

ATERRO DE RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS DE CASTELO BRANCO – 3ª CÉLULA

PROJETO DE EXECUÇÃO – Revisão B

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO	4
2.	CARACTERISTICAS GERAIS DO ATERRO	4
2.1.	Localização	4
2.2.	Enquadramento	5
2.3.	Tipo de Resíduos	6
2.4.	Área e Volume	6
2.5.	Conceção Geral da Instalação	7
3.	CARACTERISTICAS GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS E HIDROGEOLÓGICAS DO LOCAL.....	8
3.1.	Considerações gerais.....	8
3.2.	Geomorfologia	9
3.3.	Enquadramento geológico	10
3.4.	Litologia e estrutura	13
3.5.	Alteração.....	14
3.6.	Outras litologias.....	14
3.7.	Tectónica.....	15
3.8.	Rede Fluvial.....	15
3.9.	Hidrogeologia	15
3.10.	Solos.....	16
3.11.	Rocha.....	17
3.12.	Zonamento geotécnico	17
3.13.	Ripabilidade das formações	18
3.14.	Utilização dos produtos escavados	18
3.15.	Características hidrogeológicas e hidrogeotécnicas.....	18
4.	IMPERMEABILIZAÇÃO DA 3ª CÉLULA DO ATERRO DE RNP.....	20
4.1.	Considerações gerais.....	20
4.2.	Impermeabilização do fundo e dos taludes	20

4.3.	Dimensionamento do Sistema de Impermeabilização.....	21
4.3.1.	Considerações gerais.....	21
4.3.2.	Camada de Solos de Baixa Permeabilidade	21
4.3.3.	Geocompósito Bentonítico	22
4.3.4.	Barreiras de Impermeabilização Artificiais	22
4.3.5.	Vala de Ancoragem	25
4.3.6.	Verificação do fator de segurança no trecho inclinado	26
4.3.7.	Geotêxtil com função de proteção	27
4.3.8.	Geocompósito drenante.....	28
4.4.	Características e Especificações dos Materiais	29
4.4.1.	Microtela Bentonítica	29
4.4.2.	Geomembrana	31
4.4.3.	Geotêxtil.....	32
5.	DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS, LIXIVIADOS E BIOGÁS.....	33
5.1.	Considerações gerais.....	33
5.2.	Drenagem de Águas Pluviais	34
5.2.1.	Drenagem Exterior à Célula	34
5.2.2.	Drenagem do Fundo da Célula	34
5.3.	Drenagem das Águas Lixiviantes	35
5.3.1.	Sistema de Drenagem de Lixiviados	35
5.3.2.	Sistema Elevatório de Águas Lixiviantes.....	35
5.4.	Drenagem do Biogás	37
6.	INFRAESTRUTURAS COMPLEMENTARES.....	38
6.1.	Via de Circulação Interna.....	38
6.2.	Piezómetros.....	38
6.3.	Rede de Abastecimento de Água - Incêndio.....	38
6.4.	Rede de Abastecimento de Água - Incêndio.....	38
7.	SELAGEM FINAL E INTEGRAÇÃO PAISAGISTICA	39
8.	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS	40

1. INTRODUÇÃO

O presente documento constitui a Revisão A da Memória Descritiva e Justificativa do Projeto de Execução referente à construção da 3ª célula do Aterro de Resíduos Não Perigosos de Castelo Branco, doravante designado por **Aterro de RNP de Castelo Branco** e cujo promotor é a **BioSmart, Soluções Ambientais, S.A.**, com número de identificação fiscal: 510 172 407.

Contactos:

- **Tel:** 272 320 522
- **Email:** susana.m.belo@biosmart.pt

O **Aterro de RNP de Castelo Branco** é ainda detentor do Título Único Ambiental TUA20171020000210-EA, que inclui as seguintes operações de gestão de resíduos:

D1 – Depósito no solo, em profundidade ou à superfície (deposição em aterro);

As atividade desenvolvida consiste na deposição de resíduos em aterro.

O **Aterro de RNP de Castelo Branco** será alvo de nova ampliação, através da construção da célula nº3, de acordo com as peças escritas e desenhadas que se apresentam.

Com esta ampliação pretende-se a atualização da capacidade de encaixe do aterro com base no plano de encerramento proposto, para uma capacidade máxima de 581.100 m³ (correspondente a 668.265 toneladas, considerando a densidade média verificada nas instalações nos últimos anos de 1,15).

2. CARACTERISTICAS GERAIS DO ATERRO

2.1. Localização

A construção da 3ª célula desenvolver-se-á na instalação **Aterro de RNP de Castelo Branco**, localizado em Vedulho de Baixo, E.N. 18, Km 8,3, 6000 Castelo Branco, concelho de Castelo Branco em espaço de reserva para tal.



Figura 1 - Localização do Aterro RNP Castelo Branco



Figura 2 - Localização 1:25.000 (Carta Militar)

2.2. Enquadramento

A seleção do local para a implantação da 3ª célula do Aterro de Resíduos Industriais Banais (não perigosos) (RIBs) é determinado pelas infraestruturas existentes e terreno disponível. No presente caso o terreno disponível confina-se à área vedada, sendo que parte dos limites norte e nordeste correspondem à EN 18-8, enquanto os restantes limites são propriedades privadas inseridas em espaço florestal.

Analisando a área vedada, única área onde o aterro de RIBs de Castelo Branco se pode desenvolver, verifica-se, como se poderá observar no desenho 3, que apenas existe uma zona, onde é possível efetuar a construção e a exploração da 3ª célula. Essa zona localiza-se a Oeste da célula nº2, em espaço florestal inserido no perímetro da propriedade, encontrando-se o espaço já dotado de

vedação. O acesso à célula será efetuado junto da portaria não sendo necessário criar acessos adicionais, ficando ainda área de reserva para armazenamento de terras de cobertura e infraestruturas complementares necessárias à exploração do aterro.

A localização da célula respeita todos os aspetos constantes no Decreto-Lei nº102-D de 2020, nomeadamente:

- Distâncias do perímetro do local em relação a áreas residenciais e recreativas, cursos de água, massas de água e outras zonas agrícolas e urbanas;
- Existência de águas subterrâneas ou costeiras, ou de áreas protegidas;
- Condições geológicas e hidrogeológicas;
- Riscos de cheias, de aluimento, de desabamento de terra ou de avalanches;
- Proteção do património natural ou cultural.

A 3ª célula insere-se no interior da propriedade já afeta ao aterro de resíduos não perigosos de Castelo Branco, local atualmente com coberto vegetal (plantação de eucaliptos e mato rasteiro) a remover antes do arranque das obras e com aterros resultantes da escavação para a formação da 2ª célula.

Assim, a 3ª célula insere-se numa propriedade com uma área total de 141.907 m². As instalações existentes consistem nas instalações de apoio (edifício administrativo, portaria, reservatório de água, armazém, posto de abastecimento de combustível, unidade de manutenção de máquinas, ETAL), nas células nº1 e nº2 e respetiva reengenharia.

2.3. Tipo de Resíduos

O Aterro de RNP de Castelo Branco receberá resíduos não perigosos conforme disposto no Decreto-Lei nº102/2020, de 10 de dezembro e o TUA 20171020000210-EA.

Não haverá qualquer alteração à tipologia de resíduos, recebida na instalação.

A operação de gestão de resíduos a desenvolver é a seguinte:

- D1 – Depósito no solo, em profundidade ou à superfície (deposição em aterro);

2.4. Área e Volume

A 3ª célula do aterro de RNP de Castelo Branco irá ocupar uma área aproximada de 17.000m².

O volume depositado nas células existentes (célula 1 e célula 2), incluindo a sua reengenharia é de, aproximadamente, 481.100m³, a que corresponde uma quantidade aproximada de 553.265 ton de resíduos depositados (considerou-se uma densidade real de 1,15 ton/m³).

O volume de deposição de resíduos, estimado para a célula 3 é de, aproximadamente, 100.000m³, sendo que, após reengenharia da célula 3 com as células 1 e 2, estima-se um volume total de deposição de resíduos no Aterro de RNP de Castelo Branco de 581.100m³, a que corresponde uma quantidade de 668.265 ton de resíduos depositados.

2.5. Conceção Geral da Instalação

A instalação é constituída atualmente pelas seguintes infraestruturas e equipamentos:

- Portaria;
- Báscula de pesagem;
- Edifício administrativo;
- Parque para viaturas ligeiras e pesadas;
- Unidade de lavagem de rodados;
- Vias de circulação internas;
- Posto de abastecimento de combustível;
- Rede elétrica e de telefones;
- Rede de drenagem de águas pluviais;
- Captação de água;
- Reservatório de água com 75 m³ de capacidade dividido em duas secções de forma independente garantindo num dos lados uma reserva para lavagens e consumos e na outra secção uma reserva para rega e incêndio;
- Rede de abastecimento de água e rede de incêndio;
- Rede de drenagem de águas residuais domésticas;
- Separadores de hidrocarbonetos (SH1 e SH2), com capacidade de 3 m³;
- Câmara de retenção de sólidos com uma capacidade de armazenamento de 25 m³ para pré-tratamento das águas residuais domésticas e de lavagens;
- Sistema de captação e drenagem de águas lixiviantes;
- Estação de tratamento de águas lixiviantes com uma capacidade de tratamento de 30 m³/dia, constituída por:
 - ✓ Lagoa I de armazenamento e evaporação;
 - ✓ Lagoa II de armazenamento e evaporação;
 - ✓ Sistema de tratamento de membranas por osmose inversa.

- Células de deposição de resíduos (Células nº1 e nº2);
- Estações elevatória de águas lixiviantes uma por célula;

A solução apresentada para a implantação da 3ª célula deposição de resíduos, bem como a interligação funcional entre as diversas componentes do conjunto pode ser observada nas respetivas Peças Desenhadas.

De salientar que, a conceção desenvolvida para o aterro contempla o projeto das infraestruturas necessárias ao correto enquadramento ambiental desta obra, de acordo com as normas técnicas em vigor.

Assim, e para as áreas de deposição de resíduos foram projetadas, para a 3ª célula de ampliação do aterro de RNP, as seguintes infraestruturas de proteção:

- Sistema de impermeabilização de fundo e taludes, com o objetivo de proteger o meio circundante da percolação de águas lixiviantes;
- Sistema de drenagem de águas pluviais do interior e do exterior da célula com objetivo de evitar a escorrência de águas pluviais para as zonas em exploração, quer provenientes dos terrenos adjacentes, vias de circulação e zonas não exploradas e como tal minimizar a produção de águas lixiviantes;
- Sistema de captação e drenagem de águas pluviais e de águas lixiviantes no interior da célula, independentes, com o objetivo de conduzir as águas pluviais para o meio ambiente e as águas lixiviantes para a ETAL, antes da descarga no meio ambiente.

Para além destas infraestruturas de proteção foram igualmente projetadas infraestruturas básicas complementares, necessárias ao normal funcionamento de toda a instalação a saber:

- Estação elevatória de águas lixiviantes e respetiva conduta para condução das águas lixiviantes até ao emissário existente junto da ETAL;
- Vias de circulação em redor da célula;
- Instalações elétricas de alimentação e de iluminação;

3. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS, GEOTÉCNICAS E HIDROGEOLÓGICAS DO LOCAL

3.1. Considerações gerais

No presente capítulo efetua-se um breve resumo das principais características das componentes de geologia, geotecnia e hidrogeologia do local proposto para implantação da célula.

3.2. Geomorfologia

O território de Portugal Continental pode considerar-se dividido, do ponto de vista geológico, nas quatro unidades geológicas seguintes:

- Maciço Antigo, também designado por Maciço Ibérico ou Maciço Hespérico.
- Orla Mesocenozóica Ocidental, abreviadamente designada por Orla Ocidental.
- Orla Mesocenozóica Meridional, abreviadamente designada por Orla Meridional.
- Bacia Terciária do Tejo-Sado, abreviadamente designada por Bacia do Tejo-Sado

A área de estudo enquadra-se no Maciço Hespérico, constituído por formações Proterozoicas e Paleozoicas, afetadas por fenómenos de metamorfismo, associados a diversas fases tectónicas de orogenia hercínica.



Figura 3 – Unidades geológicas de Portugal

O Maciço Antigo é assim, a unidade geológica que ocupa a maior extensão em Portugal, sendo constituído, essencialmente, por rochas eruptivas e metassedimentares. As litologias correspondentes àqueles tipos de rochas, são habitualmente designadas pelos hidrogeólogos por rochas cristalinas ou rochas duras, ou ainda por rochas fraturadas ou fissuradas. Em termos gerais, podem-se considerar como materiais com escassa aptidão hidrogeológica, pobres em recursos hídricos subterrâneos.

A geomorfologia da área é influenciada pela natureza do substrato litológico. A paisagem das zonas xistosas é dominada por cabeços arredondados pela dissecação das superfícies de erosão da intensa rede hidrográfica.

A geomorfologia regional, na incidência do projeto, é dominada por uma extensa região de topografia ondulada e ravinada, impressa numa superfície herdada de um anterior enquadramento geomorfológico regional no qual foi dominante a fenomenologia erosiva, de que já não há retalhos conservados.

Esta superfície tendencial inclina atualmente para sul, fruto de um sensível basculamento posterior. Variações do nível de base provocaram o encaixe da rede hidrográfica, gerando-se, nesta litologia regional de tendência pouco permeável, numerosos vales estreitos e alinhados, drenando os principais para sul, e os restantes, numa muito alta densidade, em direções aleatórias.

Localmente, a área do projeto insere-se num segmento inter-flúvico centrífugo.

A drenagem é periférica, tendendo para os quadrantes de Oeste e Sul, para uma linha de água afluente de um ribeiro que descarrega no rio Ponsul, situado a menos de 2.000m. Estas características transparecem com evidência na carta militar de Portugal, folhas 292 e 304 dos SCE.

Os terrenos em causa estão ainda sujeitos a erosão hídrica adicional causada pela plantação intensiva de eucaliptos ao longo de décadas.

3.3. Enquadramento geológico

A zona de trabalho enquadra-se no interior de uma extensa mancha de orientação predominante NE-SW, de terrenos atribuídos, na Carta Geológica 1/50.000 ao "Complexo Xisto-grauváquico Ante Ordovícico e Séries Metamórficas Derivadas".

Esta unidade é mais recentemente denominada, segundo a Carta Geológica de Portugal à escala 1/500.000, da ex. DGGM-SGP (1992) e ainda a mais recente carta geológica vizinha à escala 1/50.000 de Salvaterra de Extremo, como Grupo das Beiras, incluído no Supergrupo Dúrico-Beirão, de idade Pré-câmbrica Superior, e de qual se destacam diversas formações, por critérios essencialmente Lito estratigráficos.

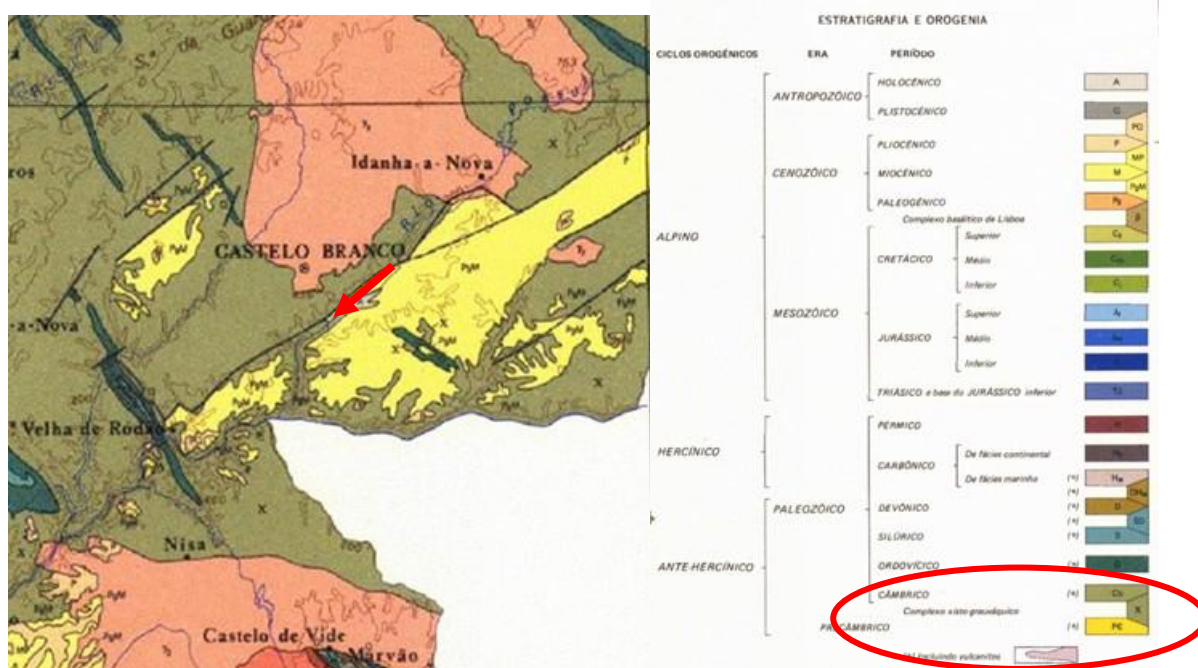


Figura 4 – Extrato da Carta Geológica 1:1.000.000

As litologias representadas localmente são, monotonamente, metapelitos (xistos) em camadas muito espessas e metagrauvaques muito finos e laminados, afetados por metamorfismo de muito baixo grau.

Esta mancha bordeja a sul o grande batólito complexo granítico de Castelo Branco, de idade hercínica, e que no local pouco parece afetar as formações metamórficas, e está limitada a sul pela extensa falha do Ponsul de orientação NE-SW e as formações cenozoicas associadas ao seu bloco inferior, para sul.

Geotectonicamente, a região insere-se na Zona Centro-Ibérica do Maciço Antigo. Grandes acidentes tectónicos de tipo falha, em várias épocas posteriores tardia e pós-hercínias, afetaram a região, condicionando o estado de fracturação de um embasamento rígido.

Sem influência direta no local dos trabalhos, uma dessas estruturas condicionou uma bacia sedimentar que recolheu detritos obtidos do desmantelamento erosivo de relevos entretanto arrasados.



Figura 5 – Extrato da Carta Geológica 1:50.000

Estes sedimentos são compostos por arcoses, areias siltosas, conglomerados com matriz e argilas. Posteriormente, desenvolveu-se uma extensa plataforma de erosão que conserva escassos, embora significativos, relevos residuais e sobre a qual se instalaram os encaixes geologicamente ainda mais recentes de vales da rede hidrográfica atual.

Os processos geológicos ativos na atualidade, afetando potencialmente o local dos trabalhos, estarão estabilizados e restringem-se à continuação dos particularmente lentos, e geotecnicaamente insignificantes, fenómenos de meteorização e erosão do maciço, dadas as condições morfo-climáticas do seu enquadramento atual.

3.4. Litologia e estrutura

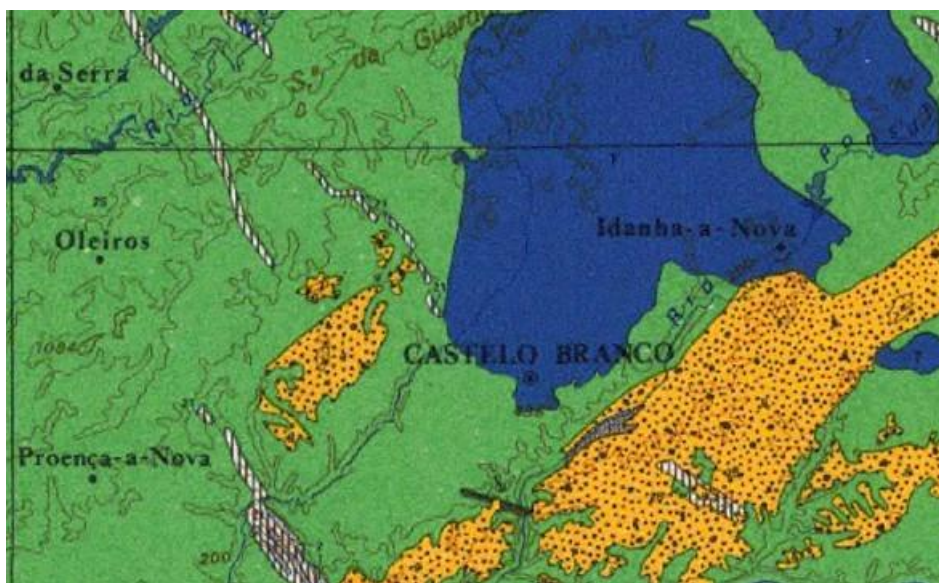
As litologias representadas no local são metapelitos (xistos) em camadas muito espessas e intercalações de metagrauvaques muito finos e laminados, afetados por metamorfismo de muito baixo grau. A diferença entre as litologias é reduzida, destacando-se a abrasividade maior e a menor facilidade de desenvolver uma clivagem para os metagrauvaques finos.

Estas litologias encontram-se profundamente enraizadas na área do projeto, e afloram extensiva e monotonamente na região envolvente.

Macroscopicamente, em estado, revelam uma variedade de cor cinzenta a esverdeada clara, em que é visível nas destacadas superfícies de xistosidade, um brilho derivado da orientação de microcristais de sericite. A xistosidade parece ser paralela, em geral, à estratificação. Não se observam dobramentos, exceto de pequena amplitude e locais associados a fraturas de orientação imprecisa.

A orientação da xistosidade varia de N110°E a N125°E, de tendência subvertical. Uma crenulação não generalizada tem orientação subvertical.

Foram encontradas algumas pequenas massas e filonetes de quartzo leitoso, sem expressão digna de nota.



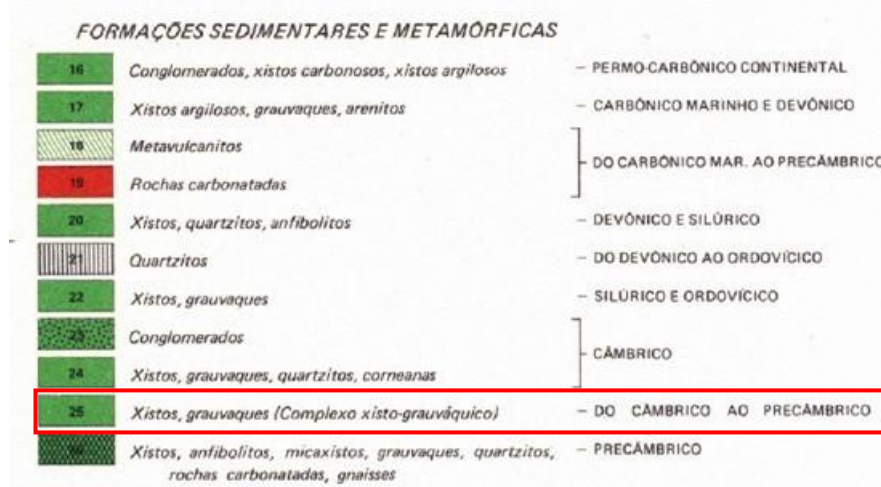


Figura 6 – Extrato da carta Litológica 1:1.000.000

3.5. Alteração

A alteração manifestada por estas litologias no local é de origem meteórica, ou superficial. Restringe-se praticamente a escassos decímetros de profundidade a partir da superfície topográfica, exceto ao longo de fraturas e diáclases onde poderá atingir alguns metros de profundidade.

Estima-se que a partir de 1,5 m de profundidade o essencial do maciço se encontrará no estado são com alteração restrita aos bordos das diáclases (estado de alteração W2). Este processo geológico, de degradação progressiva "in situ" de formações litológicas, gera uma camada quase contínua de rególito cascalhento com fragmentos de "xisto" numa matriz silto argilosa com, no máximo, 0,5 m de espessura, a que se segue um maciço rochoso alterado e muito fissurado por descompressão ao longo da xistosidade e das diáclases e juntas da rocha original.

Como produtos de alteração detetam-se localmente produtos argilosos no rególito. Apesar de pouco abundantes, dificultarão a traficabilidade aquando do humedecimento dos solos, uma vez que se associam a fragmentos líticos de tendência planar que dificultam a tração.

A argila como produto de alteração dos xistos e metagrauvaques encontra-se em filmes como preenchimento de fraturas na rocha quase intacta, associada a hidróxidos de ferro.

3.6. Outras litologias

Não foram reconhecidas no decorrer das obras já executadas outras litologias, apesar de serem conhecidos na região alguns filões de rochas microgranulares, em regra alterados, e filões de quartzo

pouco expressivos. Os terrenos graníticos encaixantes da faixa metassedimentar encontra-se a vários quilómetros de distância do local de projeto.

As formações superficiais resumem-se praticamente a um rególito sem capacidade agrícola, pedregoso com matriz silto-argilosa, com escasso a nulo conteúdo orgânico e com cerca de 60 cm de espessura.

3.7. Tectónica

A tectónica manifesta-se pela presença de falhas regionais e pelo diaclasamento de carácter local que afetam o maciço metassedimentar. As falhas não são identificáveis por critérios geológicos no local do projeto. Verifica-se que, contudo, condicionaram regionalmente a orientação dos principais cursos de água da região e a orientação do diaclasamento local.

Destaca-se, pela sua proximidade e expressão geográfica, a falha do Rio Ponsul, um importante acidente tectónico regional com atividade neotectónica suspeitada. O diaclasamento gera uma compartimentação tendencialmente poligonal em placas, de malha moderada.

3.8. Rede Fluvial

As linhas de água principais da região envolvente do local de instalação da unidade de acondicionamento de resíduos industriais não perigosos encontram-se encaixadas em vales erosivos suportados por materiais escassamente anisotrópicos e pouco permeáveis, o que lhes confere um destacado carácter generalizadamente dendrítico e francamente ondulante e alta densidade de drenagem, de geometria tendencialmente alongada N-S ou NNW-SSE.

A área de bacia contribuinte da linha de água mais próxima do local do projeto tem uma superfície total estimada em cerca de 1,5 km². A linha de água mais próxima do local situa-se a W, é temporária, restrita ao escoamento direto e hipodérmico. Dada a natureza do terreno e as condições geomorfológicas, até à proximidade do local projeto, praticamente não recebe escoamento subterrâneo por descarga de aquíferos.

3.9. Hidrogeologia

A hidrogeologia regional é dominada pela natureza e estrutura das formações do substrato. Os maciços xistosos de baixo grau apresentam, em geral, comportamento hidrogeológico dependente da fracturação descomprimida, que ocasionalmente pode atingir alguns metros de profundidade, complementada pela presença eventual de estruturas descomprimidas singulares associadas a filões ou veios, e que podem atingir dezenas de metros de profundidade.

A alteração meteórica superficial destes maciços é em regra muito limitada e pode atingir a dezena de metros de espessura.

O regime climático e a geomorfologia são fatores externos muito influentes, assim como as combinações de intensidade e distribuição espacial dos principais parâmetros indicados.

O maciço em causa apresenta características hidrogeológicas que apontam para um comportamento hidrogeológico dominado pela praticamente ausência de circulações de água subterrânea. Quando muito, poderá haver escoamentos a pequena profundidade, em particular em zonas de maior fissuração associadas a acidentes tectónicos (não detetados visualmente).

A permeabilidade média destas formações é muito reduzida, mas por vezes pode ser moderada perto da superfície topográfica, ou em faixas enraizadas estreitas. O armazenamento regional de águas subterrâneas é, sempre, muito escasso. Em regra, a produtividade aquífera é muito baixa: quando muito permite utilizações marginais a pobres por captação (<0.1 l/seg).

Atendendo a fatores hidroclimáticos, poderá estimar-se que a recarga dos recursos subterrâneos será francamente inferior à média regional. A recarga profunda que atinge o maciço xistoso, depois de recebida a partir do nível superficial, será menor, dada a nula capacidade de infiltração através da rocha sã e a muito reduzida capacidade de infiltração através da rede fractural de diáclases, que se encontram em regra comprimidas ou preenchidas com produtos argilosos, como foi reconhecido.

A declividade da superfície topográfica, a forte densidade de drenagem e o teor de argilas do rególito favorecem o escoamento superficial. Por outro lado, se o arroteamento dos terrenos para plantio de monocultura florestal favorece a infiltração, o desenvolvimento vegetativo do eucalipto promove a extração por evapotranspiração da água retida no solo artificial gerado.

3.10.Solos

Os solos, na perspetiva pedológica ou edáfica, geram-se e ocupam geralmente o topo da zona de alteração meteórica de formações geológicas subjacentes. Neste contexto, existem com muito escassas espessuras, e descontinuamente no local.

Os solos na perspetiva geotécnica incluem todos os materiais geológicos naturais quando desagregáveis com fracas ações mecânicas ou hidráulicas. Em alguns pontos, por aflorar rocha quase intacta, deverão estar ausentes solos geotécnicos.

Foram recolhidos solos aquando do projeto inicial e encaminhadas para ensaio laboratorial de identificação e caracterização geotécnica, cujos boletins analíticos que confirmam-se a natureza

análoga de todas as amostras, caracterizadas por um solo grosseiro, pedregoso, com uma matriz minoritária silto-argilosa se encontram em anexo.

3.11.Rocha

A rocha xistosa não foi sujeita a caracterização petrográfica de pormenor ou laboratorial, dado que se apresenta localmente com características convencionais médias para este tipo litológico. A sua natureza francamente foliada, com orientação "*in situ*" persistente, em torno de N 120° E, em bancadas delgadas verticais, a sua rigidez anisotrópica, e a fracturação que apresenta são os principais fatores geotécnicos a considerar na incidência do projeto.

A formação xistosa apresenta poucas diferenças nos níveis de fracturação, a avaliar pelo excelente corte da estrada que bordeja o terreno. A alteração generalizada restringe-se a uma camada superficial que raramente excederá 1,0 m de espessura. Abaixo desta profundidade estará compacta, dividida por juntas que, muitas delas, mostram indícios de estarem consolidadas.

A fracturação de origem tectónica é razoavelmente homogénea na área de influência do projeto, provocando a compartimentação regular do maciço. Não foram detetados acidentes singulares, do tipo falha.

3.12.Zonamento geotécnico

Combinando os efeitos decorrentes da natureza e estados de alteração e meteorização do maciço podem distinguir-se três complexos geotécnicos no local, os quais se dispõem, genericamente, como horizontes subparalelos à superfície topográfica. Num corte sintético representativo do modelo geotécnico, com os seguintes níveis, de cima para baixo, descreve-se:

- a) Nível superficial de solos pedregosos, quase sempre siltoso-argilosos na fração > 2,0mm. A espessura média estimada em 0 a 0,5m.
- b) Rocha xistosa alterada a muito alterada (W₃₋₄₋₅), bastante fraturada (F₃ - F₄₋₅) e francamente descomprimida, praticamente sem inclusão de solos, ocorrendo a profundidades entre 0,5 e 1,5 metros.
- c) c) Xistosa sã a pouco alterada (W₁₋₂), que se encontra inferiormente, a partir dos 1,5m de profundidade média, continuando indefinidamente em profundidade. A fracturação é de tipo F₂₋₃, e em regra não se encontra descomprimida.

3.13. Ripabilidade das formações

Com base nas características geológicas e geotécnicas das formações no local de implantação da célula de deposição de resíduos definem-se dois níveis distintos, em termos de ripabilidade:

- a) Nível A, que corresponde a um nível mais superficial até cerca de 1,0 metros de espessura máxima estimada, e que engloba a camada de solo pedregoso e a zona em que o xisto se encontra medianamente a muito alterado. Este nível é escavável com meios mecânicos convencionais, como máquinas pesadas de lâminas com apoio de "*ripper*".
- b) Abaixo de 1,0m é expectável que o maciço só seja ripável com o recurso a meios mais pesados.

Dado que se trata de uma formação anisotrópica, o plano de desmonte poderá vir a ser especialmente adaptado às condições locais.

3.14. Utilização dos produtos escavados

A qualidade e a quantidade de produtos resultantes da escavação do aterro irão definir o destino destes.

O nível mais superficial correspondente à camada de rególito pedregoso poderá ser utilizado na fase terminal de acondicionamento dos resíduos em que se dará especial atenção à recuperação paisagística. Não deverá ser utilizado na construção de taludes de aterro devido à baixa resistência expectável derivada da granulometria presumidamente bimodal com escassez de finos intersticiais, e à geometria planar dos fragmentos grosseiros.

Os materiais rochosos extraídos durante a escavação para a célula poderão ser utilizados na criação de barreiras de ocultação ou removidos para utilização em pedreira, caso haja viabilidade económica, e igualmente poderão não apresentar viabilidade para a construção de aterros ou taludes. Atendendo a que a quantidade de aterros previstos para a obra são reduzidos os materiais a ser usados na sua construção deverão ser minuciosamente selecionados e aprovados pela fiscalização.

3.15. Características hidrogeológicas e hidrogeotécnicas

A definição de um modelo hidrogeológico local implica necessariamente um enquadramento regional das formações aquíferas, por forma a perceber a orientação do fluxo subterrâneo assim como identificar eventuais fatores que possam influenciar o mesmo, nomeadamente o preciso regime de recarga e descarga, de armazenamento e da permeabilidade. Dada a homogeneidade geológica (regional e local) e a natureza e estrutura das formações, o comportamento hidrogeológico é relativamente previsível.

A piezometria é desconhecida, mas deverá situar-se no final da estiagem a profundidade considerável, muito inferior à da base prevista da célula, podendo subir ao longo do período chuvoso, por vezes com a geração de níveis suspensos, sem especial importância geotécnica.

Poderão vir a ser registados níveis piezométricos acompanhando grosseiramente o declive topográfico, com fortes declives.

A zona de saturação (marginalmente designada aquífero dada a prevista baixa produtividade derivada a baixa permeabilidade regional) situa-se no seio da rocha sã, mas necessariamente fissurada, por onde, exclusivamente, poderá ocorrer percolação.

A recarga por infiltração deriva exclusivamente das águas pluviais excedentes do escoamento superficial e da evapotranspiração, regionalmente. A eventual base deste nível saturado é desconhecida. A moderada declividade topográfica do topo e a inclinação sensível no nível de base constituído pelos leitos das ribeiras principais condicionam um escoamento subterrâneo com sensíveis gradientes, mas que serão lentos uma vez que se processam no seio de materiais muito pouco permeáveis.

O armazenamento hídrico subterrâneo é muito escasso. O aquífero é pobre a muito pobre, de carácter local, e poderá descarregar sazonalmente para uma linha de água natural próxima como transbordo hipodérmico difuso. Esta estrutura aquífera habitualmente não suporta captações nas condições geomorfológicas do previsto aterro. Dadas as características litológicas, estima-se para este nível uma permeabilidade da ordem de $K \approx 1.0 \times 10^{-8}$ m/s, ou menor ainda.

O nível piezométrico é efetivamente desconhecido. Deverá estar situado a cotas mais baixas a Oeste e a Sul. Na ausência de pontos de controlo, admite-se como provável que o escoamento subterrâneo, apesar de regionalmente insignificante, se processe naturalmente de N e NE para S e SW.

A vulnerabilidade à contaminação do "aquífero" é baixa. Os riscos de contaminação dependerão da qualidade do projeto, da manutenção da estrutura de contenção de resíduos e da drenagem superficial de águas provenientes de áreas sujas para a rede de recolha e tratamento de lixiviados. A contenção e a drenagem seguem as regras da arte e a legislação em vigor, pelo que os riscos de contaminação serão mínimos e estarão instalados os meios de monitorização exigidos, atendendo ao enquadramento hidrogeológico local.

Os sete (7) piezómetros instalados mantêm-se, relocalizando-se apenas o piezómetro nº5, conforme peça desenhada correspondente.

Esta realocização deverá permitir à semelhança das restantes, o atravessamento do nível saturado em, pelo menos, 25 m. O diâmetro interno do piezómetro, de tubo aberto e francamente drenado, deve ser de 125 mm.

4. IMPERMEABILIZAÇÃO DA 3ª CÉLULA DO ATERRO DE RNP

4.1. Considerações gerais

O sistema de proteção ambiental da 3ª célula do aterro sanitário é constituído por um conjunto de camadas sucessivas de diferentes materiais (geossintéticos), com funções de impermeabilização, proteção mecânica da geomembrana, minimização de fugas de lixiviados e drenagem das águas lixiviantes e águas pluviais e estabilidade dos vários patamares constituintes da célula, conforme se pode observar nas peças desenhadas.

De referir que a impermeabilização efetuada artificialmente deve-se ao facto das características da barreira geológica natural serem insuficientes, face aos requisitos expressos na legislação em vigor.

4.2. Impermeabilização do fundo e dos taludes

A 1ª fase de impermeabilização da 3ª célula deverá ser a aplicação de uma camada de solos de baixa permeabilidade com espessura de 0,5 m e uma camada de geocompósito bentonítico com 4.670 g de bentonite/m² ou superior, com fibras agulhadas ao longo dos geotêxteis e uma massa por unidade de área de 5.000 g/m², permeabilidade de $k = 5 \times 10^{-11}$ m/s.

Após a aplicação do geocompósito bentonítico deverão ser instaladas, no fundo da 3ª célula, as camadas a seguir listadas (de baixo para cima):

- Geomembrana em PEAD lisa em ambas as faces, com uma espessura de 2,0 mm, que constituirá a barreira ativa. As costuras a realizar nas geomembranas de PEAD, na ligação entre os vários "panos" (soldaduras), deverão respeitar os regulamentos e regras aplicáveis e aos valores de resistência mecânica e impermeabilidade especificados, que serão aferidos pelos testes a executar;
- Geotêxtil não tecido, em polipropileno de 800 g/m², com função de proteção mecânica da impermeabilização de fundo e para evitar eventuais problemas de punçoamento;
- Camada de areia grossa com 0,20 m de espessura (areia com granulometria entre 0,6 e 2,00 mm);
- Camada drenante, com 0,30 m de espessura constituída por material drenante com $K \geq 1 \times 10^{-4}$ m/s, isenta de material calcário (exemplo: seixo rolado sem finos);

- Geotêxtil não tecido, em polietileno de alta densidade (HDPE) de 500 g/m² resistente aos UV com função de proteção mecânica da camada drenante. Este revestimento que cobrirá também os taludes, será aplicado em cada zona antes do início da respetiva exploração.

No caso dos taludes, as camadas a aplicar (de baixo para cima), após a aplicação do geocompósito bentonítico, deverão ser as seguintes:

- Geomembrana em PEAD lisa em ambas as faces, com uma espessura de 2,0 mm, que constituirá a barreira ativa;
- Camada drenante, sintética (Secudran), constituído por dois componentes: um núcleo de drenagem para o escoamento/extração de líquidos e uma camada filtrantes que vai proteger o núcleo de drenagem da entrada de sujidades, mas que permite a circulação de água no núcleo de drenagem. Esta camada é assim, uma georede, com geotêxtil em ambas as faces (massa por unidade de área 600 g/m² com 2 geotêxteis 300 g/m²);
- Geotêxtil não tecido, em polietileno de alta densidade (HDPE) de 500 g/m² resistente aos UV.

4.3. Dimensionamento do Sistema de Impermeabilização

4.3.1.Considerações gerais

O meio geológico existente no local onde se irá construir a 3ª célula do aterro de RNP de Castelo Branco tem boas características uma vez que a porosidade dos solos é muito baixa. No entanto, esta deverá ser reforçada, de modo a diminuir os riscos de contaminação do solo.

Assim, a barreira de impermeabilização consistirá em:

- Camada de solos de baixa permeabilidade na base do aterro, taludes e banquetas com cerca de 0,50 m de espessura;
- Barreira geológica artificial – constituída por microtela bentonítica 5000 g/m²;
- Geomembrana em PEAD com uma espessura de 2,0 mm.

4.3.2.Camada de Solos de Baixa Permeabilidade

O Quadro seguinte apresenta valores típicos do coeficiente de permeabilidade (médios) em função dos materiais (solos arenosos e argilosos). Consideram-se solos permeáveis, ou que apresentam drenagem livre, aqueles que têm permeabilidade superior a 10⁻⁷ m/s. Os demais são solos impermeáveis ou com drenagem impedida. Estes valores deverão ser usados para uma pré-seleção dos solos a aplicar.

Quadro 1 - Valores típicos do coeficiente de permeabilidade

Permeabilidade		Tipo de solo	k (cm/s)
Solos permeáveis	Alta	Pedregulhos	$> 10^{-3}$
	Alta	Areias	10^{-3} a 10^{-5}
	Baixa	Siltes e argilas	10^{-5} a 10^{-7}
Solos impermeáveis	Muito baixa	Argila	10^{-7} a 10^{-9}
	Baixíssima	Argila	$< 10^{-9}$

4.3.3. Geocompósito Bentonítico

Para reforço da camada de solos de baixa permeabilidade será aplicado um geocompósito bentonítico com permeabilidade $\leq 5 \times 10^{-11}$ m/s, do tipo Bentofix 4900, ou equivalente, ou seja 5000 g/m² de massa (4670 g/m² de bentonite e geotêxteis de 220 e 110 g/m²) com uma espessura de 6 mm.

4.3.4. Barreiras de Impermeabilização Artificiais

4.3.4.1 Considerações Gerais

Neste capítulo é verificado o comportamento da barreira de impermeabilização a instalar no aterro face às características dos resíduos e a configuração do aterro.

Tendo em consideração os dados de base adotados e que constam da tabela seguinte são determinadas as características que os geossintéticos têm que possuir para fazer face às solicitações mecânicas a que vão ser submetidos.

Quadro 2 – Dados de base utilizados para dimensionamento dos geossintéticos

Características admitidas	Gerais	Geotêxtil não tecido	Geomembrana de PEAD
Peso específico de resíduos (valor médio)	10 KN/m ³		
Peso específico de resíduos (valor máximo – fator de segurança)	11,5 KN/m ³		
Peso específico do solo	17 KN/m ³		
Peso específico da camada drenante	20 KN/m ³		
Altura dos resíduos (máxima)	20m		
Altura da camada drenante	0,50 m		
Altura de terras	1,50 m		
Tensão de cedência (KN/m ²)	-	3800	28000
Tensão admissível (KN/m ²)	-	2500 (FS=1.5)	14000 (FS=2)

Ângulos de atrito	-	-	-
PEAD /geotêxtil – a1	-	-	10º
PEAD/geocompósito – a2	-	-	12º
Geotêxtil (camada drenante – a2)	-	18º	
Mobilidade da resistência – b	-	0,05 m	
Inclinação do talude	-	2:1	2:1
Ângulo de inclinação	-	26,6º	26,6º
Diâmetro do agregado da camada de areia (ds)	0,002 m	-	-
Coeficiente de forma do agregado (S)	0,75		-
Diâmetro do pilão de ensaio (dp)	0,05 m	-	-

De acordo com o enchimento máximo projetado de 20,00 m, a pressão máxima exercida pela massa de resíduos, camada drenante e terras de cobertura, e cujo valor será usado para dimensionamento será (admitiu-se o peso específico dos resíduos máximo por questões de segurança):

$$P = 0,5 \times 23 + 1,5 \times 20 + 18 \times 11,5 = 248,5 \text{ KN/m}^2$$

(admitiu-se que os resíduos poderão ter um peso específico máximo de 11,5 KN/m³).

4.3.4.2 Geomembrana de PEAD

Este geossintético tem como principal função servir como barreira de fluidos, evitando qualquer fuga de líquidos para o meio ambiente exterior. Tendo em conta as solicitações a que ficará sujeita terá de se efetuar a sua verificação em relação à resistência ao punçoamento, à resistência ao rasgamento e à resistência à tração e espessura.

Resistência ao Punçoamento

A resistência ao punçoamento é calculada em função da dimensão máxima do agregado que constitui a camada adjacente e é dada pela expressão:

$$F_p = n \times (ds^2/4) \times P$$

Uma vez que, na situação em estudo, a camada inferior da camada drenante é areia e entre esta e a geomembrana existe geotêxtil, admite-se que $ds = 0.002 \text{ m}$.

$$F_p = 6.53 \times 10^{-4} \text{ KN} = 0,653 \text{ N}$$

Atendendo a que a geomembrana se encontra protegida pelo geotêxtil não tecido, a resistência ao punçoamento corrigida, dada pela seguinte expressão, com $S = 0.75$ (areia) é:

$$F_{pc} = (F_p \times d_s) / (d_s \times S)$$

$$F_{pc} = 0,022 \text{ KN}$$

Utilizando um coeficiente de segurança $FS=2$, a resistência mínima ao punçoamento que a membrana deve possuir será de 44 N.

De acordo com as tabelas de vários fabricantes, uma geomembrana de 2,00 mm possui uma resistência ao punçoamento estático $\geq 500 \text{ N}$, ou seja 11 vezes superior ao valor calculado, a resistência ao punçoamento encontra-se assegurada.

Resistência ao rasgamento

A resistência ao rasgamento da tela em PEAD, a utilizar na 3ª célula, é determinada através da expressão:

$$F_r = \pi \times d_s^2 \times P(1-S)$$

$$F_r = 6.53 \times 10^{-4} \text{ KN}$$

Utilizando um coeficiente de segurança $FS=4$, a resistência mínima ao rasgamento que a membrana deve possuir é de 3 N.

De acordo com as tabelas de vários fabricantes, uma geomembrana de 2,00 mm possui uma resistência ao rasgamento (L – direção de fabrico e T – direção transversal ao fabrico) $\geq 120 \text{ N}$. Deste modo, a resistência ao rasgamento encontra-se assegurada.

Resistência à tração e espessura

Tendo em consideração a tensão de cedência da geomembrana de PEAD, a tensão admissível e a inclinação mais desfavorável em talude, para que a geomembrana se mantenha em equilíbrio, as forças horizontais estabilizadoras deverão equilibrar as forças de arranque.

$$e = P_b(\tan \alpha_1 + \tan \alpha_2) / (14000 \cos 26.6^\circ)$$

$$e = 0,323 \text{ mm}$$

Utilizando um fator de segurança $FS=3$, será necessário uma geomembrana de apenas 1,00 mm de espessura para assegurar o equilíbrio; no entanto, tendo em consideração a exploração da 1ª célula e 2ª célula, do aterro de RNP, encontra-se prevista uma geomembrana de 2,00 mm.

A resistência da geomembrana à tração será de:

$$R_t = 14\,000 \times 0,002 = 28 \text{ KN/m}$$

4.3.4.2 Geotêxtil não tecido

Resistência ao punçoamento e rasgamento

Os valores calculados para a geomembrana de PEAD são aplicáveis também para o geotêxtil.

Assim, a resistência mínima ao punçoamento para o geotêxtil será de 44 N. Um geotêxtil de 800 g/m² possui uma resistência ao punçoamento $\geq 3,5$ KN, muito superiores aos valores de cálculo.

Resistência à tração e espessura

Tomando em consideração que a resistência à tração se verifica pelo conjunto geotêxtil / membrana a espessura que o geotêxtil não tecido, deve possuir, será:

$$e = P (tga1 + tga2) b / (3800 \cos 26,6^\circ)$$

$$e = 1,5 \text{ mm}$$

Utilizando um fator de segurança FS = 1,5, necessitaremos de um geotêxtil com 2,30 mm de espessura.

A resistência à tração do geotêxtil será, no mínimo:

$$2500 \times 0,0025 = 5,75 \text{ kN/m}$$

Um geotêxtil de 800 g/m² possui uma resistência à tração (L) e (T) (L – direção de fabrico e T – direção transversal ao fabrico) ≥ 18 KN/m

4.3.5. Vala de Ancoragem

A ancoragem da geomembrana por trincheiras consiste na inserção de parte do seu comprimento em uma vala escavada posicionada a uma distância horizontal mínima da borda do talude a ser protegido.

Considerando que a vala fica completamente preenchida com terra compactada, a dimensão da vala de ancoragem é dada pela expressão:

$$R_t = 17,00 (h + h') b tga2 + 17,00 L h' tga2$$

em que:

h – altura da vala de ancoragem (1,50m)

b – largura mínima da vala de ancoragem (1,50m)

h' – altura da camada do solo de proteção (0.0 m)

L – distância entre a crista do talude e a vala de ancoragem (1,00m)

α_2 – ângulo de atrito geomembrana/geocompósito (12°)

$$R_t = 8,13 \text{ kN}$$

Considerando que a tensão de cedência não é atingida, uma vez que a força de tração da geomembrana é de 28 kN/m, considerou-se um fator de redução de 3,4.

4.3.6. Verificação do fator de segurança no trecho inclinado

Os trechos com acentuada declividade constituem situações de risco à geomembrana, principalmente em sistemas de impermeabilização constituídos por várias camadas. Evitando-se taludes muito altos (>10 m) e declividades muito acentuadas, é possível reduzir os riscos de danos na geomembrana.

O procedimento de cálculo apresentado em seguida foi formulado por Koerner (1990), e representa a verificação do Fator de Segurança da geomembrana de PEAD, nos trechos do sistema de impermeabilização com elevada declividade.

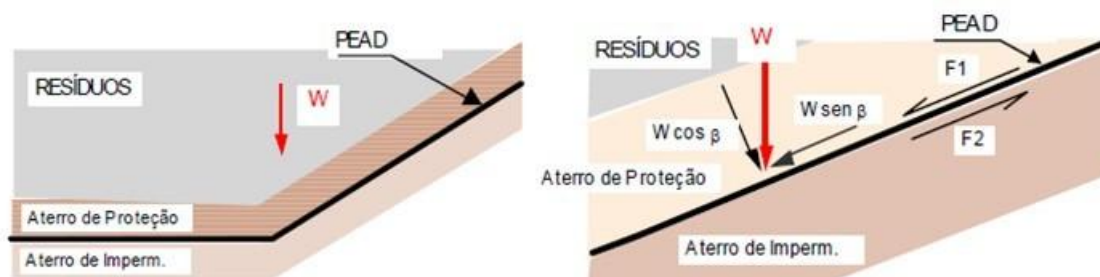


Figura 7 – Diagrama dos esforços de tração aplicados na geomembrana

Caraterísticas	Valores
Espessura da Geomembrana	$t = 2,00 \text{ mm}$
Pressão Máxima	$W = 208 \text{ kN/m}^2$
Ângulo do talude	$\beta = 26,6^\circ$
Componente normal ao talude	$N = W \cos \beta = 186 \text{ kN/m}$
Ângulo de atrito entre o geotêxtil e a geomembrana - α_1	10°
Força de atrito entre o geotêxtil e a geomembrana	$F_1 = N \tan(\alpha_1) = 328 \text{ kN/m}$

Caraterísticas	Valores
Ângulo de Atrito entre o geocompósito e a geomembrana – α_2	12°
Força de atrito entre o geocompósito e a geomembrana	$F_2 = N \tan(\alpha_2) = 39,5 \text{ KN/m}$
Tensão a ser suportada pela geomembrana	$\geq \text{atuante} = (F_2 - F_1)/t = 3369 \text{ KN/m}^2/\text{m}$
Fator de segurança	$FS = \text{Tensão admitida} / \text{tensão atuante} = 4,15$

Assim, o fator de segurança é superior a 1,00.

4.3.7. Geotêxtil com função de proteção

O geotêxtil com função de proteção à geomembrana é dimensionado em termos de massa por unidade de área (M) de acordo com a seguinte expressão:

$$P_{ad} = \left[50 + 0,00045 \frac{M}{d^2} \right] \times \left[\frac{1}{MF_s \times MF_{PD} \times MF_A} \right] \times \left[\frac{1}{FS_{CR} \times FS_{CBD}} \right]$$

(in "Robert M. Koerner - Designing with Geosynthetics - 4ª ed. Prentice Hall, 1997")

Onde:

$P_{ad} = P_{ef}/FS$ KPa (Tensão admissível)

$M =$ g/m² (Massa por unidade de área)

$d = 0,025 \text{ m}$ (Altura de protuberância)

$h = 20 \text{ m}$ (altura máxima camada drenante + resíduos + selagem)

$\gamma = 12,23 \text{ KN/m}^3$ (massa volúmica média $(0,5 \times 23 + 1,5 \times 20 + 17 \times 11,5)$)

$MF_s = 0,5$ (fator de forma)

$MF_{PD} = 0,67$ (fator de densidade)

$MF_A = 0,5$ (fator de efeito de arco)

$FS_{CR} = 1,3$ (fator de segurança para fluência)

$FS_{CBD} = 1,3$ (fator de segurança para degradação química e biológica)

$$[1/(MF_S \times MF_{PD} \times MF_A)] \times [1/(FS_{CR} \times FS_{CBD})] = FF = 3,533$$

$FS = P_{ad}/P_{ef} = 5$ (para altura de protuberância de 0.025 m considera-se um fator de segurança de 5)

$$P_{ad} = P_{ef} \times 5$$

$$P_{ef} = h \gamma = 20 \times 12,23 = 245 \text{ KPa}$$

$$P_{ad} = 208 \times 5 = 1040 \text{ KPa}$$

$$d = 0,025$$

$$d^2 = 0,000625$$

$$M = (P_{ad}/FF - 50)/(0.00045/d^2)$$

$$M = 390 \text{ g/m}^2$$

Assim, seria suficiente um geotêxtil de 500 g/m²; no entanto por questões de segurança e pela experiência adquirida na exploração das duas primeiras células do aterro, propõe-se um geotêxtil de 800 g/m² e uma espessura de 5,4 mm.

4.3.8. Geocompósito drenante

O geocompósito drenante é dimensionado em termos hidráulicos (transmissividade) pelo cálculo seguinte:

Fórmula para cálculo de caudais pluviais (segundo Decreto Regulamentar 23/95, de 23 de Agosto):

$$I = at^b$$

Onde:

I = Intensidade média máxima de precipitação para duração t (min) (L/h.m²)

T = período de retorno (anos)

t = duração de chuva (minutos)

a, b = coeficientes dependentes na localização.

Assim, considerando:

$$T = 20 \text{ anos}$$

$$t = 15 \text{ minutos}$$

$$a = 317,74$$

$$b = -0,538$$

Obtêm-se Intensidade de precipitação de $0,0206 \text{ l/s.m}^2$

Para o dimensionamento da camada drenante considera-se:

$$qd = I \cdot \cos \beta \cdot f$$

onde:

β = inclinação do talude; $\beta = 26.66^\circ$; $\cos \beta = 0,89$; $\sin \beta = 0,448$;

f = fator de segurança; f = 1,50;

qd = caudal de dimensionamento; $qd = 0,0275 \text{ l/s.m}^2$

Altura máxima do talude = 10 m;

Comprimento talude, L = 20 m;

Q efetivo = $qd \cdot L = 0,45 \text{ l/m.s}$

A Georede selecionada possui as características constantes na tabela seguinte.

Carga	Caudal (l/m.s)	
	Inclinação 0,3	Inclinação 1
50 Kpa	6.5×10^{-01}	8.0×10^{-01}
100 Kpa	5.0×10^{-01}	7.0×10^{-01}

4.4. Características e Especificações dos Materiais

4.4.1. Microtela Bentonítica

A microtela bentonítica, vulgo bentonite, é um geocompósito impermeabilizante, de expansão controlada, destinado à proteção de estruturas de fundação. Trata-se de uma estrutura composta com funções distintas entre os seus componentes. O suporte inferior, constituído por geotêxtil tecido em Polipropileno, tem como função constituir a base estável de geocompósito, resistindo ao punçoamento.

A bentonite sódica natural em pó é fixada graças à presença do geotêxtil superior e inferior e ao sistema de agulhagem entre estes. A cobertura agulhada, em toda a superfície assegura uma boa

separação e uma boa resistência ao desprendimento, limitando a expansão da bentonite depois da hidratação vertical e horizontalmente.

Assim, a bentonite a aplicar na base, taludes e banquetas do aterro deverá obedecer, no mínimo, às características indicadas no quadro seguinte.

Quadro 3 – Microtela Bentonítica - Características e Especificações

Propriedades	Valores Especificados
Massa por unidade de área:	5000 g/m ²
GCL	4670 g/m ²
Polipropileno não tecido (camada superior)	220 g/m ²
Polipropileno tecido (camada inferior)	110 g/m ²
Bentonite Sódica Natural (pó):	
Conteúdo em montmorilonite	90%
Conteúdo em água	Aprox. 10%
Coeficiente de dilatação	24 ml/2g
Absorção de água	600%
Perda de fluído	18 ml
Propriedades Físicas:	
Espessura seca	6,0 mm
K – Permeabilidade	$2,0 \times 10^{-11}$ m/s
Índice de fluxo	5×10^{-9} (m ³ /m ² .s)
Propriedades Mecânicas:	
Resistência a tracção (rotura):	
Longitudinal	12 KN/m
Transversal	12 KN/m
Extensão na rotura:	
Longitudinal	10 %
Transversal	6 %
Resistência ao Punçoamento	2000 N

4.4.2. Geomembrana

A geomembrana a utilizar é um geossintético de muito baixa permeabilidade ($k=10^{-12}$ cm/s), sendo praticamente impermeável. É fabricada em polietileno de alta densidade (PEAD), a partir de resinas virgens e estabilizadas com aditivos, resultando num polímero de alto peso molecular e excelentes propriedades físico-químicas. A este polímero são agregados aditivos, gerando um produto final de características fundamentais bastante melhoradas. Entre esses aditivos destacam-se os termoestabilizantes e antioxidantes que aumentam significativamente a resistência a intempéries. A cor preta torna a geomembrana praticamente imune a ação dos raios ultravioletas emitidos pelo sol, aumentando assim sua vida útil.

As características e especificações da geomembrana a aplicar no aterro são as indicadas no quadro seguinte.

Quadro 4 – Geomembrana - Características e Especificações

Propriedades	Valores Especificados
Polímero	PEAD (estabilizado aos raios UV)
Superfície	Lisa
Espessura	2,00 mm
Peso Específico	0,942 g/cm ³
Resistência à tração na cedência (L)	≥ 15 KN/m
Resistência à tração na cedência (T)	≥ 15 KN/m
Resistência à tração na rutura (L)	≥ 30 KN/m
Resistência à tração na rutura (T)	≥ 30 KN/m
Extensão na cedência (L)	10-12 %
Extensão na cedência (T)	10-12 %
Resistência ao rasgamento (L)	≥ 120 N
Resistência ao rasgamento (T)	≥ 120 N
Resistência ao punçoamento estático	≥ 500 N
Teor em negro de fumo	≥ 2 %
Dispersão em negro de fumo	A1/A2
Estabilidade dimensional	≤ 2 %
Período para aparecimento de fissuração	>1500 horas

(L) – direção de fabrico

(T) direção transversal ao fabrico

4.4.3. Geotêxtil

A proteção superior da geomembrana a aplicar no aterro de RNP de Castelo Branco será um geotêxtil de 800 g/m², a aplicar no fundo do aterro e uma georede com geotêxtil de 300 g/m² em ambas as faces e um segundo geotêxtil de proteção de 500 g/m², a aplicar nos taludes.

Quadro 5 - Características do Geotêxtil (PP) de 800 g/m²

Propriedades	Valores Especificados
Tipo	Não tecido; Agulhado
Composição/Quant. do Polímero	100% Polipropileno
Massa por unidade de área	800 g/m ²
Espessura	5,4 mm
Requisitos para Filtro:	
Porometria	< 0,10 mm
Permeabilidade:	
Vertical	4,5 x 10 ⁻² m/s
Horizontal	1 x 10 ⁻⁴ m/s
Requisitos Mecânicos:	
Deformação ao punçoamento	50 mm
Resistência ao punçoamento	3800 N
Alongamento máximo:	
Longitudinal	80%
Transversal	50%
Resistência à tração:	
Longitudinal	19 KN/m
Transversal	28 KN/m

Quadro 6 - Características do Geotêxtil (PEAD) de 500 g/m²

Propriedades	Valores Especificados
Tipo	Não tecido; Agulhado, proteção UV
Composição/Quant. do Polímero	100% Polipropileno

Propriedades	Valores Especificados
Massa por unidade de área	500 g/m ²
Espessura	4,2 mm
Requisitos para Filtro:	
Porometria	< 0,08 mm
Permeabilidade:	
Vertical	4 x 10 ⁻² m/s
Requisitos Mecânicos:	
Deformação ao punçoamento	40 mm
Resistência ao punçoamento	5200 N
Alongamento máximo:	
Longitudinal	60%
Transversal	40%
Resistência à tração:	
Longitudinal	22,0 kN/m
Transversal	39,0 kN/m

5. DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS, LIXIVIADOS E BIOGÁS

5.1. Considerações gerais

No interior da 3ª célula do aterro de RNP de Castelo Branco irá ser implantado um sistema de drenagem de águas pluviais, o qual será independente do sistema de drenagem de águas lixiviantes.

De referir que o local de implementação desta 3ª célula corresponde à cabeceira de duas linhas de água não permanentes.

Com a implementação desta célula a cabeceira destas linhas de água será deslocada para jusante, sendo efetuada na base da célula de deposição de resíduos, um sistema independente e eficaz de drenagem de águas pluviais como se poderá observar no desenho 7.

A separação física entre estes dois sistemas será efetuada através da construção de caixas manipuladas no interior da célula, que em função do avanço da exploração vão sendo adaptadas, ou para a recolha das águas pluviais, quando o respetivo patamar ainda não estiver em

funcionamento e posteriormente para recolha das águas lixiviantes, a partir do início da exploração do respetivo patamar.

Os lixiviados produzidos serão recolhidos em drenos a colocar nos diversos patamares da célula e conduzidos para a ETAL existente, para posterior tratamento.

5.2. Drenagem de Águas Pluviais

5.2.1. Drenagem Exterior à Célula

Na zona envolvente à célula, será construído um arruamento maioritariamente em betuminoso e em tout-venant, cuja drenagem pluvial será assegurada por valetas em manilhas de meia cana em betão, DN300/400, a rececionar em sumidouros, igualmente em betão, com grelha metálica, e recolhidas por um sistema de coletores em PPc DN315mm, SN8.

Em todo o contorno da célula existirá assim, uma valeta para drenar as águas pluviais, de forma a impedir a sua entrada na célula e, em alguns casos para aumentar a estabilidade dos taludes.

Parte desta valeta servirá ainda para a drenagem da cúpula após encerramento.

A rede pluvial irá descarregar através de uma boca de descarga, a executar em betão armado, para uma linha de água não permanente situada a oeste da célula em estudo. Esta linha de água drena para a Ribeira do Sapateiro afluente do Rio Ponsul.

5.2.2. Drenagem do Fundo da Célula

Por razões de minimização dos impactes ambientais a célula de armazenamento de resíduos será dividida em várias zonas de exploração, de forma a obter uma gestão otimizada.

A conceção da célula permite durante a sua exploração, a separação dos escoamentos internos – pluviais e lixiviados.

Assim, as águas pluviais produzidas em zonas não exploradas serão recolhidas em caixas de visita, com 1,25m de diâmetro e ligadas ao sistema de drenagem pluvial exterior à célula, através de coletores em betão armado, classe IV, DN400.

5.3. Drenagem das Águas Lixiviantes

5.3.1. Sistema de Drenagem de Lixiviados

A conceção geral proposta para a célula permite a redução do volume de lixiviados formados ao longo da fase de exploração através da separação dos escoamentos internos – águas pluviais e lixiviados.

A drenagem dos lixiviados produzidos na 3ª célula a construir será composta pelos seguintes elementos, conforme peças desenhadas:

- Drenos perfurados em PEAD DN250, PN10, envolvidos em brita e geotêxtil;
- Geocompósito drenante nos taludes;
- Camada drenante em brita não calcária ou seixo rolado, no fundo da célula;
- Estação elevatória de lixiviados de betão armado e conduta elevatória em PEAD;
- Conduta elevatória em PEAD.

Quando se inicia a exploração de uma determinada plataforma, a ligação da caixa de visita de jusante, do sistema de drenagem pluvial existente na base dessa plataforma, será desativada. Em simultâneo será aberta a ligação desta caixa de visita ao coletor de lixiviados o qual por sua vez, descarrega na Estação Elevatória de Lixiviados.

5.3.2. Sistema Elevatório de Águas Lixiviantes

Para efeitos de dimensionamento da estação elevatória de águas lixiviantes, considerou-se a área total da célula 1,7 ha e o Pico de Precipitação máxima verificado desde do início da exploração do aterro de 50,00 mm, ou seja 50 l/m².

O caudal de ponta obtido é de 9,5 l/s, tendo-se em termos de dimensionamento considerado um caudal de elevação de 12,0 l/s.

A estação elevatória de águas lixiviantes será construída no interior da célula de modo a evitar a perfuração dos sistemas de impermeabilização, a qual nunca deverá ocorrer.

Esta estação elevatória terá apenas um grupo eletrobomba submersível, em aço inox, próprio para bombeamento de águas residuais em ambientes agressivos, com capacidade para elevar um caudal de 12,0 l/s a uma altura manométrica de 23,0 m.c.a. e uma potência de 5,5 KW, classe de proteção IP68 e classe de isolamento F.

No entanto, propõe-se a aquisição de dois grupos eletrobomba iguais, devendo um deles ficar em armazém, para substituição em caso de emergência. Cada um dos grupos eletrobomba deverá ser

fornecido com três interruptores de nível tipo pera, respetivos cabos de ligação e quadro eléctrico de comando e protecção.

A caixa de válvulas, o marco de ventosa, a caixa de medição de caudal e a caixa de descarga de fundo da conduta elevatória, serão construídas no exterior da célula 3, conforme peças desenhadas e figura seguinte.

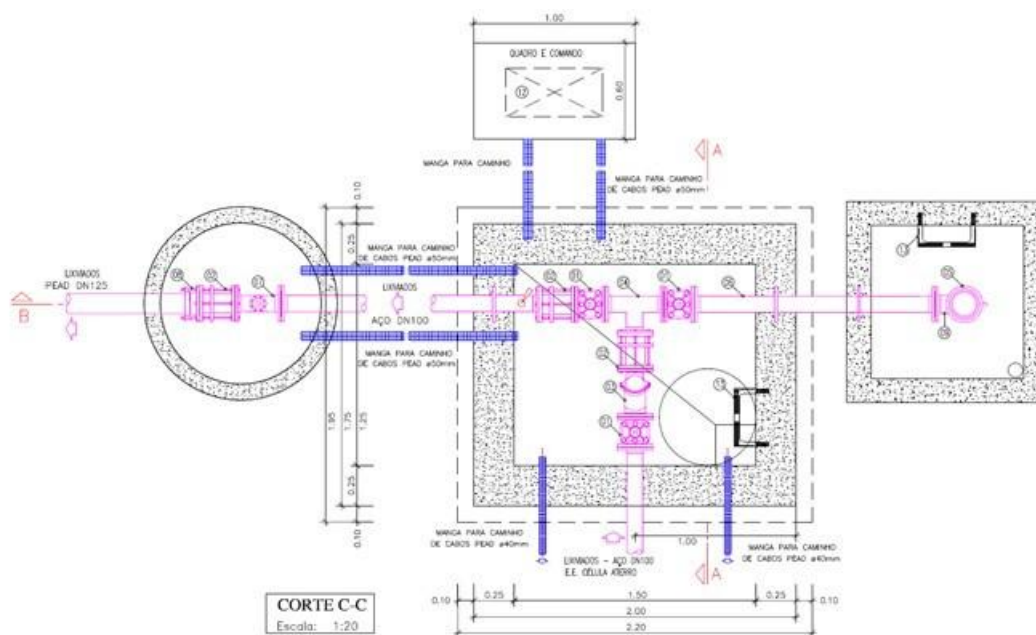


Figura 8 - Caixa de medição de caudal, caixa das válvulas e caixa de descarga de fundo

A caixa de válvulas da estação elevatória deverá ser constituída pelas seguintes válvulas e acessórios:

- Válvulas de seccionamento: 3 unidades;
- Juntas de desmontagem: 2 unidades;
- Válvula de retenção de bola para proteção do grupo eletrobomba e do medidor de caudal, a jusante deste.

A montante da caixa de válvulas será instalado um marco de ventosa e a jusante uma caixa de medição de caudal.

A partir da caixa de válvulas será possível efetuar a descarga de fundo da conduta elevatória, por intermédio de uma junta Jopper para ligação a veículo próprio.

A válvula de retenção de bola destina-se a “fechar” a tubagem sempre que se verificar uma diferença de pressão provocada pela paragem do grupo eletrobomba, de modo a evitar a inversão no sentido do escoamento.

As válvulas de seccionamento serão do tipo de cunha elástica flangeada para águas residuais.

O medidor de caudal irá permitir a contabilização da produção de lixiviados da célula nº3.

As juntas de desmontagem serão autotravadas e da classe de pressão PN10/16 e permitirão retirar a válvula de retenção e as válvulas de seccionamento.

A conduta elevatória será em PEAD PN10 DN125 mm. No interior da célula a conduta elevatória será em Aço Inox DN100 e deverá ser colocada no interior de uma tubagem em FFD DN200 mm. No interior desta manga serão ainda colocados os cabos de energia e de sinal necessários para alimentar e comandar a estação elevatória.

A conduta elevatória descarregará no emissário gravítico, existente, que conduzirá as águas lixivantes à ETAL do aterro de RNP de Castelo Branco.

5.4. Drenagem do Biogás

Nas células do aterro de RNP de Castelo Branco, devido ao tipo de resíduos depositados, não se prevê a produção de gases em quantidades significativas. No entanto, ao longo da exploração da 1ª célula e da 2ª célula têm vindo a ser implementados sistemas de drenagem dos gases através da construção de um conjunto de poços verticais executados na massa de resíduos, os quais são construídos gradualmente durante a exploração do aterro, servindo ao mesmo tempo para controlo dos gases libertados para a atmosfera.

Na 3ª célula a construir, a drenagem de gases das células será efetuada igualmente através de poços, com uma área de influência de 50 m de diâmetro, os quais serão executados gradualmente, durante a exploração, com recurso a cabeças em aço móveis, conforme o esquema apresentado nas peças desenhadas.

Os poços serão executados desde a base do aterro, assentes sobre material argiloso, para não se efetuar a subida de lixiviados, sendo constituídos por brita de granulometria grossa (não calcária) envolvente de condutas verticais ranhuradas em PEAD DN160.

Aquando do encerramento, se os dados da exploração assim o aconselharem, serão executados os poços adicionais que se vierem a justificar.

Após a selagem e em função dos resultados da monitorização serão estudadas as melhores soluções para a recolha, drenagem e tratamento do biogás. Caso se justifique será implementado um sistema para a sua queima ou reaproveitamento, em função das técnicas disponíveis.

6. INFRAESTRUTURAS COMPLEMENTARES

6.1. Via de Circulação Interna

A nova célula do aterro será servida pelo prolongamento das vias de circulação existentes, por forma a permitir a circulação dentro da área destinada às instalações do aterro (vias interiores), assim como o acesso às frentes de descarga.

As vias interiores foram projetadas tendo em conta a função a que se destinam, ou seja são utilizadas quase exclusivamente por veículos pesados e maquinaria associada à exploração do aterro.

6.2. Piezómetros

Para a monitorização das águas subterrâneas o Aterro de RNP de Castelo Branco dispõe de uma rede de piezómetros. Com a construção da 3ª célula irá relocar-se o piezómetro nº5, conforme se pode observar nas peças desenhadas.

6.3. Rede de Abastecimento de Água - Incêndio

Com a construção da 3ª célula irá efetuar-se o prolongamento da rede de abastecimento de água para alimentar os marcos de incêndio a instalar nos pontos mais significativos, conforme peças desenhadas.

O prolongamento desta rede será realizado em tubagem de PVC PN10 DN125 mm.

6.4. Rede de Abastecimento de Água - Incêndio

Com a construção da 3ª célula irá efetuar-se o prolongamento da rede de abastecimento de água para alimentar os marcos de incêndio a instalar nos pontos mais significativos, conforme peças desenhadas.

O prolongamento desta rede será realizado em tubagem de PVC PN10 DN125 mm.

7. SELAGEM FINAL E INTEGRAÇÃO PAISAGISTICA

Quando parte da célula atingir as suas cotas finais, este será coberto com as camadas de selagem final. O Decreto-lei nº102-D/2020 de 10 de Dezembro requer que o esquema de selagem final de aterros de resíduos industriais não perigosos tenha a seguinte estrutura:

- Camada drenante de gases (apenas se se justificar);
- Camada impermeável (por exemplo argila ou bentonite), para evitar infiltração das águas pluviais incidentes;
- Camada drenante > 0,50 m;
- Cobertura final com material terroso com espessura > 1,0 m.

Tendo como base o Decreto-lei nº102-D/2020 de 10 de Dezembro propõe-se que a selagem final das células tenha a seguinte estrutura:

- Camada de solos com 0,20 m de espessura;
- Geomembrana em PEAD com 2,0mm de espessura;
- Camada de brita com 0,50 m para drenagem do solo, com geotêxtil incorporado na parte superior e na parte inferior;
- Camada de terra seleccionadas com espessura de 0,70 m;
- Camada de terra vegetal com 0,30 m de espessura;
- Utilização de sistema de confinamento celular para a colocação da terra vegetal e trincheiras drenantes nos taludes, sempre que a sua inclinação for superior a 2:1 (H:V) ou zonas mais instáveis;
- Recuperação paisagística através da aplicação de hidrosementeira e drenagem da cúpula e taludes através de trincheiras drenantes.

Nos taludes a camada mineral drenante será substituída por camada drenante sintético (georede entre dois geotêxteis).

Apresenta-se em anexo informação técnica para a hidrosementeira a aplicar.

8. INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Dadas as suas características, as instalações a executar serão alimentadas a partir das instalações existentes, devendo para tal ser efetuada uma ligação ao quadro geral existente no edifício administrativo.

Consideraram-se as seguintes instalações e equipamentos elétricos:

- Rede Principal de Distribuição de Energia, incluindo cabos de potência e Quadros elétricos de Distribuição;
- Monitorização (comando, proteção e controlo) da estação elevatória de lixiviados;
- Iluminação exterior, incluindo canalizações elétricas, e aparelhos de iluminação.

