



**ProteGEEr**

COOPERAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA  
NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

# Etapas para Encerramento de Lixões

José Fernando Thomé Jucá  
Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE

Belém, 11/05/2022

1



2

## DIRETRIZES BÁSICAS PARA ELABORAÇÃO DE PROJETO DE REMEDIAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA (PRAD)

### 1. Caracterização do local

- 1.1 Localização e histórico
- 1.2 Características fisiográficas do local
- 1.3 Principais conclusões do relatório diagnóstico
  - 1.3.1 Poluição do lençol freático de aquífero não consolidado de resíduos;
  - 1.3.2 Poluição das águas subterrâneas;
  - 1.3.3 Poluição das águas superficiais;
  - 1.3.4 Características do lençol.
- 1.4 Identificação das necessidades de intervenção



### 2. Descrição do Projeto de Remediação e Encerramento

- 2.1 Concepção do projeto
- 2.2 Método tecnológico proposto
- 2.3 Projeto de gestão/monitorização
  - 2.3.1 Geometriação da massa de lixo existente;
  - 2.3.2 Aterramento de resíduos sólidos inertes para nivelamento e capa de argila;
  - 2.3.3 Cobertura final;
  - 2.3.4 Obras de contenção de taludes;
- 2.4 Projeto de drenagem de chorume e gás
  - 2.4.1 Projeto de drenagem de chorume;
  - 2.4.2 Projeto de drenagem de gás;
- 2.5 Projeto de sistema de tratamento de chorume
  - 2.5.1 Implantação de alternativa emergencial: acúmulo e/ou tratamento ex-situ;
  - 2.5.2 Implantação de alternativa de tratamento no local;
- 2.6 Projeto de sistema de drenagem superficial
- 2.7 Projeto de unidade de transição (avaliação necessária)
  - 2.7.1 Concepção da unidade;
  - 2.7.2 Estudo de alternativas de localização;
  - 2.7.3 Layout da unidade;
  - 2.7.4 Rede de serviços;
  - 2.7.5 Operação da unidade;

### 2.8 Projeto Paisagístico

- 2.8.1 Revegetação de taludes com gramíneas;
- 2.8.2 Reflorestamento de áreas com espécies nativas;
- 2.8.3 Plantio de vegetação nos platôs das células;
- 2.8.4 Cercamento da área e cortina arbórea;
- 2.8.5 Ações para monitoramento do projeto paisagístico.

### 2.9 Infraestrutura de monitoramento ambiental

- 2.9.1 Plano de monitoramento;
- 2.9.2 Plano de manutenção do local remediado.

### 3. Plano de obras / execução

#### 3.1 Recursos para implantar a remediação

- 3.1.1 Mão de obra necessária;
- 3.1.2 Maquinaria necessária.

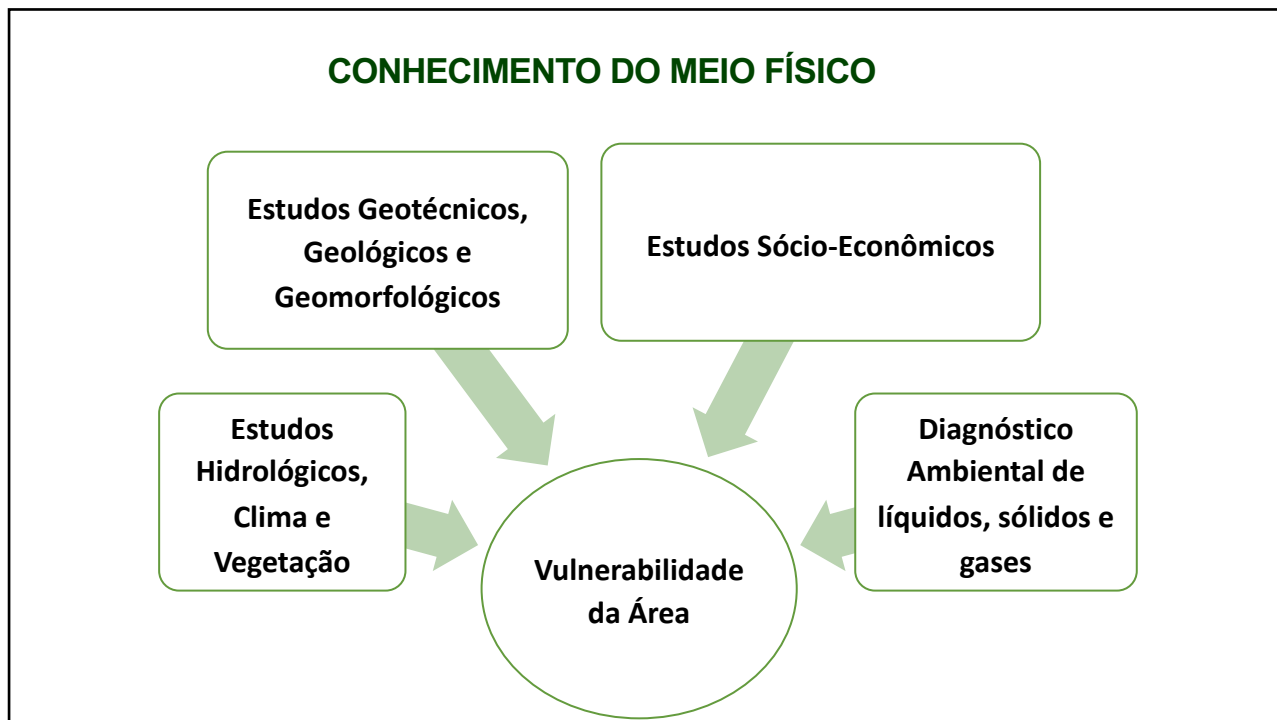
#### 3.2 Cronograma de processo de remediação (implantação, monitoramento e manutenção do local).

3

## Recomendações Iniciais (Etapas)

- Delimitação da área, cercando-a completamente para impedir a entrada de animais;
- Realizar levantamento topográfico da área, visando definir áreas e volumes;
- Realização de sondagens para definir o conhecimento do meio físico, a espessura da camada de resíduos ao longo da área degradada;
- Limpeza da área de domínio;
- Impermeabilização dos resíduos expostos com uma camada de solo argiloso de 0,60m de espessura ou uma camada oxidativa de mesma espessura (solo + composto orgânico estabilizado);
- Promover a drenagem de líquidos e gases da massa de resíduos;
- Movimentação e conformação da massa de resíduos; os taludes laterais devem ficar com declividade de 1:2 (V:H);
- Definição do futuro uso da área.

4



5

## Desafios Técnicos Existe solução para qualquer problema

Os problemas técnicos e os desafios mais comuns das ilhas a céu aberto são:

- Resíduos espalhados e descobertos;
- Nenhuma aplicação de cobertura, ou cobertura mínima que forma vias de acesso;
- Queima a céu aberto e/ou combustão espontânea dos resíduos;
- Ausência de controle na disposição ou compactação dos resíduos;
- Ausência de registro ou inspeção dos resíduos recebidos;
- Presença de cadáveres na frente de trabalho do lixo;
- Ausência de cercamento ou segurança ou portão de acesso;
- Presença de vermes, cachorros, aves e outros vetores;
- Ausência de sistema de captação e tratamento de chorume;
- Ausência de controle de odores ou sistema de gestão dos gases;
- Ausência de medidas de planejamento, engenharia e monitoramento.

## Soluções de longo prazo

Existem três métodos para fechar um lixão, e a preferência deve ser atribuída com base em uma série de fatores, incluindo sustentabilidade e custo-benefício.

### 1. Encerramento com adequação para um aterro sanitizado

Existe uma cobertura de baixo permeabilidade sobre o leito de resíduos existentes, criando um espaço entre camada de solo e orgânicos, e fecha-se um aterro sanitizado de coleta de gás e chorume.

Este método propõe que toda espécie disponível atualmente no lixão, onde os gases metânicos podem ser aproveitados em outros meios de produção e aproveitabilidade, e com coleta de coleta de chorume.

Para manter do custo sob controle, utiliza-se métodos de construção e materiais locais, envolvendo a mão-de-obra e a mão-de-obra local.

#### Comentários

- Requer espaço disponível ao lado do lixão;
- A massa do material existente deve estar estabilizada;
- Deslocar uma grande quantidade de material existente, e/ou construir um sistema novo;
- Condições de solo e clima podem ser um desafio;
- Quando uma ilha não tem espaço disponível para a construção de um aterro sanitizado, a solução é a construção de um aterro sanitizado em uma ilha adjacente;
- Condições de solo e clima podem ser um desafio;

### 2. Fechamento com cobertura dos resíduos existentes

Devido ao espaço limitado no local, utiliza-se uma solução de emergência, e o lixão é fechado com uma cobertura de baixo permeabilidade.

Esta é a solução mais utilizada para o encerramento de lixões e reduz a exposição dos resíduos ao vento e aos animais, evitando o risco de acidentes, evita que os animais e os animais fiquem presos em resíduos, evita a geração de chorume e o controle do odor e a redução do gás.

O sistema de cobertura local será construído com materiais locais e a solução é a construção de um aterro sanitizado em uma ilha adjacente.

#### Comentários

- Método de encerramento mais fácil e barato;
- Requer uma intervenção técnica de planejamento dos resíduos do local para a construção de um;
- Deve considerar os problemas de água subterrânea e de gases de aterro, bem como sistema de controle e monitoramento da instalação.

### 3. Encerramento com remoção dos resíduos do lixão

Remoção e transporte dos resíduos do lixão e remoção para outra ilha, geralmente um aterro sanitizado.

A remoção dos resíduos pode ser construída com a remoção de alguns materiais existentes e a remoção dos resíduos. Problemas de aterro são possíveis e deverão ser discutidos com os responsáveis do aterro.

Após a remoção e limpeza, o terreno pode ser utilizado como uma área de reutilização ou um espaço de recreação. Se o lixão estiver perto de um espaço de recreação, a remoção dos resíduos pode ser significativamente maior do que os gastos para a remoção dos resíduos.

#### Comentários

- Método caro;
- Deve considerar problemas de coleta e transporte;
- Requer espaço de outra ilha para a remoção dos resíduos;
- Potencial para novo uso da ilha após a remoção dos resíduos;

Iswa, 2017

6

## Alternativas de projeto:

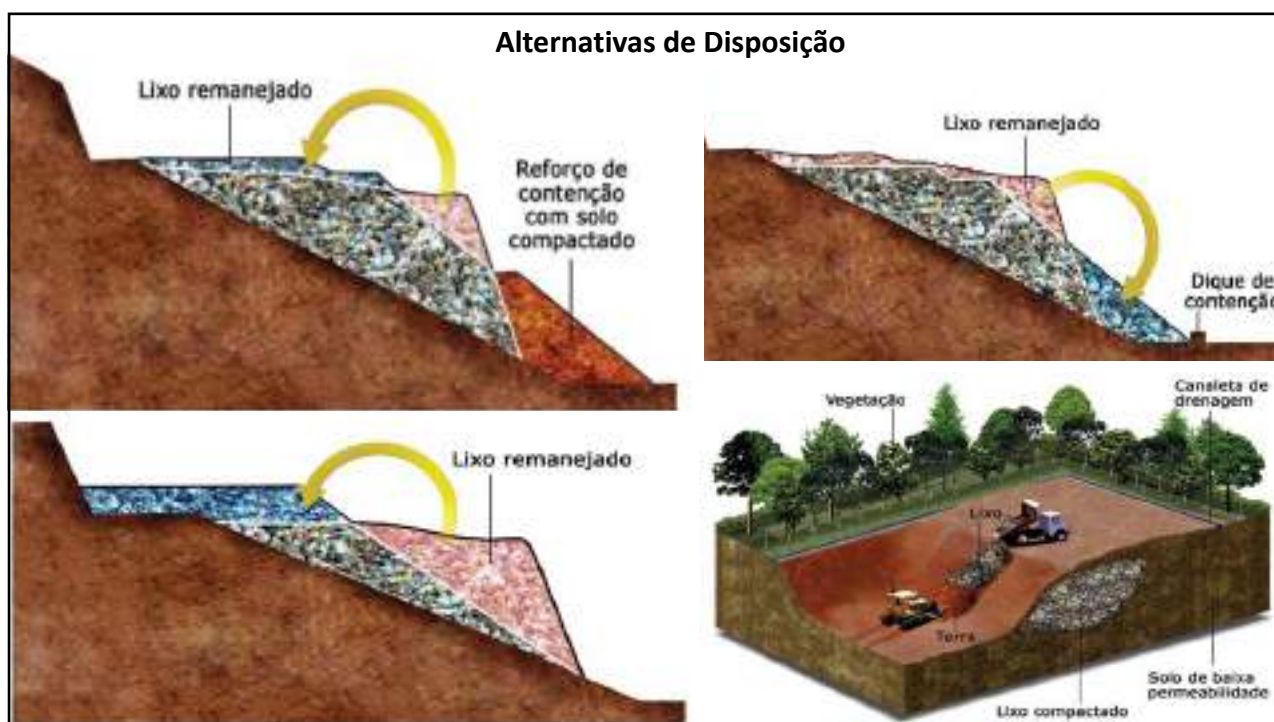


**Remoção dos Resíduos:** uma das técnicas utilizadas para o encerramento de uma área degradada pela disposição adequada de resíduos envolve a remoção dos resíduos e seu transporte para outro local, previamente preparado, seguido pela recuperação da área escavada com solo natural e vegetação com espécies da região, preferencialmente gramíneas. Contudo, essa alternativa só é viável quando a quantidade de resíduos a ser removida e transportada não é muito grande, pois essas atividades representam elevados custos e dificuldades operacionais, que podem inviabilizar economicamente o processo.

**Recuperação como Aterro Sanitário:** a recuperação de um lixão como aterro controlado pode ser uma alternativa interessante para os municípios com populações inferiores a 20.000 habitantes, até que seja implantado, por meio de respectivo processo de regularização ambiental, sistema adequado de disposição final de resíduos. Para tanto, é muito importante a certeza de que o lixão não tenha recebido resíduos perigosos ao longo de sua vida operacional – Classe I, conforme NBR 10004/2004 da ABNT. Quando o lixão está localizado em uma área que atende aos requisitos mínimos estabelecidos na NBR 13896/1997 da ABNT e as dimensões e características do terreno possibilitam a sua utilização por um período superior a 10 anos, a recuperação como um aterro sanitário construído em área adjacente pode ser uma alternativa viável.

**Recuperação Simples:** Há algumas situações em que um conjunto de circunstâncias indica como mais sensatas as medidas de recuperação simplificadas, por meio do encapsulamento dos resíduos dispostos no lixão. A técnica de recuperação simples deve ser avaliada quando for inviável a remoção dos resíduos dispostos no local, em função da quantidade e de dificuldades operacionais, quando a extensão da área ocupada pelos resíduos não for muito grande e, sobretudo, quando o local não puder ser recuperado como aterro controlado ou aterro sanitário.

7



8



## Isolamento no local e disposição em vala dos resíduos transportados



9

## Disposição em Aterro Sanitário

(faltam os sistemas de drenagem)



10

## Requalificação da Área:



A proposta de requalificação e uso futuro das áreas recuperadas deve considerar que os resíduos aterrados ainda permanecem em processo de decomposição após o encerramento das atividades por períodos relativamente longos, que podem ser superiores a 10 anos. Assim, independente do encerramento das atividades de recuperação do aterro, os sistemas de drenagem superficial de águas pluviais, de tratamento dos gases e de coleta e tratamento dos lixiviados devem ser mantidos por um período de mais de 10 anos, até que o maciço de resíduos alcance condições de relativa estabilidade.

Recomenda-se para uso futuro dessas áreas a implantação de áreas verdes, com equipamentos comunitários como praças esportivas, campos de futebol e áreas de convívio, nos casos de locais próximos a áreas urbanizadas. A implantação de parques e espaços mais abertos poderá beneficiar a um maior número de pessoas, e uma área verde, com trabalho paisagístico de implantação de gramados, arbustos e árvores, pode trazer benefícios para a comunidade. Adicionalmente, esse tipo de uso não implica a construção de grandes estruturas no local, apenas pequenas e leves construções como prédios administrativos e sanitários públicos.

Essas pequenas construções devem ser, no entanto, construídas de modo a evitar o acúmulo de biogás na base ou em seu interior e devem resistir aos recalques diferenciais.

Em função dos possíveis problemas relacionados à baixa capacidade de suporte do terreno e à possibilidade de infiltração de gases com alto poder combustível e explosivo (metano), a implantação de edificações sobre os depósitos de lixo desativados é desaconselhável.

As áreas encerradas podem também ser utilizadas para pastagens ou plantações (de grãos, lenhosas, viveiros de mudas etc.), observando-se, em ambos os casos, a recomendação de que a camada utilizada para o plantio (acima da camada selante argilosa) seja suficiente para garantir que as raízes não entrem em contato com os resíduos dispostos, sugerindo-se que as raízes cheguem, no máximo, até a camada de argila da cobertura final.

Em qualquer caso, a requalificação do local deve proporcionar uma integração à paisagem do entorno e às necessidades da comunidade local, sendo recomendável a participação de seus representantes nessa decisão.

11



## Plano de Recuperação de Áreas Degradadas por Lixões

### Informações necessárias:

- 1) caracterização e identificação do empreendimento e dos responsáveis pelo projeto;
- 2) levantamento topográfico/cadastral com indicação de cursos d'água, poços ou cisternas e edificações existentes no entorno;
- 3) caracterização geológica/geotécnica da área;
- 4) diagnóstico ambiental simplificado;
- 5) definição dos problemas a resolver e dos objetivos da recuperação;
- 6) monitoramento, controles e medidas mitigadoras propostas;
- 7) escolha do uso futuro da área;
- 8) desenvolvimento do memorial descritivo das propostas para os processos de recuperação, contendo orientações para execução dos serviços de reconformação geométrica, selagem do lixão, drenagem das águas pluviais, drenagem dos gases, drenagem e tratamento dos lixiviados, cobertura vegetal e isolamento da área.

12



**ProteGEEr**  
COOPERAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA  
NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

## Encerramento e Pós-fechamento

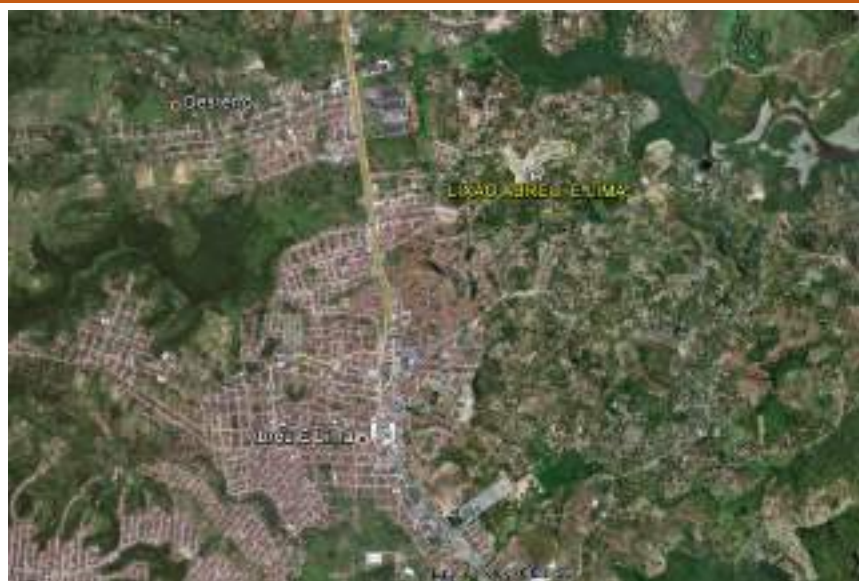
Principais restrições à ocupação posterior de áreas de aterros sanitários:

- baixa capacidade de carga;
- recalques significativos (especialmente os recalques diferenciais);
- a presença de gases combustíveis e potencialmente explosivos;
- a corrosividade ao concreto e ao aço dos produtos da decomposição dos resíduos, e a variada composição bioquímica do interior do aterro.

13

## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão



14

## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão



15

## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão

- ✓ A Prefeitura recobriu os resíduos depositados a céu aberto a fim de amenizar os impactos negativos. Entretanto, durante vistoria de campo, verificou-se a presença de moscas e ratos, mau cheiro, bem como a combustão espontânea.



16



## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão

- ✓ Para elaboração do anteprojeto de remediação do lixão foram realizados levantamento topográfico e sondagens geotécnicas com o intuito de traçar a superfície original do terreno e estimar o volume de resíduos depositados.
- ✓ Foram feitas, ainda, coletas de solo e água subterrânea, com o objetivo de subsidiar a avaliação dos passivos ambientais no local do lixão.

17

## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão



18

## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão



19

## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão

Tabela 18: Volume de resíduo no lixão de Abreu e Lima.

Seção	Área (m <sup>2</sup> )	Soma das Áreas (m <sup>2</sup> )	Semi- Distância d/2 (m)	Volume de resíduo (m <sup>3</sup> )
Seção 0+0,00	0,00	0,00	20,00	0,00
Seção 2+0,00	50,28	50,28	20,00	1.005,60
Seção 4+0,00	291,23	341,51	20,00	6.830,20
Seção 6+0,00	9,12	300,35	20,00	6.007,00
Seção 8+0,00	371,62	380,74	20,00	7.614,80
Seção 10+0,00	387,62	758,95	20,00	15.179,00
Seção 12+0,00	438,74	826,07	20,00	16.521,40
Seção 14+0,00	452,92	891,66	20,00	17.833,20
Seção 16+0,00	298,45	751,37	20,00	15.027,40
Seção 18+0,00	261,48	559,93	20,00	11.198,60
Seção 20+0,00	108,28	369,76	20,00	7.395,20
Seção 22+0,00	0,00	108,28	20,00	2.165,60
Total				106.778,00
Empolamento 20%				21.355,60
TOTAL				128.133,60

20

## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão



21

## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão



22

## ENSAIOS DE CAMPO

- Sondagem Tipo SPT – Coleta de Amostras



23

## ENSAIOS DE CAMPO

- Sondagem Tipo SPT



GPS e Sondagem

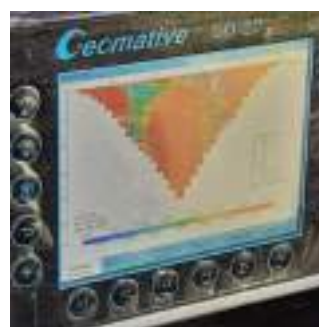
Amostra de Solo e Lixo

24



## ENSAIOS DE CAMPO

- Geofísica da área :



25

**Lixões de Sergipe – Japarutuba  
2019**

26



27



28

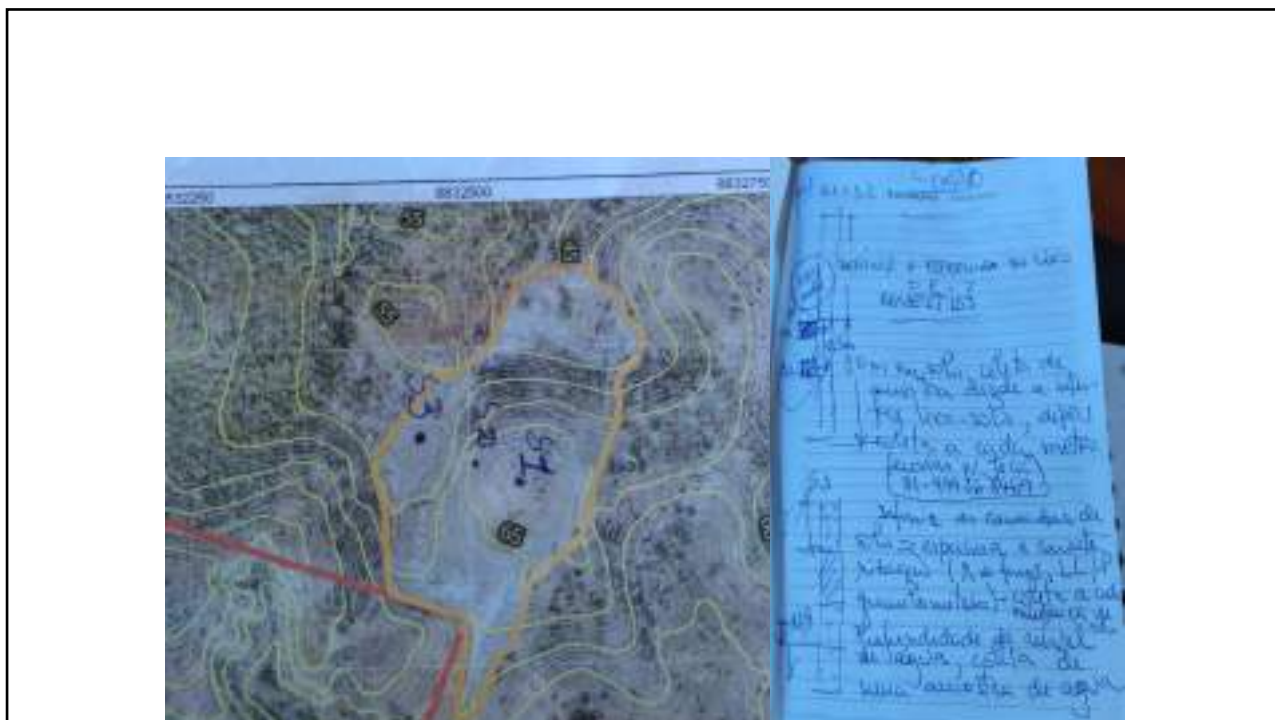




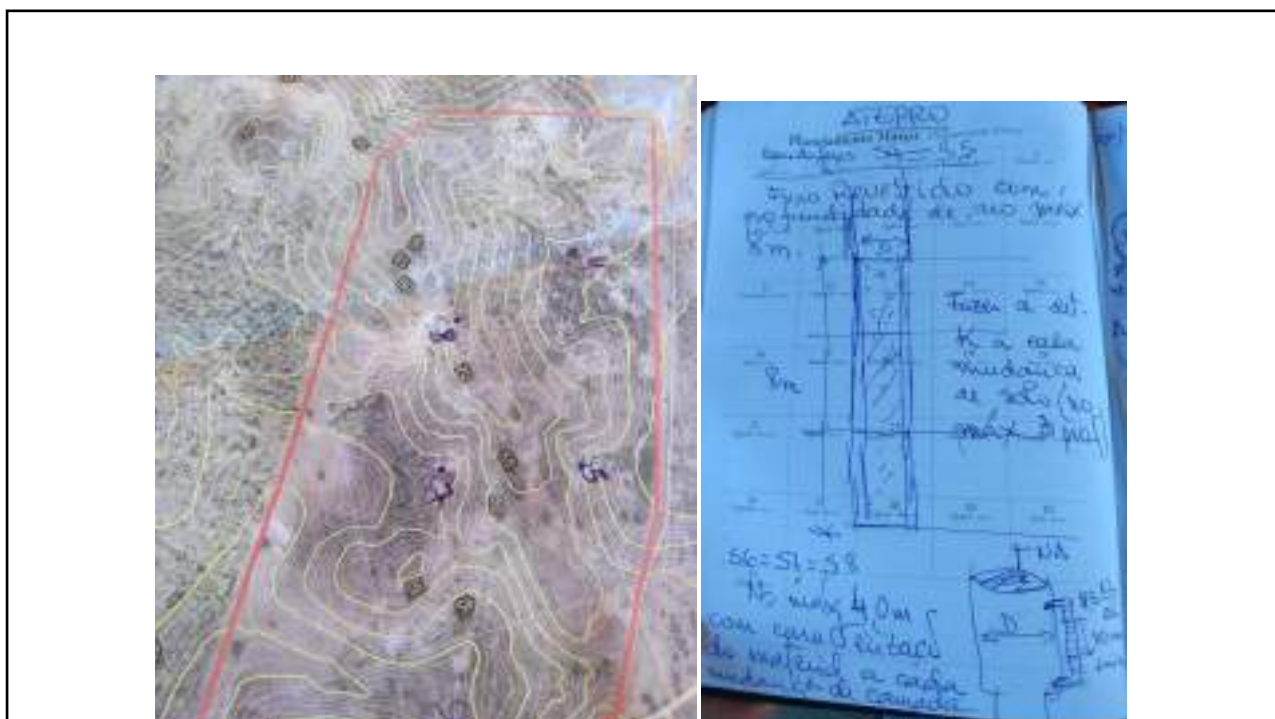
29



30



31



32



## Estudos Geofísicos no Lixão da Mirueira – PE

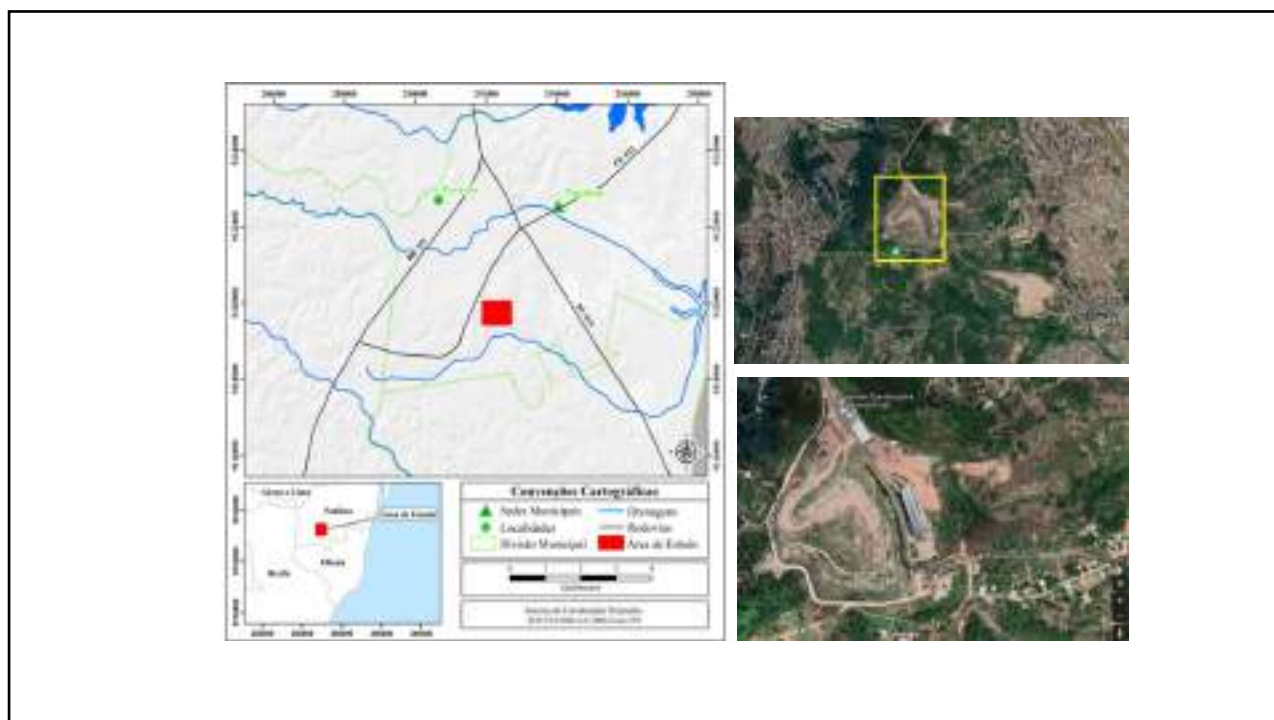
Julho/Agosto/2021



33



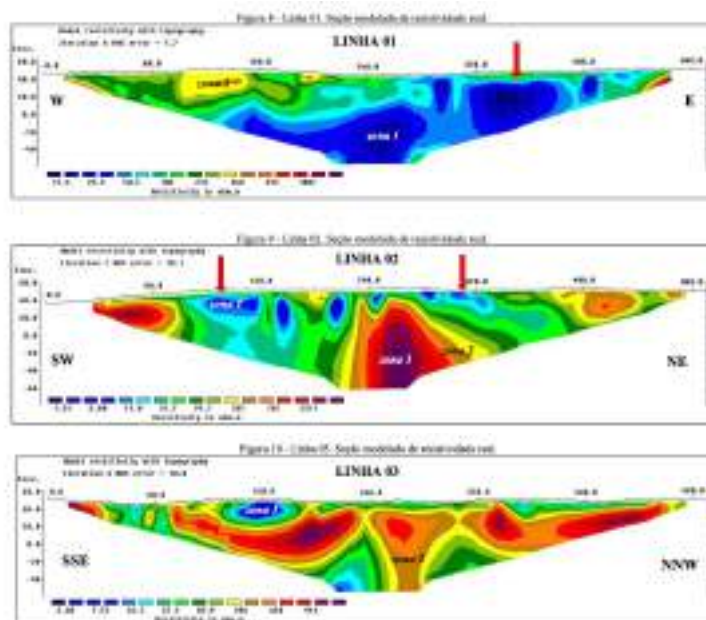
34



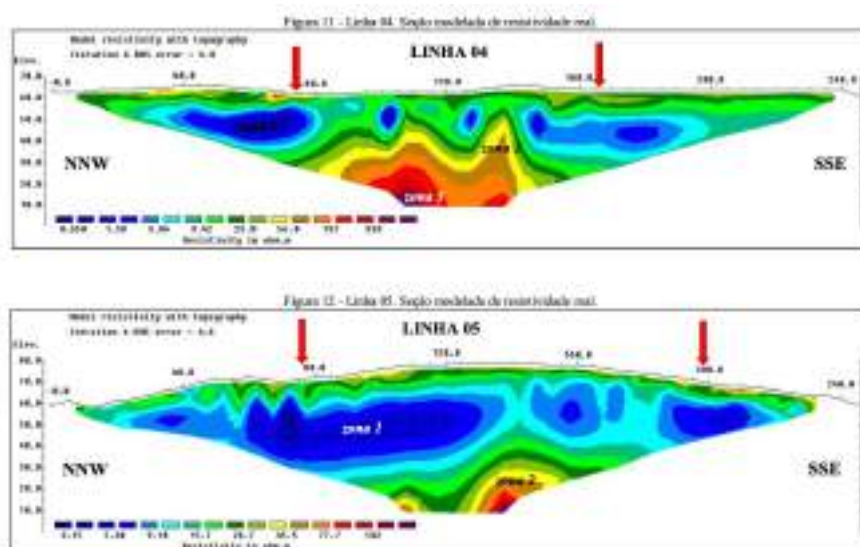
35



36

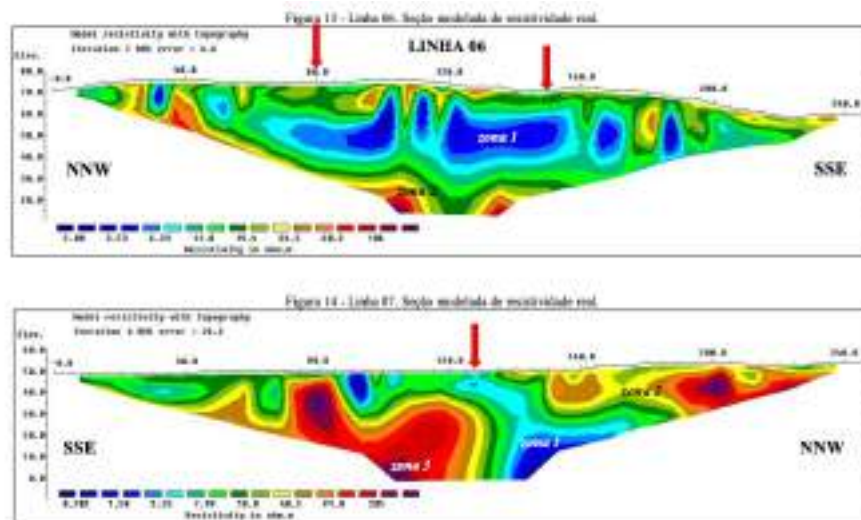


37



38





39

Figura 16 - Mapa com a indicação das zonas anômalas condutivas evidenciadas nos perfis de tomografia elétrica referentes ao Grupo 01.



Fonte: Global Image (2021).

40



Figura 15 – Mapa com a indicação dos principais picos anômalos condutivos evidenciados nos perfis de tomografia elétrica realizados.



41

Mapa com a sugestão de tendência de fluxo (setas em vermelho) de contaminantes (chorume) após correlação entre as anomalias condutivas dos perfis.



42

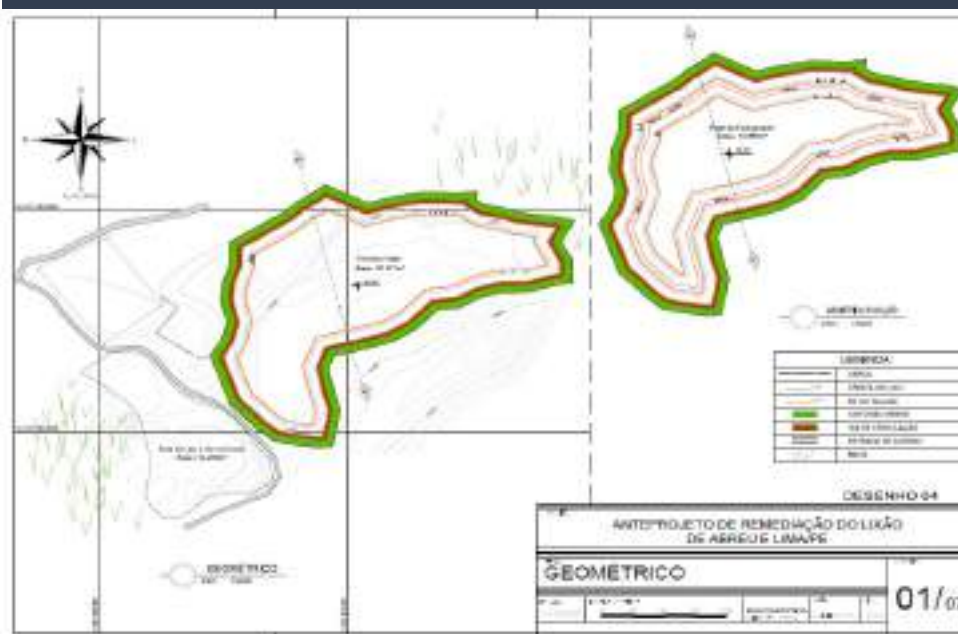
**ABREU E LIMA**

## Anteprojeto Remediação do Lixão

- ✓ Alternativa 01 - Remoção total dos resíduos depositados, transportando-os para um aterro sanitário licenciado.
- ✓ Alternativa 02 - Remanejamento total dos resíduos depositados para fins de impermeabilização de fundo e posterior re-aterramento dos mesmos de forma controlada, com a colocação de drenos de gás e percolados por toda a base da célula sanitária.
- ✓ Alternativa 03 (escolhida) - Geometrização da massa de lixo existente, sem ocorrer o remanejamento total dos resíduos e sem a implantação da impermeabilização de fundo, contudo, prevendo a instalação de drenos de gás e percolados.

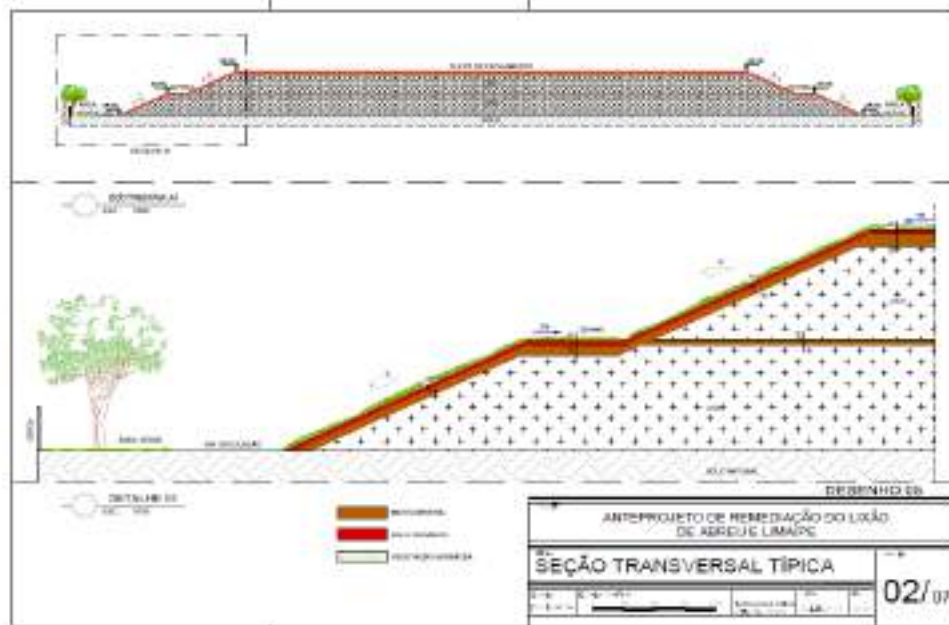
43

**ABREU E LIMA**



44

## ABREU E LIMA



45

## ABREU E LIMA



46





## ABREU E LIMA

### Anteprojeto Remediação do Lixão

Tabela 19: Cronograma Físico-Financeiro

ATIVIDADE	MÊS					
	1.º	2.º	3.º	4.º	5.º	6.º
ESCAVAÇÃO E EXECUÇÃO DA DRENAGEM DE PERCOLADO E GASES	R\$ 398.557,50					
EXECUÇÃO DA BARREIRA HIDRÁULICA E DRENO PRINCIPAL		R\$ 66.240,00				
RECONFORMAÇÃO DO LIXO EM CÉLULAS COM COMPACTAÇÃO E COBERTURA DOS RESÍDUOS COM SOLO		R\$ 782.060,00	R\$ 208.608,00			
TANQUE DE ACUMULAÇÃO PARA OS PERCOLADOS				R\$ 3.360,00		
EXECUÇÃO DAS VALAS DE INFILTRAÇÃO NO INTERIOR DA CÉLULA				R\$ 18.000,00		
REDE DE DRENAGEM DE SUPERFICIAL				R\$ 51.648,00		
IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA VIÁRIO					R\$ 56.100,00	
IMPLANTAÇÃO DE POÇOS DE MONITORAMENTO					R\$ 21.000,00	
PAISAGISMO E CERCAMENTO DA ÁREA						R\$ 384.840,00
RELATÓRIO DE OBRAS E APRESENTAÇÃO AO ORGÃO AMBIENTAL						-

Valor Total: 1.990.413,50

49

## ARAÇOIABA



50



51

## Anteprojeto Remediação do Lixão 01



52

## ARAÇOIABA

### Anteprojeto Remediação do Lixão 01

Tabela 1: Volume de resíduo no lixão 01 de Araçoiaba

Seção	Área (m²)	Soma das Áreas (m²)	Semi- Distância d/2 (m)	Volume de resíduo (m³)
Seção 0	0,00	0,00	20,00	0,00
Seção 2	28,76	57,52	20,00	0,00
Seção 4	44,63	73,39	20,00	1.467,80
Seção 6	55,91	100,54	20,00	2.010,80
Seção 8	106,67	162,58	20,00	3.251,60
Seção 10	563,93	670,60	20,00	13.412,00
Seção 12	973,42	1.537,35	20,00	30.747,00
Seção 14	4,77	978,19	20,00	19.563,80
Seção 20	191,69	196,46	60,00	11.787,60
Seção 22	245,92	437,61	20,00	8.752,20
Seção 24	66,90	312,82	20,00	6.256,40
Seção 26	74,11	141,01	20,00	2.820,20
Seção 28	41,24	115,35	20,00	2.307,00
Total				102.376,40
Empolamento 20%				20.475,28
TOTAL				122.851,68

53

## ARAÇOIABA

### Anteprojeto Remediação do Lixão 01



54

## ARAÇOIABA

### Anteprojeto Remediação do Lixão 01

- ✓ Como os resíduos sólidos do município atualmente têm um destino final ambientalmente adequado foram analisadas duas alternativas tecnológicas:
- ✓ Alternativa 01 (escolhida) - Remediação da área do lixão, sem uso posterior da área como depósito de resíduo urbano, com a previsão da conformação da massa de lixo em uma única célula considerando a execução das seguintes etapas: impermeabilização da célula, sistema de drenagem, percolados, gases e águas superficiais e tratamento de percolados.
- ✓ Alternativa 02 - Recuperação da área com a remoção total dos resíduos e disposição em outro local.

55

## ARAÇOIABA

### Anteprojeto Remediação do Lixão 01

Tabela 2: Estimativa Custo – Alternativa 01

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
1.	Compra da área do lixão	Ha	9,354	7.000,00	65.478,00
2.	Elaboração de projeto executivo	un	1,00	60.000,00	60.000,00
3.	Cercamento da área	m	1.500,00	35,00	52.500,00
4.	Escavação do resíduo	m³	169.621,00	7,00	1.187.347,00
5.	Escavação da vala	m³	18.000,00	7,00	126.000,00
6.	Impermeabilização do fundo da célula com manta PEAD	m²	20.900,00	16,00	334.400,00
7.	Conformação e compactação da massa de lixo	m³	84.810,50	24,00	2.035.452,00
8.	Drenagem de gás	m	50,00	120,00	6.000,00
9.	Drenagem de percolados	m²	500,00	75,00	37.500,00
10.	Tanque de acumulação de percolados	m³	180,00	120,00	21.600,00
11.	Drenagem pluvial	m	1.200,00	70,00	84.000,00
12.	Sistema viário	m²	3.000,00	30,00	90.000,00
13.	Cobertura final da massa de lixo com manta mineral	m³	18.000,00	14,00	252.000,00
14.	Paisagismo	m²	20.000,00	10,00	200.000,00
15.	Poços de monitoramento	m	60,00	350,00	21.000,00
Subtotal					4.573.277,00
16.	Manutenção e monitoramento da área por 20 anos	ano	20,00	48.000,00	960.000,00
17.	Tratamento do percolato por 20 anos	ano	20,00	36.000,00	720.000,00
TOTAL					6.253.277,00

Tabela 3: Estimativa Custo – Alternativa 02

ITEM	DESCRIÇÃO	UNID	QUANT.	VALOR UNIT. (R\$)	VALOR TOTAL (R\$)
1.	Escavação e carga dos resíduos	m³	169621	8,50	1.441.778,50
2.	Transporte dos resíduos para o Aterro da CTR-PE	viagem	14135	150,00	2.120.250,00
3.	Destinação final dos resíduos no Aterro da CTR-PE	ton	132765	34,00	4.514.010,00
4.	Reconformação do terreno para evitar erosão e assoreamento	m²	55800	10,00	558.000,00
TOTAL					8.634.038,50

56



## ARAÇOIABA

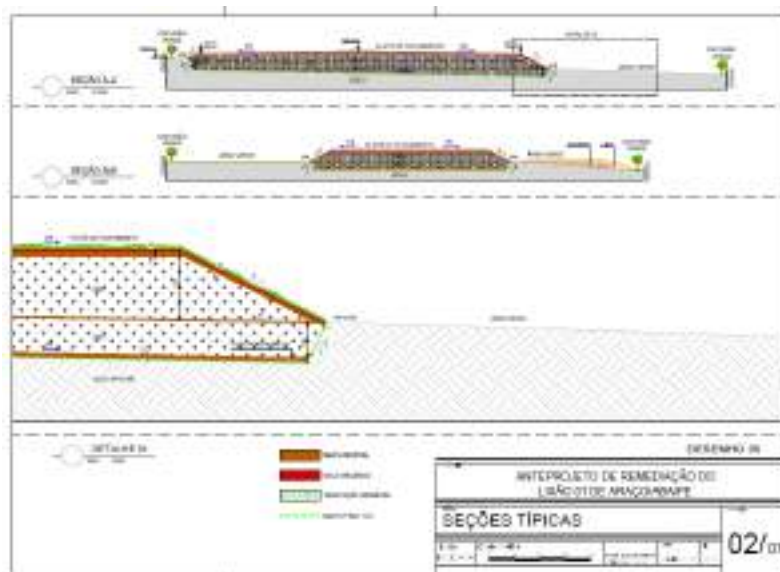
### Anteprojeto Remediação do Lixão 01



57

## ARAÇOIABA

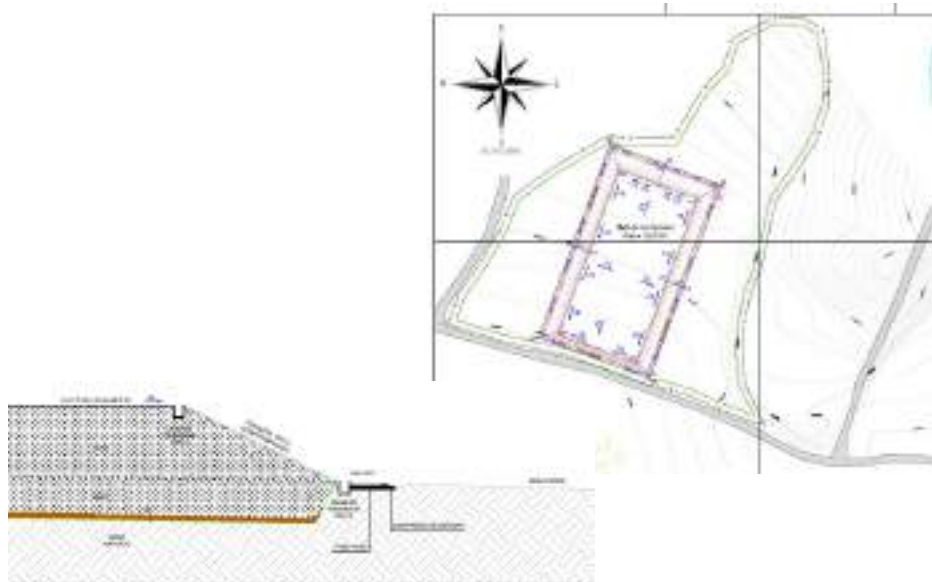
### Anteprojeto Remediação do Lixão 01



58

## ARAÇOIABA

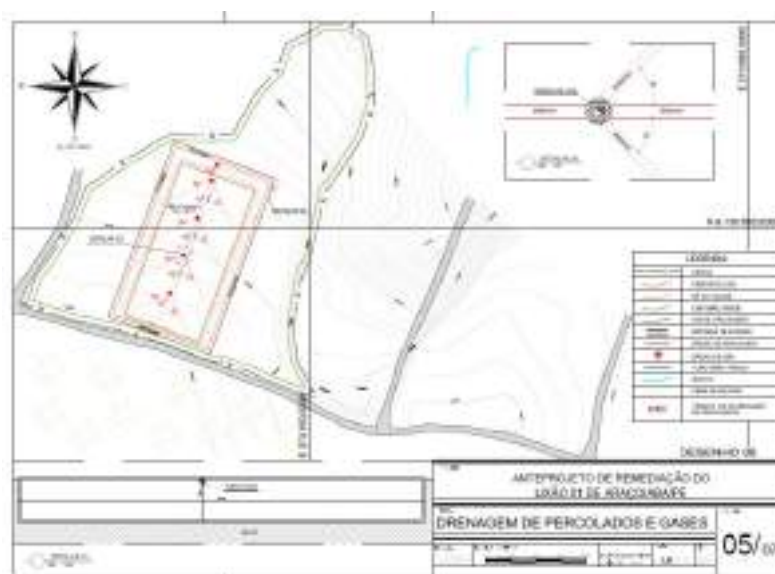
### Anteprojeto Remediação do Lixão 01



59

## ARAÇOIABA

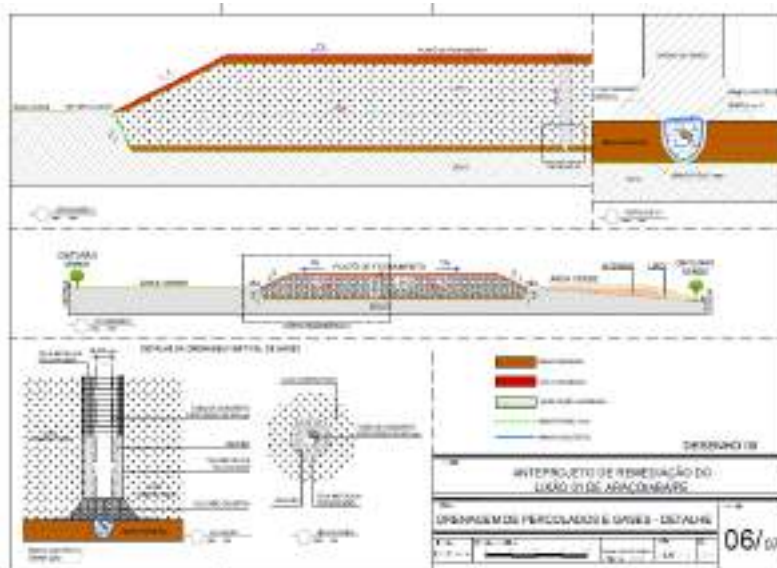
### Anteprojeto Remediação do Lixão 01



60

## ARAÇOIABA

### Anteprojeto Remediação do Lixão 01



61

**ProteGEEr**  
COOPERAÇÃO PARA A PROTEÇÃO DO CLIMA  
NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

**GRS**  
Geotecnia Ambiental  
Grupo de Resíduos Sólidos - UFPE

Home page: <http://www.grs-ufpe.com.br>  
Email: [jucah@ufpe.br](mailto:jucah@ufpe.br)

62