passiva - tela de geocompósito bentonítico com constante de permeabilidade $k \leq 2 \times 10^{-11}$ m/s, colocada sobre uma sub-base preparada com uma espessura de 0,5 m e $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s constituída por solos compactados a 95% do Proctor normal, correspondente a uma base de assentamento compactada, isenta de pedras e materiais angulosos.
- Barreira de segurança activa – na parte superior da barreira de segurança passiva será instalada uma geomembrana de polietileno de alta densidade com uma espessura de 2 mm, rugosa em ambas as faces. Para proteger a geomembrana de impermeabilização será instalado, sobre a mesma, um geotêxtil não texturizado com uma gramagem de 500 g/m². Nos taludes o geotêxtil será resistente à radiação UV de modo a proteger a membrana de polietileno de alta densidade.

A instalação da geomembrana de impermeabilização e do geotêxtil de protecção será executada sob um exigente controlo de qualidade ao nível do controlo da receção dos materiais, inspecção dos métodos de instalação das camadas e inspecção das soldaduras entre as camadas de protecção.

De forma a garantir a qualidade dos trabalhos executados dever-se-á recorrer aos serviços de controlo do LNEC ou de outra entidade independente igualmente credível.

- Camada de drenagem – esta camada terá como função permitir a drenagem de eventuais efluentes que se encontrem na base da célula de deposição (lixiviados e/ou águas pluviais). Esta camada terá na sua constituição:
 - Uma camada na base, constituída por areia com uma granulometria média a grossa (variando entre valores da ordem de 1,0 mm a 4,0 mm) e uma espessura com cerca de 0,20 m; com este nível poder-se-á atingir um coeficiente de permeabilidade hidráulica igual ou superior a 10^{-4} m/s;
 - Uma camada no topo, constituída por seixo rolado com uma granulometria da ordem de 40/60 e uma espessura com cerca de 0,30 m; neste nível, a permeabilidade hidráulica será superior à do nível anterior;
 - Tubagem drenante em polietileno de alta densidade (PEAD), PN10, ranhurada a meia cana em toda a sua extensão, envolta em geotêxtil, colocada no contexto da camada inferior de drenagem, de forma a assegurar uma área de influência para a drenagem de fundo o mais alargada possível;

- Poços de recolha e de bombagem de lixiviados e de águas pluviais incidentes no interior do aterro.

No desenho E_BRV_301 apresenta-se pormenores do sistema de impermeabilização inferior do aterro.

Nos desenhos E_BRV_401 e E_BRV_402 apresenta-se a rede de drenagem de lixiviados e de pluviais incidentes no alvéolo e todos os pormenores dos elementos que a constituem.

Nos desenhos E_BRV_501 e E_BRV_501 apresenta-se a rede de drenagem de águas pluviais e todos os pormenores dos elementos que a constituem.

4.3 Dimensionamento e cálculos das barreiras de impermeabilização

Os pontos seguintes traduzem as soluções preconizadas com base nas exigências legais e tecnicamente eficazes.

4.3.1 Barreira de segurança passiva

A título de reforço da barreira de segurança passiva constituída pela camada de solo de 0,5 m e $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s, será aplicada uma tela de geocomposto bentonítico, de 5000 g/m² com constante de permeabilidade $k \leq 2 \times 10^{-11}$ m/s e espessura de 1 cm, ou equivalente.

A barreira de segurança passiva preconizada dá cumprimento aos requisitos estabelecidos no Decreto-Lei nº 84/2011, de 20 de Junho.

4.3.2 Barreira de segurança activa

A barreira de segurança activa consiste na aplicação de:

- Uma geomembrana em polietileno de alta densidade (PEAD), com 2 mm de espessura, rugosa em ambas as faces;

- Geotêxtil de protecção à geomembrana, não texturizado, com uma gramagem de 500 g/m² e uma resistência mínima à perfuração de 3 150 N;
- Camada drenante, constituída por 0,20 m de areia de granulometria média a grossa (variando entre valores da ordem de 1,0 mm a 4,0 mm) e 0,30 m de seixo rolado de granulometria 40/60.

4.4 Verificações

4.4.1 Geomembrana

A geomembrana em PEAD tem como principal função servir como barreira activa aos fluidos, evitando qualquer fuga de líquidos contaminados para o meio ambiente exterior.

A espessura da geomembrana é determinada por:

$$\sigma_{adm} \times e_{req} \times \cos \beta = P \times b \times [\operatorname{tg}(\delta_s) + \operatorname{tg}(\delta_i)]$$

Sendo:

σ_{adm} – Tensão admitida – **30.000 KN/m²**;

e_{req} - Espessura requerida à geomembrana (m);

P – Pressão aplicada – **391,0 KN/m²**;

b – Tolerância admitida – **5%**;

δ_s – Ângulo de atrito entre a geomembrana e o material superior – **10°**;

δ_i - Ângulo de atrito entre a geomembrana e o material inferior – **10°**;

β – Ângulo da força mobilizadora da geomembrana com a horizontal – **30°**.

Deste modo, de acordo com a fórmula:

$$e_{req} \approx 5,478 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Considerando um factor de segurança de 3 obtém-se:

$$e_{req} \approx 1,64 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 1,64 \text{ mm}$$

Verifica-se, com base nos cálculos efectuados que a aplicação de uma geomembrana com uma espessura de 2,0 mm, em conformidade com o Decreto-Lei nº 84/2011, de 20 de Junho, garante com margem de segurança elevada, a impermeabilização da zonal basal da área de confinamento.

4.4.2 Geotêxtil com função de protecção à geomembrana

O geotêxtil com função de protecção à geomembrana é dimensionado com base nos preceitos apresentados por Ph.D Robert M. Koerner, no livro *Designing with Geosynthetics*, 5th Edition da editora Prentice Hall PTR, de Abril de 2005.

O método adoptado estipula que a tensão admissível aplicada no geotêxtil poderá ser determinada por,

$$P_{ad} = \frac{50 + 4,5 \times 10^{-4} \frac{M}{d^2}}{FR}$$

onde *FR* corresponde ao factor de redução, determinado por,

$$FR = (F_S \times F_{PD} \times F_A)(F_{SCR} \times F_{SCBD})$$

em que,

P_{ad}	Tensão admissível, kPa,
M	Massa por unidade de área, g/m ² ,
d	Altura da protuberância, m,
F_S	Factor de forma,
F_{PD}	Factor densidade,
F_A	Factor do efeito de arco,

FS_{CR} Factor de segurança de fluência,

FS_{CBD} Factor de segurança de degradação química e biológica.

A tensão admissível é correlacionada com a tensão efectiva, P_{ef} , por um factor de segurança global, FS , o que resulta em,

$$\frac{P_{ad}}{P_{ef}} = FS$$

onde a tensão efectiva pode ser determinada por,

$$P_{ef} = h \times \delta$$

sendo,

h Altura máxima das camadas sobrepostas, m,

δ Peso volúmico homogeneizado das camadas sobrepostas, kN/m³.

Para um terreno homogeneizado, de 10 kN/m³, com 40 m de altura do mesmo material, e adoptando um factor de segurança (FS) de 2, deve-se adoptar um geotêxtil com uma resistência mínima ao punçoamento de 3.150 N e uma densidade de 500 g/m² ou superior.

4.4.3 Camada drenante

A capacidade de drenagem da camada em britas siliciosas, isto é, a permeabilidade no plano da camada, é determinada pela fórmula de Darcy,

$$q = K_p \times i \times A$$

em que,

q Caudal escoado,

K_p Coeficiente de permeabilidade da camada,

i Gradiente hidráulico,

A Secção de drenagem.

Para os materiais envolvidos, o valor de K_p ronda os 10^{-3} m/s, como valor mínimo.

4.4.4 Vala de ancoragem dos geossintéticos

A selagem é completada pela garantia da estabilidade de todas as camadas intervenientes. Com esse efeito em vista, as camadas de geossintéticos são ancoradas por meio de valas, de forma a mobilizar as forças tangenciais de atrito, no contacto com o terreno na zona de amarração. As forças tangenciais advêm da tensão normal na zona de contacto pela componente ficcional, ou seja, a tangente do ângulo de atrito na interface.

Para a verificação do sistema de ancoragem realizou-se um estudo de equilíbrio das forças actuantes, nas componentes tangenciais às camadas dos geossintéticos, segundo:

$$FS = \frac{F_a}{(F_d - F_r)}$$

onde,

FS Factor de segurança,

F_a Força de ancoragem na crista do talude,

F_d Força deslizante,

F_r Força resistente.

Considerou-se estável e devidamente ancoradas, todas as camadas, que cumprem um valor do factor de segurança superior a 1,5.

Todas as telas serão ancoradas através de uma vala, com as dimensões indicadas no desenho E_BRV_301.

5 Drenagem de águas freáticas

5.1 Concepção geral do sistema

O sistema para drenagem de eventuais afluxos de águas freáticas, que se aproximem da base do sistema de impermeabilização, terá as seguintes principais características:

- Instalação de um canal principal de recolha e drenagem de águas freáticas, com 1,50 m de largura, com profundidade variável, localizado “diagonalmente” sob o fundo da célula, acompanhando a pendente principal de fundo de célula;
- Um conjunto de canais em “espinha” e em pé de talude, escavados na base do terreno natural modelado, em forma trapezoidal regular, com 1,00 m de largura no topo, 0,50 m de largura na base e 0,50 m de altura;
- Preenchimento dos canais de drenagem com gravilha, composta por material rochoso com granulometria de 50 mm, grosseiramente calibrada, na base dos quais será colocada, em posição horizontal, um tubo PEAD ranhurado a meia cana em toda a sua extensão, com um diâmetro de 500 mm no canal principal e diâmetro de 315 mm nos canais em “espinha” e em pé de talude;
- Geotêxtil de 200 g/m², a envolver todo o conjunto (gravilha e tubo PEAD) de forma a que este esteja protegido de eventuais colmatações.

Sempre que após a escavação se identificar a ocorrência de exsurgências de água nos taludes será aplicada uma georede drenante protegida com geotêxtil na face inferior com o objectivo de promover o seu encaminhamento para a base do talude. No pé de talude será executado um geodreno, com o objectivo de promover a sua drenagem para jusante da célula de confinamento.

Os desenhos E_BRV_201 ilustram a rede e pormenores da drenagem de águas subterrâneas a instalar.

As águas subterrâneas recolhidas serão drenadas até uma estação elevatória (ver desenho E_BRV_201) a partir da qual serão bombadas para uma vala de restituição ao meio natural.

5.2 Critérios de dimensionamento

Considerou-se uma capacidade de escoamento de 0,3 l/s por cada 1.000 m².

A tubagem a instalar na base do aterro foi dimensionada para secção cheia, para inclinações mínimas de 2% e velocidades menores que 2,00 m/s, sendo o coeficiente K de Strickler de 125 m^{1/3}s⁻¹, por se tratar de PEAD.

Serão instalados tubos de PEAD ranhurado a meia secção, de Ø315 mm e Ø500 mm, com inclinação a acompanhar a pendente da base do aterro até uma caixa de ligação. Desta caixa, por meio de uma tubagem PEAD, Ø500mm, PN10, as águas freáticas serão conduzidas a uma estação elevatória.

O poço da estação elevatória apresenta uma capacidade de cerca de 12 m³ e estará equipado com um grupo de duas bombas com a capacidade de 10 l/s cada. As bombas serão programadas para funcionar de forma alternada, contudo, caso seja atingido o nível de alarme, ambas as bombas entrarão em funcionamento. O controlo de operação das bombas será efectuado por meio de sondas de nível e programação no quadro comando, dotado de botoneira de emergência.

O comando dos grupos será assegurado por sonda de nível. Serão colocadas cinco sondas, de acordo com o seguinte esquema:

- Cota do fundo do poço - 401,25 m
- Cota da sonda de nível mínimo do alarme - 401,50 m
- Cota da sonda de nível mínimo (paragem do grupo de serviço) - 401,65 m
- Cota da sonda de nível alto (arranque do grupo de serviço) - 402,85 m
- Cota da sonda de nível emergência (arranque do grupo de reserva) - 403,85 m
- Cota da sonda de alarme - 404,50 m

A estação elevatória será em betão armado, classe de resistência C35/45 XA3 e aço A500, assente numa base de regularização em betão C16/20 conforme desenho de pormenor E_BRV_201.

6 Sistema de drenagem de lixiviados e de águas pluviais na base do aterro

6.1 Concepção geral do sistema

O sistema de gestão de lixiviados e de águas pluviais incidentes na célula do aterro foi concebido de modo a minimizar a produção de lixiviados, nomeadamente, pelo seccionamento da célula em alvéolos, permitindo a gestão diferenciada das águas pluviais incidentes sobre as áreas em exploração (lixiviados), das águas incidentes sobre as áreas sem resíduos depositados (águas pluviais limpas).

6.1.1 Drenagem de fundo da célula

Na base da célula, o sistema de drenagem foi projectado de forma a garantir sistemas independentes para a drenagem das águas pluviais precipitadas antes da entrada em exploração do(s) alvéolo(s), e a drenagem de lixiviados no(s) alvéolo(s) já em exploração.

Para a drenagem de lixiviados (e pluviais nos alvéolos sem exploração) será assente uma rede de colectores em tubos de polietileno de alta densidade (PEAD), ranhurados a meia cana, colocados em canais com uma altura de 0,15 m, definidos sobre o fundo de célula, no seio das camadas drenantes, envolvidos por gravilha, sobre a selagem de fundo (ver Desenhos E_ BRV _401 e E_ BRV _402).

A permeabilidade hidráulica da camada drenante deverá ser igual ou superior a 10^{-4} m/s, e o fundo do aterro deverá ter inclinações mínimas de 2%, de modo a garantir boas condições de drenagem, em conformidade com o Decreto-Lei n.º 183/2009, de 10 de Agosto.

Com o objectivo de não sobrecarregar os sistemas de drenagem e de tratamento de lixiviados a jusante, a célula do aterro será explorada por fases, de modo a desviar as águas pluviais das zonas não exploradas (alvéolo 2), dos lixiviados das zonas em exploração (alvéolo 1), pelo que será necessário criar sistemas de drenagem selectiva de lixiviados / águas pluviais.

Para o efeito, a célula será compartimentada em dois alvéolos (1 e 2), através da colocação de um septo, que não é mais do que uma “barreira” coberta por geomembrana de PEAD, colada à geomembrana de fundo de célula. Esta barreira impede a passagem das águas pluviais entre os alvéolos 1 e 2, impedindo o contacto das águas pluviais incidentes no alvéolo 2 com a massa de resíduos depositada no alvéolo 1. (ver desenhos E_ BRV _401 e E_ BRV _402)

Refira-se que enquanto o alvéolo 2 não estiver em exploração, as tubagens da rede de colectores de lixiviados dos alvéolos 1 e 2 operarão de forma independente (pois as extremidades estarão tamponadas), impedindo-se, desta forma, que as águas pluviais recolhidas no alvéolo 2 drenem para o alvéolo 1. Entrando o alvéolo 2 em fase de exploração, o septo será removido, serão colocadas as camadas de materiais drenantes e efectuar-se-á a ligação das tubagens de forma a que os alvéolos 1 e 2 passem a funcionar de forma única e integrada. (ver desenho E_ BRV _402)

Importa também referir que enquanto o alvéolo 2 não é explorado, a rede de colectores recolherá água pluvial (limpa) que será drenada por uma tubagem (provisória) e conduzida a um poço de bombagem de águas pluviais. As águas pluviais drenadas serão removidas do interior do alvéolo 2 por meio de bombagem (bombas portáteis de apoio à exploração), sendo a descarga efectuada para o sistema de drenagem de águas pluviais exterior ao aterro, com restituição no terreno natural (ver desenhos E_ BRV _501 e E_ BRV _502).

Para a drenagem de lixiviados recolhidos no fundo de célula, a rede de colectores a instalar conduzirá os lixiviados a um ponto de recolha e bombagem (ver desenho E_ BRV _401). A bombagem será efectuada para uma caixa alta que ligará ao sistema de drenagem de lixiviados existente (provenientes do TMB), sendo conduzidos ao actual sistema de tratamento de lixiviados.

O dimensionamento das condutas de compressão, dos grupos electrobomba e dos diversos equipamentos de bombagem foram projectados tendo em consideração o caudal a bombear, o comprimento da conduta e a altura manométrica entre os pontos de bombagem e os pontos de descarga.

Para a bombagem de lixiviados será instalado um grupo elevatório mais um de reserva. Preconiza-se uma potência unitária de 7,5 kW do grupo elevatório.

O quadro eléctrico será colocado no exterior, junto ao ponto de bombagem, será do tipo apropriado a essa montagem e possuirá botoneira de emergência.

O comando dos grupos será assegurado por sonda de nível.

6.2 Critérios de dimensionamento

A rede descrita neste documento está de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto – “Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais”.

A drenagem de fundo das células apresenta duas utilizações, a drenagem de águas pluviais e a drenagem de lixiviados. Contudo, a rede foi dimensionada com base numa situação de drenagem de águas pluviais por se verificar que esta traduziria a situação mais desfavorável, ou seja, a de maior caudal. O dimensionamento garante a drenagem da totalidade das águas precipitadas sobre as áreas de intervenção.

O dimensionamento hidráulico foi efectuado com base no caudal de cálculo determinado através da fórmula racional:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Sendo:

Q Caudal de cálculo (l/s)

C Coeficiente de escoamento

I Intensidade de precipitação (mm/h)

A Área sobre a qual cai a precipitação, em projeção horizontal (m²)

Os caudais pluviais dependem essencialmente da intensidade média de precipitação, que depende das condições climatológicas da região, a sua natureza aleatória está associada a determinada frequência de ocorrência e determinada duração da chuvada; da área de drenagem; e das características físicas da bacia drenante, nomeadamente infiltração, velocidade de escoamento superficial, inclinação e dimensões da bacia drenante.

O coeficiente de escoamento varia conforme o tipo de terreno e a sua inclinação, no entanto, tratando-se de uma obra de selagem de fundo de um aterro torna-se imperativo desviar a totalidade das águas precipitadas sobre a superfície, logo considerou-se um coeficiente de escoamento de 0,95, tendo em conta uma percentagem de perda por evaporação.

A intensidade de precipitação foi determinada através da expressão:

$$I = a \cdot t^b$$

Sendo:

I Intensidade de precipitação (mm/h)

t Tempo de precipitação, o qual se considerou de 10 minutos (min)

a e b Coeficientes que se determinaram através das curvas de Intensidade-Duração-Frequência previstas no Regulamento, no Anexo IX. Para determinação dos coeficientes, a e b considerou-se a Zona Pluviométrica A e um tempo de retorno de 20 anos.

Para cada troço foi determinado o somatório de todos os caudais a montante, constituindo este o caudal de cálculo. As valetas e colectores foram dimensionados através da fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K \cdot S \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

sendo:

K Coeficiente de Strickler (m^{1/3}s⁻¹)

S Secção molhada de escoamento (m²)

R Raio hidráulico (m)

i Inclinação da tubagem (%)

A tubagem foi dimensionada para meia secção cheia, para inclinações mínimas de 1,5% e velocidades compreendidas entre 0,9 e 5 m/s, sendo o coeficiente K de Strickler de 125 m^{1/3} s⁻¹.

6.3 Disposições construtivas

Coletores para lixiviados (fundo de célula)

A drenagem de lixiviados é realizada por um sistema de tubagens em PEAD PN10 MRS100, ranhurados a meia cana, com diâmetro nominal de Ø315mm de forma a evitar a sua colmatção por acção dos finos arrastados do fundo do aterro sanitário. (ver desenho E_BRV_401).

As tubagens de drenagem serão assentes na base do aterro, em sulcos, sendo as ligações entre tubos efectuadas por soldadura topo a topo.

Os tubos de PEAD deverão ser de boa qualidade, homogéneos, de bom acabamento, sem fendas ou bolhas e deverão satisfazer o prescrito na especificação respectiva no que respeita às características e condições de recepção.

Tubagem de lixiviados (tubagem em compressão)

O material adoptado para a conduta elevatória é o PEAD (PE100), PN 10, Ø110. As ligações serão feitas por soldadura, preferencialmente por soldadura topo a topo, prevendo-se a introdução de flanges na zona dos acessórios da conduta.

O recobrimento normal da elevatória será de 1,0 metros, podendo este valor ser reduzido até 0,80 metros em zonas pontuais, por necessidade de cruzamento com outras redes e em zonas onde não ocorra circulação de veículos.

Os tubos de PEAD deverão ser de boa qualidade, homogéneos, de bom acabamento, sem fendas ou bolhas e deverão satisfazer ao prescrito na especificação respectiva no que respeita às características e condições de recepção.

Caixas de lixiviados (rede de lixiviados)

As caixas de visita de lixiviados serão em PEAD conforme desenho de pormenor apresentado no desenho E_BRV_402, instaladas na bordadura via periférica e terá uma tampa em FFD D400 DN600.

6.4 Caudais médios de lixiviados

A tipologia dos resíduos a depositar no aterro é determinante para as características quantitativas e qualitativas dos lixiviados produzidos. Contudo, tratando-se de um aterro para resíduos de origem urbana, os lixiviados produzidos durante a fase de exploração serão resultantes, essencialmente, da quantidade de água / líquido contida nos resíduos e das águas pluviais que incidem sobre a massa de resíduos depositada. No período pós-encerramento os lixiviados resultam apenas da massa de resíduos depositada.

Quantitativamente, a ocorrência de lixiviados está associada a factores como as características dos resíduos depositados, as condições climáticas e as características e os métodos de exploração.

De modo a minimizar a ocorrência de lixiviados estão previstas medidas conceptuais e operacionais, nomeadamente:

- Separação das águas pluviais recolhidas em áreas não exploradas, das águas pluviais incidentes em áreas em exploração;
- Cobertura da massa de resíduos depositados com telas temporárias, sendo as águas pluviais desviadas para as valetas periféricas;
- Selagem progressiva da célula com o avanço da exploração.

A estimativa de produção de lixiviados efectuada para a zona de ampliação do aterro foi prevista tendo como referência a produção de lixiviados do aterro existente e as águas pluviais incidentes.

6.5 Gestão de lixiviados

O aterro da BRAVAL dispõe de um sistema de tratamento de lixiviados considerado suficiente para o tratamento dos lixiviados decorrentes do presente projecto.

Refira-se que a quantidade de lixiviado expectável é inferior ao caudal verificado actualmente e que, com a selagem do aterro em exploração, a ocorrência de lixiviados tenderá a diminuir progressivamente. Neste contexto o sistema de tratamento existente apresenta-se como suficiente para dar resposta ao efluente a ser gerado na área de expansão.

7 Sistema de drenagem de águas pluviais exteriores ao aterro

7.1 Concepção geral do sistema

O sistema de drenagem de águas pluviais na área exterior à célula do aterro compreende a drenagem no arruamento e na via periférica e áreas confinantes.

Na concepção da rede de drenagem pluvial periférica são aspectos importantes a modelação do terreno, a modelação de selagem do aterro e a interligação das redes projectadas com as infraestruturas, redes e acessos existentes.

A drenagem das águas pluviais, a implantar ao longo do arruamento e da via periférica ao aterro, será efectuada pelo lado exterior, através da execução de valetas, ou ainda por simples escoamento superficial do arruamento, que terá pendente para o exterior face à célula do aterro (ver desenhos E_BRV_501 e E_BRV_502).

7.2 Rede pluvial do lado exterior do arruamento

O presente projecto integra a instalação da rede de drenagem pluvial do lado exterior do arruamento e da via periférica ao aterro, face à célula do aterro (ver desenhos E_BRV_501 e E_BRV_502).

O dimensionamento desta valeta pluvial foi efectuado tendo em consideração a área de influência mais desfavorável dos taludes a drenar, bem como, a área de influência do arruamento e via correspondente a cada troço de valeta (ver desenho E_BRV_501).

As águas pluviais recolhidas serão descarregadas no meio natural, através de valetas descendentes e dissipadores de energia (ver desenho E_BRV_502).

7.2.1 Critérios de dimensionamento

A rede descrita neste documento está de acordo com o Decreto Regulamentar n.º 23/95, de 23 de Agosto – “Regulamento Geral dos Sistemas Públicos e Prediais de Distribuição de Água e de Drenagem de Águas Residuais”.

O dimensionamento garante a drenagem da totalidade das águas precipitadas sobre a área de influência.

O dimensionamento hidráulico foi efectuado com base no caudal de cálculo determinado através da fórmula racional:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Sendo:

Q Caudal de cálculo (l/s)

C Coeficiente de escoamento

I Intensidade de precipitação (mm/h)

A Área sobre a qual cai a precipitação, em projecção horizontal (m²)

O coeficiente de escoamento varia conforme o tipo de terreno e a sua inclinação, no entanto, considera-se que o arruamento e a via são impermeáveis pelo que se torna imperativo desviar a totalidade das águas precipitadas na superfície, logo considerou-se um coeficiente de escoamento de 0,95, tendo em conta uma percentagem de perda por evaporação.

A intensidade de precipitação foi determinada através da expressão:

$$I = a \cdot t^b$$

Sendo:

I Intensidade de precipitação (mm/h)

t Tempo de precipitação, o qual se considerou de 10 minutos (min)

a e b Coeficientes que se determinaram através das curvas de Intensidade-Duração-Frequência previstas no Regulamento, no Anexo IX. Para determinação dos coeficientes, a e b considerou-se a Zona Pluviométrica A e um tempo de retorno de 20 anos.

Para cada troço foi determinado o somatório de todos os caudais a montante, constituindo este o caudal de cálculo. As valetas e colectores foram dimensionados através da fórmula de Manning-Strickler:

$$Q = K \cdot S \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

Sendo:

K Coeficiente de Strickler (m^{1/3}s⁻¹)

S Secção molhada de escoamento (m²)

R Raio hidráulico (m)

i Inclinação da tubagem (%)

A valeta foi dimensionada para secção a 80%, para inclinações mínimas de 5% e velocidades compreendidas entre 0,9 e 5 m/s, sendo o coeficiente K de Strickler de 90 m¹/3s-1.

7.2.2 Disposições construtivas

Valetas

As valetas serão executadas em betão C20/25, serão de forma triangular na zona periférica da via e circular na crista de talude da zona Oeste do aterro. Todas as valetas serão executadas em betão de 100 mm de espessura.

As valetas serão executadas de acordo com os pormenores desenhados (ver desenho E_BRV_502).

Caixas

As caixas serão executadas em betão armado C20/25 de acordo com os pormenores desenhados (ver desenho E_BRV_502).

8 Rede de poços de biogás

A drenagem do biogás gerado na célula será efectuada através de uma rede de poços do biogás a instalar progressivamente durante a exploração do aterro. Para efeitos de concepção da rede de poços de biogás considerou-se um raio de influência de 25 m por poço.

Os poços de biogás deverão ser executados desde a base do aterro, assentes sobre material argiloso para não permitir a subida dos lixiviados, sendo constituídos por argolas de betão pré-fabricado, Ø1000mm, com preenchimento com brita de granulometria grossa, envolvendo condutas verticais em tubagem PEAD DN160 ranhurada, destinadas à recolha e drenagem de biogás.

Com a selagem da respectiva zona de influência, a cabeça móvel dos poços de biogás deverá ser substituída por cabeças fixas. A instalação e “crescimento” destes poços de biogás em toda a sua extensão será efectuada com o decorrer da exploração.

No âmbito do projecto descreve-se os pontos de localização dos poços de biogás, respectivos raios de influência e pormenores construtivos (ver desenho E_BRV_601).

9 Instalações eléctricas

9.1 Regulamentos e Normas

O presente projecto foi elaborado de acordo com as Normas e Regulamentos oficiais em vigor, nomeadamente:

- Regulamento de Segurança de Redes de Distribuição de Energia Eléctrica em Baixa Tensão / Decreto-Lei nº 90/84, de 26 de Dezembro;
- Regras Técnicas das Instalações Eléctricas de Baixa Tensão (Portaria n.º 949-A/2006, de 11 de Setembro);
- Decreto-Lei n.º 517/80, de 31 de Outubro.

9.2 Descrição dos trabalhos a executar

Neste capítulo pretende-se fazer uma descrição genérica dos trabalhos que estão no âmbito da intervenção:

- Criar uma rede de alimentação eléctrica a um Poço de Bombagem de Lixiviados, a um Poço de Bombagem de Águas Freáticas e a um conjunto de Quadros de Tomadas ao longo da via circundante da nova célula do aterro para potenciar a ligação pontual e temporária de equipamentos diversos e/ou iluminação.

9.3 Alimentação de energia

A alimentação de energia terá origem na instalação eléctrica já existente no Aterro. Não foi possível definir o ponto exacto de interligação, mas foi estipulado que esse ponto será um quadro eléctrico

existente a uma distância não superior a 200m. Foi com esta base que se definiu a rede de alimentação de energia ao designado Q.ATERRO, que será o quadro eléctrico onde terão origem as alimentações aos poços de bombagem e quadros de tomadas.

A potência de cada grupo de bombagem será de 15 kVA e foi estabelecido como pressuposto que a potência da rede de Quadros de Tomadas não ultrapassará, simultaneamente, o valor de 27,6 kVA Trifásico. Desta forma, e considerando um factor de simultaneidade, estipulou-se que a potência total a alimentar será de 50 kVA.

Desta forma, a protecção da canalização desta rede de alimentação será obtida através de um disjuntor tetrapolar de 100A, com poder de corte a definir, a instalar no quadro eléctrico a indicar oportunamente pelo Dono de Obra. Para efeitos de orçamentação, considera-se que o poder de corte do disjuntor será de 25 kA.

9.4 Quadro eléctrico

A instalação será dotada de um quadro eléctrico, denominado Q.ATERRO, donde partirão as alimentações para os poços de bombagem e quadros de tomadas, conforme já referido. Este quadro deverá ser instalado no interior de um armário com IP 45 e IK 10, do tipo Vidropol, Isosigma ou equivalente, garantindo assim a necessária protecção da chuva e resistência mecânica ao choque.

É da responsabilidade da empresa instaladora o fornecimento e montagem do quadro.

Todos os circuitos deverão ser identificados e nos quadros deve figurar a identificação do quadro, o nome do fabricante, marca, modelo, índices de protecção, poder de corte da aparelhagem, tensão e corrente nominal.

A aparelhagem será montada sobre calha DIN 46277 fixa a estrutura metálica, independentemente da armação do quadro. Todas as estruturas estarão unidas electricamente entre si, e num dos seus extremos realizar-se-á a ligação à terra.

Os aparelhos de protecção devem obedecer, quanto ao seu poder de corte, intensidade nominal, forma de encerramento do elemento fusível, dispositivos que permitam sem meios especiais verificar o seu funcionamento, ao que está estabelecido nas R.T.I.E.B.T..

O poder de corte da aparelhagem de protecção deve ser superior à corrente de curto-circuito (I_{cc}) máxima no barramento geral do respectivo quadro, com o mínimo de 6kA segundo norma EN60898.

O quadro eléctrico deve cumprir os ensaios estabelecidos na norma EN 61439-3.

O quadro dever possuir classe II de isolamento ou protecção equivalente.

O quadro terá acabamento com porta e fechadura, de modo a que fique inacessível a pessoal não qualificado.

As ligações internas dos equipamentos são todas realizadas por aperto mecânico e executadas com condutores do tipo H07V, instalados em calha plástica e ligados a um conjunto de bornes, devidamente referenciados por algarismos e letras. Em caso algum, será permitido ligar directamente os condutores exteriores à aparelhagem de distribuição, excepto para secções superiores a 25 mm².

Todos os condutores internos de ligação serão referenciados por etiquetas plásticas do tipo PA da Weidmuller ou equivalente.

Todos os circuitos de saída do quadro, serão identificados por etiquetas em trafolite gravada, colocadas por cima ou por baixo de cada órgão de comando ou protecção. Atempadamente deve a empresa instaladora apresentar, para aprovação, à Fiscalização da Obra, o texto a gravar nas etiquetas (letras brancas em fundo preto).

O quadro deve ser dotados de um ligador de massa, ao qual serão ligados os condutores de protecção.

Os barramentos serão em barra de cobre electrolítico para a intensidade de serviço igual, no mínimo, à intensidade nominal do aparelho de entrada, na secção conveniente para resistir aos esforços térmicos e electrodinâmicos das correntes de curto-circuito.

O quadro dispõe de barramentos de fases, neutro e terra em cobre, dimensionados de forma a permitirem uma densidade eléctrica não superior a 2A / mm².

Poderão ser admitidos barramentos normalizados pré-fabricados, por módulos ou pentes de ligação, desde que a intensidade máxima admissível não provoque uma elevação de temperatura superior a 20°C, em regime permanente.

Para total garantia de protecção contra contactos directos, todos os condutores nus e peças nuas em tensão do quadro devem ser dotados de anteparos em material plástico, transparente e auto-extinguível.

Será prevista uma bolsa plástica, a localizar na porta do quadro, destinada a receber o esquema, conforme foi executado.

O quadro será dimensionado considerando um mínimo de 30% de espaço de reserva.

A empresa responsável pelo fabrico dos quadros eléctricos deve ser certificada.

O adjudicatário deve apresentar à Fiscalização da obra os certificados de ensaios e de homologação dos quadros eléctricos, sem os quais os mesmos não serão aceites.

O empreiteiro deverá tomar conhecimento dos espaços disponíveis, para a instalação do quadro eléctrico, antes de proceder a qualquer trabalho.

Se for necessário, o adjudicatário deve apresentar à Fiscalização pormenores de montagem do quadro eléctrico.

O quadro só poderá ser construído, depois de aprovado pela Fiscalização da Obra.

Os quadros serão da marca Schneider Electric, ABB, Hager, Siemens ou equivalente.

9.5 Quadros de tomadas

A instalação será dotada dos Quadros de Tomadas indicados na peça desenhada E_BRV_901. É da responsabilidade da empresa instaladora o fornecimento e montagem dos mesmos.

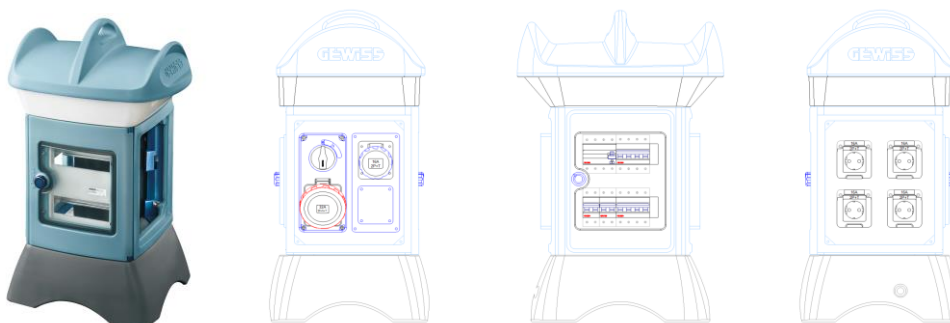
Também faz parte da presente empreitada o fornecimento e montagem de todos os elementos e acessórios indispensáveis para um bom acabamento e funcionamento.

Todos os circuitos deverão ser identificados e nos quadros deve figurar o nome do fabricante, marca e modelo.

Os Quadros de Tomadas serão do tipo pimenteiro, com estrutura em material termoplástico, IP56, para fixação em maciço, constituídos pela seguinte aparelhagem e tomadas, conforme esquema eléctrico incluído nas Peças Desenhadas:

- 1 Tomada CEE 3P+N+T 32A, com interruptor de encravamento incorporado;
- 1 Tomada CEE 2P+T 16A;
- 4 Tomadas tipo Schuko 2P+T 16A;

- Aparelhagem de corte e protecção, com poder de corte mínimo de 6kA, segundo norma EN60898.



A aparelhagem será montada sobre calha DIN 46277 fixa a estrutura metálica, independentemente da armação do quadro. Todas as estruturas estarão unidas electricamente entre si, e num dos seus extremos realizar-se-á a ligação à terra.

Os aparelhos de protecção devem obedecer, quanto ao seu poder de corte, intensidade nominal, forma de encerramento do elemento fusível, dispositivos que permitam sem meios especiais verificar o seu funcionamento, ao que está estabelecido nas R.T.I.E.B.T..

Os quadros deverão garantir a classe II de isolamento ou protecção equivalente.

As ligações internas dos equipamentos são todas realizadas por aperto mecânico e executadas com condutores do tipo H07V, instalados em calha plástica e ligados a um conjunto de bornes, devidamente referenciados por algarismos e letras. Em caso algum será permitido ligar directamente os condutores exteriores à aparelhagem de distribuição, excepto para secções superiores a 25 mm².

Todos os condutores internos de ligação serão referenciados por etiquetas plásticas do tipo PA da Weidmuller ou equivalente.

Todos os circuitos de saída dos quadros, serão identificados por etiquetas em tráfólide gravada, colocadas por cima ou por baixo de cada órgão de comando ou protecção.

Os quadros deverão ser dotados de um ligador de massa, ao qual, serão ligados os condutores de protecção.

Os barramentos serão em barra de cobre electrolítico para a intensidade de serviço igual, no mínimo, à intensidade nominal do aparelho de entrada, na secção conveniente para resistir aos esforços térmicos e electrodinâmicos das correntes de curto-circuito.

Os quadros dispõem de barramentos de fases, neutro e terra em cobre, dimensionados de forma a permitirem uma densidade eléctrica não superior a $2A / mm^2$.

Para total garantia de protecção contra contactos directos, todos os condutores nus e peças nuas em tensão dos quadros devem ser dotados de anteparos em material plástico, transparente e auto-extinguível.

O adjudicatário deve apresentar à Fiscalização da obra os certificados de ensaios e de homologação dos quadros eléctricos, sem os quais os mesmos não serão aceites.

Os quadros só poderão ser construídos, depois de aprovados pela Fiscalização da obra.

O adjudicatário deve apresentar esboços da disposição da aparelhagem e dimensões aproximadas à Fiscalização da obra antes do início da execução dos quadros eléctricos.

A não apresentação pode implicar por parte da Fiscalização a não aceitação dos quadros eléctricos.

Os quadros serão da marca Gewiss, modelo QMC 68 ou equivalente.

9.6 Canalizações

9.6.1 Cabos de potência

Os cabos a utilizar serão do tipo:

- XV-R, para instalações interiores, para secções $\geq 10mm^2$;
- H1VZ4V-R, para instalações enterradas em vala, e para secções $\geq 10mm^2$.

A identificação dos condutores deverá ser efectuada de acordo com a norma HD 308.S2.

Genericamente, a rede de cabos para alimentação dos Quadros de Tomadas será instalada directamente em valas. Deverá, no entanto, ser considerada um ponta de tubo na zona de passagem do maciço, entre a vala e o próprio Quadro de Tomadas. O tubo deverá ser do tipo PEAD 6kgf/cm².

O empreiteiro de electricidade deverá, junto da Fiscalização da Obra, obter pormenores de instalação das canalizações eléctricas sempre que existam dúvidas quanto ao estabelecimento das mesmas.

Os cabos serão, preferencialmente, de fabrico nacional, tendo por marca de referência a CABELTE ou equivalente.

9.6.2 Abertura de valas e reposição do pavimento

Abertura de valas

As valas terão os traçados indicados na peça desenhada E_BRV_901.

As valas deverão ser abertas em troços rectilíneos, na menor extensão possível, começando-se por arrancar com cuidado e arrumar convenientemente os materiais que revestem o pavimento das mesmas, sem prejudicar as partes contíguas.

As paredes das valas deverão ser apumadas e o fundo deverá ser nivelado e isento de pedras ou outros detritos, a fim de permitir um assentamento perfeito dos cabos.

Os produtos de escavação deverão ser colocados a uma distância, ao lado da vala, nunca inferior a 0,30 m, salvo se a fiscalização ou outras entidades oficiais exigirem, por motivo de segurança ou outra, a remoção para depósito do adjudicatário.

Quando na execução dos trabalhos surgirem obstáculos, tais como instalações estranhas que possam interferir com o regular assentamento dos cabos e tubos, deverão as dimensões das valas ser alteradas de modo a que se torne possível contornar o obstáculo.

Se no percurso dos cabos e tubos existirem caixas ou aquedutos, deverá o adjudicatário, avisar a Fiscalização da Obra para que sejam tomadas as indispensáveis providências.

Quando o fundo da vala for em rocha, aprofundar-se-á 0,20 m e este espaço deverá ser preenchido com solo bem apertado a mação ou com areia cirandada.

São da responsabilidade e conta do adjudicatário as reparações que porventura venham a ser necessárias em consequência da deterioração de quaisquer canalizações ou outros já existentes, encontradas no percurso das valas e de outros danos causadas pelo seu pessoal.

Aterro das valas

As valas e covas só poderão ser tapadas depois da respectiva autorização da Fiscalização.

As camadas de aterro, com a espessura máxima de 0,20m, devem ser regadas, sempre que necessário, de modo a obter-se um teor óptimo de humidade que possibilite a obtenção dum valor de baridade correspondente à compactação relativa máxima de 95% (ensaio de compactação pesada-Proctor Modificado).

Não será permitido o aterro de valas com solos com matéria orgânica ou argilosa, pedras, detritos.

Reposição do pavimento

A reposição de infra e supra-estruturas terá de ser feita devidamente, respeitando as espécies anteriormente existentes ao levantamento sendo da responsabilidade do empreiteiro o fornecimento de todos os materiais necessários e em falta.

É da responsabilidade do empreiteiro executar as concordâncias com os pavimentos adjacentes e a reparação dos pavimentos abatidos ou qualquer deficiência anotada pela fiscalização ou outras entidades que eventualmente superintendam nas artérias onde se realizem os trabalhos.

Os materiais sobrantes serão imediatamente retirados pelo empreiteiro efectuando-se a respectiva limpeza dos locais de trabalho.

No caso da reposição de pavimento de betonilha esquartelada, é obrigatória a reposição total dos elementos que tenham sido parcialmente destruídos.

Na reposição de betonilha deverá ser empregue cimento da mesma marca do original a fim de evitar as diferenças de cor provenientes do emprego de cimento de origem diferente.

9.7 Protecção de pessoas

A protecção de pessoas reveste-se de dois aspectos:

- Protecção contra contactos directos.
- Protecção contra contactos indirectos.

9.7.1 Protecção contra contactos directos

A protecção contra contactos directos, pode considerar-se realizada pela observância das prescrições regulamentares, em especial no que diz respeito ao isolamento das partes activas.

9.7.2 Protecção contra contactos indirectos

A protecção contra contactos indirectos será assegurada pela ligação directa das massas à terra e emprego de aparelho automático associado, que no presente projecto serão os interruptores e disjuntores diferenciais sensíveis à corrente diferencial-residual de média sensibilidade de 300mA e de alta sensibilidade (30mA).

9.7.3 Tipo de ligações do circuito de protecção

O cabo de alimentação dos Quadros de Tomadas, com origem na instalação existente, não será dotado de condutor de protecção.

Nas proximidades de cada um dos Quadros de Tomadas, será estabelecido, nas condições regulamentares, um ou mais eléctrodos de terra, do tipo vareta de aço do tipo piquet de marca OBO-BETTERMANN ou equivalente, com 2 m de comprimento, 15 mm de diâmetro exterior e com revestimento em cobre 0,7 mm.

Estas varetas deverão estar colocadas em locais tão húmidos quanto possível de preferência em terra vegetal fora das zonas de passagem e enterradas à distância conveniente de depósitos de substâncias corrosivas que possam infiltrar-se no terreno.

O eléctrodo de terra ficará ligado ao terminal de terra do Quadro de Tomadas, utilizando-se para o efeito cabo de cobre isolado H1XV-R de secção não inferior a 25 mm².

O valor da resistência de terra em cada ponto da rede de Quadros de Tomadas deve ser igual ou inferior a 20 Ohm.

10 Rede de incêndio

10.1 Conceito

Previu-se uma rede integrada na rede de incêndio existente, isto é, um prolongamento da rede existente para a nova célula, que vai integrar o novo arruamento a construir. Desta forma a rede de incêndio fica localizada na faixa entre o aterro e a faixa de rodagem.

Foram previstos seis novos marcos de incêndio de forma a optimizar a rede de incêndio existente para esta fase do aterro.

A alimentação aos marcos de água é feita em vala.

A nova rede será aduzida através de picagem à rede existente e irá comportar-se como prolongamento desta (ver desenho E_BRV_801). Sendo assim, a nova rede terá o mesmo diâmetro e material da rede existente (PEAD diâmetro 110 – a confirmar no local).

10.2 Domínio de aplicação

As especificações seguintes aplicam-se aos tubos de polietileno de massa volúmica alta, utilizados na rede de incêndio.

10.2.1 Disposições gerais

O emprego de tubos e acessórios de polietileno de massa volúmica alta está condicionado a superior aprovação, pelo que estes devem estar homologados por documento actualizado.

10.2.2 Material

O material utilizado no fabrico dos tubos será de polietileno de massa volúmica alta, com a conveniente proporção de um antioxidante apropriado e 2 a 3% de negro de fumo, uniformemente disperso.

Não poderão ser utilizadas quaisquer substâncias que transmitam odores ou outras características prejudiciais à saúde.

O índice de fusibilidade do material não deve exceder 1,6 gramas por dezena de minutos e a sua densidade deve estar compreendida entre 0,945 e 0,96.

10.2.3 Características dos tubos

Os tubos devem apresentar cor negra e uniforme devido à integração do negro de fumo na massa do polietileno.

Devem ser marcados de modo indelével de 3 em 3 m com as seguintes inscrições:

- marca do fabricante;
- sigla PEA ou outra reconhecida internacionalmente como identificando o polietileno de massa volúmica alta;
- diâmetro nominal exterior;
- classe de pressão.

10.2.4 Classes de pressão

Os tubos são classificados consoante a sua pressão nominal, de acordo com a norma NP 53.

10.2.5 Dimensões e tolerâncias

Os diâmetros nominais exteriores dos tubos devem estar de acordo com a norma NP 253.

A espessura mínima dos tubos, expressa em mm, será calculada, pela expressão:

$$e = p d / (2 s + p)$$

com $e > 2,0$ mm

em que:

- p pressão correspondente à classe, expressa em MPa;
- d diâmetro exterior nominal, expresso em mm;
- s tensão de segurança do material que constitui os tubos, a 20° C, para a qual se adopta o valor de 5 MPa.

A escolha das classes dos tubos será feita em função da pressão de serviço e da verificação da estabilidade do tubo instalado para as condições de carga de serviço, num período equivalente à vida útil do tubo, não se admitindo deformações diametrais superiores a 5%.

As tolerâncias admitidas para os diâmetros exteriores e espessuras dos tubos são as fixadas na norma DIN 8074.

10.2.6 Recepção

A recepção dos tubos e uniões será feita com base na verificação das características definidas nesta Especificação e será realizada de acordo com a norma NP 691.

A recepção compreenderá uma inspecção geral e ensaios a realizar em laboratório oficial.

A inspecção geral será realizada pelo Dono da Obra ou seu representante no local do fornecimento dos tubos e consistirá na verificação das características e dimensões, incluindo sobre todos os tubos.

Para efeito de verificação das dimensões, considera-se, de acordo com a NP 691, como valor do diâmetro exterior, numa secção de um tubo, a média aritmética dos valores de dois diâmetros ortogonais entre si e como valores mínimo e máximo de espessura da parede, numa secção de um tubo, respectivamente, o menor e o maior de quatro valores da espessura medidos nos extremos de dois diâmetros ortogonais entre si.

A variação de comprimento dos tubos, quando ensaiados segundo a norma NP 925, não deve ser superior a 3% do comprimento inicial.

Para além do ensaio anteriormente referido, deverão ser realizados os ensaios para a determinação do índice de fusibilidade do polietileno, de acordo com a NP 558, e da resistência à pressão interior de acordo com a DIN 8075.

As regras de decisão são as adaptadas na norma NP 691.

10.2.7 Acondicionamento

Os tubos podem ser fornecidos enrolados ou não, dependendo do diâmetro e classe de pressão dos tubos. As extremidades dos tubos devem ser tapadas.

Os tubos devem ser guardados em locais onde se encontrem protegidos, nomeadamente de ações que conduzam ao seu esmagamento ou furação.

No caso do armazenamento ser prolongado, os tubos devem colocar-se em recinto coberto e fora da exposição directa da luz solar, de acordo com as instruções dos fabricantes.

Devem ser tomadas também precauções em relação ao calor excessivo e aos agentes químicos prejudiciais.

10.2.8 Documentos normativos aplicáveis

- NP 253 - Tubos de material plástico de secção circular, para transporte de fluídos. Diâmetros exteriores e pressões nominais.
- NP 558 - Tubos de polietileno. Determinação do índice de fusibilidade do polietileno.
- NP 691 - Tubos de polietileno de massa volúmica baixa, para canalizações de água e esgoto. Características e recepção.
- NP 925 - Tubos de polietileno. Ensaio de estabilidade das dimensões.
- NP 1372 - Tubos de material plástico. Uniões. Ensaio de pressão interior.
- DIN 8074 - Pipes of High-density PE (High-density Polyethylene). Type. General Quality. Requirements. Testing.

- DIN 8075 - Pipes of High-density PE (High-density Polyelhylene). Dimensions.

10.2.9 Carregamento, transporte e descargas

O carregamento, transporte ou descarga deve processar-se de forma a não provocar qualquer espécie de danificação no material.

As embalagens de protecção e meios de manuseamento fornecidos quando em paletes devem manter-se intactas durante as operações de carregamento transporte ou descarga.

Os veículos de transporte devem ter um fundo plano sem quaisquer pregos ou outras saliências que possam danificar a tubagem ou acessórios.

É interdita a utilização de cabos, correntes, cordas ou qualquer outro tipo de material que, de algum modo, se possam constituir como elemento "cortante".

É obrigatória a utilização de cintas de elevação não metálicas, sempre que se proceda a carga ou descarga de tubagem (quer esta se apresente em bobinas ou em varas).

Durante a execução do carregamento ou descarga deve ser assegurada a elevação, descida e condicionamento suave, assim como uma deslocação lenta e segura.

É interdito realizar-se o carregamento ou descarga através de esticções, arrastamentos ou pancadas.

Deve recorrer-se a carga mecânica sempre que não seja possível assegurar uma manobra manual adequada.

A tubagem e/ou acessórios não devem ser armazenados nas proximidades de fontes de calor.

As varas de tubos devem ser transportadas completamente assentes e convenientemente empilhadas.

Não é permitido transportar juntamente com os tubos de polietileno, tubos ou acessórios de outra natureza, pedras, máquinas ou ferramentas de qualquer espécie, bem como qualquer matéria susceptível de provocar danificação ou contaminação na tubagem.

Quando se transportam acessórios especiais previamente montados em fábrica/estaleiro, o seu peso não deve ser suportado por nenhuma das suas junções.

10.2.10 Manuseamento

Em particular, serão tidos em conta no que se refere ao manuseamento de rolos, varas de tubos e acessórios os seguintes aspectos:

Rolos de tubos

- Os rolos devem ser facilmente manuseados por empilhadores.
- Quando os rolos forem demasiado pesados para serem erguidos manualmente, deve usar-se cintas de elevação não metálicas ou um empilhador com os garfos convenientemente protegidos. Em caso algum serão empurrados das plataformas ou das caixas de carga.
- Os rolos devem encontrar-se presos por fitas, quer exteriores, quer intermédias. Estas não devem ser retiradas até que o tubo seja necessário. As fitas que prendem a extremidade exterior devem ser primeiro retiradas e o movimento da extremidade livre cuidadosamente controlado.
- Só se deve cortar e retirar as fitas necessárias à libertação do comprimento desejado de tubo.
- Depois de se cortar do rolo a quantidade de tubo necessária, deve recolocar-se o tampão de protecção na extremidade deste e voltar a prender com fita as suas extremidades.
- O desenrolamento não deve ser feito de maneira a que o tubo deixe o rolo em espiral pois pode tornar-se extremamente difícil endireitá-lo sem o danificar por demasiada torção. Acresce ainda que se cria desnecessariamente uma situação potencialmente perigosa.
- Para tubos de diâmetro DN63 ou superiores devem ser utilizados desenroladores mecânicos.

Varas

- Quando se utilizam gruas deve usar-se cintas de elevação não metálicas no seu manuseamento. Para comprimentos superiores a 6 m devem usar-se apoios em pontos equivalentes a um sexto do comprimento do tubo ou empilhamento de tubos. Durante a sua elevação não se devem usar correntes ou ganchos. Especial atenção deve ser tida relativamente às extremidades dos tubos já flangeados.

- Enquanto se carregam ou descarregam os tubos, os pontos de elevação devem ser o mais afastado possível.
- O empilhamento tipo de 6 metros deve ser feito com um empilhador e o posicionamento dos garfos, aquando da elevação da carga, deve ter em conta a natureza flexível dos tubos.
- Os empilhamentos com mais de 6 m de comprimento devem ser efectuados por um carregador lateral com um suporte mínimo de quatro garfos de apoio ou por uma grua, repartindo convenientemente o peso da carga e usando cintas não metálicas de elevação.

Acessórios

- Não deve ser feito o uso de ganchos para elevar acessórios.
- Os acessórios são geralmente fornecidos em embalagens de cartão ou sacos de polietileno.

10.2.11 Armazenamento temporário

Para além do indicado no ponto 10.2.7, deve ainda respeitar-se as condições que se passa a enunciar.

De um modo geral quanto mais plano for o terreno, maior é a quantidade de tubos que podem ser armazenados, desde que se tomem precauções para evitar danos nos tubos das camadas inferiores.

Deve evitar-se o contacto directo com o solo.

Os tubos serão empilhados em armações conforme provenientes das instalações do fabricante, sendo necessário assegurar que as grades de madeira de apoio se encontram todas na mesma posição em cada empilhamento. Isto permite a armazenagem de 3 camadas de grades sucessivas, sendo todo o peso suportado pela madeira da grade e não pelos tubos.

Os tubos deverão ser arrumados em três áreas distintas, perfeitamente identificadas, de acordo com o resultado da recepção realizada (Aceitação, Aceitação Condicional e Rejeição) e por diâmetros, de modo a permitir a retirada de tubos dos diferentes diâmetros sem movimentar os outros tubos.

Todos os materiais devem ser inspeccionados aquando da sua entrega. Qualquer defeito ou dano deve ser anotado.

Os tubos e acessórios devem ser usados pela ordem de fabrico de modo a garantir a correcta rotação do stock.

Os tubos devem ser empilhados em camadas devidamente tamponados.

Nos armazéns, os rolos de tubos devem ser postos em paletes ou em pilhas nunca superiores a 10 para os diâmetros de 20, 25 e 32 mm e nunca superiores a 6 para os diâmetros de 40 a 90 mm. Em estaleiro os rolos nunca devem ser armazenados em pilhas superiores a duas unidades.

Os acessórios devem ser armazenados de preferência em prateleiras sob cobertura, devendo conservar-se nas embalagens protectoras de origem no maior período de tempo possível até a sua utilização.

As condições de acondicionamento deverão garantir que não serão alteradas as características e identificação dos acessórios.

Os acessórios deverão ser acondicionados em três áreas distintas, perfeitamente identificadas, de acordo com o resultado da recepção realizada (Aceitação, Aceitação Condicional e Rejeição) e por tipo e espécie, de modo à sua fácil identificação e aplicação em obra.

Os tubos e acessórios que se encontram armazenados no exterior, passíveis de serem expostos ao sol, devem ser protegidos dos raios UV.

Deve ser evitado o contacto com óleos lubrificantes e hidráulicos, assim como com produtos químicos agressivos, tais como solventes químicos.

Para além dos cuidados referidos, é ainda absolutamente interdito:

- fazer rolar os tubos no solo,
- submeter os tubos a temperaturas superiores a 40°C,
- empilhar tubos qualquer que seja a altura, desde que não estejam asseguradas perfeitas condições de segurança.

10.3 Assentamento de tubo

10.3.1 Trabalhos preparatórios e subsequentes

Ao iniciar a montagem das tubagens, o adjudicatário deverá assegurar ter a vala aberta e drenada (se for caso disso), com largura e profundidade adequadas ao diâmetro da conduta e à natureza do terreno, leito regularizado e taludes estabilizados, tudo numa extensão não inferior à média diária de progressão da montagem.

Os trabalhos de escavação deverão ser conduzidos de forma a garantir as indispensáveis condições de segurança dos trabalhadores e do público e a evitar desmoronamentos.

É indispensável a entivação do solo nas frentes de escavação, que deverá ser adequada à natureza e à constituição do solo, à profundidade, ao grau de humidade e às sobrecargas a suportar pelas superfícies dos terrenos adjacentes.

No caso dos terrenos pouco coesos usar-se-ão entivações que assegurem a continuidade do suporte. Todos os trabalhos deverão ser realizados a seco, pelo que esta cortina terá que assegurar vedação suficiente. Em alternativa, o adjudicatário poderá recorrer a outros métodos, desde que aprovados pela Fiscalização, não se isentando, contudo, da responsabilidade em caso de acidente.

Os produtos de escavação não poderão ser depositados a menos de 0,60 m do bordo superior do talude. Fixar-se-á sempre, como resguardo, uma prancha de madeira ao longo do bordo superior do talude.

Após a ocorrência de temporais ou qualquer outra situação passível de afectar as condições de segurança estabelecidas, os trabalhos de escavação só poderão continuar depois da aprovação da Fiscalização.

Todas as tarefas inerentes ao decorrer dos diversos trabalhos serão executadas conforme o preconizado neste Caderno de Encargos.

Sempre que as escavações impeçam ou dificultem a circulação de peões e dos veículos, e até que a normalidade seja restabelecida, serão instalados passadiços provisórios, que deverão oferecer estabilidade suficiente, ter os lados protegidos com corrimão e ser convenientemente iluminados, sendo a zona de intervenção vedada com rede apropriada.

Os materiais, os equipamentos, bem como todos os elementos que existam nos locais e nos postos de trabalho, deverão ter solidez e serem estabilizados de forma adequada e segura.

Além dos meios de acção correntes a empregar nos trabalhos preparatórios, o adjudicatário deverá dispor previamente, nos locais da Empreitada ou nas imediações, de pessoal, equipamento, máquinas, materiais e ferramentas em quantidades e em espécie, tais que as escavações e os aterros se processem com eficiência e em bom ritmo.

10.3.2 Assentamento das tubagens

O assentamento das tubagens exige prévia autorização da Fiscalização, que só será dada depois de se constatar que as cotas da respectiva trincheira ou das obras de arte são as estabelecidas. Todas as reparações que venham posteriormente a tornar-se necessárias por virtude de assentamentos nos aterros efectuados serão de conta do adjudicatário.

Nas valas as tubagens deverão ficar uniformemente apoiadas no leito de assentamento, ao longo de toda a geratriz inferior, excepto nas secções transversais correspondentes às juntas de ligação, as quais ficarão a descoberto em todo o seu perímetro, até aprovação do ensaio de pressão interna.

No caso de troços de tubagem com juntas travadas, os ensaios referidos só podem ser realizados nesses troços com as valas aterradas até à cota final, embora com as juntas dos tubos a descoberto.

O fundo da vala deverá ser sempre compactado a, pelo menos, 95% do Proctor Pesado, podendo a Fiscalização mandar executar à sua conta os ensaios de confirmação de compactação que julgar convenientes.

10.3.3 Movimentação de tubos e sua colocação nas valas

Tanto no armazém, como nos locais de aplicação, os tubos podem ser arrumados por empilhamento.

Os tubos devem ser transportados, do estaleiro ou armazém para os locais de aplicação, em plataformas de reboque por tractor, em camiões ou noutros veículos providos de boa suspensão e equipados com dormentes, coxins ou dispositivos de fixação equivalentes, apropriados ao seu perfeito acondicionamento durante a viagem.

A carga e a descarga dos tubos nos veículos de transporte e a sua colocação em obras deverão fazer-se manual ou mecanicamente, consoante for menor ou maior o peso dos tubos e as condições de assentamento. Em qualquer dos casos serão manuseados cuidadosamente, com o auxílio de

cordas, cintas ou correias de couro, ou ainda de garras suficientemente largas e protegidas com revestimento macio, por forma a evitarem-se danos nos tubos ou no seu revestimento, quando exista.

Os tubos devem ser inspeccionados antes de serem assentes em obra. Se apresentarem fendas, mossas, falhas e chochos ou outros defeitos, a Fiscalização poderá rejeitá-los e recusar a sua reparação para futura aplicação.

Serão tomadas as precauções para se evitarem que entrem nos tubos terras, pedras, madeiras e quaisquer outros corpos ou substâncias estranhas, procurando-se que o seu interior se mantenha limpo durante o transporte, manuseamento, colocação e montagem.

Na suspensão diária dos trabalhos, e sempre que se verifique uma interrupção no processo de assentamento da conduta, os topos livres dos tubos e dos acessórios já montados deverão ser tamponados e vedados, por dispositivos a aprovar pela Fiscalização, a fim de impedir a entrada de sujidade, detritos, corpos estranhos ou água das valas.

Se, não obstante todos os cuidados, aparecem na montagem tubos insuficientemente limpos no seu interior, a Fiscalização determinará ao adjudicatário que antes de os aplicar, proceda à sua lavagem ou mesmo desinfecção, conforme o referido no Caderno de Encargos.

O assentamento será feito de jusante para montante e no caso dos tubos com campânula, com esta para montante, devendo haver sempre o cuidado de lhes dar apoio em toda a extensão e de garantir o seu perfeito alinhamento, tanto no plano vertical, como no horizontal.

Independentemente do tipo de enchimento para a vala especificado no Caderno de Encargos, o adjudicatário assentará os tipos de tubos que utilizar com amarrações devidamente calculadas contra a flutuação, sempre que hajam níveis freáticos elevados e que a natureza das tubagens possa colocar em risco a sua estabilidade.

Os restantes requisitos a atender no correcto assentamento dos tubos e boa execução das juntas deverão obedecer à norma NP-893 ou às indicações do fabricante, consoante o tipo de material e de juntas a aplicar.

11 Arruamento periférico

Em linhas gerais a elaboração do projecto do arruamento tenta conjugar a melhor solução técnica com o adequado uso dos recursos disponíveis subjugando-se às condicionantes locais existentes.

Consequentemente, os critérios de trabalho foram baseados na adopção de soluções que signifiquem:

- Conforto e segurança para os utilizadores;
- Mínimo impacte da zona afectada;
- Mínima afectação dos terrenos limítrofes;
- Utilização de materiais locais e equipamentos de fácil disponibilidade;
- Mínimas alterações das funções normais da área durante a construção da obra.

Desta forma, a concepção geométrica do arruamento desenvolvida no presente projecto teve como principal objectivo otimizar um traçado que minorasse os efeitos induzidos pelos condicionamentos encontrados na implantação, sublinhando-se, principalmente, os de ordem topográfica que originam impactos e acarretam outras condicionantes que são necessárias acautelar e o cumprimento da plataforma do futuro aterro.

11.1 Metodologia

A solução apresentada tem por base o levantamento topográfico do local e o estudo da modelação da plataforma do futuro aterro. Assim, o presente projecto pretende implantar o arruamento na periferia da plataforma de aterro, com as características geométricas que melhor se adaptem às condicionantes topográficas e efectuar as ligações com os acessos existentes, tentando privilegiar a segurança rodoviária, bem como a limitação da intervenção nas áreas circundantes. Com base nestas condicionantes, as soluções foram estudadas de modo a garantir uma boa organização do tráfego de pesados, permitindo esta solução um funcionamento mais simples que poderá ser entendido de forma mais fácil pelos condutores. Foi criada uma plataforma anexa à faixa de rodagem para dotar o aterro de um espaço disponível para manobras de viaturas pesadas.

A fixação da velocidade base da qual decorrem todas as características geométricas em planta e perfil é, ela própria, função de elementos básicos como é o caso de:

- Relevância da estrada;
- Tráfego esperado;
- Investimento desejado;

- Topografia do terreno.

Acresce que a topografia do terreno é acidentada e existe a necessidade de cumprimento de cotas da plataforma do aterro, bem como a necessidade de ligação às acessibilidades existentes, sendo estes os elementos que mais condicionaram a definição das características geométricas adoptadas. Porém, tentou-se aproximar o máximo possível dos parâmetros fundamentais do traçado em planta e perfil longitudinal.

11.2 Traçado

11.2.1 Planta e perfil longitudinal

Este eixo é condicionado pela definição da plataforma do aterro e pela ligação às acessibilidades existentes, ao nível do desenvolvimento da sua directriz, da sua rasante e do seu perfil transversal, pelas inclinações e cotas altimétricas existentes a partir das quais se desenvolve (ver desenhos E_BRV_701 a E_BRV_703).

Com uma extensão de cerca de 617 m em planta, a directriz é definida por 4 alinhamentos rectos concordados por 3 alinhamentos curvos, cujos raios são aproximadamente 20,00 m (ver desenhos E_BRV_701 e E_BRV_702).

Ao nível da rasante esta desenvolve-se através de cinco traineis com inclinações de -7% (de ligação à estrada existente), 1,5%, 5%, 1,5%, 1,5%. A concordar os trainéis apresentam-se quatro curvas verticais, uma côncava com raios de 1000.00m, três convexas com 500m, 2000m e 2500m (ver desenho E_BRV_702).

11.2.2 Perfil transversal tipo

Em secção corrente

O perfil transversal tipo é composto por uma faixa de rodagem com 6,00 m de largura, ladeada do lado do aterro por uma plataforma com 5,00 m de largura. Esta plataforma destina-se à instalação de canais técnicos, à amarração das telas de impermeabilização e prevê a inclusão dos órgãos de drenagem do aterro e da aplicação das camadas de selagem, estes em fases posteriores de

exploração. Do lado oposto existe uma concordância com 0,8 m de largura para transição da faixa de rodagem, que é ocupada, em larga parte da sua extensão, por uma valeta triangular de bordadura com 0,70 m, sendo que na restante extensão não existe valeta. (ver desenho E_BRV_703).

A inclinação transversal da faixa de rodagem é realizada a uma água para o lado exterior ao aterro, com um valor de 1,5%. A plataforma do lado do aterro tem uma inclinação de 1,5%, para o lado da faixa de rodagem.

11.3 Terraplenagens

11.3.1 Terraplenagens gerais

Neste ponto, a partir da caracterização local dos terrenos, faz-se referência às questões mais importantes das terraplenagens, nomeadamente no que se refere à decapagem, saneamento, escavações e aterros.

Os trabalhos de terraplenagem a realizar constam essencialmente de:

- Decapagem da “terra vegetal”;
- Escavação para abertura da caixa do pavimento;
- Escavação em empréstimo e execução de aterros.

O cálculo dos volumes de terras necessários aos trabalhos de terraplenagem será executado com base nos perfis transversais apresentados nas peças desenhadas e do cálculo de perfis auxiliares para as zonas particulares.

11.3.2 Decapagem

A espessura da camada superficial a decapar é variável e dependente da topografia, da natureza dos terrenos aflorantes e do uso que lhes é dado.

11.3.3 Escavação

As escavações não deverão ser levadas abaixo das cotas correspondentes ao fundo de caixa, salvo em circunstâncias especiais que surjam durante a execução dos trabalhos, tais como a presença de rocha ou materiais impróprios que sejam necessários remover. Neste caso, os materiais removidos serão substituídos por solos com características adequadas devidamente regularizadas e compactados.

Se no decorrer das escavações for encontrada água nascente, freática ou de infiltração proceder-se-á à respectiva drenagem, de forma a manter as zonas de escavação ou aterro livres de água.

Atingindo as cotas de fundo de caixa, deve ser garantido um grau de compactação de 95%, segundo o ensaio de Proctor modificado.

A definição da inclinação dos taludes teve em consideração a altura de escavação, as características dos terrenos interessados, a topografia e a ocupação do terreno.

Tendo em conta os factores acima apontados, para os taludes foi considerada uma geometria de H/V:2/1.

11.3.4 Aterro

Em função das características topográficas e geotécnicas da zona atravessada, para regularizar a plataforma e dotá-la de características geométricas compatíveis com o objectivo pretendido para a estrada existe a necessidade de executar aterros.

Nos pontos seguintes faz-se referência aos principais aspectos relacionados com a construção dos aterros previstos.

Materiais

Os materiais a aplicar nos aterros serão resultantes de escavação da plataforma do aterro ou de outras zonas de empréstimo preferencialmente dentro da área de execução da obra, devendo enquadrar-se nos grupos A-1 e A 2-4 do sistema de classificação AASHTO, o que implica apresentar o máximo de 25% de finos, e ter expansibilidade nula ou muito reduzida.

Este grupo de solos aplicar-se-ão no coroamento do aterro, sempre que possível numa espessura de

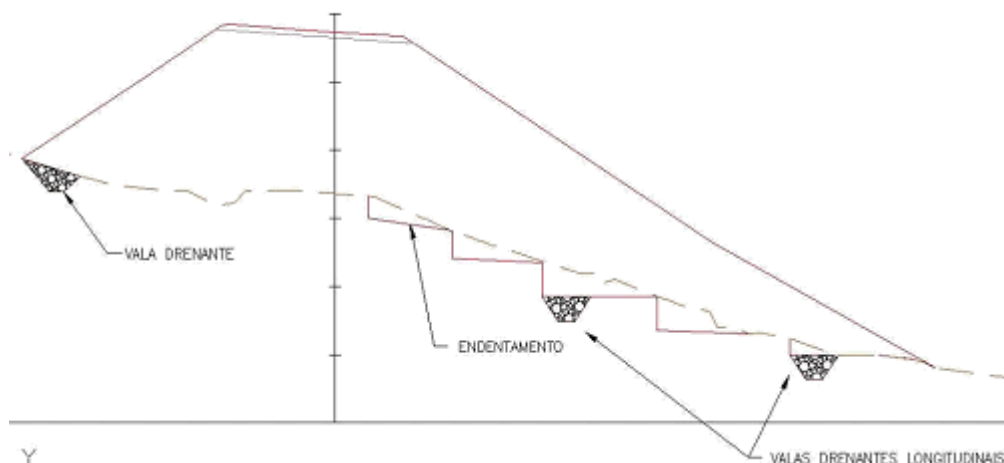
1,0 m. O restante volume de aterro será realizado com solos provenientes das escavações e de empréstimos referidos, mas obedecendo aos requisitos para aterros patentes nas condições técnicas.

Fundação dos aterros

A preparação do terreno de fundação inclui a desmatção e decapagem, conforme definido nos subcapítulos anteriores. Outros cuidados especiais são necessários na fundação dos aterros que se inserem em vertentes inclinadas, exigindo-se a criação de degraus de endentamento nas encostas, após decapagem e remoção dos blocos soltos e dos materiais terrosos, com o objectivo de melhorar as condições de fundação e estabilidade e de facilitar a execução das primeiras camadas de aterro.

Em zonas com afloramentos de núcleos rochosos, que condicionam o espalhamento e a compactação das camadas de base, devem ser fracturados e demolidos os núcleos salientes e as lajes, para proporcionar boa fundação e compactação das primeiras camadas dos aterros e evitar eventuais condições de instabilidade.

Deve dar-se atenção à detecção e tratamento de eventuais ressurgências de água, evitando assim a erosão da fundação dos aterros. Nestas condições, e conforme se ilustra na figura em baixo, preconiza-se a construção de valas drenantes longitudinais (secção de 0.5m², no mínimo).



Métodos construtivos

Previamente ao início da construção dos aterros, a plataforma deverá estar limpa e devidamente regularizada.

Devem observar-se os seguintes procedimentos construtivos e objectivos:

- A espessura das camadas, após compactação, não deverá ser superior a 40 cm;
- A compactação relativa de solos nos aterros, referida ao ensaio de compactação pesada (Proctor Modificado), deve ser de pelo menos 95%;
- Com o objectivo de evitar o ravinamento provocado pela circulação das águas superficiais, recomenda-se o revestimento dos taludes de aterro com 0,15m de “terra vegetal” e sementeira de espécies vegetais adequadas, proporcionando um bom enquadramento paisagístico, logo após a sua execução, a fim de evitar a degradação e erosão da superfície dos taludes com as primeiras chuvas.

Sob o ponto de vista de equilíbrio, prevê-se a execução de taludes com a geometria de $V/H=1/2$.

11.3.5 Sustentabilidade

Sustentabilidade implica obter o mesmo desempenho com um menor consumo de materiais, o que origina uma menor poluição, menor transporte e um consumo inferior de recursos naturais. Para garantir uma sustentabilidade ambiental, económica e social ao nível das terraplenagens dever-se-á prever medidas ao nível de três elementos:

- Metodologia de projecto;
- Construção consciente;
- Controlo do processo de execução.

No processo de terraplenagens, existem muitas formas de proceder, de maneira a tornar a obra sustentável, controlando e gerindo vários aspectos como o material, o equipamento e a execução.

Ao material resultante das escavações dever-se-á atribuir categorias que permitam distinguir a qualidade e o destino previsto no projecto. Desta forma, será minimizado o transporte, o custo e será definida a sua aplicação consoante as características patentes na categoria. O uso de uma categoria diferente da preconizada no projecto só poderá ser aplicado quando, economicamente ou ambientalmente, esta estiver indisponível.

No caso de existir a necessidade de escavação em empréstimo fora das instalações dever-se-á prever a utilização racional do equipamento de transporte, atendendo à produtividade requerida.

Dever-se-á ter em conta a proximidade do local da escavação em empréstimo para minimizar o transporte, reduzindo a emissão de dióxido de carbono, contribuindo, desta forma, para minimizar o impacte ambiental. Acresce o facto de este procedimento minorar os custos. Os locais de empréstimo deverão ser convenientemente seleccionados para evitar áreas de boa aptidão agrícola, reservas florestais, ecológicas e de preservação cultural.

O material a desmatar e limpar deverá ser retirado e depositado, para que após a execução de todos os trabalhos, o solo orgânico seja espalhado, reintegrando-se na paisagem. Porém, a remoção e depósito dependerá da eventual utilização, não sendo permitida a permanência de resíduos na adjacência da plataforma, de modo a não provocar a obstrução dos sistemas de drenagem natural da obra ou problemas ambientais.

O tráfego de equipamentos e veículos de serviço deverá ser controlado para evitar a abertura de vias desnecessárias.

11.4 Pavimentação

A escolha e concepção dos pavimentos tem como objectivo a criação de uma superfície que possibilite a circulação com segurança e comodidade dos veículos, minimizando a necessidade de obras de conservação durante o período de vida útil.

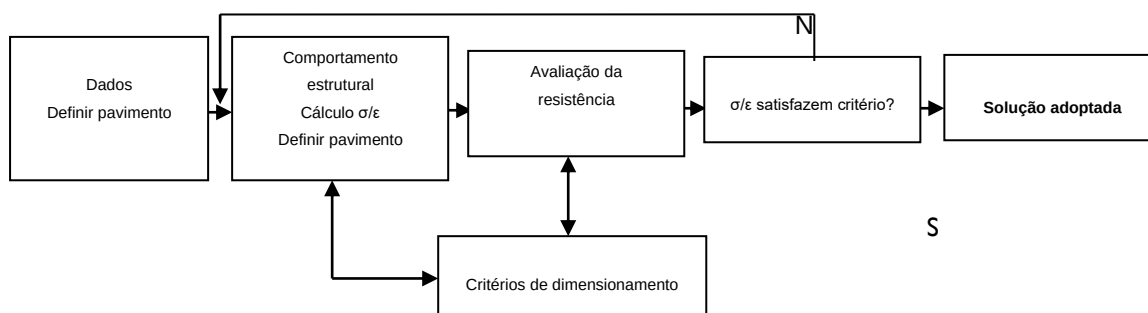
11.4.1 Faixas de rodagem e plataforma

Para a determinação da estrutura de um pavimento flexível existem variáveis que são necessárias considerar.

TRÁFEGO	Volume do tráfego Composição do tráfego Crescimento do tráfego Período de vida
CONDIÇÕES DE FUNDAÇÃO	Capacidade de suporte Natureza e propriedades dos solos
MATERIAIS	Características dos materiais Processo construtivo
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Precipitação Temperatura

Variáveis a considerar no dimensionamento da estrutura do pavimento

O dimensionamento do pavimento está subjacente a uma orgânica de cálculo que passa por um processo iterativo.



Processo iterativo de dimensionamento

Recorreu-se para efeitos de pré-dimensionamento das estruturas, ao “Manual de Concepção de Pavimentos para a Rede Rodoviária Nacional” – JAE, 1995 – passando daqui em diante a ser designado por MACOPAV.

Nesse pré-dimensionamento considerou-se como tráfego solicitante a classe de tráfego T7 (MACOPAV – Quadro 2.6), a qual situa o valor do tráfego médio diário anual de pesados (TMDAP) até ao valor de 50 veículos pesados tipo por dia. Relativamente à classe de fundação, tendo em consideração o enquadramento geológico da zona e o reconhecimento de superfície que se efectuou, preconiza-se uma Classe de Fundação F2 (MACOPAV – Quadro 4.6), a qual enquadra o valor do módulo de deformabilidade da fundação para efeitos de cálculo nos 60 MPa.

Assim, aplicou-se a estrutura que melhor satisfaz do ponto de vista técnico-económico aos requisitos que revestem este tipo de obra, optando-se por um pavimento flexível (ver desenho E_BRV_701). Desta forma, para a faixas de rodagem e plataforma é preconizada uma estrutura de pavimento conforme se especifica:

- Camada de desgaste em AC14 surf 50/70 com 0.05 m de espessura;
- Rega de colagem em emulsão betuminosa C60B3 à taxa de 0.5 kg/m²;
- Camada de ligação em AC 20 bin 50/70 com 0.05 m de espessura;
- Rega de impregnação com emulsão betuminosa do tipo C50BF4 à taxa de 1.00kg/m²;
- Camada de base em material agregado britado de granulometria extensa (0/40), com 20 cm de espessura;
- Camada de sub-Base em material agregado britado de granulometria extensa (0/40), com 20 cm de espessura.

11.5 Drenagem

Basicamente, o estudo refere-se à drenagem longitudinal da via periférica ao aterro.

As obras de drenagem longitudinal são concebidas para:

- Garantir a captação e o escoamento das águas pluviais caídas na plataforma;
- Captar e conduzir as águas pluviais geradas nos taludes de escavação de forma a controlar a acção erosiva do escoamento e a evitar o acesso dessas águas à plataforma;
- Captar e conduzir as águas pluviais geradas nos terrenos limítrofes e que drenam para a estrada;
- Minimizar os problemas decorrentes da afectação quantitativa e qualitativa de aquíferos localizados em zonas limítrofes.

11.5.1 Águas superficiais

As águas pluviais afluentes ao arruamento e bermas serão conduzidas, em grande parte da extensão da via, por intermédio de valetas em betão sendo descarregadas para o terreno natural por meio de valetas descendentes e dissipadores de energia, ou então serão devolvidas ao meio natural por mero escoamento superficial, na extensão em que a valeta é inexistente (ver desenhos E_BRV_501 e E_BRV_502).

Consideraram-se os seguintes órgãos de drenagem longitudinal superficiais:

- Valetas de plataforma - serão instaladas entre as bermas e os taludes de escavação. Permitirão conduzir as águas para fora da plataforma; possuirão secção triangular excêntrica, de fundo revestido em betão; terão a dimensão de 0,70m. Não estarão associadas a dreno / colector, dada a sua curta extensão.
- Valetas de bordadura de aterro - serão instaladas no início da zona de concordância entre a berma e o talude de aterro. Serão também implantadas descidas de talude, que possibilitam a condução das águas até aos terrenos adjacentes.
- Valas de pé de talude - Serão instaladas nas bases dos taludes de aterro evitando que as águas provenientes da plataforma lhes causem erosão, encaminhando-as para os órgãos da rede de drenagem ou terrenos confinantes. Executar-se-ão em secção triangular revestidas em betão;
- Caixas de visita - assumirão grande importância no sistema de drenagem por possibilitarem operações de inspecção e manutenção, assim como permitirem efectuar a ligação ou mudança de direcção de valas ou valetas. Nestes caixas poderão ser descarregadas águas pluviais de outras origens como por exemplo da bombagem pluvial de fundo de célula do aterro.
- Dissipadores de energia em descidas de talude - serão instalados no fim das descidas em talude em aterro, no caso de não existir ligação a valas de pé de talude, procurando evitar a existência de fenómenos de erosão devidos a velocidades de escoamento elevadas. Com o mesmo objectivo, serão instalados dissipadores de energia no final das descendentes no pé de talude.

11.6 Aspectos de segurança, higiene e saúde

A fim de garantir a segurança e a protecção da saúde de todos os intervenientes no estaleiro, bem como na obra e noutras intervenções posteriores, devem ser observados os princípios gerais de prevenção de riscos profissionais consagrados no regime aplicável em matéria de segurança, higiene e saúde no trabalho.

11.7 Muro de suporte

Atendendo à topografia da área de implantação do arruamento periférico e de forma a garantir a sua estabilidade, será necessário a execução de um muro de contenção de terras em betão armado com uma extensão de cerca de 100 metros.

A execução do muro de suporte terá como objectivo ultrapassar o desnível de cotas existente na área de implantação do arruamento periférico, nomeadamente, na zona Norte da nova célula, de forma a estabelecer em segurança a transição das superfícies de terreno situadas a cotas diferentes, uma vez que não é possível executar esta transição de uma forma suave.

O muro de suporte será executado em betão armado e será dimensionado de forma a suportar o carregamento causado pelo solo e manter a inclinação necessária à implantação do arruamento.

As pressões laterais exercidas pelo solo sobre uma estrutura de suporte estão fortemente relacionadas com a deformação que a estrutura possa experimentar. A resultante destas pressões constitui o impulso de terras. A quantificação destes impulsos constitui um passo fundamental para o dimensionamento das estruturas de suporte, visto que estas estruturas são concebidas, exactamente, para absorverem estas acções. A relação entre as acções e a estrutura adoptada deve ser tal, que satisfaça o compromisso entre os critérios de segurança e de economia.

Para a verificação da estabilidade do muro de suporte, recorreu-se aos Eurocódigos que fornecem regras comuns de cálculo estrutural para a aplicação corrente no projecto de estruturas e dos seus componentes.

Os cálculos foram feitos para os estados limites últimos geotécnicos e orgânicos, nas situações persistentes ou transitórias e em situação sísmica. Para tal, foram implementados os métodos Rankine, Coulomb e o método do proposto pelo EC7 para o cálculo do impulso das terras no muro em situação estática. Quanto às situações sísmicas, aplicou-se o método de Mononobe-Okabe. A acção sísmica, que neste método reflecte-se através dos coeficientes sísmicos, foi considerada

através do EC8 e foram implementadas as acelerações máximas de referência de todas zonas sísmicas de Portugal.

ANEXO I – MEMÓRIA DE CÁLCULO

ESTUDO DE ESTABILIDADE E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE IMPERMEABILIZAÇÃO E PROTECÇÃO DA ZONA BASAL E TALUDES DA ZONA DE CONFINAMENTO

1 PRESSÃO MÁXIMA EXERCIDA PELA MASSA DE RESÍDUOS DEPOSITADOS

A pressão máxima exercida pela massa de resíduos depositada nas células, admitindo-se para efeito de cálculo 40,00 m de altura de resíduos é dada por:

$$(1) \quad P = (H \times Pr) + (d_i \times P_i) + (h \times P_f)$$

Sendo:

Pr Peso específico dos resíduos – **9 KN/m³**;

Pi Peso específico dos materiais que constituem a camada drenante – **20 KN/m³**;

Pf Peso específico dos materiais que constituem a cobertura final – **21 KN/m³**;

d_i Espessura dos diferentes materiais da camada drenante – **0,50 m**;

H Altura mais desfavorável da massa de resíduos (m) - **40,00 m**;

h Altura da cobertura final – **1,0 m**.

Deste modo, de acordo com a fórmula (1):

$$P = 391,0 \text{ KN / m}^2$$

2 DIMENSIONAMENTO DA GEOMEMBRANA EM PEAD

A geomembrana em PEAD tem como principal função servir como barreira activa aos fluidos, evitando qualquer fuga de líquidos contaminados para o meio ambiente exterior.

$$\text{Espessura (2)} \quad \sigma_{adm} \times e_{req} \times \cos \beta = P \times b \times [\text{tg}(\delta_s) + \text{tg}(\delta_i)]$$

Sendo:

σ_{adm} Tensão admitida – **30.000 KN/m²**;

e_{req} Espessura requerida à geomembrana (m);

P Pressão aplicada – **391,0 KN/m²**;

b Tolerância admitida – **5%**;

δ_s Ângulo de atrito entre a geomembrana e o material superior – **10°**;

δ_i Ângulo de atrito entre a geomembrana e o material inferior – **10°**;

β Ângulo da força mobilizadora da geomembrana com a horizontal – **30°**.

Deste modo, de acordo com a fórmula (2):

$$e_{req} \approx 5,478 \times 10^{-4} \text{ m}$$

Considerando um factor de segurança de 3 obtemos:

$$e_{req} \approx 1.64 \times 10^{-3} \text{ m} \approx 1.7 \text{ mm}$$

Verifica-se, com base nos cálculos efectuados que a aplicação de uma geomembrana com uma espessura de 2,0 mm, em conformidade com o Decreto-Lei nº 84/2011, de 20 de Junho, garante com margem de segurança a impermeabilização da zonal basal da área de confinamento.

3 DIMENSIONAMENTO DO GEOTÊXTIL DE PROTECÇÃO À GEOMEMBRANA

Sobre a geomembrana no fundo do aterro é colocado um geotêxtil com a função de proteger a geomembrana das solicitações mecânicas, sendo necessário verificar a sua resistência ao punçoamento e ao rasgamento.

Sobre o geotêxtil é colocada uma camada de areia de granulometria média a grossa, que não se degrada ao longo do tempo e cuja função é proteger a geomembrana da acção directa exercida pelo seixo rolado. No entanto, em termos de cálculo assume-se a situação mais desfavorável – geomembrana em contacto directo com a camada de seixo rolado.

Punçoamento

$$(3) \quad F_{cbr} = (F_p \times d_p) / (d_a \times S)$$

$$(4) \quad F_p = [(\pi \times d_a^2) / 4] \times P$$

Sendo:

d_p Diâmetro do pilão de ensaio – **0,05 m**;

d_a Diâmetro médio do material da camada drenante – **40 mm**;

S Esfericidade do material (**$S = 0,4$**);

P Pressão exercida (KN/m²)

Deste modo, de acordo com a fórmula (4):

$$F_p = 0,51 \text{ KN} \approx 510 \text{ N}$$

De acordo com a fórmula (3):

$$F_{cbr} = 1,57 \text{ KN} \approx 1.570 \text{ N}$$

Considerando um factor de segurança de 2:

$$F_{cbr} = 3,15 \text{ KN} \approx 3.150 \text{ N}$$

Rasgamento

$$(5) \quad F = \pi \times da^2 \times P \times S$$

Sendo:

da Diâmetro médio do material da camada drenante – **40 mm**;

S' Factor de forma => $S' = (1 - S)$, sendo S a esfericidade (**S = 0,6**);

P Pressão exercida (KN / m²)

Deste modo, de acordo com a fórmula (5):

$$F = 1,206 \text{ KN} \approx 1\,206 \text{ N}$$

Considerando um factor de segurança de 2:

$$F = 2,4 \text{ KN} \approx 2\,450 \text{ N}$$

4 DIMENSIONAMENTO DA VALA DE ANCORAGEM

A ancoragem dos geossintéticos consegue-se pela mobilização das forças tangenciais de atrito no contacto com o terreno na zona de amarração. As forças tangenciais resultam da tensão normal na zona de contacto pela componente friccional, ou seja, a tangente do ângulo de atrito na interface. Quando estes se encontram a tensão normal resulta da acção do peso das terras colocadas superiormente, e quando se situam na vertical a tensão corresponde ao impulso em repouso.

A força máxima a transferir para o terreno é de valor igual ao máximo da força de tracção admitida na geomembrana.

$$(6) \quad R_{\text{tracção}} = 15 \text{ KN / m}^2$$

$$R_{\text{tracção}} = [Y_s \times (h_v + h_s) \times b \times \tan \alpha] + (Y_s \times L \times h_s \times \tan \alpha)$$

Sendo:

Y_s Peso específico da camada de impermeabilização – **21 KN / m³**

h_s Altura da camada sobre a vala (m)

h_v Altura da vala (m)

b Largura da vala (m)

L Comprimento entre a crista do talude e a vala de amarração (m)

α Ângulo de atrito no contacto com o geossintético – **20°**

Substituindo-se os valores pode-se adoptar uma vala de ancoragem com o mínimo de profundidade de $h_v = 0,80$ m desde que sejam garantidos:

Profundidade - h_v (m)	0,80
Comprimento entre a crista do talude e a vala de amarração - L (m)	1,50
Largura da vala - b (m)	1,00
Altura da camada sobre a vala - h_s (m)	0,80

Nas condições da tabela anterior, a tracção máxima na vala de amarração é 21,40 KN/m, o que traduz um factor de segurança de cerca de 1,78 no dimensionamento da vala de amarração.

DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL NA ÁREA INTERIOR DO ATERRO

1 SISTEMA DE DRENAGEM PLUVIAL

A definição de um adequado sistema de gestão e drenagem de águas pluviais incidentes na área interior do aterro é fundamental para minimizar a ocorrência de lixiviados e permitir a gestão dos mesmos.

A drenagem das águas pluviais tem grande relevância, dada a configuração do terreno, a forma de implantação do aterro e o clima da região.

A resolução da problemática associada às águas pluviais / lixiviados passa por vários aspectos importantes a ter em conta:

- Desvio das águas pluviais das vertentes naturais que drenam na direcção da área do aterro;
- Drenagem das águas pluviais precipitadas directamente dentro da área impermeabilizada do aterro.

Os caudais pluviais dependem essencialmente de:

- Intensidade média de precipitação, que depende das condições climatológicas da região, a sua natureza aleatória está associada a determinada frequência de ocorrência e determinada duração da chuvada;
- Área de drenagem;
- Características físicas da bacia drenante, nomeadamente infiltração, velocidade de escoamento superficial, inclinação e dimensões da bacia drenante.

1.1 Selecção do período de retorno

Para determinação do caudal máximo a drenar pelos órgãos do sistema de drenagem pluvial recorrer-se-á ao Método Racional assumindo-se um período de retorno de 20 anos.

1.2 Caracterização das condições de precipitação

Para caracterização da precipitação no local da intervenção recorre-se às *Normais Climatológicas*, correspondentes a 1988–2008, para a zona em estudo, sendo considerada em projecto de execução, a precipitação máxima.

1.3 Determinação do caudal de ponta

A intensidade de precipitação para um período de 20 anos é calculada pela expressão proposta por MATOS que se apresenta em seguida:

$$I = a \times t^b$$

Sendo:

I – Intensidade de precipitação (mm/h)

t – Tempo de concentração (min.) – 10 min.

a – Constante adimensional que assume o valor [317,74] para um período de retorno de 20 anos

b – Constante adimensional que assume o valor [-0,538] para um período de retorno de 20 anos

O caudal de ponta é calculado pela expressão apresentada em seguida:

$$Q = C \times I \times A$$

Sendo:

Q – Caudal de ponta (L/s)

C – Coeficiente adimensional que considera o tipo de ocupação da bacia hidrográfica

I – Intensidade de precipitação (L/s.ha)

A – Área de bacia hidrográfica (m²)

Relativamente à ocupação do solo consideram-se os coeficientes indicados na tabela seguinte.

Tabela 1 – Coeficientes para o tipo de ocupação

Tipo de ocupação	Coeficiente ¹
Pavimento betuminoso	0,90
Passeio para peões	0,85
Relvado sobre solo impermeável inclinado (> 7%)	0,35
Relvado sobre solo impermeável médio (2 a 7%)	0,22
Relvado sobre solo impermeável plano (< 2%)	0,17
Geomembrana (impermeabilizado)	1,00

Neste enquadramento, o caudal de ponta assim calculado é de **18.5 L/s.ha.**

2 DRENAGEM DA ZONA BASAL

O alvéolo 1 é a zona de confinamento de maior área – 1,8 ha – correspondendo um caudal de ponta de 33.3 L/s.

Neste enquadramento a verificação das condições da drenagem das águas pluviais será realizada para o alvéolo de maiores dimensões.

A verificação das condições de escoamento para o caudal associado ao caudal de ponta será efectuada com base nas fórmulas de *Manning – Strickler* (7) e na fórmula monómia para escoamentos em tubagens de plástico (8), respectivamente:

$$(7) \quad Q = K_s \times S \times R^{2/3} \times i^{1/2}$$

$$(8) \quad Q = 58,9 \times D^{2,69} \times i^{0,56}$$

Sendo:

K_s Coeficiente de rugosidade da tubagem – **125 (tubagem em polietileno)**

¹ Manual de Saneamento Básico 2 – Abastecimentos de Água e Esgoto, Ministério do Ambiente e dos Recursos Naturais, Direção-Geral dos Recursos Naturais, Cap. II.11, Quadro A1 (exceto geomembrana)

- S Secção de escoamento (m²) – **0,052 m²**
- D Diâmetro interno da tubagem (m) – **0,2576 m**
- R Raio hidráulico – **0,0644 m**
- i Perda de carga unitária – **0,02 m/m**

Tendo por base a experiência no dimensionamento de estruturas semelhantes, as tubagens de drenagem da zona basal não deverão apresentar um diâmetro nominal inferior a Ø 315, de forma a evitar a sua colmatção por acção dos finos arrastados.

Assim, de acordo com a fórmula (7),

$$Q = 276,30 \text{ L/s}$$

e de acordo com a fórmula (8),

$$Q = 375,49 \text{ L/s.}$$

O caudal escoado por unidade de tempo nas tubagens propostas é superior ao caudal de ponta considerado. Neste enquadramento, o sistema de drenagem projectado assegura a condução das águas pluviais para o sistema de drenagem garantindo que as mesmas não se acumulam do interior da zona impermeabilizada.

Considerando que apenas o alvéolo 1 se encontra em exploração, a precipitação sobre o alvéolo 2 será enviada para a rede de drenagem pluvial. Neste enquadramento, a área de drenagem será 1,40 ha a que corresponde um caudal de ponta de cerca de 25,9 L/s. Neste caso a drenagem pluvial irá ser efectuada com recurso a bombas portáteis (em exploração) de forma a garantir a boa salubridade da instalação.

ANEXO II – Especificações e Controlo de Geossintéticos

NOTA PRÉVIA

Todas as barreiras geossintéticas que constituem o sistema de impermeabilização das células de confinamento da BRAVAL devem respeitar a:

- Norma Portuguesa NP EN 13493:2007 que define as características requeridas para a utilização na construção de estruturas de armazenamento e de deposição de resíduos sólidos e para controlo de qualidade em obra.

Todos os geotêxteis que integram a construção das células de confinamento da BRAVAL devem respeitar a:

- Norma Portuguesa NP EN 13257:2006 que define as características dos geotêxteis e produtos relacionados requeridas para a utilização em depósitos de resíduos sólidos e para controlo de qualidade em obra.

1 MATERIAIS PROPOSTOS

Impermeabilização do fundo da estrutura de confinamento

- Geomembrana PEAD (rugosa em ambas as faces)
- Geotêxtil não tecido
- Geocompósito bentonítico

2 ESPECIFICAÇÃO DOS MATERIAIS

2.1 GEOMEMBRANA DE PEAD

A geomembrana é fabricada a partir de resinas virgens de PEAD - Polietileno de Alta Densidade, com as seguintes principais características:

Material		Geomembrana PEAD	
Propriedades	Unidade	Norma	Valor
Espessura	mm	ASTM D 5199	2,0
Superfície	-	-	Rugosa
Densidade	g/cm ³	ASTM D 792	≥ 0,94
Resistência ao rasgamento	N	ASTM D 1004	≥ 275
Resistência ao punçoamento	N	ASTM S 4833	≥ 690
Resistência à tracção (ambas as direcções)	N/mm	ASTM D 638 type IV D 6693	30
Conteúdo em negro de carbono	%	ASTM D 1603	2,0 – 3,0
Tempo de indução da oxidação (OIT)	min	ASTM D 3895	≥ 100
Dispersão de negro de carbono	-	ASTM D 5596	1 / 2

As resinas destinadas ao fabrico de geomembrana são submetidas a ensaios de recepção na fábrica que contemplam a confirmação dos seguintes valores mínimos:

- Índice de fluidez;

- Teor de humidade;
- Densidade.

As geomembranas são produzidas pelo processo de calandragem, em máquinas que permitem actualmente ir até uma largura de 7 metros.

O material é produzido em rolos com as seguintes dimensões:

ESPESSURA. mm	LARGURA m	COMPRIMENTO m	DIAM. APROX. ROLO mm	PESO APROX. Kg
2	7	100	730	2100
		150		
		200		

Durante o processo de fabrico, são continuamente controlados os seguintes parâmetros:

- Qualidade da superfície;
- Acabamento;
- Medição da espessura segundo largura total.

De acordo com os Procedimentos de Garantia da Qualidade, que integram o Manual da Qualidade do Fabricante, serão realizados, como mínimo, em intervalos definidos, os seguintes ensaios:

- Índice de fluidez;
- Determinação da tensão de cedência;
- Determinação do alongamento à cedência;
- Determinação da tensão de rotura;
- Determinação do alongamento à rotura;
- Resistência à propagação de fissuras;
- Estabilidade dimensional;
- Resistência à intempérie;
- Densidade.

Cada rolo em intervalos de um metro terá inscritas marcações onde consta o tipo de resina, número de turno e máquina de fabrico, data e comprimentos intercalares.

Todas as propriedades mecânicas são determinadas no sentido longitudinal e transversal.

2.2 GEOTÊXTIL

O geotêxtil proposto deverá ter as seguintes principais características:

Material		Geotêxtil não tecido	
Propriedades	Unidade	Norma	Valor
100% polipropileno	%	-	100
Espessura @2kPa	mm	EN ISO 9864	3,0
Massa por unidade de área	g/m2	EN ISO 9863	500
Resistência à tracção (ambas as direcções)	KN/m	EN ISO 10319	≥ 5,3
Punçoamento estático	KN	EN ISO 12236	≥ 3,15

2.3 GEOSSINTÉTICO BENTONÍTICO

Material		Geocompósito Bentonítico	
Propriedades da Bentonite	Unidade	Norma	Valor
Bentonite Sódica Natural	%	-	100
Montmorilonite	%	XRD	≥ 90
Absorção de água	%	ASTM E 946	≥ 600
Humidade	%	DIN 18121 / ISO 11465	< 15
Propriedades do GCL	Unidade	Norma	Valor
Massa de bentonite por unidade de área	g/m2	UNE EN 14196	≥ 5 000
Coeficiente de permeabilidade	m/s	DIN 18130 ASTM D 5887	≤ 2,0 x 10-11
Resistência à tracção (ambas as direcções)	kN/m	UNE EN ISSO 10319 ASTM D 4595	12
Propriedades do Geotêxtil	Unidade	Norma	Valor
Polipropileno, não tecido, agulhado	-	-	-
Massa por unidade de área	g/m2	EN ISO 9864	220

Após fabricação, são emitidos Certificados em conformidade com a DIN 50049/3.1 B.

3 MÉTODO DE INSTALAÇÃO DOS GEOSSINTÉTICOS

3.1 RECEPÇÃO EM OBRA

Será verificado, de acordo com as encomendas de materiais efectuadas para a obra, o tipo de material a descarregar, nomeadamente fabricante e identificação do produto (tipo de material). Para tal, o material virá acompanhado de guia de remessa, onde estes dados estarão indicados. Virão também indicados os números dos rolos e do respectivo lote de fabrico.

Posteriormente, e após a recepção dos documentos de controlo de qualidade do fornecedor, será verificado se os materiais cumprem as características para aceitação dos mesmos.

3.2 APROVISIONAMENTO

Os materiais deverão ser armazenados em local plano, não devendo os rolos ser colocados em contacto directo com o solo, mas sim em cima de vigas de madeira.

Geocomposto bentonítico, geotêxteis e geocompostos de drenagem: estes geossintéticos deverão ser entregues em rolos protegidos com invólucros relativamente opacos e impermeáveis, de modo a evitar a sua degradação pela acção dos raios ultravioleta.

3.3 APLICAÇÃO DE GEOTÊXTEIS

Os geotêxteis são materiais geossintéticos aplicados preferencialmente como protecção, drenagem ou reforço.

Quando aplicados em taludes, as juntas de sobreposição são orientadas paralelamente à sua linha de maior declive.

A sua instalação é efectuada por sobreposição de 8 a 15 cm, podendo outras medidas de sobreposição ser definidas nas especificações técnicas de projecto.

Recorrer-se-á à colagem entre os vários troços com máquina manual de ar quente, sempre que necessário.

3.4 APLICAÇÃO DA GEOMEMBRANA DE PEAD

As geomembranas em PEAD são materiais totalmente impermeáveis, compostos pelo polímero polietileno, utilizados na impermeabilização de superfícies, que ao serem soldados entre si conferem um rearranjo entre as moléculas soldadas, formando um material único.

As geomembranas em PEAD são resistentes a ataques por agentes químicos agressivos, incluindo águas lixiviantes, condições atmosféricas adversas, ataques por bactérias, insectos, vermes, raízes e corrosão criada pela fadiga.



Modo de instalação

➤ Espalhamento da geomembrana

Os rolos de geomembrana serão desenrolados sobre a superfície a impermeabilizar com o auxílio de meios mecânicos (multi-funções ou retro-escavadora) utilizando equipamento próprio, constituído por estrutura de suporte e preparada para o desenrolar dos rolos.

O espalhamento dos rolos será executado de modo a deixar uma faixa de sobreposição necessária para a soldadura dos vários troços.

Quando aplicados em taludes, as juntas de sobreposição são orientadas paralelamente à sua linha de maior declive.



Instalação de geomembrana

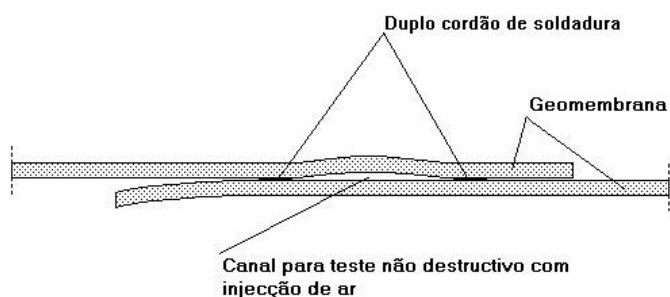
➤ Tipos de soldaduras:

Mediante dupla soldadura em paralelo, por termofusão, com canal intermédio de comprovação da estanquicidade.

A soldadura por termofusão consiste numa cunha de aquecimento, montada num aparelho autopropulsor, entre duas placas, de modo a que, quando a face das duas telas passa pela cunha, lhes proporcione um tal aquecimento que as derreta. Seguidamente a tela passará por dois rolos compressores que realizarão então a soldadura. A máquina de soldadura por termofusão é equipada com um visor de temperaturas, que continuamente informa sobre a temperatura de fusão.

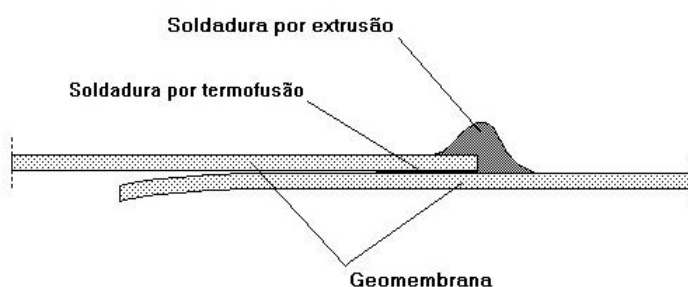
Largura mínima da soldadura: 2 x 10 mm.

Canal de controlo: 10 - 20 mm.



A soldadura por extrusão (a utilizar em pormenores e em reparações) consiste na introdução de um fio de polietileno de alta densidade derretido ao longo das duas extremidades de tela já soldadas por fusão. A saída de ar quente provoca o aquecimento do fio de polietileno e das duas telas sobrepostas, de modo a proporcionar uma soldadura homogénea das telas.

Largura mínima da soldadura: 20 mm.



➤ Equipamentos utilizados na execução das soldaduras:

Normalmente, a geomembrana é soldada com recurso a uma máquina automática de dupla pista (dupla soldadura) com sistema de cunha quente, a qual cria um canal para posterior ensaio de estanquicidade (teste não destrutivo).

Em zonas de remate, pormenores ou reparações, serão executadas soldaduras por extrusão, utilizando-se uma extrusora manual.

Em soldaduras de grande extensão, será utilizada a máquina automática de dupla pista, enquanto em pequenos remates ou reparações, será feita uma soldadura por extrusão e/ou sistema de dupla pista + extrusão (localizada no local de entrada/saída da máquina de dupla pista).

➤ Execução de soldaduras por máquina automática de dupla pista:

Verificar se a sobreposição é a correcta para a execução da soldadura;

Limpar a faixa de sobreposição, de modo a que toda a zona de soldadura esteja livre de qualquer objecto, sujidade ou humidade;

Preparação para soldadura:

- a) Ajustar a pressão dos roletes de soldadura para a espessura de geomembrana a soldar (entre 1 a 2 kg/cm²);
- b) Ajustar a velocidade (entre 1 a 3 m/min.) e temperatura (entre 350°C a 450°C) para soldadura, de acordo com o tipo de geomembrana a soldar e as condições atmosféricas;
- c) Verificar estado da patilha de ensaio, para teste de pressão;
- d) Efectuar sempre uma soldadura de teste no início de cada dia de aplicação ou sempre que as condições ambientais sofram alterações significativas, para verificação da resistência da soldadura em aparelho manual.
- e) Efectuar a soldadura da geomembrana, colocando a máquina de soldar entre as faixas de geomembrana sobrepostas, tendo sempre em atenção se a faixa de sobreposição é a correcta e ajustando a sua velocidade no caso da existência de singularidades (soldaduras transversais).



Soldadura por dupla pista

➤ Execução de soldaduras por extrusão (pormenores ou reparações):

Efectuar a colagem da geomembrana na zona sobreposta, recorrendo a máquina manual de ar quente. A zona de colagem deverá estar livre de qualquer objecto, sujidade ou humidade;

Limpar a zona de soldadura rebarbando-a;

Preparação da soldadura:

- a) Ajustar as temperaturas de soldadura e de aquecimento da superfície de contacto para tipo de geomembrana e cordão a utilizar;
- b) Efectuar sempre uma soldadura de teste no início de cada dia de aplicação ou sempre que as condições ambientais sofram alterações significativas, para verificação da resistência da soldadura em aparelho manual;
- c) Efectuar a soldadura por extrusão sobre fio eléctrico condutor, para posterior teste de estanquicidade (Spark-test).

➤ Execução de testes às soldaduras:

Testes não destrutivos às soldaduras duplas:

- a) Tapar os extremos do canal central da soldadura dupla com extrusão;
- b) Introduzir a agulha de teste no canal de teste;
- c) Introduzir ar à pressão preestabelecida no canal de teste e verificar se há perda de pressão durante o tempo de ensaio. Caso não se verifique diminuição na pressão introduzida, está garantida a estanquicidade da soldadura.

Directivas para controlo por ar comprimido:

Espessura (mm)	1,0	1,5	2,0	2,5
Pressão de controlo (bar)	1.65 – 2.07	1.86 – 2.41	2.07 – 2.41	2.07 – 2.41

A soldadura é considerada conforme, quando a pressão no canal de teste, não diminuir mais do que 10% do valor da pressão inicialmente introduzida.



Testes não destrutivos

Testes não destrutivos às soldaduras por extrusão:

- a) Verificar a passagem de corrente entre o fio condutor previamente colocado na soldadura por extrusão e a máquina de teste SPARKY, e efectuar o varrimento da soldadura com uma descarga eléctrica.
- b) Caso não se verifique qualquer passagem de corrente, está garantida a estanquicidade da soldadura.



Sparky test

Testes destrutivos às soldaduras duplas:

- Retirar amostras das soldaduras executadas, com a frequência mínima de amostragem de 10.000 m². As amostras deverão ser retiradas em obra, ou em alternativa serem escolhidas das amostras guardadas diariamente para ensaios de pré-qualificação.
- Diariamente, e antes de se iniciar qualquer trabalho de soldadura, deverá ser feita uma amostra com 1,00 m x 0,30 m, de onde serão retirados 2 provetes para ensaio manual de arranque e de corte. Na amostra deverá mencionar velocidade de soldadura, temperatura, data e nome do soldador. Depois de serem ensaiados os provetes, e atestar a qualidade satisfatória da soldadura, poderão iniciar-se os trabalhos. A amostra restante deverá ser guardada para eventual recolha de outros provetes.
- Nos provetes de ensaio laboratorial, verificar se as tensões de rotura ao corte e ao arranque são superiores aos valores mínimos estabelecidos. O equipamento de ensaios necessário para esta operação trata-se de um tensímetro automático que, com uma velocidade determinada pela norma de ensaio ASTM D 6392, efectua a rotura da soldadura.
- A tolerância máxima admitida será de 10% em relação aos valores obtidos durante o ensaio destrutivo.

No quadro seguinte, são apresentados os valores mínimos admissíveis para os ensaios destrutivos:

<i>Teste</i>	<i>Norma</i>	<i>Valores</i>				
Espessura		1,0 mm	1,5 mm	2,0 mm	2,5 mm	3,0 mm
<i>Soldaduras dupla pista</i>						
Ensaio de corte	ASTM D 6392	18 kN/m	24 kN/m	30 kN/m	36 kN/m	42 kN/m
Ensaio de arranque	ASTM D 6392	12 kN/m	18 kN/m	24 kN/m	30 kN/m	36 kN/m
<i>Soldaduras por extrusão</i>						
Ensaio de arranque	ASTM D 6392	12 kN/m	18 kN/m	24 kN/m	30 kN/m	36 kN/m



Testes destrutivos

➤ Relatório das soldaduras:

Serão efectuados registos em quadro próprio dos rolos aplicados, bem como da sua localização em obra, de acordo com um desenho actualizado (lay-out).

Neste registo ficará registado a posição da tela, o número do rolo aplicado, a data, comprimento, etc.