



Sertãozinho
PREFEITURA MUNICIPAL

Código:

RT-ENG-SER- 220907

Rev.:

00

Emissão:

09/09/2022

Folha:

1 de 23



ENGCONSULTORIA

Resp. Técnico – ENG Consultoria:

Engº Pedro Ivo de Almeida Santos

Engº Carlos Vinicius dos S. Benjamim

Resp. Técnico – Cliente:

Empreendimento:

Sistema de Esgoto Sanitário – ETE Cruz das Posses

Local:

Sertãozinho /SP

Trecho:

Lagoas Facultativas da ETE

Verificado:

Objeto:

Laudo e Projeto de Recuperação das Lagoas Facultativas da ETE

Aprovado:

Observações:

Outros:

0	09/09/2022	C. Vinicius Benjamim				
Rev.	Data	Resp. Téc/Projetista	Resp. Téc./Cliente	Protocolado	Verificado	Aprovado

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	3
2.	MATERIAL DE REFERÊNCIA	4
3.	DESCRIÇÃO DO PONTO DE PROJETO DE RECUPERAÇÃO	6
4.	CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA.....	12
5.	SOLUÇÃO TÉCNICA ADOTADA	16
5.1.	Fundo das Lagoas.....	16
5.2.	Taludes das Lagoas.....	17
5.3.	Dreno de gás	17
6.	ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS	18
6.1.	Limpeza das lagoas	18
6.2.	Solo compactado	19
6.3.	Geomembrana	19
6.4.	Geocomposto Bentonítico	20
6.5.	Geocomposto Drenante 2L.....	21
6.6.	Tubos PEAD	21
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	22
	ANEXO - BOLETINS DE SONDAGEM E RELATÓRIOS GEOTÉCNICOS.....	23

1. INTRODUÇÃO

O objetivo deste relatório é apresentar o laudo e projeto de recuperação das lagoas facultativas do Sistema de Esgoto Sanitário da ETE Cruz das Posses, localizada no município de Sertãozinho – SP.

A **Figura 1** apresenta a localização do empreendimento em relação ao seu entorno e a **Figura 2** apresenta a área da ETE Cruz das Posses.



Figura 1. Localização do empreendimento em relação ao seu entorno (Fonte: Extraído e adaptado do Google Earth).

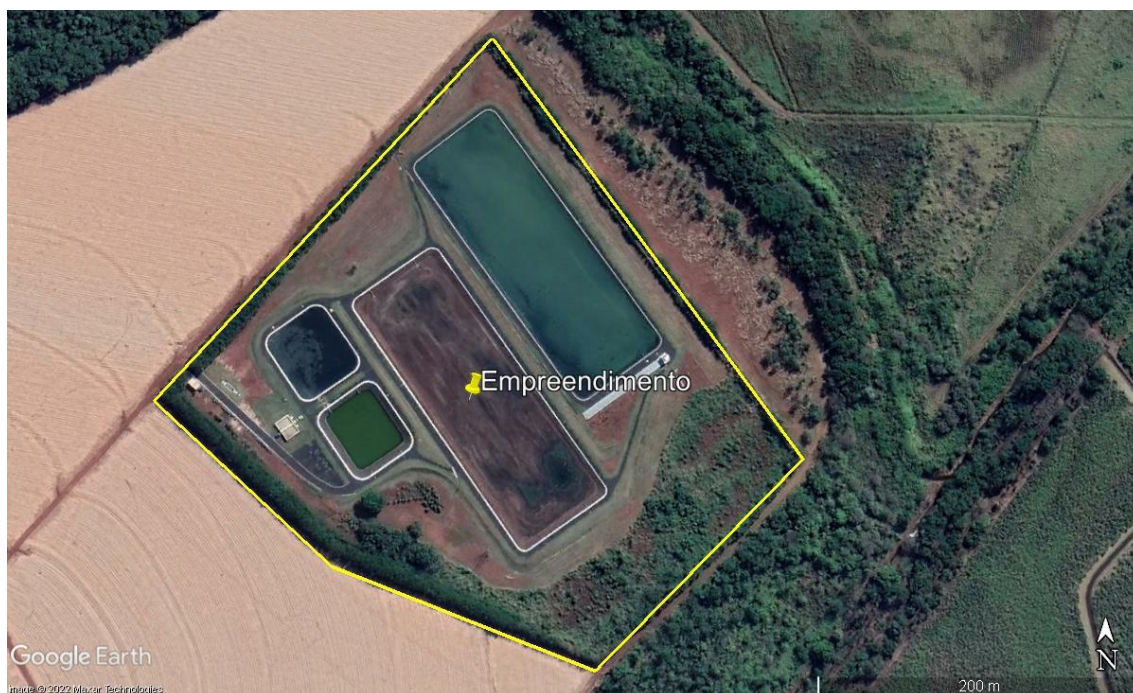


Figura 2. Localização das Lagoas da ETE Cruz das Posses (Fonte: Extraído e adaptado do Google Earth).

2. MATERIAL DE REFERÊNCIA

A seguir são listados os documentos fornecidos pelo cliente para este relatório:

✓ Projeto Topografia:

- TOPO-F01-03.dwg;
- TOPO-F02-03.dwg;
- TOPO-F03-03.dwg.

✓ Projeto Hidráulico:

- H-ETE-02.dwg;
- H-ETE-03.dwg;
- H-ETE-04-ANAERÓBIA.dwg;
- H-ETE-05.FACULTATIVA.dwg;

- H-ETE-06.dwg;
 - H-ETE-07.dwg;
 - H-ETE-08.dwg;
 - H-ETE-09.dwg;
 - H-ETE-10.dwg;
 - H-ETE-11.dwg;
 - H-ETE-12.dwg;
 - H-ETE-13.dwg.
- ✓ Relatório Sondagem da empresa SONDAF – Sondagens e Poços Artesianos Ltda. de maio de 2003;
 - ✓ Estudos Geotécnicos do Sistema de Esgotos Sanitários de Cruz das Posses elaborado pela empresa Albiero Projetos e Construções Ltda. de junho de 2003;
 - ✓ Fotos - ETE Cruz das Posses.doc: relatório fotográfico da ETE Cruz das Posses;
 - ✓ Relatório Pentágono nº 03 e nº 04.pdf: Relatório ensaios N° 4336.23-03/2019 e N° 4336.23-04/2019 elaborados pela empresa Pentágono Serviços de Engenharia Civil e Consultoria Ltda. de janeiro de 2019;
 - ✓ Relatório Pentágono nº 05 e nº 06 Compactação.pdf: Relatório ensaios N° 4336.23-05/2019 e N° 4336.23-06/2019 elaborados pela empresa Pentágono Serviços de Engenharia Civil e Consultoria Ltda. de janeiro de 2019;
 - ✓ Relatório Pentágono nº 07.pdf: Relatório ensaios N° 4336.23-07/2019 elaborado pela empresa Pentágono Serviços de Engenharia Civil e Consultoria Ltda. de fevereiro de 2019;
 - ✓ Relatório Pentágono Permeabilidade.pdf: Relatório ensaios N° 4336.09-02/2018 e N° 4336.09-03/2018 elaborados pela empresa Pentágono Serviços de Engenharia Civil e Consultoria Ltda. de dezembro de 2018;
 - ✓ Sondagens.pdf: Relatório de sondagens executadas pela empresa Alvares e Silveira Engenharia e Arquitetura Ltda. em outubro de 2021.

3. DESCRIÇÃO DO PONTO DE PROJETO DE RECUPERAÇÃO

Com base em vistoria técnica e material fornecido, as lagoas Facultativas 1 e 2 do Sistema de Esgoto Sanitário de Cruz das Posses em Sertãozinho estão com problemas de estanqueidade sendo que a lagoa facultativa 1 não está sendo mais utilizada. A **Figura 3** apresenta a descrição das lagoas.



Figura 3. Descrição das lagoas do sistema da ETE Cruz das Posses (Fonte: Extraído e adaptado do Google Earth).

As **Figura 4** a **Figura 12** apresentam registro fotográfico do local e as **Figura 13** e **Figura 14** apresentam fotos do afloramento de esgoto percolados nos taludes e retirados do relatório fotográfico fornecido.



Figura 4. Vista geral da ETE Cruz das Posses.



Figura 5. Vista da lagoa facultativa 1.



Figura 6. Vista da lagoa facultativa 1.



Figura 7. Vista do talude entre as lagoas facultativas 1 e 2.



Figura 8. Vista do talude entre as lagoas facultativas 1 e 2.



Figura 9. Vista do talude interno da lagoa facultativa 1.



Figura 10. Vista do fundo da lagoa facultativa 1 com presença de arbustos.



Figura 11. Vista do fundo da lagoa facultativa 1 com presença de arbustos.



Figura 12. Detalhe do talude interno da lagoa facultativa 1.



Figura 13. Afloramento de chorume percolado nos taludes da lagoa facultativa 1.



Figura 14. Afloramento de chorume percolado nos taludes da lagoa facultativa 1.

Segundo informações fornecidas as duas lagoas facultativas apresentam vazamentos porém a lagoa facultativa 1 apresenta situação mais crítica e sua utilização foi paralisada.

De acordo com o relatório de estudos geotécnicos elaborados pela empresa Albiero Projetos e Construções Ltda. e pelos projetos apresentados, a permeabilidade do solo local com SPT maior que 2 golpes e massa específica natural de 15 kN/m^3 pode ser estimada em 10^{-3} cm/s .

Também segundo os estudos geotécnicos apresentados este solo quando compactado com energia do ensaio Proctor Normal deveriam apresentar permeabilidades inferiores

a 10^{-6} cm/s, podendo chegar a 10^{-7} cm/s consideradas muito baixas e satisfatórias para este tipo de projeto.

De acordo com o projeto original das Lagoas, a recomendação seria que os solos escavados na região das lagoas poderiam ser utilizados nos aterros compactados e nos cortes com reaterro compactado (fundo da lagoa e taludes) com o emprego de energia de maior ou igual à utilizada no ensaio Proctor Normal e teor de umidade +2%. Os parâmetros para controle seriam grau de compactação maior que 95% e desvio de umidade +2%. Não foram fornecidos relatórios de controle de execução das lagoas e é possível que estes parâmetros não tenham sido respeitados e consequentemente o método executivo, ou falhas na execução, podem ser fatores que culminaram nos vazamentos observados nas lagoas.

Durante as vistorias técnicas realizadas foi possível visualizar grande presença de arbustos já secos no interior da Lagoa Facultativa 1, sendo que, devido às características desses arbustos, com raízes pivotantes, sua presença em toda a área de fundo das lagoas que pode ser um dos fatores e/ou principal fator responsável pelo vazamento desta lagoa, uma vez que as raízes destes tipos de plantas podem ter criado caminhos preferencias de percolação e ter danificado a camada de solo compactado que é o principal e única camada de impermeabilização do sistema.

Segundo relatado pelo operador da ETE durante a vistoria técnica realizada pela ENG Consultoria, as lagoas foram concluídas e demoraram para serem utilizadas o que ocasionou o aparecimento natural desta vegetação. Estas vegetações e suas raízes deveriam ter sido retiradas e o solo recompactado antes do início da operação do sistema, o que, pelos relatos do Operador, não foi executado, sendo que as lagoas tiveram sua operação iniciada com a vegetação presente em seu interior.

4. CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

Para a caracterização do subsolo local na área das lagoas da ETE Cruz das Posses foram utilizadas as 5 sondagens tipo SPT (Standard Penetration Test) mais próximas das lagoas realizadas pela empresa SONDAF – Sondagens e Poços Artesianos Ltda. executadas em maio de 2003 antes da execução das lagoas e as 3 sondagens, também tipo SPT, realizadas pela empresa Alvarez e Silveira Engenharia e Arquitetura Ltda. executadas em outubro de 2021 após a execução das lagoas

A **Figura 15** apresenta a localização das sondagens e a **Tabela 1** um resumo do N_{SPT} e a indicação de nível d'água conforme informado nos boletins de sondagem executadas em 2003. Já a **Figura 16** apresenta a localização das sondagens e a **Tabela 2** um resumo do N_{SPT} e a indicação de nível d'água conforme informado nos boletins de sondagem executadas em 2021.

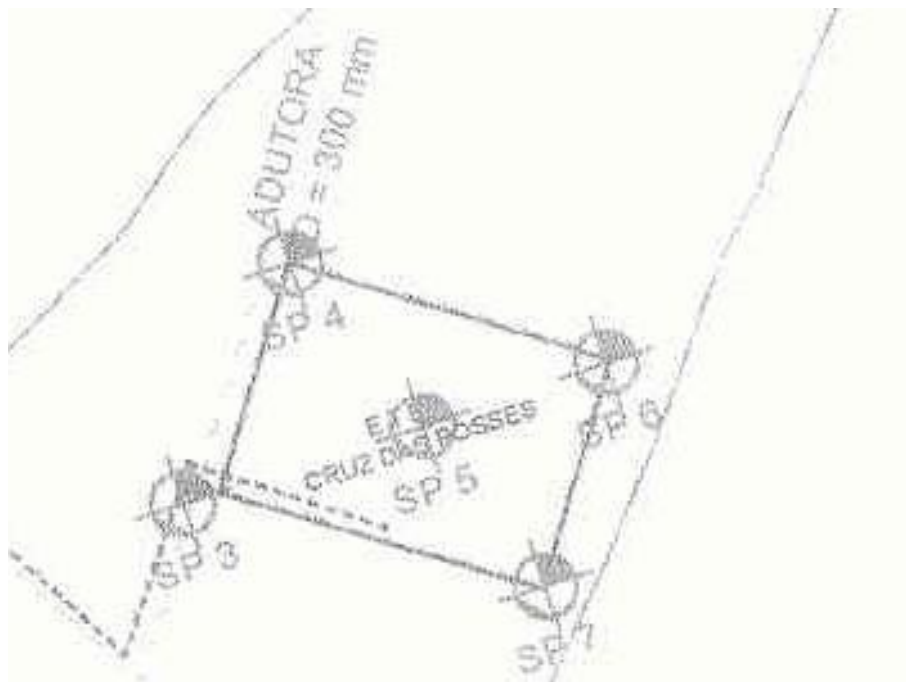


Figura 15. Localização das sondagens executadas de 2003.

Tabela 1. Resumo dos N_{SPT} 's e camadas de solo das sondagens de 2003.

Prof. (m)	RESUMO DO N_{SPT}				
	SP-03 (2003)	SP-04 (2003)	SP-05 (2003)	SP-06 (2003)	SP-07 (2003)
1,0	-	-	-	-	-
2,0	2	5	2	1	1
3,0	3	7	3	2	2
4,0	4	9	4	6	1
5,0	6	10	6	8	4
6,0	9	12	13	10	4
7,0	4	16	16	12	4
8,0	5	17	18	14	13
9,0	6	18	24	25	16
10,0	15	25	34	42	32
N.A	seco	2,08	2,57	2,56	7,80
COMP. TOTAL (m)	9,45	9,45	9,45	9,45	9,45

LEGENDA

- Silte areno argiloso
- Silte argilo arenoso
- Areia fina muito argilosa

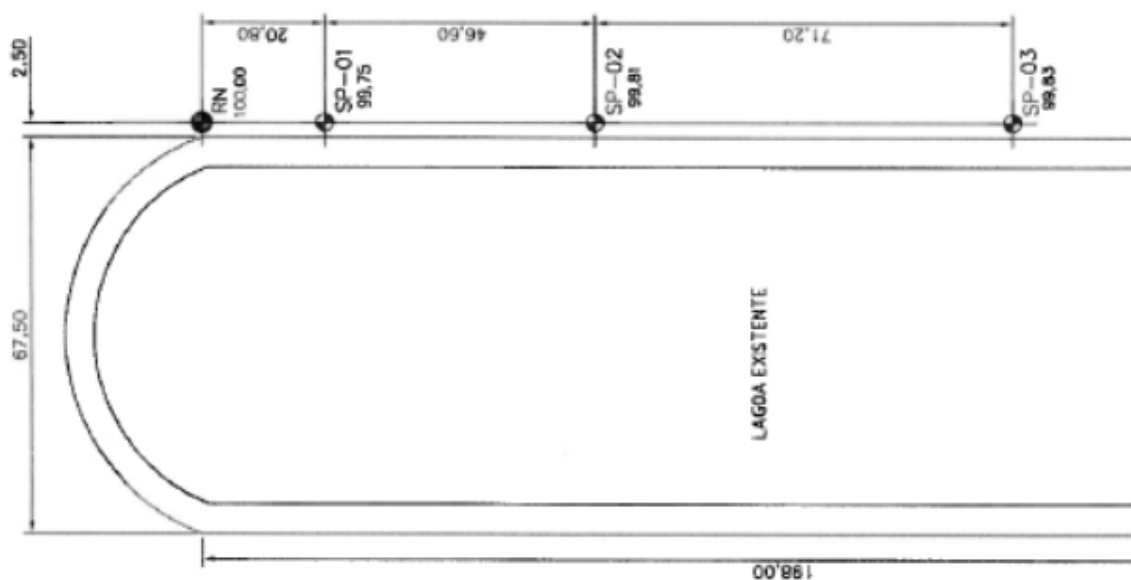


Figura 16. Localização das sondagens executadas de 2021.

Tabela 2. Resumo dos N_{SPT} s e camadas de solo de solo das sondagens de 2021.

Prof. (m)	RESUMO DO N_{SPT}		
	SP-01 (2021)	SP-02 (2021)	SP-03 (2021)
1,0	-	-	-
2,0	22	22	22
3,0	24	19	6
4,0	2	3	3
5,0	5	4	4
6,0	4	2	2
7,0	6	4	3
8,0	4	6	8
9,0	6	7	10
10,0	6	24	10
11,0	9	26	14
N.A	5,80	5,00	5,10
COMP. TOTAL (m)	10,45	10,45	10,45

	Aterro de argila siltosa
	Argila
	Argila Siltosa
	Silte argiloso
	Areia grossa argilosa

Os perfis das camadas das sondagens apresentam classificações de materiais bastante diferentes entre os anos de 2003 e 2021, provavelmente devido a sensibilidade e experiência de cada sondador.

Para o ano de 2003 as camadas apresentam classificação com solos predominantemente mais arenosos, variando entre areias e siltes arenosos em sua maioria. Os solos variam de muito moles a duros e os N_{SPT} na média aumentam com a profundidade.

Já a classificação no ano de 2021 temos as camadas com solos predominantemente mais argilosos, variando entre argilas e siltes argilosos em sua maioria. Os solos também variam de muito moles a duros e os N_{SPT} na média aumentam com a profundidade.

Conforme já mencionando, o relatório geotécnico da empresa Albiero Projetos e Construções Ltda. informa que os solos da região do empreendimento quando compactado com energia do ensaio Proctor Normal deveriam apresentar permeabilidades inferiores a 10^{-6} cm/s, podendo chegar a 10^{-7} cm/s consideradas muito baixas e satisfatórias para este tipo de projeto.

Nos relatórios elaborados pela empresa Pentágono Serviços de Engenharia Civil e Consultoria Ltda. de janeiro de 2019 (RELATÓRIO DE ENSAIOS Nº 4336.23-04/2019), também fornecido pelo cliente, atestam a qualidade do solo da região do empreendimento quanto a permeabilidade. Na campanha foram realizados vários ensaios de permeabilidade e na tabela abaixo apresentaremos apenas os ensaios realizados em solos da área utilizando-se a compactação com energia normal na umidade ótima de compactação pela metodologia MCT - VILLIBOR E NOGAMI (2009).

Tabela 3. Ensaios de Permeabilidade executados.

Local da amostra	Data	K (cm/s)
Solo do Subleito - Lagoa Anaeróbica 1	26/12/2018	$1,16 \times 10^{-6}$
Solo do Subleito - Lagoa Anaeróbica 2	26/12/2018	$1,14 \times 10^{-6}$
Solo do Subleito - Lagoa Facultativa 1	26/12/2018	$1,15 \times 10^{-6}$
Solo do Subleito - Lagoa Facultativa 2	26/12/2018	$1,09 \times 10^{-6}$

Conforme pode ser visto pela **Tabela 3** é possível observar que nos resultados dos ensaios se verifica uma média a baixa permeabilidade, com ordem de grandeza de 10^{-6} cm/s quando compactado com energia normal. Os perfis completos das sondagens e os ensaios podem ser visualizados em anexo.

Entretanto, vale ressaltar que, mesmo que o solo apresenta uma baixa permeabilidade, o mesmo pode apresentar trincamento ao fim da compactação, sendo que suas trincas tendem a aumentar a permeabilidade do solo de forma significativa, e, no caso em questão, como as lagoas ficaram sem serem preenchidas com esgoto por um longo período, a perda de umidade do solo pode ter sido favorecida, aumentando as chances de que tenham aparecidos trincas e rachaduras na camada de solo compactado que deveria ser praticamente impermeável.

5. SOLUÇÃO TÉCNICA ADOTADA

Para a recuperação das lagoas facultativas da ETE Cruz das Posses foram dimensionadas e projetadas diferentes soluções para o fundo e taludes delas, conforme detalhado nos itens a seguir.

5.1. Fundo das Lagoas

Como a solução com apenas solo compactado original não está funcionando adequadamente, principalmente pelas questões relatadas anteriormente, foi especificada uma barreira de fluxo de contaminantes com duas camadas de proteção.

A primeira camada de proteção será de geomembrana de PEAD com 2,0 mm de espessura. A geomembrana de PEAD foi selecionada devido à sua performance a longo prazo, como por exemplo, devido às suas propriedades de resistência química, resistência à radiação ultravioleta, alta resistência à tração e alta resistência ao *stress cracking*.

A espessura de 2,0 mm foi adotada devido ao fato do material se encontrar exposto a intempéries por um período prolongado de tempo.

Como forma de atribuir uma maior eficiência ao sistema de impermeabilização das lagoas, foi adotado uma segunda camada de segurança recuperando-se parte do solo compactado do fundo das lagoas. Devido a infiltração de esgoto no solo, recomenda-se a retirada de no mínimo 60 cm de solo do fundo da lagoa, e que seja utilizado no novo aterro solos do empreendimento ou de jazidas próximas com a mesma característica dos solos ensaiados conforme resultados apresentados na **Tabela 3**. Esta compactação deverá seguir parâmetros de acordo com especificação a ser apresentada neste relatório. Esta camada de solo compactada e lisa servirá também como base para a instalação da geomembrana.

As placas de concreto executadas no fundo da lagoa na saída dos tubos deverão ser retiradas e não precisaram ser executadas novamente pois a geomembrana terá a função de proteção do solo local.

5.2. Taludes das Lagoas

Para os taludes também foi especificada uma barreira de fluxo de contaminantes com duas camadas de proteção. A primeira camada de proteção será a mesma geomembrana de PEAD com 2,0 mm de espessura conforme já detalhado no item anterior.

Como segunda camada de segurança foi adotado uma camada de geocomposto bentonítico - GCL. O geocomposto bentonítico – GCL deverá ter uma massa seca de bentonita igual a 3,6 kg/m².

Este material foi selecionado devido à dificuldade de recuperação dos aterros compactados nos taludes. Os equipamentos manuais acabam tendo baixa eficiência de compactação em taludes e refazê-los com equipamento pesado demandaria alto custo e tempo. O geocomposto deverá ser instalado diretamente sobre a camada de solo local dos taludes. Estes taludes deverão ser limpos superficialmente e regularizados mecanicamente antes da instalação do material.

A impermeabilização junto aos pilaretes de apoio das tubulações das lagoas deverá seguir os detalhes dos projetos em anexo.

Os gabiões tipo manta utilizados como proteção nas bordas das lagoas deverão ser retirados e substituídos por solo compactado. Isso se faz necessário de forma a garantir a integridade dos geossintéticos a serem instalados nos taludes.

5.3. Dreno de gás

Por serem lagoas do sistema de esgotamento sanitário e devido a infiltração já ocorrida no solo local, existe a possibilidade da geração de gases por baixo da geomembrana, podendo causar o surgimento de “baleias”, que são balões de gás formados com a própria geomembrana, danificando o material e permitindo a percolação dos efluentes diretamente no solo, sendo recomendada a implantação de um sistema de saída de gases na parte superior do reservatório.

De forma a proteger esta barreira também foi especificado drenos de gás constituídos por tiras de geocomposto drenante 2L com 1,0m de largura ligando o fundo das lagoas e taludes extremidades externa da lagoa nos tubos projetados dentro da vala de ancoragem dos materiais. Estes drenos são espaçados em uma malha quadrada de 10m x 10m na lagoa.

6. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

6.1. Limpeza das lagoas

A limpeza incluirá, onde necessário, as operações de retirada de galhos, raízes e remoção dos detritos de origem vegetal, de forma que a superfície resultante se apresente completamente livres de qualquer material inadequado. O material removido na operação de limpeza deverá ser transportado para locais previamente indicados pelo cliente. Os solos retirados e escavados com resíduos de esgoto deverão ser destinados em aterro aprovado pelo cliente.

O acabamento das áreas dos taludes sujeitas às operações de limpeza consistirá na regularização do terreno, de forma a evitar buracos e depressões, com superfícies finais uniformes e com taludes estáveis, possibilitando a drenagem adequada no local.

As operações serão executadas utilizando-se equipamentos adequados, complementados como emprego de serviço manual. A escolha do equipamento se fará em função da densidade e do tipo de vegetação local e dos prazos exigidos para a execução da obra.

A operação de limpeza terá um avanço típico compatível com as obras envolvidas e atenção especial deve ser dada às áreas suscetíveis à erosão, quando expostas por tempo prolongado ao intemperismo.

Após a conclusão dos serviços de limpeza e remoção, estes ficarão sujeitos à aprovação e liberação, pela FISCALIZAÇÃO, para início de quaisquer outros serviços na área.

6.2. Solo compactado

A terraplanagem e compactação de solo no fundo da lagoa deverão seguir o projeto de terraplanagem, porém esta consultoria recomenda que sejam utilizados na construção do aterro e base das lagoas provenientes das áreas de empréstimo dentro do ou próximo ao empreendimento, ou de jazidas com solos argilosos ou com as mesmas características dos solos ensaiados.

Após a remoção de no mínimo 60 cm de solo do fundo da lagoa, a camada remanescente deverá ser escarificada e compactado de forma a atingir uma superfície lisa e sem a presença de materiais pontiagudos que possam danificar os geossintéticos durante a instalação. A camada de fundo deverá ser compactada com pelo menos 60 cm de solo (acabada).

Os solos deverão estar na faixa de umidade compreendida entre 2% abaixo e 2% acima do teor de umidade ótima do ensaio de Proctor Normal. Serão tolerados 15% dos resultados do desvio de umidade fora da faixa, desde que em zonas não concentradas do aterro.

O grau de compactação mínimo será de 98% em relação à energia do Proctor Normal. Poderão ser aceitas camadas com grau de compactação inferior a esse, porém superior a 95%, somente em 15% dos testes de controle.

6.3. Geomembrana

As geomembranas são produtos bidimensionais, de baixíssima permeabilidade ($k \sim 10^{-12}$ cm/s), utilizadas principalmente para controle de fluxo. No Brasil, as geomembranas de polietileno de alta densidade (PEAD) são mais utilizadas como impermeabilização de base, pois apresentam uma melhor resistência a ataques químicos.

Tabela 4 apresenta as características mais importantes da geomembrana, que deverão ser respeitadas durante o processo de compra do produto.

Tabela 4. Propriedades da geomembrana de PEAD.

PROPRIEDADES	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Espessura	ASTM D 5994	mm	2,00
Densidade	ASTM 792	g/cm ³	0,94
Resistência à tração (escoamento)	ASTM D 6693	kN/m	29,00
Alongamento (escoamento)	ASTM D 6693	%	12,00
Resistência à tração (ruptura)	ASTM D 6693	kN/m	53,00
Alongamento (ruptura)	ASTM D 6693	%	700,00
Resistência ao rasgo	ASTM D 1004	N	249,00
Resistência ao puncionamento	ASTM D 4833	N	640,00
Dispensão de negro de fumo	ASTM D 5596	categoria	1 ou 2
Teor de negro de fumo	ASTM D 4218	%	2 a 3
Tempo de oxidação	ASTM D 3895	1 atm/200° C min	100 min
Resistência ao tensofissuramento	ASTM D 5397	h	> 500

6.4. Geocomposto Bentonítico

As especificações técnicas deste geocomposto devem seguir ao mínimo recomendado conforme ilustrado pela **Tabela 5**.

Tabela 5. Propriedades do GCL.

GEOCOMPOSTO BENTONÍTICO - GCL			
BENTONITA	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Índice de Inchamento	ASTM D 5890	ml/2g	24
Perda de Fluido	ASTM D 5891	ml	≤18
GEOTÊXTIL TECIDO - 100% POLIPROPILENO	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Gramatura	ASTM D 5621	g/m ²	> 100
GEOTÊXTIL NÃO TECIDO - 100% POLIPROPILENO	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Gramatura	ASTM D 5621	g/m ²	> 200
GCL	NORMA	UNIDADE	RESULTADO
Gramatura GCL (seco)	ASTM D 5993	g/m ²	4000
Massa de Bentonita (seco)	ASTM D 5993	g/m ²	3700
Resistência ao descolamento (peel strength)	ASTM D 6496	g/m ²	360
Resistência à tração	ASTM D 6768	kN/m	4,0
Coefficiente de Permeabilidade	ASTM D 5887	m/s	5x10 ⁻¹¹

Os ensaios propostos pela tabela são para fabricação. Para o controle de qualidade em obra recomenda-se que seja feita pelo menos um corpo de prova a cada 10.000 m². A frequência exata deverá ser definida pelo projeto executivo.

6.5. Geocomposto Drenante 2L

Um geocomposto drenante será utilizado nas lagoas, a fim de captar a surgência de gases na base das lagoas e direcionar para o dreno externo. O geocomposto drenante é formado a partir de um núcleo drenante (georrede) incompressível de alta vazão em PEAD, unido nas duas faces a um geotêxtil não tecido. A **Tabela 6** apresenta um resumo com as propriedades mais importantes para a compra do material.

Tabela 6. Propriedades do geocomposto drenante.

PROPRIEDADES	UNIDADES	MÉTODOS DE ENSAIO	VALORES DE ENSAIO
GEOCOMPOSTO DRENANTE 900/2GT			
Vazão mínima	l/s.m	ASTM D 4716	2,5 x 10 ⁻²
GEORREDE DE PEAD (NÚCLEO)			
Gramatura nominal mínima	g/m ²	ABNT NBR ISO 9864:2013	900
Densidade mínima	g/m ³	ASTM D 792	0,940
Espessura nominal mínima	mm	ABNT NBR ISO 9863:2013	7,0
GEOTÊXTIL NÃO TECIDO (CADA FACE)			
Gramatura nominal mínima	g/m ²	ABNT NBR ISO 9864:2013	200
Abertura de filtração máxima	mm	ASTM D 4751	0,23
Permeabilidade normal	cm/s	ASTM D 4491	0,35
Resistência à tração	kN/m	ABNT NBR ISO 10319:2013	10,0

* Gradiente Hidráulico de 0,1 e Tensão Aplicada de 20 kPa

6.6. Tubos PEAD

Todos os tubos e conexões deverão ser de PEAD, sendo que os perfurados deverão ser PEAD tipo kananet ou similar.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório apresentou laudo e projeto de recuperação da barreira de fluxos das lagoas facultativas do Sistema de Esgoto Sanitário da ETE Cruz das Posses, localizada no município de Sertãozinho – SP.

Recomenda-se que sejam seguidos os critérios e especificações de projeto de terraplanagem quanto ao grau de compactação e que sejam recuperadas as drenagens superficiais e revestimento vegetal que forem danificadas durante as obras, para evitar o aparecimento de processos erosivos nos taludes externos. Para detalhes das barreiras de fluxo, deverá ser consultado este relatório e o projeto executivo em anexo.

Sabendo que grande parte dos furos nas geomembranas ocorrem durante a abertura e instalação, para assegurar a boa qualidade da instalação recomenda-se que seja contratada uma empresa com experiência, como também uma empresa terceirizada para fiscalizar e controlar a qualidade da construção.

É indispensável o acompanhamento e liberação de todas as fases da obra por engenheiro especializado/habilitado, que deverá fornecer orientações executivas e proceder às devidas liberações em Livro Diário de Obras, assim como a verificação em campo das condições da qualidade dos serviços executados.



Carlos Vinicius dos S. Benjamim

Engenheiro Civil | Doutor em Geotecnia

ANEXO - BOLETINS DE SONDAGEM E RELATÓRIOS GEOTÉCNICOS