



# Programa de Capacitação e Extensão Tecnológica e Saneamento Básico

**CARTILHA 01**

**OPERAÇÃO DE SISTEMA DE TRATAMENTO DE ESGOTO SANITÁRIO**

**Programação de Capacitação e Extensão Tecnológica em  
Saneamento Básico**

Altamira – Anapu - Brasil Novo - Senador José Porfírio - Vitória do  
Xingu



**Abril 2018**



**norteENERGIA**  
USINA HIDRELÉTRICA BELLO MONTE

## Apresentação

O Programa de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Básico – PCETS

terá suas ações desenvolvidas nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Anapu, em atendimento ao item “e” da condicionante - 2.10 da Licença de Operação nº 1.317/2015, emitida pelo IBAMA em 24 de novembro de 2015, para a operação da Usina Hidrelétrica Belo Monte.

As ações deste programa serão executadas por meio de um Termo de Cooperação Técnica firmado entre a Norte Energia S/A e a Federação das Indústrias do Estado do Pará – FIEPA, por intermédio da REDES – Inovação e Sustentabilidade Econômica – REDES/FIEPA.

A presente Cartilha tem como função apoiar as oficinas de capacitação e de treinamento in loco os gestores, técnicos e funcionários que tenham vinculação com o serviço de tratamento de esgotos domésticos.

Foi elaborada usando como referência publicações existentes, de organismos governamentais, universidades ou de companhias de saneamento básico. Os temas foram adequados à realidade dos municípios e suas respectivas instalações e equipamentos existentes e em operação.



norteENERGIA  
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

## A importância do tratamento do esgoto

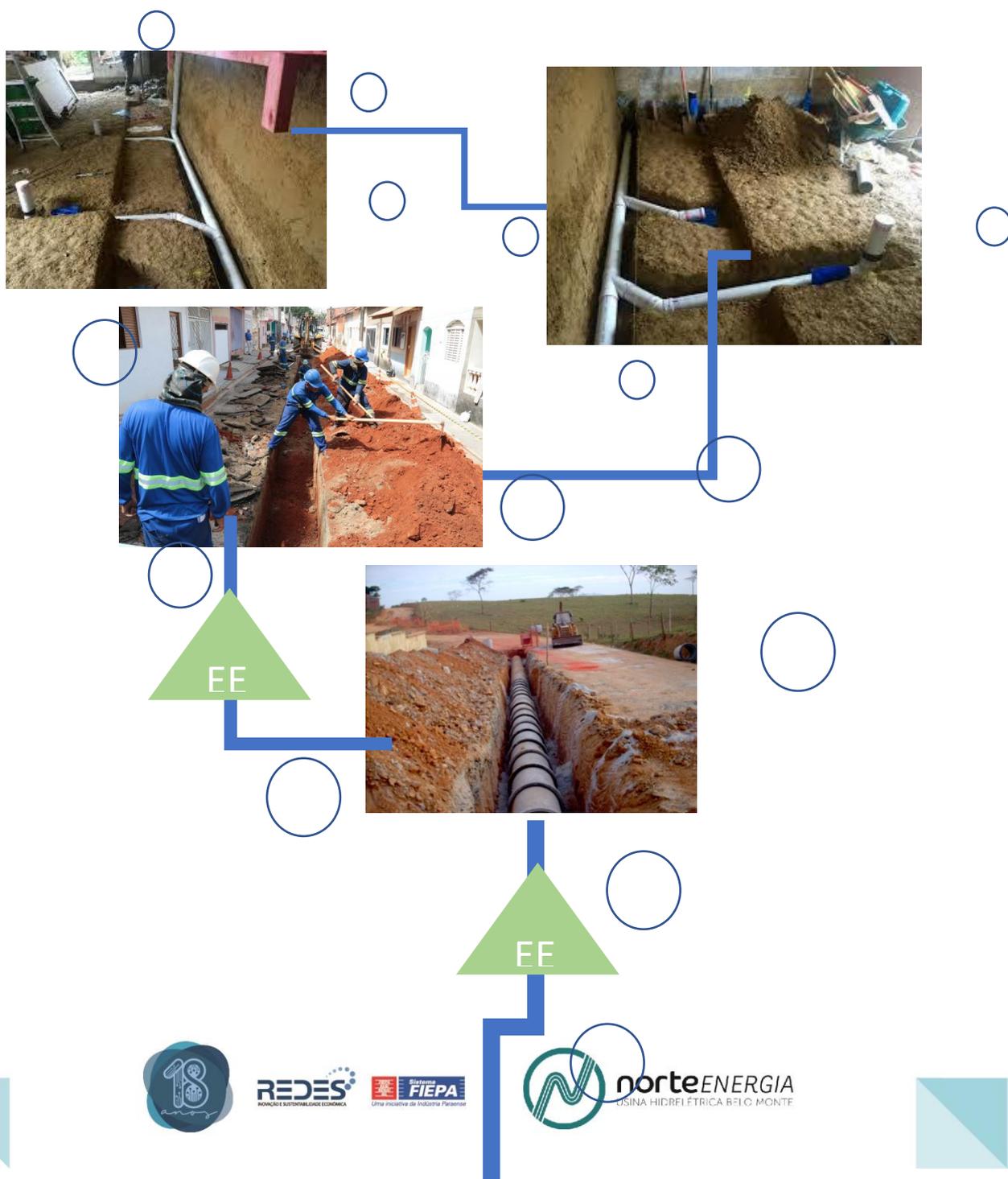
O tratamento de esgoto é um conjunto de operações, utilizando-se de instalações e equipamentos específicos, que objetiva eliminar a carga poluidora presente nos esgotos domésticos que compreende toda água e sólidos originados das atividades de lavagem de pisos e roupas; uso na cozinha; banheiro (pia e vaso sanitário) que adquiriram impurezas.



Essa é a última etapa do serviço de esgotamento sanitário que objetiva recolher, afastar e tratar os esgotos domésticos de forma a garantir a salubridade do ambiente de convivência ou trabalho das pessoas e devolver à natureza o efluente em condições e qualidade que não provoquem danos ambientais.

O recolhimento se dá por um conjunto de tubulações (rede de esgoto) que recolhem as águas impuras das residências e as levam para longe. Temos rede domiciliar, rede pública, emissários e estações elevatórias.

## DIAGRAMA DA REDE DE COLETA E AFASTAMENTO DOS ESGOTOS DOMÉSTICOS



## OS PERIGOS DO CONTATO COM ESGOTO DOMÉSTICO

**ÁGUA NÃO TRATADA  
É PORTA ABERTA PARA  
VÁRIAS DOENÇAS**

**ETE**

**Ciclo da doença**

- Se não usarmos o banheiro, a fossa ou as redes coletoras, o esgoto fica a céu aberto.
- As fezes e os restos de comida ficam no quintal, em volta da casa e nas ruas.
- Os vermes e as bactérias que vivem no esgoto contaminam a água e o chão.
- As pessoas pisam no chão descalças e bebem a água contaminada, ficando doentes.
  - Os mesmos insetos que pousam ou andam nas fezes vão para nossa casa levando as doenças em suas patas e asas.
  - As fezes dos animais que andam no quintal e nas ruas também ficam contaminadas.
  - As fezes contaminam o chão e a água. Ai começa tudo de novo.

**Doenças de  
veiculação hídrica**



### Tipo de tratamento escolhido

Quais são os objetivos do tratamento dos esgotos?



Para tratamento dos esgotos domésticos existem diferentes processos com diferentes equipamentos.

### Níveis de tratamento de esgotos

- Tratamento preliminar: remove sólidos grosseiros e areia.
- Tratamento primário: remove sólidos sedimentáveis e parte da matéria orgânica.
- Tratamento secundário: remove matéria orgânica e, eventualmente, nutrientes.
- Tratamento terciário: remove nutrientes, organismos patogênicos e poluentes específicos (compostos tóxicos, não biodegradáveis etc.).
- - **Tipos de tratamento:**
    - Físico – Químico
    - Biológico

### Físico-Químico

Através das reações químicas, altera as propriedades físicas dos poluentes, separando e removendo.

### Biológico

Através de reação bioquímica, transforma a matéria orgânica biodegradável (DBO) em lodo (microorganismo + material Inerte), água e gás carbônico. Ex.: Lodos ativados.

**Vamos conhecer melhor!**

### Sistema de reator anaeróbico - UASB

O reator anaeróbio<sup>1</sup> UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) de fluxo ascendente e manto de lodo foi desenvolvido na Holanda em fins dos

<sup>1</sup> A digestão anaeróbia é um processo biológico natural que ocorre na ausência de oxigênio molecular, onde populações de microrganismos interagem para promover a depuração estável e autorregulada da matéria orgânica, que resulta em biogás. O biogás

anos 70, visando ao tratamento de efluentes industriais. Foi considerável o sucesso do novo processo, a ponto de hoje já haver dezenas de unidades em escala real e com ótimo funcionamento, para tratamento de efluentes Industriais, na Europa e nos Estados Unidos.

A aplicação dos reatores UASB para tratamento de esgotos sanitários foi tentada a partir de 1983, em Cali, Colômbia, utilizando um reator piloto, com volume de 64 m<sup>3</sup>.

Os resultados obtidos foram excelentes, tendo-se atingido remoções de DBO<sup>2</sup> de 70 a 80% com tempo de retenção hidráulica na faixa de 4 a 24 horas.

O UASB é constituído basicamente por um tanque em cuja parte superior é acoplado um decantador e um defletor dos gases formados.

---

é, portanto, o produto final dessa digestão, sendo constituído na maior parte por metano (CH<sub>4</sub>) e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

<sup>2</sup> Sigla para Demanda Biológica (ou Bioquímica) de Oxigênio. Medida que calcula a quantidade do oxigênio dissolvido num corpo d'água, consumido pela atividade bacteriana. A DBO é proporcional ao tempo, ou seja, quanto maior o tempo mais matéria orgânica biodegradável é decomposta pela atividade aeróbica das bactérias. Por isso, usa-se 5 dias como tempo padrão nas medidas de DBO de uma água ou efluente.



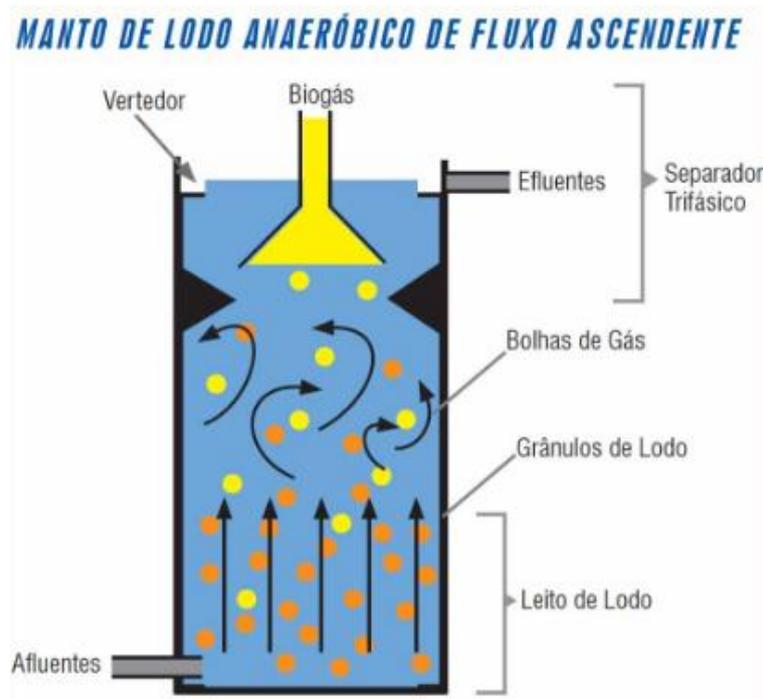


Figura 1 – Esquema de funcionamento - UASB

O despejo a ser tratado é introduzido pelo fundo do reator e o percorre em fluxo ascendente, sendo o efluente tratado descartado pelo topo do decantador.

Inicialmente, o despejo atravessa uma camada de lodo biológico de elevada atividade, onde ocorre a transformação da matéria orgânica presente no despejo em biogás.

Com relação ao efluente líquido proveniente do processo anaeróbico do reator, o mesmo necessita de pós-tratamento devido às severas restrições para descarga de efluentes diretamente em cursos d'água ou solo.

Uma das opções para o pós-tratamento são os dispositivos conhecidos como terras úmidas construídas (wetlands<sup>3</sup>).

### O que são terras úmidas construídas?

O sistema terras úmidas construídas é uma tecnologia para tratamento de águas e efluentes por mecanismos puramente naturais, que

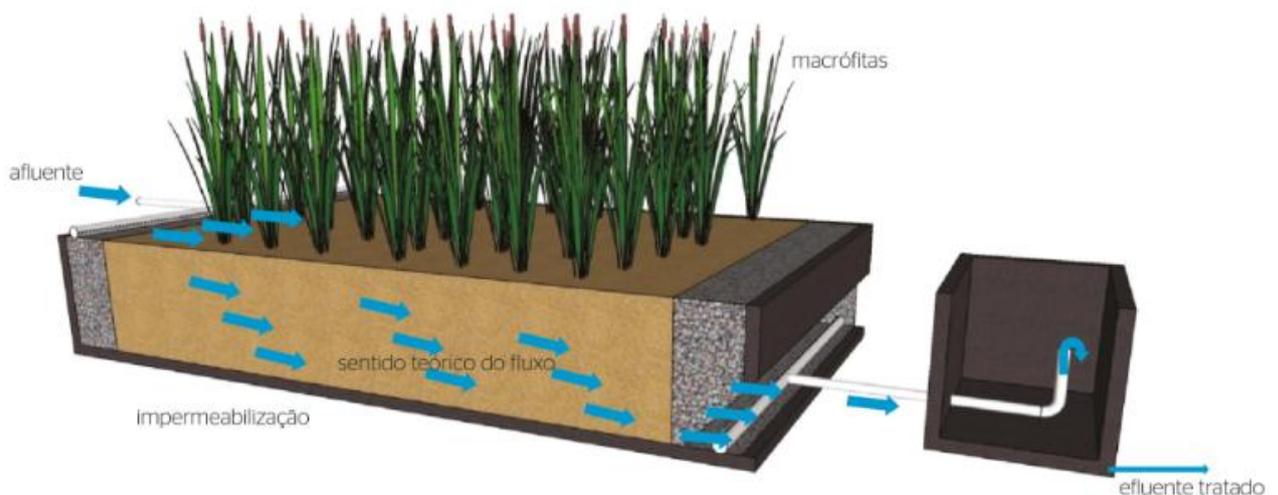
<sup>3</sup> Traduzindo para o português seria uma zona úmida, ou pântano.

apresentam elevada eficiência, simplicidade construtiva e operacional e beleza estética e paisagística.



A principal característica destes sistemas é o uso de vegetação aquática que aumenta a sua eficiência e permite a construção de um espaço esteticamente atraente, podendo, em vários casos, serem concebidos como obras de arte de paisagismo. A manutenção do sistema é bastante simples, bastando um funcionário para abertura e fechamento de válvulas/comportas e inspeção rotineira com eventuais correções.

Outro diferencial a ser comentado é a não geração de lodo, o que reduz significativamente os custos com transporte, estabilização e secagem destes resíduos sólidos. O lodo nestes sistemas é degradado dentro do meio filtrante.



*Figura 2 - Sistema Wetland*

Outra opção para o pós-tratamento do efluente dos filtros anaeróbicos são os tanques aeróbios.

### **Como são os tanques aeróbios?**

O método por lodos ativados foi desenvolvido na Inglaterra em 1914. Ele é amplamente utilizado para tratamento de esgotos domésticos e industriais. É um processo biológico onde o esgoto afluente, na presença de oxigênio dissolvido, agitação mecânica e pelo crescimento e atuação de microorganismos específicos, forma flocos denominados lodo ativado ou lodo biológico.

O processo é estritamente biológico e aeróbio, no qual o esgoto bruto e o lodo ativado são misturados, agitados e aerados em unidades conhecidas como tanques de aeração. Após este procedimento, o lodo é enviado para o decantador secundário, onde a parte sólida é separada do efluente tratado. O lodo sedimentado retorna ao tanque de aeração ou é retirado para tratamento específico.

### **Decantador secundário**

O lodo ativado é o lodo adensado no fundo do decantador secundário. Ele normalmente é constituído por bactérias ativas capazes de assimilar mais matéria orgânica. Por isso, uma estação de tratamento biológico de efluentes por lodo ativado tem a recirculação de lodo, que devolve para o reator (tanque de aeração) parte da biomassa concentrada e ativa que poderá consumir cargas maiores de DBO. Esse é o princípio básico do sistema de lodo ativado.



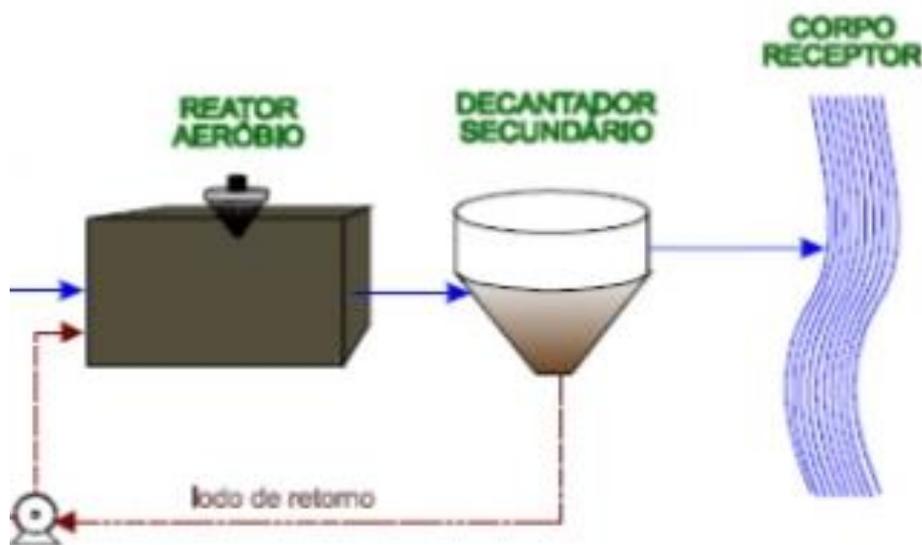


Figura 3 - Tanque aeróbio e Decantador

## O papel do operador da ETE

Ter profissionais capacitados e bem orientados é de suma importância para o bom funcionamento das unidades. As atividades a serem desempenhadas pelos operadores e auxiliares são:

- Operar equipamentos e unidades de tratamento de esgotos como grades, caixas de areia, decantadores, filtros biológicos, câmaras de aeração, adensadores, digestores, centrífugas, secadores térmicos e demais unidades envolvidas no tratamento de esgotos.
- Operar unidades de tratamento biológico de esgotos como valos de oxidação, lagoas de estabilização e outros.
- Conservar e manter limpas e desobstruídas as grades, canaletas, calhas, vertedores e demais componentes das unidades de tratamento de esgotos.
- Preparar soluções com produtos químicos para o processo de tratamento de esgotos.
- Operar equipamentos e seus componentes para a dosagem dos produtos químicos utilizados no tratamento de esgotos.
- Operar bombas de recalque e outros equipamentos utilizados no processo de tratamento de esgotos.

- Registrar e interpretar informações geradas por instrumentos específicos ao controle do processo de tratamento de esgotos (Amperímetros, Manômetros, Termômetros, Densímetros, Medidores de Vazão, etc ).
- Aferir e calibrar sempre que necessário a instrumentação utilizada na determinação dos parâmetros de controle do processo de tratamento.
- Coletar amostras de esgotos, para análises físico-químicas, químicas e biológicas necessárias ao controle operacional do processo de tratamento dos esgotos, utilizando técnicas de coleta de amostra.
- Receber, armazenar e controlar os produtos químicos utilizados no processo de tratamento de esgotos.
- Comunicar problemas relativos a segurança patrimonial e ambiental nas instalações operacionais.
- Registrar em planilha específica todas as informações operacionais, analíticas, intervenções de manutenção e ocorrências operacionais e não operacionais.
- Operar o instrumental destinado ao controle a distância dos dispositivos envolvidos no tratamento dos esgotos, incluindo computadores utilizados no controle operacional. Utilizar adequadamente os equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletiva (EPCs).
- Executar tarefas relativas a limpeza, manutenção e higienização da unidade sob sua responsabilidade.

### **Equipamentos Instalados (incluindo estações elevatórias)**

ETE SEDE E LEONARDO DA VINCI – VITÓRIA DO XINGU

**Reator UASB seguido de Wetlands (terras úmidas)**



norteENERGIA  
USINA HIDRELÉTRICA BELLO MONTE

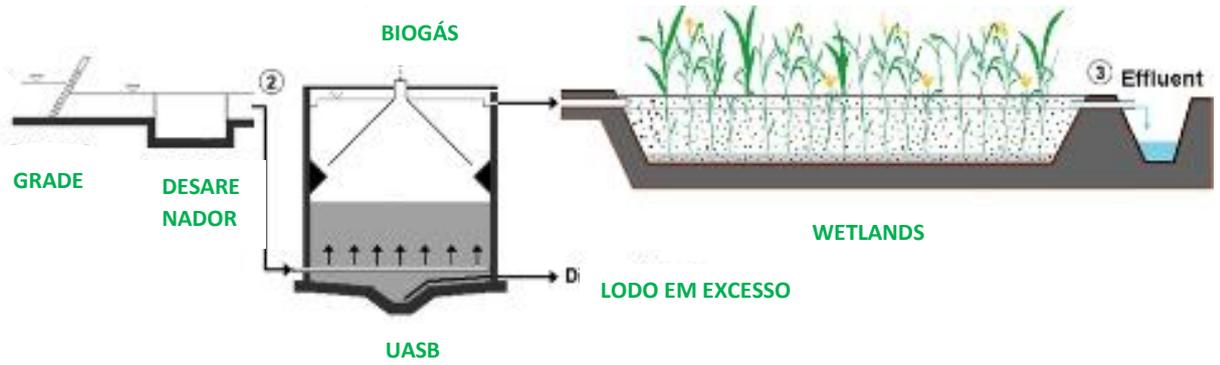


Figura 4 - ETE's Vitória do Xingu – Sede e Leonardo da Vinci



Figura 5 - ETE SEDE VTX – UASB



Figura 6 - Wetland - ETE Sede

ETE BELO MONTE E ETE BELO MONTE DO PONTAL - VITÓRIA DO  
XINGU/ANAPU

Reator UASB seguido de Lodos Ativos

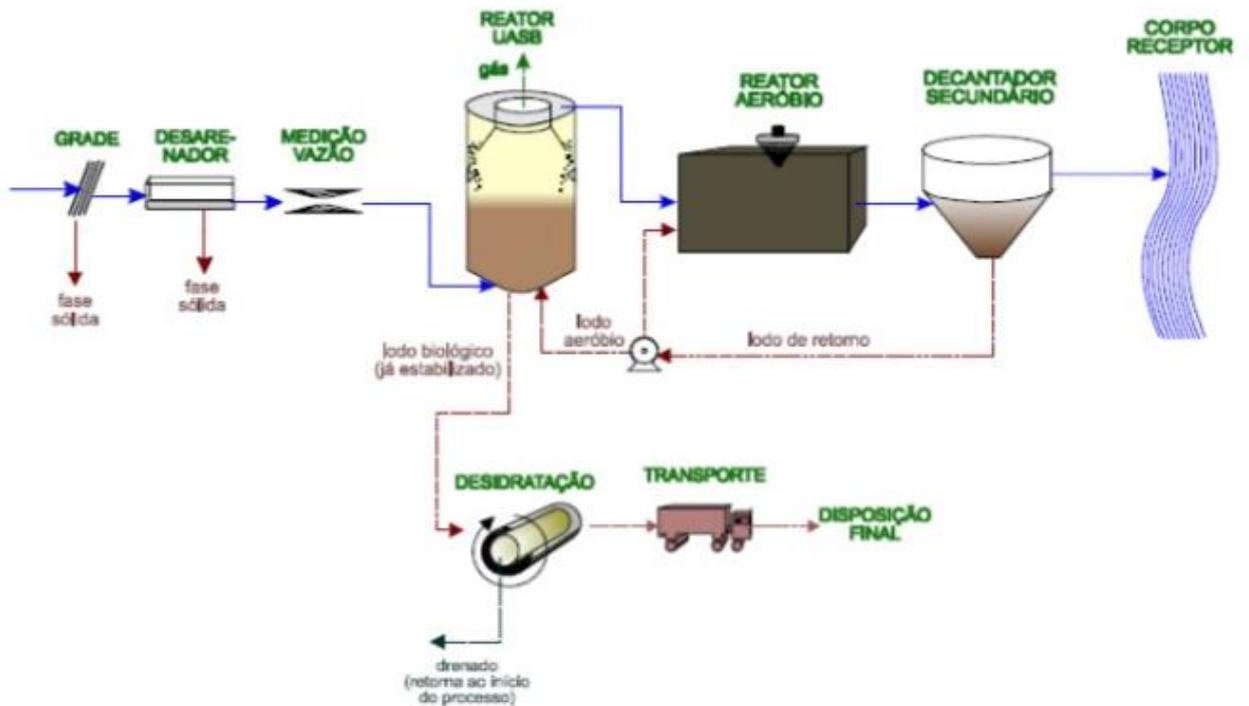


Figura 7 - ETE's Belo Monte e Belo Monte do Pontal



Figura 8 - ETE Belo Monte



Figura 9 - ETE Belo Monte do Pontal

## ETE ALTAMIRA

### Lodos Ativos de Fluxo Intermitente (por batelada)



Figura 10 - ETE Altamira



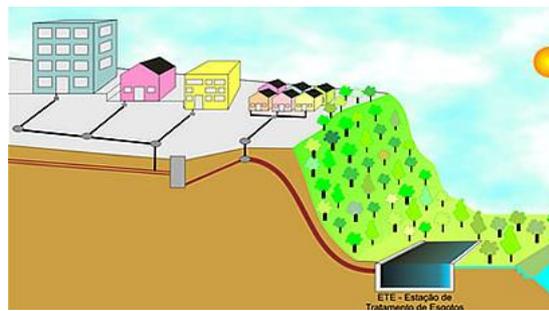
*Figura 11 - ETE Altamira*

### **Estação Elevatória de Esgoto – E.E.E**

Quando as tubulações de esgoto estão muito profundas - por baixa declividade do terreno ou pela necessidade de se transpor uma elevação - é necessário bombear o fluxo de esgoto para um nível mais elevado. Para fazer esse bombeamento, são construídas estações elevatórias de esgoto (EEE). As EEE abrigam motobombas (conjuntos de motor e bomba) e tubulações hidráulicas responsáveis pela elevação da cota do esgoto até o ponto em que poderá seguir por gravidade ao destino final. Devem ser usadas em trechos em que, por motivos técnicos e econômicos, o esgotamento por gravidade não é possível. Em geral, as EEE são necessárias nos pontos mais baixos de uma bacia ou nas proximidades de rios, córregos e represas.



*Figura 12 - Situação sem E.E.E*



*Figura 13 - Situação com E.E.E*



Figura 14 - ETE Belo Monte do Pontal

## PRÁTICAS DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ETE

*Para cada uma das etapas do sistema de tratamento de esgotos existem procedimentos que devem ser observados e executados de maneira a garantir a melhor eficácia de toda a instalação.*

*A manutenção preventiva das instalações e equipamentos é fundamental para o seu bom funcionamento e durabilidade.*

### Tratamento preliminar

São as instalações/equipamentos usados na chegada do esgoto (bruto) à ETE, para barrar e possibilitar a remoção dos sólidos grosseiros e da areia, bem como realizar a medição do efluente.

O tratamento preliminar é composto por unidades de gradeamento, desarenadores e medidor de vazão.

#### **Gradeamento**

As principais finalidades da remoção de sólidos grosseiros nas grades são: proteger as unidades de tratamento, as bombas, as tubulações e os corpos d'água receptores.

A remoção dos sólidos grosseiros é feita frequentemente por meio de grades, mas pode se usar também peneiras rotativas, estáticas ou trituradores. No gradeamento, os materiais com dimensões maiores do

que o espaçamento entre as barras são retidos. Há grades médias, grossas e finas, dependendo do espaço livre entre as barras. A remoção do material retido pode ser manual ou mecanizada.

### ***Desarenadores***

As principais finalidades da remoção de areia nos desarenadores (caixas de areia) são: evitar abrasão dos equipamentos e tubulações; eliminar ou reduzir obstruções em tubulações e em outras unidades; e facilitar o transporte do esgoto.

O desarenador é composto de duas unidades, pois sempre que o material acumulado ocupar metade da câmara de armazenamento ou 2/3 de todo seu comprimento, a unidade deve ser vedada e paralisada para limpeza e a unidade reserva deve estar limpa para dar continuidade na operação.

### ***Medidores de vazão***

O medidor Parshall é um instrumento clássico utilizado para a medição da vazão afluyente à ETE.

A figura a seguir apresenta a simbologia usualmente utilizada para a representação das unidades que compõem o tratamento preliminar e algumas fotos dessas unidades.





*Figura 15 - Tratamento Primário/Preliminar*

Em algumas estações de tratamento de esgoto, a determinação da vazão afluente é realizada por meio de equipamento eletrônico que disponibiliza a leitura direta da vazão.



*Figura 16 - Medidor de Vazão Ultrassônico ETE Altamira*

## Protocolo operacional e de limpeza das grades e peneiras

### *Grade de limpeza manual*

- Realizar limpeza na grade de entrada duas a três vezes por semana ou sempre que verificar a necessidade.

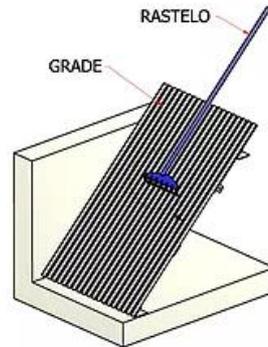
- Colocar EPI's adequados ao serviço - luvas, avental, botas e máscara.
- As ferramentas necessárias são: rastelo, pá, carrinho de mão, balde, mangueira, saco plástico, arame e formulários de controle.
- Remover o material retido usando o rastelo, com o devido cuidado, de forma a evitar a entrada de sólidos grosseiros no sistema e o contato direto com o material removido.
- A grade é considerada limpa quando o nível da água estiver baixo, ou seja, abaixo da tubulação de entrada.
- Depositar o material removido em vasilhame devidamente protegido e que permita a medição do volume depositado. A sujeira úmida deve ficar secando por 24 horas para perder umidade.
- Ao fim do turno, medir o volume do material retirado e anotá-lo em formulário apropriado.
- Após seco, retirar os resíduos e colocá-los em sacos plásticos e direcionar o mesmo ao aterro sanitário.

### ***Grade de limpeza mecanizada Ou Peneiramento***

- Verificar o correto posicionamento da caçamba estacionada para receber os detritos removidos pelas grades.
- Inspeccionar o correto espaçamento e paralelismo das barras.
- Por meio do painel de controle, selecionar as grades que devem estar em operação.
- Vistoriar o funcionamento do braço raspador, sua correta parada após o rastelamento e o mecanismo de autolimpeza.
- Detectar ruídos estranhos nos mecanismos móveis, como motores, redutores e mancais de rolamento.
- Verificar se as partes móveis encontram-se devidamente lubrificadas.
- Verificar, diariamente, se o rastelo automático das grades finas está funcionando.
- Verificar o nível de enchimento da caçamba. Quando a capacidade da caçamba estiver quase se esgotando, transportá-la até o local de disposição final.
- Ao final de cada jornada, recobrir o material depositado com uma camada inerte (solo, entulho etc.).



- Na ocorrência de qualquer anormalidade de funcionamento, o operador deverá desligar o equipamento com defeito e comunicar o fato ao responsável pela equipe de manutenção.



*Figura 17 - Limpeza das Grades*

## Protocolo operacional e de limpeza dos desarenadores (caixa de areia)

### *Desarenador de limpeza manual*

- Frequência: 2 vezes por semana ou conforme necessidade. (quando 2/3 da altura da caixa estiver preenchida).
- Colocar EPI's adequados ao serviço - luvas, avental, botas e máscara.
- As ferramentas necessárias são: pá, enxada, carrinho de mão, vassoura, mangueira, balde, saco plástico, arame e formulários de controle.

- Colocar a comporta (stop-log) para impedir a entrada de esgoto na caixa, verificando se ficou bem vedada.
- Utilizando balde, retirar o líquido que ficou na caixa, o qual deve ser encaminhado para a entrada da caixa de areia em operação.
- Deixe o material secar na caixa e após seco, retire o material depositado com a pá e a enxada, colocando-o no carrinho de mão e, posteriormente, ensacar o material para o seu aterramento.
- Limpar a caixa de areia com jato de água, esfregando as paredes internas com vassoura, e retirar a água de lavagem.
- Ao fim do turno, medir o volume do material removido e anotar em formulário adequado.

### ***Desarenador de limpeza mecanizada***

- Colocar EPI's adequados ao serviço - luvas, avental, botas e máscara.
- Verificar o correto posicionamento das caçambas estacionadas para receber a areia removida nos desarenadores.
- Vistoriar o funcionamento do braço raspador que funciona em movimento.
- Por meio do painel de controle, selecionar os desarenadores que devem estar em operação.
- Detectar ruídos estranhos nos mecanismos móveis, como motores, redutores e mancais de rolamento.
- Verificar se as partes móveis se encontram devidamente lubrificadas.
- Verificar, diariamente, se o braço raspador está funcionando.
- Verificar, diariamente, o funcionamento da bomba parafuso (transportador de areia).
- Verificar o nível de enchimento das caçambas. Quando a capacidade das caçambas estiver quase se esgotando, transportá-las até o local de disposição final.
- Ao final de cada jornada, recobrir o material depositado com uma camada inerte (solo, entulho etc.).
- Na ocorrência de qualquer anormalidade de funcionamento, o operador deverá desligar os equipamentos do desarenador com defeito e comunicar o fato ao responsável pela equipe de manutenção.





Figura 18 - Caixa de Areia - Comporta/Stop-Log

## Protocolo operacional e de limpeza dos medidores de vazão

### *Calha Parshall*

A Calha Parshall tem como principal finalidade medir a vazão dos efluentes e afluentes em estações de tratamento. Como finalidade secundária a Calha Parshall pode ser utilizada como misturador de produtos químicos. Permite a medição da vazão por meio da determinação da altura da lâmina d'água. Isso pode ser feito manualmente, utilizando-se réguas, ou de forma automática, através da utilização de sensores de nível.

- D'água. Frequência: 1 vez por dia.
- Colocar EPI's adequados ao serviço - luvas, avental, botas e máscara.
- Observar o valor de leitura no equipamento na escala graduada ( $m^3/h$ ).
- Anotar o resultado em uma planilha ou diário de medições realizadas.



*Figura 19 - Medição por Parshall – manual ou eletrônica*

## Reator Anaeróbico de Fluxo Ascendente – UASB

Vale lembrar que no processo de tratamento de esgoto utilizando esse equipamento temos os seguintes componentes resultantes: gás metano, lodo e água.

Nessa etapa, o efluente líquido é encaminhado à zona úmida construída (pós-tratamento), os gases exalados podem ser queimados, ou não, dependendo do porte do empreendimento, e o lodo retorna ao fundo do reator.

### Rotina de operação

- garantir uma vazão afluyente de esgoto o mais regular possível;
- inspecionar diariamente a caixa de distribuição de vazão para os tubos, desentupindo-os para garantir a distribuição uniforme do esgoto no reator;

- limpar a calha principal e os vertedouros periodicamente;
- remover a espuma formada na superfície do reator. O material retirado deve ser encaminhado para adensamento e, posteriormente, disposto em valas na área da ETE, com recobrimento, ou em aterro sanitário licenciado;
- avaliar a quantidade e a atividade da biomassa presente no reator;
- fazer descargas periódicas (rigorosamente nas datas fixadas) de lodo que se acumula em excesso no reator, possibilitando também a retirada de material inerte (areia, etc.) que, eventualmente, se deposita no fundo do equipamento;
- encaminhar o lodo retirado nas descargas para desaguamento e, posteriormente, dispor em valas na área da ETE, com recobrimento, ou em aterro sanitário licenciado;
- efetuar a reparação na estrutura do reator no caso de infiltrações;
- inspecionar toda a linha de gás pelo menos uma vez por semana, para descobrir eventuais vazamentos e/ou entupimentos; e
- limpar periodicamente a fuligem acumulada nos queimadores de gás, para que tenham boa eficiência.

### ***O descarte do lodo***

O descarte periódico do lodo excedente evita o seu acúmulo no interior do reator e uma maior perda de sólidos juntamente com o efluente líquido, resguardando a sua qualidade.

Portanto, a adoção de uma frequência de descarte adequada reflete diretamente em uma menor perda de sólidos no efluente final e em uma melhor qualidade do efluente, em termos de sólidos suspensos e de DQO e DBO. O descarte de lodo deve ser feito, preferencialmente, do fundo e à meia altura do compartimento de digestão.

A retirada deve ser feita até o momento em que for verificado o descarte de efluente.

No reator UASB, o descarte de lodo deve ser feito, preferencialmente, do fundo e à meia altura do compartimento de digestão. O monitoramento da concentração e altura do lodo no reator é realizado a partir de pontos de amostragem dispostos em diferentes alturas da unidade.



A frequência de descarga, no caso de processos de desidratação em leitos de secagem, é de duas a três semanas, variando de acordo com a capacidade de armazenamento de lodo do reator e com o tempo médio de secagem.

O descarte à meia altura possibilita a retirada do lodo mais disperso, usualmente de menor atividade e sedimentabilidade.

Para compensar os maiores volumes de descarte desse lodo menos denso, pode-se fazer o descarte de uma parcela menor do lodo de fundo do reator, mais concentrado.

Adicionalmente, e dependendo da qualidade do tratamento preliminar, o lodo de fundo pode acumular sólidos inertes – como a areia – que devem ser descartados periodicamente do reator.

#### *Protocolo operacional de descarte de lodo do reator UASB.*

- Colocar EPI's adequados ao serviço - luvas, avental, botas e máscara.
- Retirar o lodo com o auxílio de um caminhão esgota-fossa.
- A operação de descarte se dá a partir da abertura de registros que são previstos na lateral do reator, o que possibilita o escoamento do lodo até o leito de secagem.
- A abertura individualizada de cada registro (um por vez) correspondente a cada ponto de descarte de lodo é fundamental, pois, caso contrário, o descarte de lodo não será uniforme no interior do reator.
- Uma vez definidos os volumes de lodo a descartar de cada ponto (superior e inferior), conforme cálculos e simulações que devem ser efetuados com antecedência, a medição pode ser feita automaticamente, por meio de medidores de vazão, ou avaliando-se a altura da lâmina de lodo e o volume correspondente no leito de secagem.

**OBSERVAÇÃO:** *A primeira retirada de lodo deverá ser feita após cerca de 6 meses de iniciada a operação.*

**IMPORTANTE:-** *Ao se retirar amostras nos Registros observe a cor do lodo, que deve ser preta. - Se o lodo contiver partículas brancas, pode estar ocorrendo acidificação do meio. - Se o lodo estiver com coloração marrom, o sistema pode estar recebendo oxigênio.*

#### **INDÍCIOS DE BOM FUNCIONAMENTO DO REATOR**

- Estação de tratamento sem cheiro.
- Cor da saída mais transparente que a cor da entrada.
- Cor do efluente de entrada cinza ou marrom.
- Cor do lodo dentro do reator preto e denso.
- Cor do efluente de saída levemente preto transparente.
- Efluente com poucas partículas sólidas.

Tratamos do descarte de lodo, falta discutir os aspectos operacionais e de monitoramento das unidades responsáveis pelo seu desaguamento, os leitos de secagem.

Monitoramento e operação dos leitos de secagem de lodo O monitoramento contínuo dos sólidos nos leitos de secagem é de fundamental importância para se definir a melhor rotina de descarte e de desidratação do lodo, contribuindo para:

- A redução dos ciclos de secagem e disponibilização do leito para uma nova batelada de descarte de lodo.
- A obtenção de um lodo mais seco e conseqüente redução do volume de lodo e dos custos de transporte até o local de disposição final.

- A redução da perda de sólidos juntamente com o efluente do reator e conseqüente melhoria da qualidade do efluente final.

O monitoramento das unidades do tratamento biológico, assim como no tratamento preliminar, permite avaliar não só o desempenho delas, mas também prever eventuais impactos que poderiam ser ocasionados por elas nas unidades de pós-tratamento, podendo indicar a necessidade ou não da realização de determinadas atividades operacionais, por exemplo, o descarte de lodo excedente.

### ***Monitoramento das unidades de tratamento biológico***

O monitoramento dos reatores biológicos pode ser dividido em três tipos.

- *Monitoramento da eficiência* - permite estabelecer o comportamento histórico da unidade e avaliar se o seu desempenho está de acordo com as especificações do projeto e com a legislação ambiental.
- *Monitoramento da estabilidade do reator anaeróbio* - permite avaliar se há sinais da possibilidade da ocorrência de desequilíbrios na biomassa que possam comprometer o desempenho do reator.
- *Monitoramento da quantidade e qualidade do lodo* - permite avaliar a necessidade de descarte de lodo e a capacidade de tratamento do reator.

### ***Remoção de Escuma***

A remoção periódica de espuma dos separadores trifásicos é fundamental para o bom desempenho do reator UASB. O acúmulo excessivo de espuma pode impedir o

desprendimento de gás, que pode vir a sair pelo decantador, comprometendo com isso a retenção de sólidos no reator e, conseqüentemente, o desempenho do sistema.



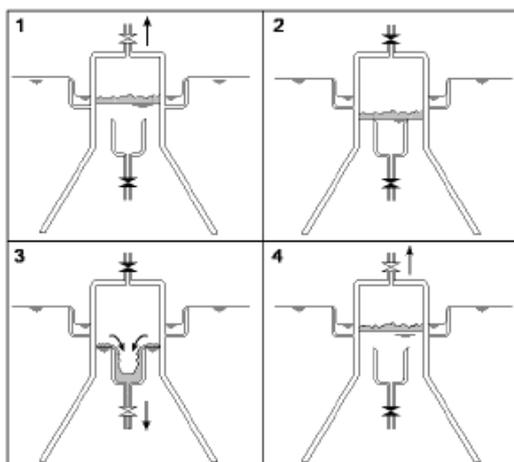
Como a taxa de acumulação de espuma depende das características do esgoto bruto e do reator, é recomendável que a espuma seja retirada inicialmente com frequência quinzenal e, dependendo das suas características, a frequência poderá ser reduzida ou ampliada, pois somente a prática operacional do reator possibilitará estabelecer a melhor rotina de descarte de espuma.

A identificação da necessidade de remoção de espuma é normalmente feita a partir da abertura de escotilhas inspecionáveis acima da laje dos reatores. A operação de abertura dessas escotilhas deve ser feita com cuidado, uma vez que envolve riscos ao se acessar um compartimento contendo o biogás, ou seja, durante a abertura da escotilha, devem ser tomados todos os cuidados necessários, a exemplo de:

- Fechamento da válvula de gás correspondente ao separador trifásico que se queira inspecionar, isolando-o dos demais separadores.
- Não fumar nem portar objetos que possam produzir fogo ou faísca durante a realização da atividade.

### ***Práticas operacionais: a remoção de espuma em reatores UASB***

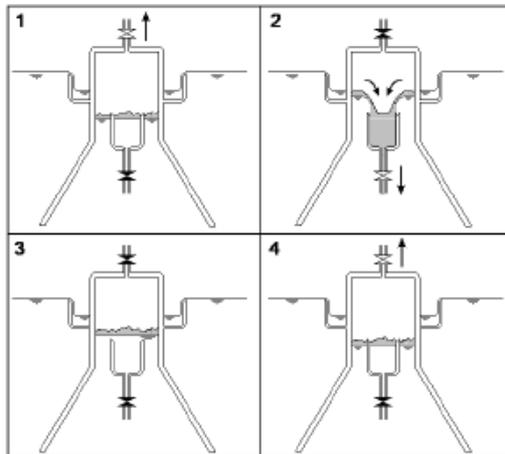
#### **Representação esquemática de dispositivo para remoção hidrostática de espuma, pelo aumento da pressão de biogás**



1. Níveis de água (NA) e de espuma durante a operação normal do reator (linha de gás pressurizada, de modo a manter o nível de espuma cerca de 10 a 15 cm abaixo do NA no decantador, mas acima da borda superior da canaleta interna).
2. Abaixamento do nível de espuma, conseguido com o aumento da pressão na linha de gás, de forma a possibilitar a entrada de espuma na canaleta interna.
3. Abertura do registro de esgotamento da canaleta interna, possibilitando a saída da espuma.
4. Alívio da pressão da linha de gás, retornando à condição operacional mostrada em "1".

Fonte: adaptado de Chernichero (2007)

**Representação esquemática de dispositivo para remoção hidrostática de espuma, pela redução da pressão de biogás**



1. Níveis de NA e de espuma durante a operação normal do reator (linha de gás pressurizada, de modo a manter o nível de espuma cerca de 5 cm abaixo da borda superior da canaleta interna).
2. Elevação do nível de espuma, conseguido com o alívio da pressão da linha de gás, de forma a possibilitar a entrada de espuma na canaleta interna.
3. Fechamento do registro de esgotamento da canaleta interna.
4. Aumento da pressão da linha de gás, retornando à condição operacional mostrada em "1".

Fonte: adaptado de Chernicharo (2007)

- Frequência: Semestral.
- Escuma mais solidificada pode ser removida através das escotilhas de
- fechamento hermético do separador trifásico.
- O procedimento de retirada da espuma poderá ser manual, com o auxílio de "escumadeira" ou por meio de um mangote de sucção, acoplado ao caminhão limpa-fossa.
- A opção de remoção manual só será possível caso as quantidades acumuladas sejam relativamente pequenas e passíveis de serem assimiladas dentro da rotina e do quadro operacional da ETE.
- Dependendo da consistência e do grau de estabilização da espuma, esta poderá ser transportada/bombeada para o leito de secagem.
- Escuma mais solidificada poderá ser disposta diretamente em aterro sanitário.

## Coleta e queima de gás

O gás gerado no tratamento anaeróbico do esgoto é usualmente encaminhado aos coletores de gases, localizados na parte superior do reator e daí até o queimador de biogás.

Por ser inflamável, o biogás requer cuidados de segurança no entorno da área do reator, não se permitindo fumar ou desenvolver qualquer atividade que empregue chama (solda, aquecimento de refeição etc.). No acesso ao reator deverá estar afixada uma placa alertando sobre o perigo do biogás.

A medição da quantidade de gás gerado no tratamento anaeróbio é importante, pois essa informação pode ser utilizada, junto aos demais dados do monitoramento da ETE, como um indicativo da atividade microbiológica do lodo, além de permitir avaliar o funcionamento do separador trifásico.

Apresentamos, a seguir, um exemplo de protocolo operacional de atividades relacionadas à coleta e queima do gás.

- Vistoriar a linha de coleta de biogás, corrigindo possíveis vazamentos.
- Vistoriar o funcionamento do medidor de biogás.
- Verificar NA no tanque de pressão, que define o NA dentro dos reatores UASB.
- Verificar o funcionamento dos manômetros e válvula cortachama.
- Abrir o registro de purga para retirada de água da linha de biogás.
- Efetuar medidas diárias de vazões do biogás.



*Figura 20 - Queimador de Gás*

## Decantador Secundário

A retirada do lodo no decantador secundário deverá ser feita através da abertura do registro de fundo, descartando estes materiais à elevatória de lodo. Esse descarte deverá ser feito uma vez por dia.

Um extravasor, situado na borda lateral, possibilita, em caso de entupimentos na saída, o fluxo de esgoto para fora do tanque sem a ocorrência de transbordamento. No fundo do tanque, a retirada será operada por registros de gaveta.

Este descarte de lodo sedimentado é direcionado à elevatória de esgoto (retorno de lodo) ou é eliminado em aterros sanitários.

## Pós-tratamento – Terras úmidas construídas (Wetlands)

Sistema para tratamento do efluente líquido do reator anaeróbico de maneira a melhor a sua oxigenação e lançamento na natureza. Esses sistemas se destacam pela excelente remoção de nutrientes (acima de 80% de matéria orgânica e de nutrientes para determinadas configurações do sistema).

## Rotina de operação:

- garantir a aplicação do afluente de esgoto o mais próximo possível do esperado, conforme o tipo de unidade wetlands;
- inspecionar o sistema de distribuição de vazão, desentupindo os tubos para garantir a distribuição uniforme do esgoto;
- garantir que a operação seja rigorosamente realizada para manter a eficiência do sistema e evitar o entupimento do meio suporte;
- proceder as podas periódicas da planta em utilização no sistema, na época correta;
- encaminhar o material resultante das podas para reutilização ou disposição final em valas na área da ETE, com recobrimento ou,

- preferencialmente, em usinas de compostagem licenciadas ou aterros sanitários licenciados; e
- observar e corrigir a ocorrência de infiltrações na estrutura das unidades.



*Figura 21 - Manutenção - Poda Wetland*

## Estação Elevatório de Esgoto – E.E.E

A Estação Elevatória de Esgotos (EEE) consiste em um reservatório no qual que recebe o efluente do Tratamento Preliminar e o acumula para seu posterior bombeamento até a primeira unidade de tratamento biológico – reator UASB, por exemplo.

As EEE são construídas em anel de concreto, possuindo duas bombas submersíveis (1 em uso e 1 reserva), acionadas a partir de um relê de nível instalados em seu interior.

As rotinas de operação e manutenção do tratamento preliminar devem ser seguidas como já demonstrado anteriormente com a limpeza das grades e desarenadores e medição da vazão.

Deve se adotar também rotinas para a manutenção preventiva dos equipamentos.

- Manutenção preventiva para EEE: Limpeza da bomba submersa trimestralmente, teste dos relês de nível semanalmente, troca de cabo de aço anualmente.
- Manutenção corretiva: Gera risco maior para queima da bomba.
- Operação ambiental: Somente verificar se não existe extravasamento da EEE.

### Controlar o pH do efluente bruto dentro da EEE

- Frequência: Diária.
- Colocar EPI's adequados ao serviço - luvas, avental, botas e máscara;
- Retirar tampa da EEE;
- Medir o valor do pH;
  - 1) Se pH estiver entre 6,5 e 8,0 não fazer procedimento algum.
  - 2) Se pH estiver menor que 6,5 elevar até 8,0 colocando-se cal hidratada.
- Colocar a tampa da EEE de volta.

### Controle operacional das bombas submersas

- Frequência: Diária.
- Colocar EPI adequados ao serviço - luvas, avental, botas e máscara.
- Verificar no quadro elétrico o bom funcionamento da bomba da EEE.
  - 1) Se estiver vermelho significa que a bomba está funcionando corretamente.
  - 2) Se estiver amarelo significa que a bomba está com problema. Nesse caso, contatar a empresa fornecedora da bomba.
- Fazer manutenção preventiva (retirada e limpeza das bombas) para que as bombas não queimem.
- Medir a amperagem da bomba uma vez por mês.
- Verificar se válvula de retenção não está com sujeira acumulada.

## Controle operacional dos relês de nível

- Frequência: semanal.
- Colocar EPI's adequados ao serviço - luvas, avental, botas e máscara;
- Verificar se os relês ligam e desligam nas alturas determinadas;
- O relê deve acionar a bomba sempre antes de afogar a tubulação do cesto e deve desligar sempre antes da parte superior da bomba ser exposta.

## Controle operacional e monitoramento

O gerenciamento da operação depende de um fluxo adequado de informações sobre todos os aspectos do controle operacional da ETE, o qual permite o estabelecimento de estratégias, procedimentos operacionais, ações de manutenção e, eventualmente, alterações no sistema de tratamento? Ilustramos, no esquema a seguir, uma relação entre a administração, gerência e pessoal de operação e manutenção da estação de tratamento.



Para garantir a funcionalidade e a segurança de todo o sistema de tratamento e dos funcionários que trabalham na unidade deve ser observado rotinas e procedimentos na operação.

- manter, na entrada, placa de identificação do empreendimento;

- manter, na ETE, manual de operação e livro de registro atualizado de ocorrências e paralisações das unidades;
- manter, na ETE, meio de comunicação, sistema de energia e sistema de abastecimento de água potável;
- manter, na ETE, estojo de primeiros socorros, repondo periodicamente os materiais utilizados e vencidos;
- atualizar a vacinação dos funcionários contra tétano, hepatite A e B, e manter cópia dos cartões de vacinação na ETE;
- fazer uso rigoroso de EPIs – máscaras, luvas, botas, aventais e uniformes –, de modo a minimizar a possibilidade de contaminação e garantir boa qualidade de trabalho;
- higienizar diariamente a unidade: limpeza do chão e das paredes da casa do operador, dos equipamentos de laboratório e, principalmente, das instalações sanitárias;
- capinar a área para manutenção da limpeza e do paisagismo;
- limpar e desobstruir as canaletas de drenagem de água de chuva;
- realizar a manutenção da cerca do entorno da estação, evitando o acesso de pessoas não-autorizadas e animais;
- limpar as vias de acesso ao corpo receptor (rio, etc) e do local de lançamento;
- proteger as tubulações e o ponto de lançamento do efluente tratado;
- lavar as ferramentas – pás, enxadas, picaretas, rastelos, etc. – em água limpa, não podendo ser guardadas ou utilizadas, mesmo em caráter de urgência, antes desse procedimento;
- realizar as análises físico-químicas e bacteriológicas do afluente, efluente, corpo receptor e do lençol freático, conforme definido no programa de monitoramento; e
- medir a vazão de entrada e saída durante o tratamento. O operador deverá fazer leituras horárias/diárias e anotar os valores na Ficha Diária de Controle Operacional.

## Verificação de parâmetros operacionais

Apresentamos, a seguir, os principais parâmetros de importância que devem ser verificados na operação do sistema:



- Vazões afluentes ao sistema.
- Características físico-químicas e microbiológicas do esgoto afluente.
- Eficiência e problemas operacionais das unidades de tratamento preliminar.
- Produção e características do material retido nas grades e nos desarenadores.
- Eficiência e problemas operacionais dos reatores biológicos.
- Quantidade e características do biogás produzido nos reatores anaeróbios.
- Quantidade e características do lodo produzido no reator.

### Melhoria das condições operacionais

O controle operacional pode permitir ainda uma otimização das condições operacionais da estação de tratamento, visando à redução dos custos e o atendimento aos padrões ambientais de lançamento.

Destacamos, a seguir, alguns aspectos relacionados à melhoria das condições operacionais que podem ser proporcionadas pelo controle operacional.

- Determinação da melhor rotina de descarte e de desaguamento do lodo excedente.
- Definição das melhores práticas e rotinas de operação e limpeza das unidades de gradeamento e desarenação, buscando otimizar a eficiência dessas unidades de tratamento preliminar.
- Identificação de pontos com ocorrência de maus odores, visando possibilitar maior segurança e conforto ambiental aos operadores e às pessoas que vivem nas imediações da estação de tratamento. Nesse sentido, o acompanhamento efetivo das unidades potencialmente mais sujeitas à emissão de gases fétidos (tratamento preliminar, reatores UASB e leitos de secagem, lagoa anaeróbia) possibilitará maior conhecimento dos pontos problemáticos, facilitando o controle dos odores.



## Interpretação e arquivamento dos dados operacionais

Os sistemas de tratamento abordados na nossa oficina destacam-se por sua simplicidade e estabilidade operacional. Nesse sentido, o banco de dados operacionais destina-se mais à comparação de determinados parâmetros com valores históricos. Em se notando uma deterioração considerável e prolongada dos parâmetros de monitoramento, podem-se tomar medidas corretivas.

Problemas operacionais só podem ser identificados quando se podem comparar os resultados dos diferentes testes e análises previstos no monitoramento com os valores de períodos anteriores. Em muitos casos, o indicativo de um problema operacional não é decorrente do valor absoluto de um parâmetro, mas sim de sua variação. Evidencia-se, assim, a necessidade de se manterem os relatórios frequentes, que caracterizam o desempenho e a situação geral do sistema de tratamento.

## Problemas operacionais e possíveis soluções

Tratamos do monitoramento e da operação e manutenção das unidades integrantes do tratamento de esgoto. Quanto à manutenção, você notou que as atividades abordadas constituem ações de manutenção preventiva? E quanto à detecção e correção de problemas operacionais? Vamos, agora, discutir a manutenção corretiva!

A ocorrência de problemas operacionais é comum nas estações de tratamento, portanto, é necessário o conhecimento das suas possíveis causas, bem como das formas de detecção e correção dos problemas mais usuais.

Em relação ao medidor Parshall, é importante destacar que as variações repentinas de vazão podem indicar a ocorrência de entupimentos na rede coletora (caso coincida com episódios de extravasamento de esgotos), a ocorrência de infiltrações excessivas ou de ligações clandestinas da rede de águas pluviais (caso coincida com a ocorrência de chuvas) ou mesmo a necessidade de se utilizar um tanque de



equalização de vazão (caso os picos diários sejam frequentemente maiores que os esperados).

Apresentamos a seguir um conjunto de informações que podem auxiliar a detecção e correção de problemas na operação do tratamento preliminar.

### Problemas operacionais com o esgoto bruto e com o tratamento preliminar e possíveis soluções

Observação	Causa provável	Verificar	Solução
Vazão sempre menor que a esperada	População ou contribuição per capita menor que a projetada	Dispositivo de medição de vazão	Aumentar população beneficiada
Vazão repentinamente menor que a esperada	Entupimento na rede de esgoto	Extravasamento na área de contribuição	Desentupir a rede de esgotos
Vazão sempre maior que a esperada	População ou contribuição per capita maior que a projetada	Dispositivo de medição de vazão	Aumentar capacidade de tratamento
Picos diários maiores que os esperados	Equalização menor que esperada	Dispositivo de medição de vazão	Utilizar tanque de equalização

**Problemas operacionais com o esgoto bruto e com o tratamento  
preliminar e possíveis soluções**

Observação	Causa provável	Verificar	Solução
Picos diários maiores que os esperados	Equalização menor que esperada	Dispositivo de medição de vazão	Utilizar tanque de equalização.
Picos repentinos irregulares	Ligação da rede de águas pluviais	Coincidência com chuvas	Desfazer ligação clandestina.
Vazão ocasionalmente maior que a esperada	Infiltração grande de água subterrânea	Coincidência com chuvas	Descobrir pontos de infiltração.
pH anormal	Despejo industrial	Existência de fontes clandestinas	Localizar e atuar sobre as fontes, no sentido de corrigir o problema.
Temperatura anormal	Despejo industrial	Existência de fontes clandestinas	Localizar e atuar sobre as fontes, no sentido de corrigir o problema.
Sólidos sedimentáveis maiores que o normal	Despejo clandestino de lixo doméstico ou industrial na rede	Natureza dos sólidos sedimentáveis	Localizar e atuar sobre as fontes, no sentido de corrigir o problema.
Odor ou insetos na barra	Intervalo longo entre limpezas	Intervalo de limpeza	Aumentar a frequência de limpeza.
Aumento repentino da massa de sólidos grosseiros retidos	Descarga clandestina de resíduos sólidos	Existência de fontes clandestinas	Localizar e atuar sobre as fontes, no sentido de corrigir o problema.
Diminuição repentina da massa de sólidos grosseiros retidos	Falha de retenção na grade	Condição da grade	Consertar a grade.
Aumento repentino da massa de areia retida	Descarga de águas pluviais na rede	Vazão de esgoto	Desfazer ligação de águas pluviais.
Diminuição repentina da massa de areia retida	Arraste de areia na caixa	Velocidade da água (corante)	Reduzir a velocidade.
Odor de ovo podre na caixa de areia	Sedimentação de material orgânico	Velocidade da água (corante)	Aumentar a velocidade da água.
Areia retida é cinza, tem odor e contém graxa.	Sedimentação de material orgânico	Velocidade da água (corante)	Aumentar a velocidade da água.
Corrosão de metal e concreto nas unidades de pré-tratamento	Ventilação insuficiente	Ventilação	Melhorar a ventilação.

Nos reatores UASB, a ocorrência de entupimentos nos tubos distribuidores de esgoto junto ao fundo da unidade pode ser detectada visualmente, na operação do sistema, pela diferença de nível da lâmina d'água nas caixas de distribuição de esgoto na entrada do reator.



Apresentamos, a seguir, um conjunto de informações que podem auxiliar na detecção e correção de problemas operacionais mais frequentes em algumas das unidades de tratamento biológico dos sistemas simplificados de tratamento de esgotos abordados na nossa oficina de capacitação.

### Problemas operacionais e possíveis soluções: reator UASB

Observação	Causa provável	Solução
Distribuição desigual do afluente	Estrutura de distribuição desnivelada	Nivelar a estrutura de distribuição
Ponto de distribuição não recebe esgoto	Entupimento	Desbloquear
Coleta do efluente não uniforme	Estrutura de coleta desnivelada	Nivelar a estrutura de distribuição
	Camada superficial obstrui ponto de coleta	Remover obstrução
Teor elevado de sólidos sedimentáveis no efluente	Carga hidráulica excessiva	Diminuir vazão
	Excesso de sólidos no reator	Promover a descarga de lodo de excesso
Produção de gás menor que normal	Vazamento do biogás	Eliminar vazamento
	Defeito do gasômetro	Consertar ou substituir
	Diminuição da vazão	Desentupir rede de esgoto
	Material tóxico no afluente	Identificar e atuar sobre eventuais fontes de materiais tóxicos
Produção de lodo maior que o normal	Carga orgânica excessiva	Diminuir carga orgânica
	Sobrecarga do lodo	Diminuir carga aplicada
Produção de lodo menor que normal	Sólidos grosseiros e/ou inorgânicos entrando no reator	Restabelecer funcionamento das unidades de pré-tratamento
	Vazão pequena	Desentupir rede de esgoto
Alta fração de sólidos inorgânicos	Retenção de lodo deficiente	Consertar separador
	Falha da caixa de areia	Diminuir velocidade
Lodo flutuante cresce rapidamente	Baixa velocidade ascensional no reator	Aumentar velocidade
	Carga hidráulica excessiva	Diminuir carga
Eficiência da remoção do material orgânico reduzida	Carga hidráulica excessiva	Diminuir carga
	Descarga do afluente deficiente	Consertar falhas

**Para saber mais...**

O biogás é composto, em sua maior parte, por metano (CH<sub>4</sub>). O gás metano é inflamável e altamente energético; por esse motivo, o biogás gerado na estação pode ser aproveitado como fonte de energia. Além disso, o metano é um gás estufa. Gases estufa são gases que proporcionam o efeito estufa, responsável em parte pela manutenção da temperatura no planeta e também pelo aumento atualmente observado na sua temperatura média, no fenômeno conhecido como aquecimento global. O metano causa impactos bem maiores que o gás carbônico (CO<sub>2</sub>), subproduto da sua combustão, portanto, o biogás deve ser, no mínimo, queimado antes de ser lançado na atmosfera.

**Problemas operacionais e possíveis soluções: lodo do reator UASB**

Observação	Causa provável	Solução
AME menor que a esperada	Entrada de sólidos inertes	Reduzir fonte ou rever o pré-tratamento
	Sobrecarga	Reduzir carga
	Toxicidade	Procurar fonte de material tóxico
Estabilidade ruim	Sobrecarga do lodo	Reduzir carga específica
Índice volumétrico elevado	Material orgânico biodegradável	Reduzir carga orgânica
	Baixa carga hidráulica	Aumentar arraste temporariamente
Sedimentabilidade ruim	Flocos dispersos devido à carga orgânica excessiva	Reduzir carga
	Presença de material tóxico	Identificar e atuar sobre eventuais fontes de materiais tóxicos
Aumento da produção específica de lodo	Floculação sem metabolismo	Reduzir carga orgânica específica
Aumento da fração inorgânica	Entrada de silte e areia	Reduzir arraste na caixa
	Velocidade ascensional baixa	Aumentar carga hidráulica

**Problemas operacionais e possíveis soluções: tanque séptico/filtro anaeróbio**

Observação	Causa provável	Solução
	Sobrecarga de esgotos e redução do tempo de detenção hidráulica	Adicionar nitrato de sódio no tanque séptico e no filtro anaeróbio
Maus odores	Queda brusca da temperatura do esgoto	Adicionar cal (~12 g/m <sup>3</sup> de tanque) para elevar o pH
	Presença de substâncias tóxicas	Adicionar produtos que seqüestrem os sulfetos Localizar e eliminar fontes de substâncias tóxicas
Elevado teor de sólidos no efluente	Sobrecarga de esgotos e redução do tempo de detenção hidráulica	Colocar outra unidade em operação
	Freqüência inadequada de remoção de lodo do tanque séptico	Promover a limpeza do tanque séptico, inclusive da camada de espuma
	Excesso de sólidos no afluente do filtro anaeróbio	Verificar a possibilidade de descarte parcial dos sólidos retidos no filtro anaeróbio
Entupimento do filtro anaeróbio	Freqüência inadequada de remoção de lodo do tanque séptico	Promover a limpeza do tanque séptico, inclusive da camada de espuma
		Verificar a possibilidade de descarte parcial dos sólidos retidos no filtro anaeróbio

## Segurança no trabalho

Um bom programa de saúde e segurança dos trabalhadores deve incorporar três elementos principais:

*Política de saúde e de segurança:* incorpora os fundamentos de todo o programa de saúde e segurança, fornecendo aos trabalhadores, com clareza, o apoio que têm das instâncias superiores.

*Comissão de saúde e de segurança do trabalho:* deve ser composta por representantes da gerência, dos supervisores e dos trabalhadores e assumir as tarefas de: conduzir o programa de saúde e de segurança; realizar inspeções sistemáticas; sugerir e fornecer treinamento;



conduzir investigações de acidentes; manter os registros das ocorrências; e elaborar um manual de saúde e de segurança.

*Treinamento de saúde e de segurança:* os supervisores da estação de tratamento devem adquirir o completo conhecimento e entendimento das diversas formas de prevenção de acidentes e doenças ocupacionais. Todos os novos empregados devem cumprir um programa de saúde e de segurança, assim como todos os empregados devem receber treinamento, sempre que um novo equipamento ou processo for adicionado à estação de tratamento.

## Riscos Biológicos

Riscos biológicos estão presentes em muitos ambientes de trabalho. Todavia, é preocupante constatar que além de desconhecidos, muitos desses riscos são na realidade negligenciados por empregadores e também por seus funcionários.

No caso dos profissionais que executam trabalhos em sistemas de esgoto, os riscos estão associados a cada processo realizado, e podem variar conforme a planta de tratamento do sistema de esgoto ou conforme os produtos químicos utilizados.

Devido aos riscos advindos do contato direto com o esgoto, os trabalhadores da ETE devem estar conscientes da necessidade do uso permanente dos Equipamentos de Proteção Individual – EPIs, como máscaras, luvas, botas, aventais e uniformes.

Todos os trabalhadores devem estar vacinados para prevenção contra doenças como tétano, hepatites A e B e difteria.



*Vale ressaltar que pela própria natureza dessa atividade, há muita periculosidade para a saúde dos profissionais, que, além do conhecimento técnico, devem contar também com a experiência e a cautela na execução do trabalho.*

Os equipamentos de proteção individual utilizados na manipulação em instalações de tratamento de esgotos domésticos objetivam proteger a saúde do trabalhador e minimizar os riscos de acidentes ocupacionais. O uso de EPI é uma exigência da legislação trabalhista brasileira através da Norma Regulamentadora (NR) 6

O Ministério do Trabalho atesta a qualidade dos EPIs disponíveis no mercado emitindo o Certificado de Aprovação (C.A.). O fornecimento ou a comercialização de EPI sem o C.A. é considerado crime, de modo que comerciante e empregador ficam sujeitos às penalidades previstas em lei.

### Avental



Deve ser confeccionado em tecido de algodão tratado (queima mais devagar), para proteger o trabalhador dos respingos da substância manipulada, mas é ineficaz em exposições extremamente acentuadas, ou grandes derramamentos. Outras especificações deste EPI consistem em:

- Comprimento até os joelhos e mangas compridas com fechamento em velcro.
- Fechamento com botões.
- Não possuir abertura lateral nem bolso, para não haver acúmulo de poeira ou outros resíduos.

## Macacões



Serviços que necessitam a entrada do trabalhador em áreas com esgotos ou efluentes devem ser utilizados macacões inteiros de PVC (tipo de pescaria) para garantir a sua proteção.

## Capacete



O uso de capacetes com proteção de jugular visa dar segurança ao crânio no caso de eventuais impactos ou quedas.

## Botas



Botas de borracha do tipo antiderrapante.



## Óculos de Segurança

Usar óculos de proteção deve ser uma medida adotada por todo profissional que trabalha depósitos de reagentes ou resíduos químicos. Este EPI deve possuir C.A, leveza, confortabilidade, tratamentos anti risco e anti embaçante proteção lateral e cordão de segurança fixo.

## Luvas



Um dos equipamentos mais importantes, pois protege as partes do corpo com maior risco de exposição: as mãos. Há vários tipos de luvas e sua utilização deve ser de acordo com o produto a ser manuseado.

## Proteção Respiratória

As máscaras de proteção descartáveis ou respiradores auto-filtrantes (semifacial do tipo PFF-2) podem ser destinados à proteção contra inalação de partículas e de baixas concentrações de gases e/ou vapores orgânicos.

Estes respiradores cobrem o nariz e a boca, e como qualquer outro respirador devem ser ajustados e usados corretamente, sendo necessário trocá-los sempre que estiverem saturados ou deformados, não precisando de reparos ou troca de peças.

Este EPI deve ser inserido em saco plástico e armazenado em local seco e limpo.



## Lavagem



O EPI deve ser lavado e guardado corretamente, para assegurar maior vida útil. Deve também ser mantido separado das roupas da família.

O avental deve ser higienizado com água corrente e sabão neutro (de coco). Não deve ficar de molho. Em seguida, deve ser novamente enxaguado

para se remover todo o sabão. O uso de alvejantes não é recomendado, pois danificará o tecido.

A vestimenta deve ser seca à sombra. Atenção: somente use máquinas de lavar ou secar quando houver recomendações do fabricante.

Botas, óculos de proteção e luvas devem ser enxaguados com água abundante após cada uso. É importante que a VISEIRA NÃO SEJA ESFREGADA, pois isto poderá arranhá-la, diminuindo a transparência.

Os respiradores devem ser mantidos conforme instruções específicas que acompanham cada modelo devem ser higienizados e armazenados em local limpo.

### **Descarte**

A durabilidade das vestimentas deve ser informada pelos fabricantes e checada rotineiramente pelo usuário. O EPI deve ser descartado quando não oferecer os níveis de proteção exigidos. Antes de ser descartada, a vestimenta deve ser lavada para que os resíduos sejam removidos, permitindo-se o descarte comum.

**ATENÇÃO: antes do descarte, as vestimentas de proteção devem ser rasgadas para evitar a reutilização.**

## **Sustentabilidade e Aspectos legais**

O serviço de tratamento de esgoto é de responsabilidade do Município, podendo executá-lo de forma direta; ou por serviço autônomo municipal, ou mesmo consorciado com outros municípios e ainda por concessão à empresa pública ou privada.

Basicamente ele compreende as atividades de coleta, tratamento e destinação final do efluente tratado.

A sustentabilidade econômica do serviço se dá pela cobrança de taxas mensais, com valores baseados nos custos dos serviços e rateados entre os usuários de maneira a observar a condição social de cada um e o consumo de água potável, uma vez que a cobrança da taxa de esgoto é diretamente proporcional desse insumo, geralmente aplicando-se uma porcentagem que pode chegar a 100% do valor da tarifa cobrada pela água consumida.

O serviço prescinde de um bom planejamento, tendo em vista a durabilidade dos equipamentos e instalações.



Ações como o uso racional da água e educação ambiental são elementos importantes na execução dos serviços, garantindo a sua sustentabilidade ambiental.

## Legislação

Todos os materiais, equipamentos, obras e serviços ligados ao esgotamento sanitário são disciplinados por leis, sejam federais, estaduais ou municipais.

A principal é a LEI Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007 e estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico.

Essa Lei dispõe que os serviços de saneamento básico devem ser organizados e prestados pelo município, ou transferidos por outorga, com autorização do Poder Legislativo do Município, a Companhias Estaduais ou mesmo empresas privadas.

Leis Estaduais e Municipais devem detalhar a gestão e o funcionamento dos serviços de saneamento básico.

## Referências bibliográficas

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE DE MINAS GERAIS.  
Orientações básicas para operação de estações de tratamento de esgoto.  
Belo Horizonte:  
FEAM, 2006. Disponível em:  
<<http://www.feam.br/images/stories/arquivos/ETE%202.pdf>>.  
Acesso em: 03 abr.2014.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma regulamentadora 12:  
Máquinas e equipamentos. Brasil, 2010. Disponível em:  
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DDC2FF4012DE27B8E752912/NR12%20\(atualizada%202010\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812DDC2FF4012DE27B8E752912/NR12%20(atualizada%202010).pdf)>. Acesso em: 03 abr. 2014.

BARROS, R. T. V.; CASSEB, M. M. S.; CASTRO, A. A.; CHERNICHARO, C. A. L.; COSTA, A. M.  
L. HELLER, L.; MÖLLER, L. M.; von SPERLING E.; von SPERLING, M.  
Manual de saneamento e  
proteção ambiental para os municípios. 3. ed. Belo Horizonte:  
Departamento de Engenharia  
Sanitária e Ambiental – UFMG, v.2, 1995, 221p.



BRASIL: Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 357, de 17/03/2005.

BRASIL: Casa Civil. Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007.

CHERNICHARO, C. A. L. Reatores anaeróbios. 2.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2007, 380p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 5).

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 3.ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG, 2005, 243p. (Princípios do tratamento biológico de águas residuárias, 1).



norteENERGIA  
USINA HIDRELÉTRICA BELLO MONTE

Realização



**norteENERGIA**  
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

Execução



**REDES**  
INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE ECONÔMICA

**Sistema FIEPA**  
Uma iniciativa da Indústria Paraense



# Programa de Capacitação e Extensão Tecnológica e Saneamento Básico

**CARTILHA 02**

**OPERAÇÃO DE ATERRO SANITÁRIO**

**Programação de Capacitação e Extensão Tecnológica em  
Saneamento Básico**

Altamira - Anapu - Brasil Novo - Senador José Porfírio - Vitória do  
Xingu



**Abril 2018**



**norteENERGIA**  
USINA HIDRELÉTRICA BELLO MONTE

## Apresentação

O Programa de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Básico - PCETS terá suas ações desenvolvidas nos municípios de Altamira, Vitória do Xingu e Anapu, em atendimento ao item “e” da condicionante - 2.10 da Licença de Operação nº 1.317/2015, emitida pelo IBAMA em 24 de novembro de 2015, para a operação da Usina Hidrelétrica Belo Monte.

As ações deste programa serão executadas por meio de um Termo de Cooperação Técnica firmado entre a Norte Energia S/A e a Federação das Indústrias do Estado do Pará – FIEPA, por intermédio da REDES – Inovação e Sustentabilidade Econômica – REDES/FIEPA.

A presente Cartilha tem como função apoiar as oficinas de capacitação e de treinamento in loco dos gestores, técnicos e funcionários que tenham vinculação com o serviço de disposição final de resíduos sólidos domésticos em aterros sanitários.

Foi elaborada usando como referência publicações existentes, de organismos governamentais, universidades ou de companhias de saneamento básico. Os temas foram adequados à realidade dos municípios e suas respectivas instalações e equipamentos existentes e em operação.



norteENERGIA  
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

## A IMPORTÂNCIA DA DISPOSIÇÃO ADEQUADA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS



A geração de resíduos sólidos é inerente ao ser humano, ou seja, desde muito tempo atrás a geração de resíduos sólidos nos acompanha.

Porém, nos últimos anos, essa geração

creceu muito (um ser humano gera por volta de 0,5 kg de resíduo por dia) devido ao crescimento populacional, o consumismo desenfreado, as facilidades e novas tecnologias da vida moderna como: alimentos industrializados, as embalagens variadas de produtos domésticos (sabão em pó, produtos de limpeza, etc.), lâmpadas, pneus, telefones celulares, máquinas de lavar, computadores, etc.

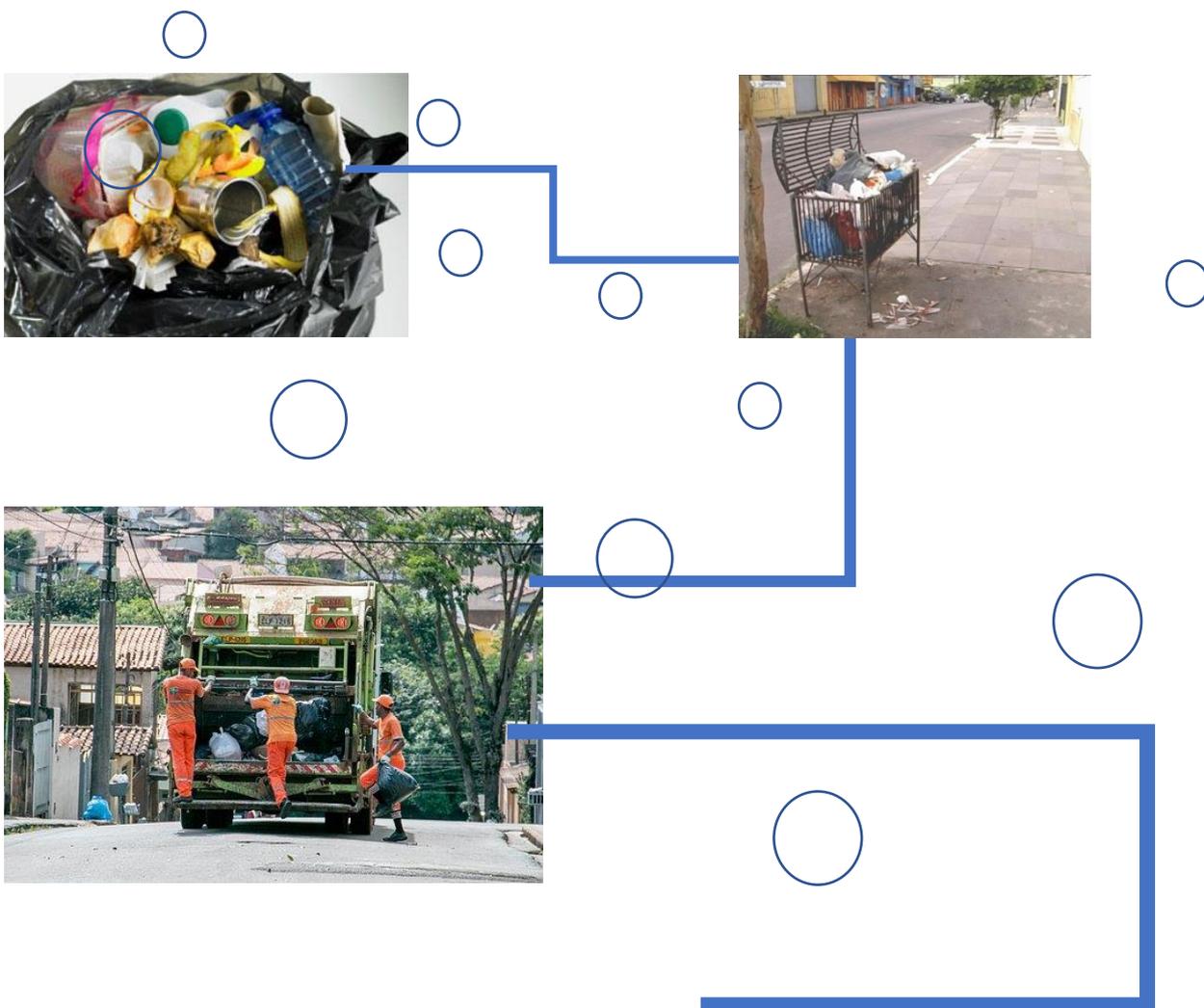
Os resíduos orgânicos são a parcela de resíduos constituída por matéria orgânica putrescível<sup>1</sup>, isto é, são resíduos facilmente degradáveis pela ação de microrganismos. Eles são: pó de café e chá, cabelos, restos de alimentos, cascas e bagaços de frutas e verduras, ovos, legumes, alimentos estragados, ossos, aparas e podas de jardim, esterco animal, serragem, entre outros.



<sup>1</sup> Putrescível: passível de apodrecer; aquilo que apodrece.



## DIAGRAMA DA REDE DE COLETA E DESTINAÇÃO FINAL DOS RESÍDUOS SÓLIDOS





## COMO DEVEMOS NOS COMPORTAR!



~~Não jogar resíduos nas ruas e terrenos vazios!~~



~~Não descartar objetos perfurantes ou cortantes sem a devida proteção!~~



**Não queimar os resíduos!**

**Sempre que possível separar o lixo orgânico daquele que é possível reciclar!**

**OS PERIGOS DO CONTATO COM RESÍDUOS**



O lixo depositado em lixões a céu aberto ou em terrenos baldios atrai ratos, baratas, moscas, mosquitos, formigas e escorpiões, entre outros, podendo transmitir doenças como diarreias infecciosas, parasitoses, amebíase etc. Pode ainda permitir o desenvolvimento de larvas de mosquitos vetores de doenças como a dengue e a leishmaniose. Além disso, quando os lixões estão localizados próximos a aeroportos, podem atrair pássaros diversos, principalmente urubus, capazes de provocar acidentes aéreos.

## CLASSIFICAÇÃO DO ATERRO

O Aterro Sanitário é um equipamento projetado para receber e tratar o lixo produzido pelos habitantes de uma cidade, com base em estudos de engenharia, para reduzir ao máximo os impactos causados ao meio ambiente.

Atualmente é uma das técnicas mais seguras e de mais baixo custo. No processo de decomposição dos resíduos sólidos, ocorre a liberação de gases e líquidos (chorume ou percolato) muito poluentes, o que leva um projeto de aterro sanitário a exigir cuidados como impermeabilização do solo, implantação de sistemas de drenagem eficazes, entre outros, evitando uma possível contaminação da água, do solo e do ar.

O Aterro Sanitário tem várias vantagens, dentre elas:

✓ **Auto-suficiência como destinação final**

Ao contrário de outros métodos, como a incineração e a reciclagem, o aterro sanitário não apresenta resíduos no final do seu processo;

✓ **Baixos custos**

Apesar de o custo inicial ser alto, o aterro sanitário permite um controle operacional, evitando gastos posteriores com meio ambiente;

✓ **Controle**

Todas as etapas são acompanhadas por técnicos capacitados.

**pública.**



**Mas o grande vilão concorrente do aterro sanitário é o lixão que apresenta práticas inaceitáveis, como o depósito do lixo diretamente no solo, a possibilidade de catadores, podendo acarretar enormes prejuízos para o meio ambiente e para a saúde**

## ATERRO CONTROLADO

Segundo a NBR 8849/1985 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), o aterro controlado é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública e à segurança, minimizando os impactos ambientais. Esse método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos, cobrindo-os com uma camada de material inerte na conclusão de cada jornada de trabalho.

Com essa técnica de disposição produz-se, em geral, poluição localizada, não havendo impermeabilização de base (comprometendo a qualidade do solo e das águas subterrâneas), nem sistema de tratamento de percolado (chorume mais água de infiltração) ou de extração e queima controlada dos gases gerados.

O aterro controlado é preferível ao lixão, mas apresenta qualidade bastante inferior ao aterro sanitário.



## ATERRO SANITÁRIO

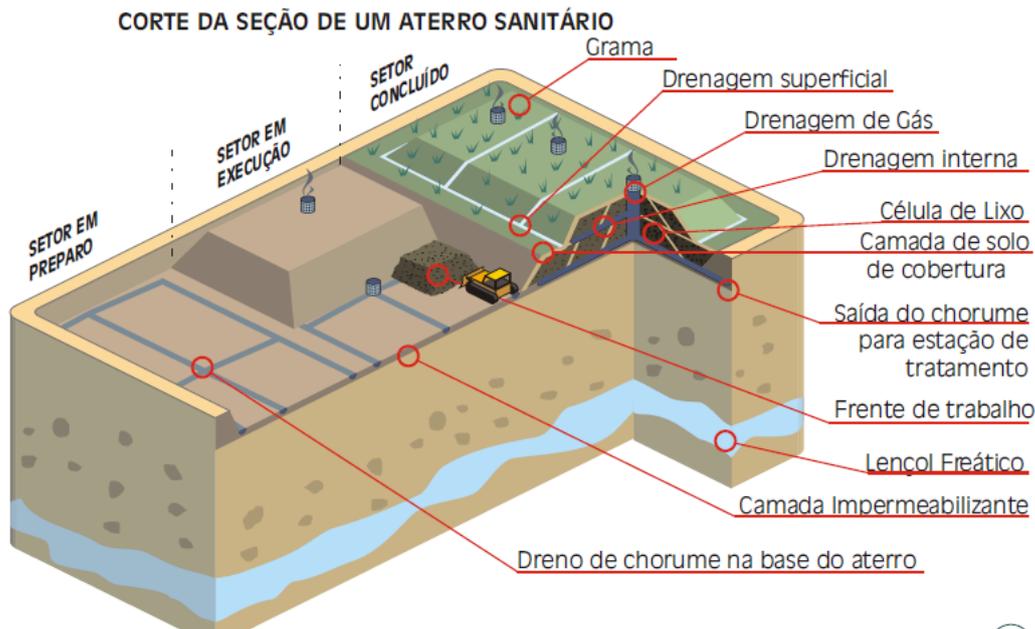
Conforme a NBR 8419/1992 da ABNT o aterro sanitário também é uma técnica de disposição de resíduos sólidos urbanos no solo, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente, minimizando os impactos ambientais. Tal método utiliza princípios de engenharia para confinar os resíduos sólidos à menor área possível e reduzi-los ao menor volume permissível, cobrindo-os com uma camada de terra na conclusão de cada trabalho, ou intervalos menores, se necessário.

Este método de disposição final dos resíduos deve contar com todos os elementos de proteção ambiental:

- sistema de impermeabilização de base e laterais;
- sistema de recobrimento diário e cobertura final;
- sistema de coleta e drenagem de líquidos percolados;
- sistema de coleta e tratamentos dos gases;
- sistema de drenagem superficial;
- sistema de tratamento de líquidos percolados;
- sistema de monitoramento.

Além dessas exigências técnicas estruturais e construtivas, há que se avaliarem também as probabilidades de impacto local e sobre a área de influência do empreendimento e se buscar medidas para mitigá-los.

Embora consistindo numa técnica simples, os aterros sanitários exigem cuidados especiais, e procedimentos específicos devem ser seguidos desde a escolha da área até a sua operação e monitoramento.



De acordo com a NBR 13896/1997 da ABNT, recomenda-se a construção de aterros com vida útil mínima de 10 anos. O seu monitoramento deve prolongar-se, no mínimo, por mais 10 anos após o seu encerramento.

## USINAS DE TRIAGEM E COMPOSTAGEM DE LIXO

As usinas de triagem e compostagem de lixo são utilizadas para a separação manual dos diversos componentes do lixo, que são divididos em grupos, de acordo com a sua natureza: matéria orgânica, materiais recicláveis, rejeitos e resíduos especiais.



Nessas unidades é feita a separação dos materiais potencialmente recicláveis, da matéria a ser compostada e dos rejeitos. Os materiais recicláveis, depois de separados, são prensados, enfardados e armazenados para

posterior comercialização.

A matéria orgânica é encaminhada ao pátio de compostagem, onde é submetida a um processo de decomposição aeróbica pela ação de organismos biológicos, em condições físicas e químicas adequadas. O produto final da compostagem é o composto orgânico, um material rico em húmus e nutrientes minerais que pode ser utilizado em paisagismos, na recuperação de áreas degradadas, entre outros.



Uma usina de triagem e compostagem de lixo são constituídas basicamente de unidades de apoio; unidade de recepção dos resíduos; unidade de triagem; pátio de compostagem; baias ou galpões para armazenamento de recicláveis e do composto curado, além da área de aterramento dos rejeitos. O que não pode ser aproveitado é aterrado em valas de rejeitos.

## O PAPEL DO OPERADOR DO ATERRO SANITÁRIO

Para operar um Aterro Sanitário, são necessários homens, máquinas e equipamentos. Os operadores deverão ser capacitados e avaliados continuamente no desenvolvimento das atividades técnico-operacionais e/ou administrativas.

Sempre que possível a equipe mínima de trabalhadores em um aterro sanitário deve ser composta dos seguintes elementos:

MÃO DE OBRA (MÍNIMA)	ATRIBUIÇÕES
Engenheiro Civil/Sanitarista	Coordena o funcionamento do Aterro
Encarregado Geral	Coordena a execução e manutenção das obras e serviços de campo
Operador de Máquinas	Responsável pela operação das máquinas pesadas
Fiscal	Fiscalização, vistoria e liberação dos caminhões de resíduos
Balanceiro	Pesagem de veículos coletores transportadores de lixo
Sinalizador	Auxílio a motoristas e operadores na frente de serviço
Vigia	Vigilância e segurança no Aterro
Servente	Serviços diversos

As máquinas, como ferramentas fundamentais, executam as atividades mecânicas.

## **Trator de Esteira**



É usado para disposição, compactação e cobertura do lixo, bem como para abertura e manutenção de acessos provisórios e outros serviços eventuais.

## **Retro-Escavadeira**



É um equipamento fundamental para a abertura de drenos, podendo ser utilizada também para escavação de solo para cobertura e para o carregamento do caminhão basculante.

## **Caminhão Basculante**



É utilizado para o transporte do solo de cobertura e demais materiais necessários durante a operação.



## INFRAESTRUTURA BÁSICA DO ATERRO SANITÁRIO

O aterro sanitário, para que tenha um bom funcionamento necessita dos seguintes elementos:

## GUARITA/PORTARIA



Local onde são realizados os trabalhos de recepção, inspeção e controle dos caminhões e veículos que chegam à área do aterro sanitário.

## BALANÇA



Local onde é realizada a pesagem dos veículos coletores para controle dos volumes diários e mensais dispostos no aterro sanitário.

## ISOLAMENTO



Fechamento com cerca e portão, que circunda completamente a área em operação, construída de forma a impedir o acesso de pessoas estranhas e animais.

## SINALIZAÇÃO



Placas indicativas das unidades e advertência nos locais de risco.

## CINTURÃO VERDE



Cerca viva com espécies arbóreas no perímetro da instalação.

## ACESSOS



Vias externas e internas, construídas e mantidas de maneira a permitir sua utilização sob quaisquer condições climáticas.

## ILUMINAÇÃO E FORÇA

Ligação à rede de energia para uso dos equipamentos e ações de emergência no período noturno, caso necessário.

## COMUNICAÇÃO

Ligação à rede de telefonia fixa, celular ou rádio para comunicação interna e externa, principalmente em ações de emergência.

## **ABASTECIMENTO DE ÁGUA**

Ligação à rede pública de abastecimento de água tratada ou outra forma de abastecimento, para uso nas instalações de apoio e para umedecimento das vias de acesso.

## **INSTALAÇÕES DE APOIO OPERACIONAL**

Prédio administrativo contendo, no mínimo, escritório, refeitório, copa, instalações sanitárias e vestiários.

## **ÁREA DE DISPOSIÇÃO DE RESÍDUOS**

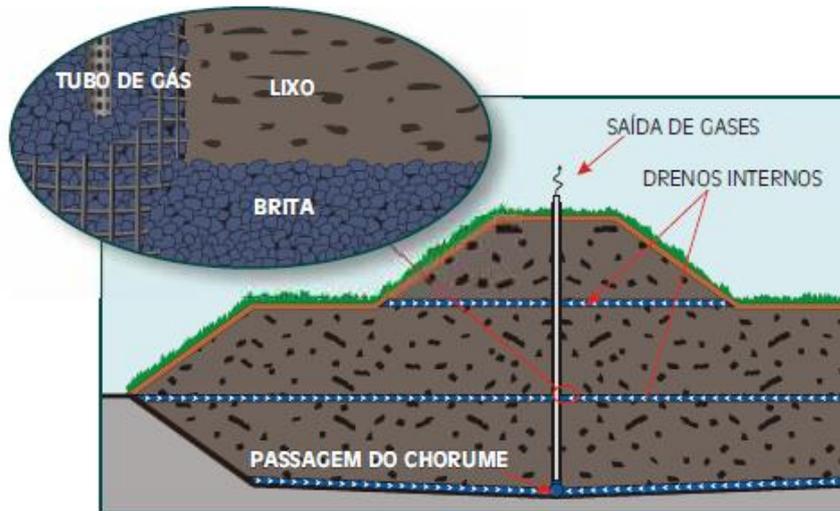


Local destinado ao aterramento dos resíduos, previamente preparado, em conformidade com as normas técnicas e ambientais vigentes, com adoção de sistemas de impermeabilização de base e das laterais e de drenagens de chorume, de águas pluviais e de gases.

A camada de impermeabilização da base deve garantir a segura separação da disposição de resíduos do subsolo, impedindo a contaminação do lençol freático e do meio natural através de infiltrações de percolados e/ou substância tóxica.

Para desempenhar essa função de maneira eficiente, a camada de impermeabilização de materiais deve compor-se de solo argiloso de baixa permeabilidade ou geo membrana sintética com espessuras adequadas.

## DRENAGEM INTERNA



À medida que as camadas de lixo forem formando as células, será necessária a construção de drenos internos horizontais e verticais, os quais devem

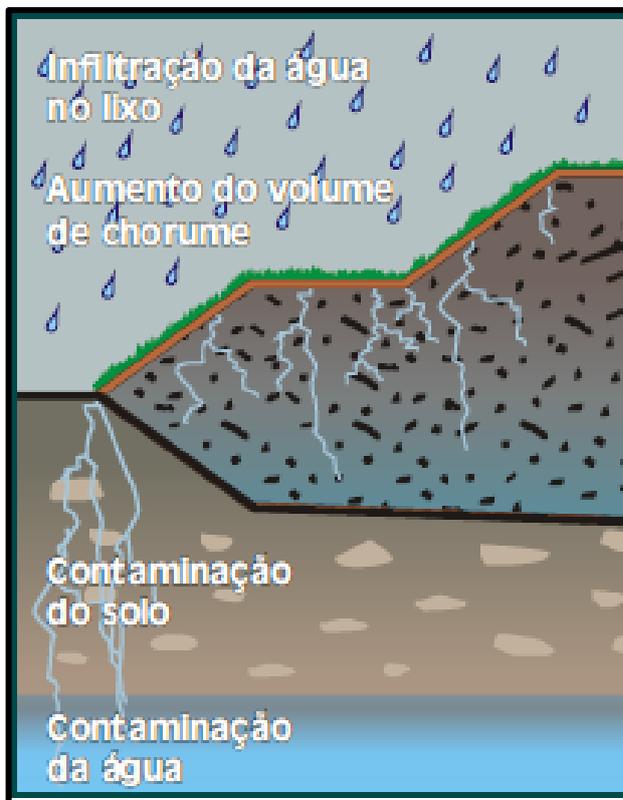
ser interligados para melhor eficiência na drenagem dos gases e chorume, gerados na decomposição do lixo. O metano é o gás produzido em maior volume dentre os gases liberados na decomposição do lixo, sendo explosivo e bastante volátil. Por isso, é comum controlar seu escapamento através da queima, a qual se apresenta invisível.

**O bom funcionamento do sistema de drenagem interna de percolados e de gases é fundamental para a estabilidade do aterro sanitário. A drenagem de percolados deve estar inserida entre os resíduos, podendo ser interligada ao sistema de drenagem de gases.**

**As redes e as caixas de passagens que conduzem os percolados ao sistema de tratamento devem estar sempre desobstruídas e rigorosamente monitoradas.**

**Os gases devem ser queimados imediatamente após o início de sua produção, de forma a evitar que a sua dispersão pelo aterro contamine a atmosfera e cause danos à saúde.**

## DRENAGEM SUPERFICIAL



As drenagens superficiais, previstas nos patamares (canaletas e caixas de drenagem) e nos taludes (descidas de água), são instaladas ao final de cada camada da célula.

A drenagem ineficiente das águas de chuva pode provocar maior infiltração na célula, aumentando o volume de chorume gerado. Por isso, deve-se evitar ao máximo a entrada de chuva na área das células. Caso a drenagem interna e a impermeabilização da base sejam mal feitas, pode haver a

contaminação do solo e das águas subterrâneas.

## SISTEMA DE TRATAMENTO DE CHORUME



A vazão e as características físicas, químicas e biológicas do percolato (chorume mais água de infiltração) estão relacionadas e dependem, basicamente, das condições

climatológicas e hidro geológicas da região de um aterro sanitário, bem como das características dos resíduos sólidos urbanos e das condições de operação do aterro.

O projeto de aterro sanitário deve, necessariamente, contemplar a instalação de rede de drenagem para o percolato e para os gases gerados nas células. O percolato coletado deve ser tratado para que possa ser lançado em corpo receptor, e os gases devem ser queimados ou aproveitados como fonte de energia, para minimizar a contaminação atmosférica.

O sistema de tratamento de líquido percolato proveniente do aterro deve atender aos padrões de lançamento de efluentes em cursos d'água e de sua capacidade de autodepuração.

Na operação do sistema de tratamento é preciso efetuar de modo sistemático a medição da vazão de percolato e determinar a sua composição antes e depois do tratamento.

O tratamento do percolato representa, ainda, um grande desafio na elaboração dos projetos de aterros sanitários, uma vez que suas características são alteradas em função da quantidade de água incorporada ao chorume, das características dos resíduos dispostos no aterro e, principalmente, da idade do aterro.

Devido à grande quantidade de constituintes do chorume e às variações quantitativas sazonais e cronológicas (pelo aumento da área exposta),

não se deve considerar uma solução única para esse tratamento. De um modo geral, quando há opção pelo tratamento do chorume “in situ”, utilizam-se com muita frequência as lagoas de estabilização - lagoa anaeróbia seguida de facultativa.

Essas últimas são grandes reservatórios de pequena profundidade, delimitados por diques de terra, construídos de forma simples, nos quais o material orgânico presente no percolado é estabilizado por processos biológicos, portanto naturais, envolvendo principalmente algas e bactérias. Além de apresentarem custo muito baixo e uma tecnologia simples, oferecem boa eficiência no tratamento desse percolado.

As lagoas anaeróbias operam com altas cargas orgânicas, atuam como uma unidade primária em um sistema de lagoas e baseiam-se na digestão anaeróbia para degradar a matéria orgânica. Já nas lagoas facultativas ocorrem os processos anaeróbios e aeróbios. As lagoas facultativas operam com cargas orgânicas mais baixas que as utilizadas em lagoas anaeróbias, permitindo que algas se desenvolvam nas camadas mais superficiais, realizando atividade fotossintética.

As lagoas de maturação possibilitam um polimento no efluente de qualquer dos sistemas de lagoas de estabilização. São predominantemente aeróbias, e sua principal função é destruir os organismos patogênicos.

Após o tratamento no sistema convencional, o efluente tratado deverá ser encaminhado para uma lagoa de acumulação situada a jusante da lagoa facultativa. Após determinado período, o efluente poderá ser lançado em curso d'água, dando início a um processo natural, conhecido como autodepuração.

A autodepuração é a capacidade apresentada por um corpo d'água de, após receber uma carga poluidora, recuperar por processos naturais de caráter físico, químico e biológico, as suas qualidades ecológicas e sanitárias.

Os efluentes gerados no aterro sanitário podem, também, ser encaminhados para uma Estação de Tratamento de Esgotos - ETE, devidamente licenciada, conforme acordo firmado entre os empreendedores do aterro e da ETE. Desse modo, o percolado do aterro será encaminhado para um tanque de armazenamento localizado a



jusante do maciço de resíduos, sendo bombeado para caminhões-tanque com sistema de sucção e, em seguida, transportado para a ETE.

## INSTRUMENTOS DE MONITORAMENTO



Equipamentos para o acompanhamento e controle ambiental do empreendimento, como poços de monitoramento de águas subterrâneas, medidores de vazão, piezômetros e medidores de recalque horizontais e verticais.

## OPERAÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

Os procedimentos operacionais do aterro sanitário, embora simples, devem ser sistematizados para que sua eficiência seja maximizada, assegurando seu funcionamento como destinação final sanitária e ambientalmente adequada dos resíduos domésticos, ao longo de toda a sua vida útil.

Para o adequado funcionamento do aterro sanitário em valas, deve-se seguir uma rotina operacional pré-estabelecida, mediante o treinamento dos funcionários e o acompanhamento por um responsável técnico, a fim de seguir o projeto previamente aprovado.

## TREINAMENTO DA EQUIPE

A equipe de trabalho do aterro deve receber treinamento apropriado para garantir uma operação adequada. Também devem ser cumpridas as determinações do projeto.

Um treinamento técnico mínimo sobre as tarefas diárias é necessário e, muito mais do que isto, um curso básico sobre gerenciamento de resíduos sólidos seria considerado um diferencial.

São poucas as prefeituras que se preocupam com essa capacitação profissional; contudo, esta é uma das medidas mais importantes para uma boa organização do aterro.

Outro ponto importante a ser enfatizado é quanto aos equipamentos e procedimentos para a segurança do trabalho.

Assim, recomendam-se como pontos mínimos a serem abordados no treinamento dos funcionários (ABNT, 2010):

- as formas de inspeção, controle, permissão de acesso ao aterro e orientação do lançamento de resíduos;
- os adequados procedimentos de operação, manutenção e monitoramento do aterro e todos os seus sistemas, com ênfase nas funções e atribuições específicas de cada funcionário;
- os procedimentos a serem adotados em situações de emergência; e
- os procedimentos de segurança operacional e a correta utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) e coletiva (EPC).

A seguir, são descritos alguns pontos importantes a serem obedecidos durante a operação desses empreendimentos.

## RECEBIMENTO DE RESÍDUOS

A definição dos tipos de resíduos permitidos no aterro sanitário em valas é efetuada na fase do projeto e deve ser submetido à aprovação do órgão ambiental; porém, durante a operação do empreendimento é importante verificar se os resíduos que estão sendo encaminhados são compatíveis com aqueles pré-estabelecidos.





Em seguida o funcionário da portaria deve orientar o motorista quanto ao local em que os resíduos devem ser descarregados de maneira a garantir que os diferentes tipos de resíduos sejam dispostos nos locais adequados.

**No caso dos aterros sanitários que não possuam balança rodoviária, deve ser identificada alternativa para a pesagem dos caminhões em outro local, de forma a possibilitar o controle dos quantitativos dos resíduos recebidos no aterro.**

### **TIPOS DE RESÍDUOS QUE PODEM SER RECEBIDOS NO ATERRO SANITÁRIO**

Poderão ser dispostos no aterro sanitário os resíduos sólidos de Classe II - Não-Inertes<sup>2</sup> - segundo as definições apresentadas na NBR 10.004/1987 da ABNT.

Sob nenhuma hipótese deverão ser recebidos resíduos sólidos de Classe I, classificados como perigosos.

Observada a condição acima definida, poderão ser recebidos, dentre outros:

- ✓ resíduos sólidos urbanos de origem domiciliar e comercial;
- ✓ resíduos dos serviços de capina, varrição, poda e raspagem;
- ✓ resíduos de gradeamento, desarenação e lodos desidratados das Estações de Tratamento de Esgoto;
- ✓ resíduos desidratados de veículos limpa-fossas;
- ✓ resíduos desidratados de Estações de Tratamento de Água;
- ✓ resíduos sólidos provenientes de indústrias, comércios ou outras origens que tenham sua classificação como

<sup>2</sup> São aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I-Perigosos ou de resíduos classe II B – Inertes. Os resíduos classe II A – Não Inertes podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Classe II comprovada por laudo técnico de análises laboratoriais, conforme normas específicas da ABNT.

Ressalta-se que, embora classificados como resíduos sólidos urbanos, é recomendado que os resíduos de podas não sejam destinados ao aterro sanitário em valas, já que eles ocupam um grande volume. Além disso, devido a suas características, podem ter um uso benéfico para o meio ambiente, por meio de compostagem ou aproveitamento energético.

Deve-se impedir a entrada de resíduos cuja composição não seja adequadamente identificada e compatível com a disposição do aterro. Caso detectada a incompatibilidade, a carga deve ser devolvida ao gerador, ficando sob sua responsabilidade o encaminhamento dela para tratamento e disposição final adequada. Caso estes resíduos sejam de responsabilidade da própria Prefeitura, esta deverá providenciar o seu destino apropriado. Caso tais ocorrências envolvam resíduos perigosos, devem ser comunicadas ao órgão ambiental.

## DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS

A área de disposição dos resíduos deve ser previamente delimitada no início de cada dia de trabalho.

A demarcação da frente de operação diária permite uma melhor manipulação do lixo, tornando o processo mais prático e eficiente.

Nos períodos de chuvas intensas ou quando, por qualquer motivo, a frente de operação estiver impedida de ser operada ou acessada, recomenda-se manter uma área para descarga emergencial, previamente preparada, de acordo com o projeto do aterro sanitário.

## OPERAÇÃO DAS VALAS

A experiência adquirida ao longo dos anos demonstra que de nada adianta um bom projeto, com a obtenção de todas as licenças ambientais necessárias e, ainda, a existência de equipamentos e infraestrutura, se a operação do aterro sanitário em valas não for desenvolvida de forma ambientalmente correta.



Esta operação deve estar diretamente relacionada a todas as etapas de concepção, elaboração do projeto e implantação do aterro sanitário em valas, bem como deve considerar o gerenciamento de resíduos sólidos urbanos do município como um todo, uma vez que a frequência e o horário de coleta, o tipo de equipamento empregado, a existência de coleta diferenciada, entre outros fatores, irão influenciar diretamente a operação.

Os critérios para a operação das valas deverão seguir as especificações do projeto. Entretanto, são descritos a seguir alguns critérios usuais para este tipo de empreendimento.

## DIMENSÕES DAS VALAS

Para o dimensionamento das valas deverão ser seguidas as disposições do projeto sempre observando que:

A separação entre as bordas superiores das valas deve ser, no mínimo, de 1,0 metro, deixando espaço suficiente para operação e manutenção.

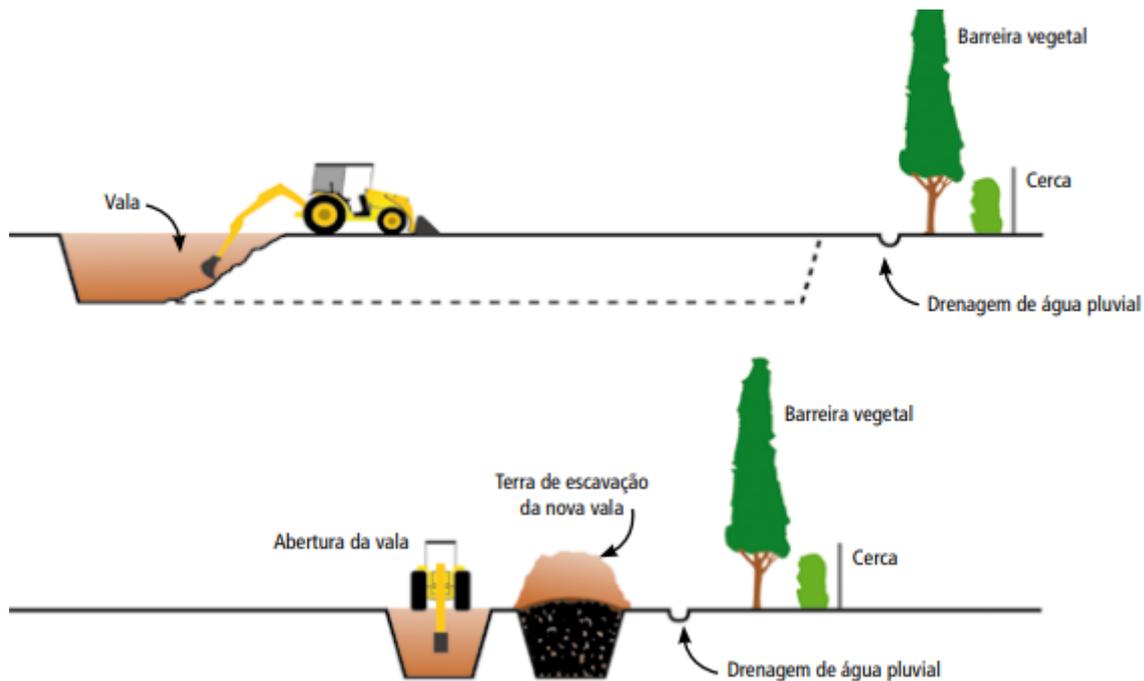
A profundidade da escavação das valas deve ser no máximo, de 3,0 metros, observada as condições de estabilidade dos taludes e o nível do lençol freático.

A largura da vala pode ser variável, dependendo do equipamento usado na escavação, cuidando para que não seja excessiva a ponto de dificultar a cobertura operacional dos resíduos. Recomenda-se que a largura da vala na superfície não supere 3,0 metros (ABNT, 2010).

## ABERTURA E VIDA ÚTIL DAS VALAS

A escavação de cada vala deve ser executada de uma só vez e o seu dimensionamento feito de modo a permitir a disposição dos resíduos por um período aproximado de 30 dias. Para uma vida útil maior, recomenda-se que no fundo da vala sejam mantidos pequenos diques de solo natural que definam subáreas hidráulicamente separadas, com vida útil aproximada de 30 dias.



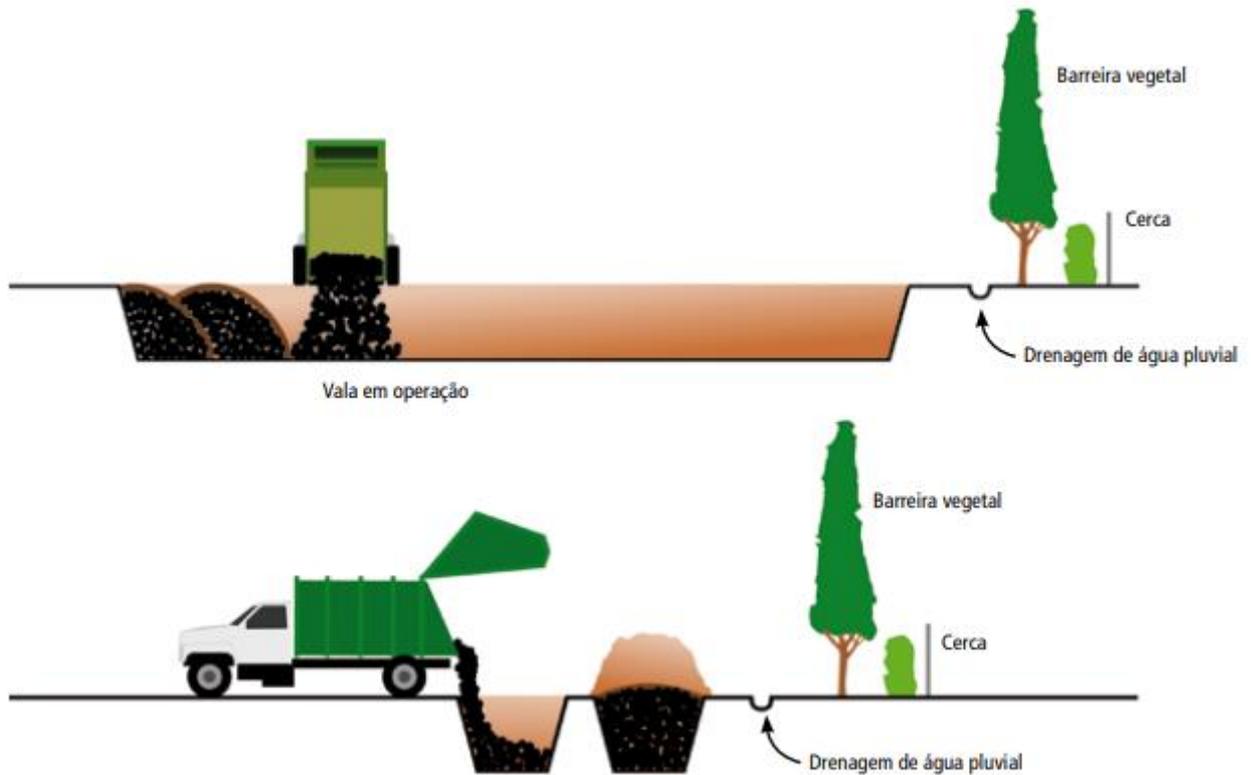


## DISPOSIÇÃO DOS RESÍDUOS

A operação de disposição dos resíduos na vala aberta é iniciada pelo mesmo lado que a vala começou a ser escavada, com o caminhão coletor se posicionando de ré, perpendicularmente ao comprimento da vala. O coletor ou caminhão de transporte de resíduos deve se aproximar ao máximo da vala, de maneira a garantir o lançamento diretamente na vala, evitando o espalhamento em outros locais. Porém, deve-se resguardar a segurança com relação ao risco de desmoronamento das valas.

Recomenda-se que seja executado um pequeno dique com solo, visando a demarcar o ponto máximo de aproximação para o descarregamento na vala.

Após a descarga dos resíduos, deve se proceder à varrição de todos os resíduos que possam eventualmente ter se desprendido, além do imediato cobrimento sanitário com solo, dos resíduos lançados.



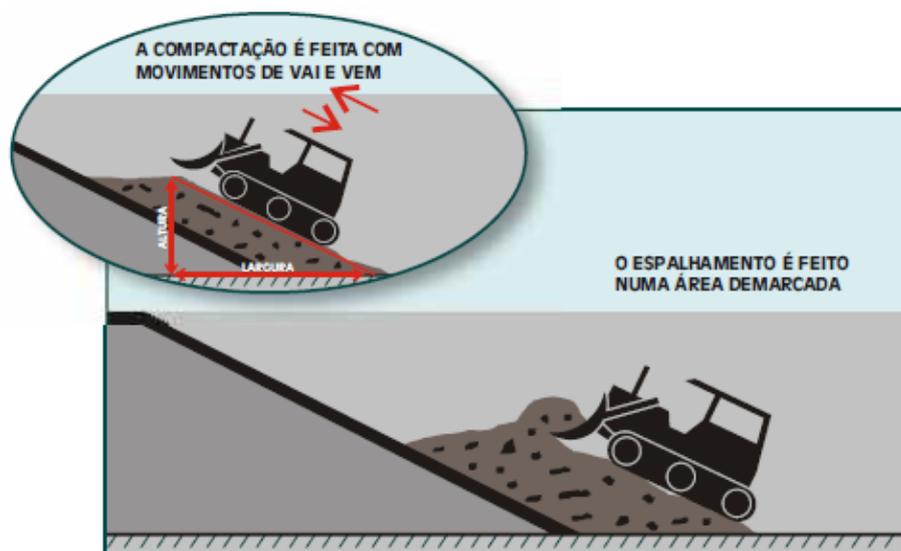
## ESPALHAMENTO E COMPACTAÇÃO DOS RESÍDUOS



Na frente de operação, os resíduos devem ser espalhados e compactados por um equipamento apropriado (preferencialmente um trator de esteira com peso operacional mínimo de 15 toneladas) em rampas com inclinação aproximada de 1 na vertical para 3 na horizontal

(1:3). O equipamento de compactação deve estar permanentemente à disposição na frente de operação do aterro sanitário.

A operação de compactação deve ser realizada com movimentos repetidos do equipamento de baixo para cima, procedendo-se, no mínimo, a 6 passadas sucessivas em camadas sobrepostas, até que todo o material disposto em cada camada esteja adequadamente adensado, ou seja, até que se verifique por controle visual que o incremento do número de passadas não ocasiona nenhuma redução significativa do seu volume aparente.



## CAMADA DE LIXO BEM COMPACTADA MAIOR SEGURANÇA E EFICIÊNCIA DO ATERRO

## RECOBRIMENTO DOS RESÍDUOS



A cobertura diária tem o objetivo de minimizar os efeitos dos odores e da proliferação de vetores gerados pelos resíduos em decomposição. Se a região possui elevados índices pluviométricos, esta cobertura impedirá, pelo menos um pouco, a entrada de água na vala (CASTILHOS, 2003). Ao fim de cada jornada de trabalho, os resíduos compactados devem

receber uma camada de terra, espalhada em movimentos de baixo para cima.

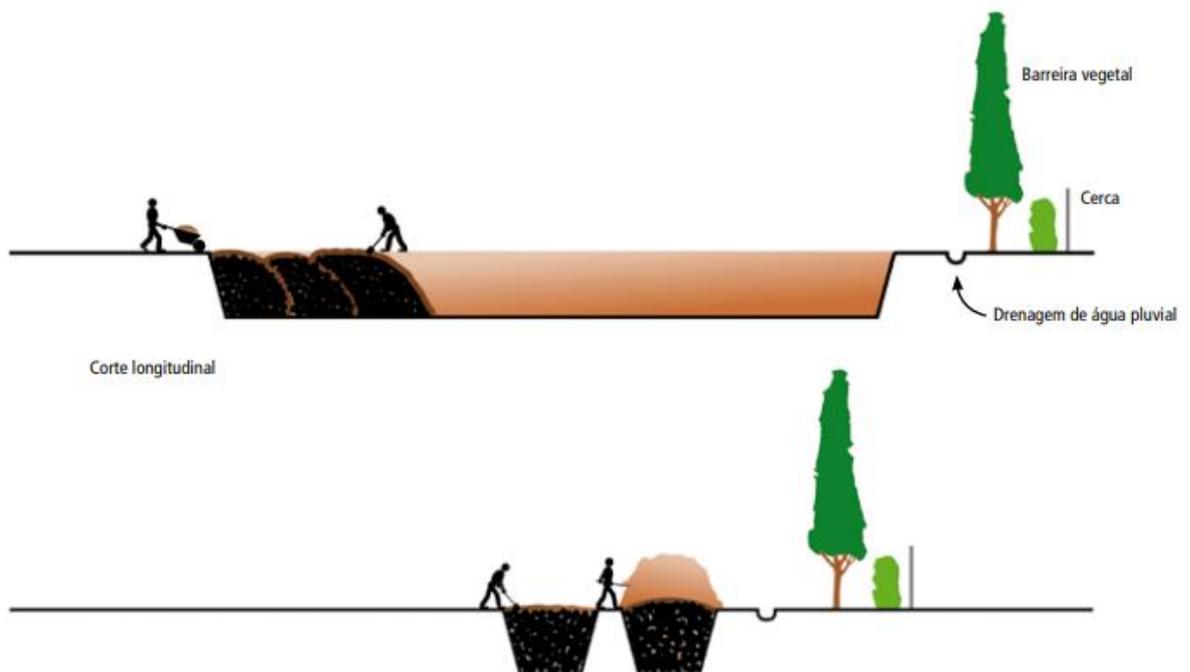
O solo de cobertura pode provir de área de empréstimo ou do material excedente das operações de cortes/escavações executadas na implantação das plataformas (células).

De forma resumida os procedimentos de recobrimento são:

**Recobrimento do lixo** - No final do dia, esse novo monte de lixo deverá receber uma cobertura de terra, espalhada em movimentos de baixo para cima.

### ***Cobertura diária***

É realizada com camada, preferencialmente, de argila de 15 a 20 cm de espessura. Assim evita-se a presença de vetores como ratos, baratas e aves e que o lixo se espalhe em dias de ventania.



Assim que o primeiro trecho da vala estiver totalmente preenchido, passa-se para outro, repetindo-se as mesmas operações de disposição e cobertura diária.

### ***Cobertura final***

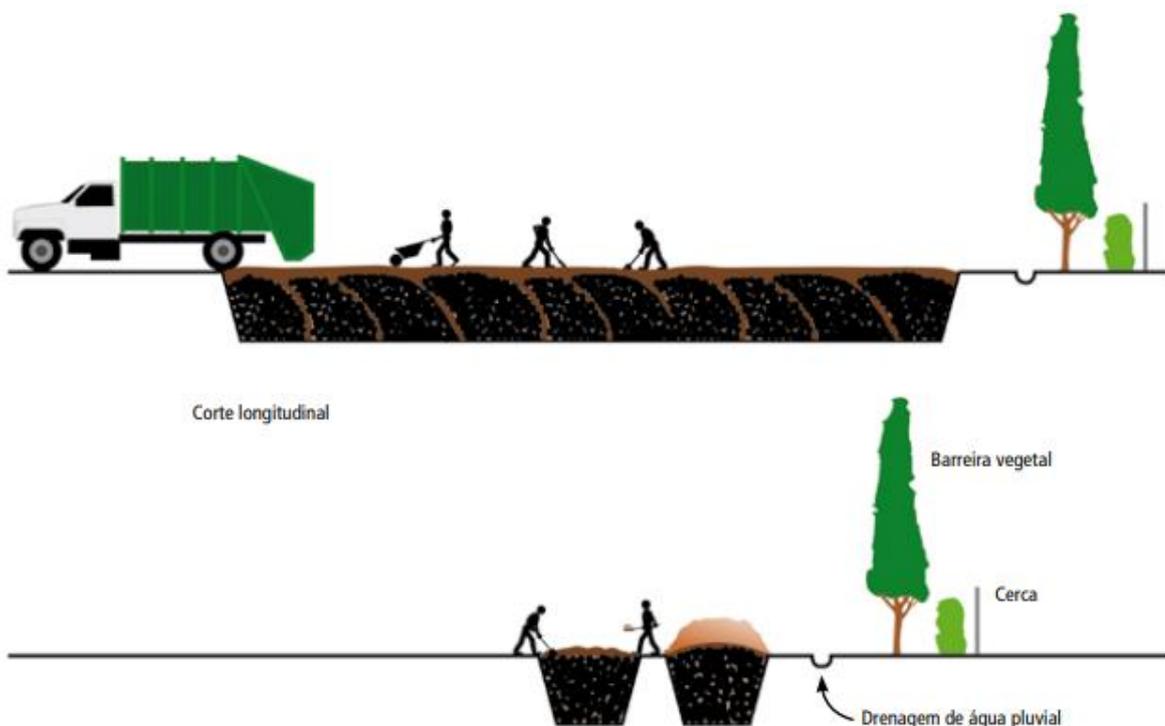
Uma vez esgotada a capacidade do aterro procede-se a cobertura final com 60 cm de espessura (sobre as superfícies que ficarão expostas permanentemente - bermas e taludes definitivos).

### ***Cobertura vegetal***

Posteriormente à execução da cobertura final da vala, a mesma deve ser coberta com solo orgânico e cobertura vegetal com gramíneas nos taludes definitivos e platôs, para evitar erosões, bem como minimizar a infiltração de águas de chuva. Recomenda-se o lançamento de uma camada de cascalho sobre as bermas, as quais serão submetidas ao tráfego operacional.

O nivelamento final da vala é efetuado numa cota superior à do terreno, prevendo-se prováveis recalques, de forma a evitar o acúmulo de água.

A cobertura final deverá ser executada com uma camada de solo de, aproximadamente, 60 centímetros, com uma declividade de, no mínimo, 7 % na menor dimensão da vala.



### ***Demarcação das valas encerradas***

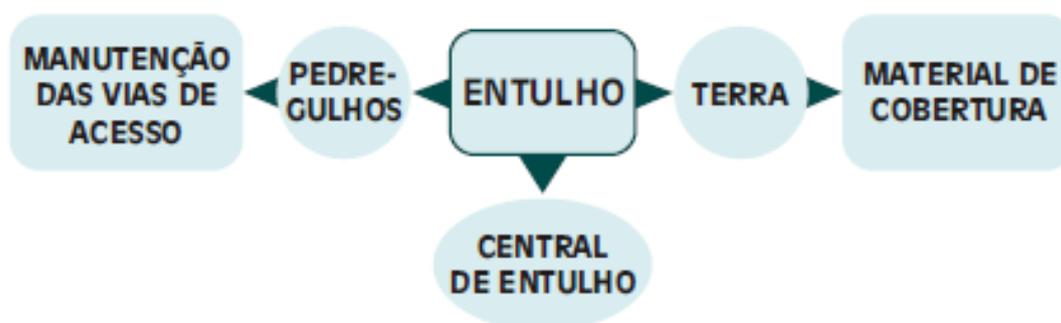
Recomenda-se que ao final da operação de cada vala, estas sejam demarcadas com marcos fixos e permanentes, visando facilitar futuras intervenções, se necessário.

Após a finalização da disposição de resíduos nas valas, deve-se prever uma rotina de manutenção, de modo a corrigir eventuais recalques, desobstruir e manter o funcionamento correto dos sistemas de

drenagem de águas pluviais e o corte da grama, o que será abordado no item “Manutenção” deste documento.

## ENTULHO E PODA DE ÁRVORES

Sendo o entulho um resíduo inerte, não há sentido em depositá-lo nas células do aterro. A depender de suas características, o entulho pode ter fins diferentes:



**Entulho constituído de terra** - Caso seja aproveitável como material de cobertura, deve ser descarregado junto à frente de trabalho do aterro.

**Entulho granular** - Cascalhos e pedregulhos, resultantes de escavações ou restos de demolições, isentos de materiais perfurantes e aproveitáveis na melhoria dos acessos provisórios, serão armazenados no "pátio de estocagem de entulho aproveitável".

**Entulho em geral** - Material não aproveitável no aterro sanitário, deve ser disposto na vala para entulho.

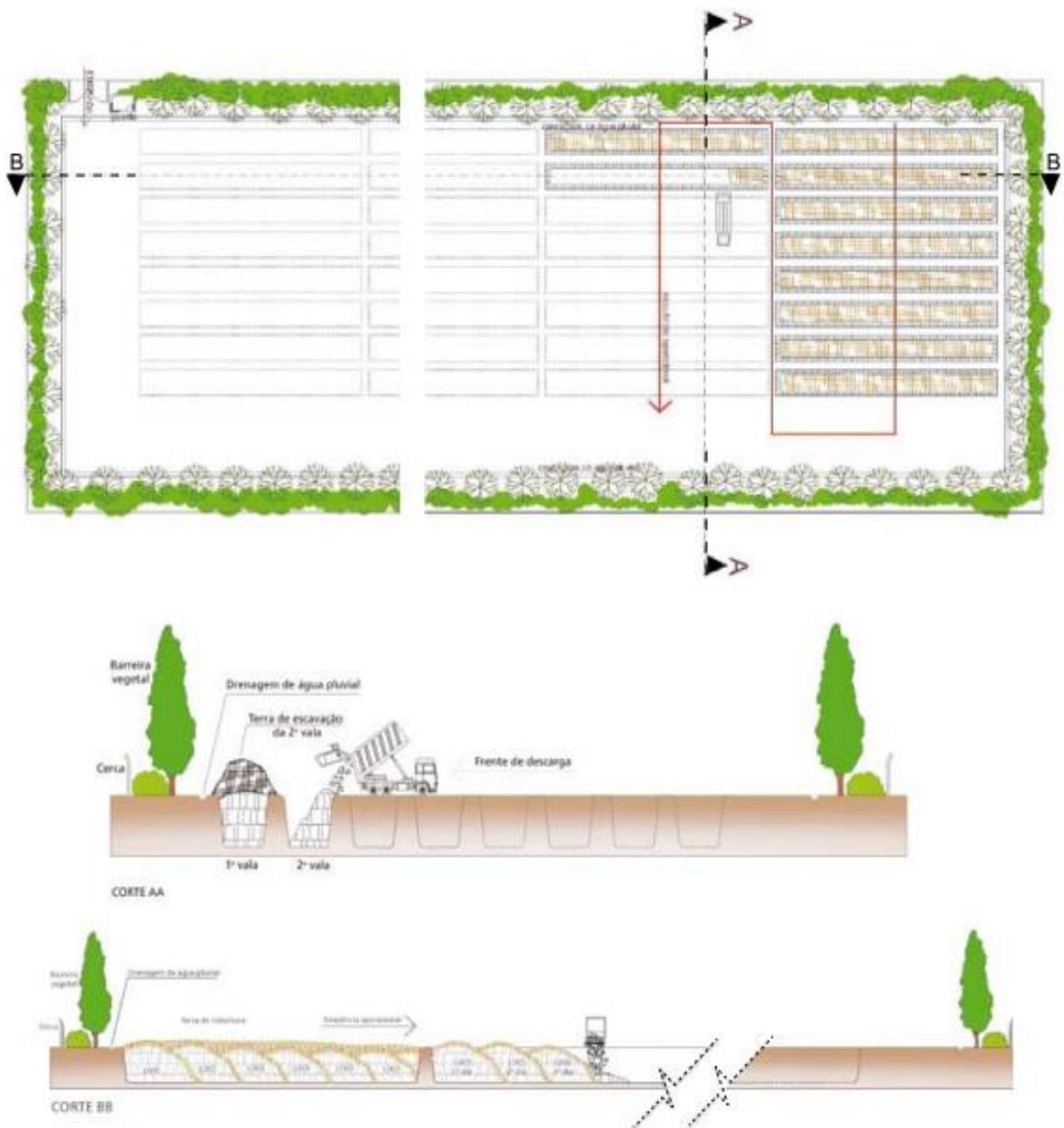
**Poda de árvores** - Deverão ser depositadas no pátio previsto. Após a secagem e desfolhagem, o material lenhoso pode ser eventualmente aproveitado como lenha enquanto que as folhas podem ser transformadas em composto (processo de compostagem).

**Resíduos de saúde/ industriais** - Em função da diversidade das suas características e especificidades, estes resíduos não são considerados neste manual, merecendo tratamento particular. No que diz respeito aos resíduos de saúde, as tecnologias usualmente recomendadas são as

seguintes: Incineração; Auto-clavagem; Micro-ondas; Tratamento químico; Disposição em vala séptica (vala confinada); Disposição em vala especial, de acordo com projeto do aterro sanitário.

Quanto ao lixo industrial, não é permitido o acesso a resíduos de classe I. No entanto, podem ser dispostos os resíduos de classe II (não inertes) e classe III (inertes), desde que uma autorização especial seja concedida pelo órgão licenciador.

Resumidamente, na figura abaixo podemos verificar o desenvolvimento da vida útil do aterro.



***Finalmente, convém lembrar que resíduos líquidos, como os de caminhões limpa-fossa, não devem ser tolerados no aterro sanitário.***

## MANUTENÇÃO DO ATERRO SANITÁRIO

É fundamental um serviço de manutenção eficaz no aterro sanitário em valas. Sempre que for constatado algum problema, esse deverá ser corrigido rapidamente, de maneira a evitar o seu agravamento. Entre outros, são necessárias manutenções em: acessos, estruturas de isolamento físico e visual, sistema de drenagem superficial, cobertura vegetal, recalques das valas etc.; como veremos a seguir.

### ACESSOS

Os acessos internos e externos ao aterro têm a função de garantir a chegada dos resíduos até as frentes de descarga e a adequada operação das mesmas. Essas estradas devem suportar o trânsito de veículos, mesmo durante os períodos de chuva e, por isso, devem ser mantidas nas melhores condições de operação.

Deverão ser realizadas, semanalmente, inspeções ao longo dos acessos e da área do aterro e, caso seja detectado algum dano, deverão ser executados, imediatamente, os reparos necessários. Durante o período chuvoso, deve ser dado especial cuidado à manutenção destes acessos, procurando manter estoque suficiente de material granular, inclusive resíduos da construção civil, classe A, nos termos da Resolução CONAMA 307/02, para a sua recomposição.

### ISOLAMENTO FÍSICO - CERCAMENTO E PORTÕES

O isolamento do aterro é imprescindível para a manutenção da ordem e do bom andamento da operação, desta forma a portaria ou portões e as



cercas devem ser mantidos em perfeitas condições para não comprometer o bom funcionamento do aterro.

## ISOLAMENTO VISUAL - BARREIRA VEGETAL

Visando ao isolamento visual do empreendimento, é recomendável o plantio de um cinturão verde, composto de arbustos e árvores em todo o perímetro do terreno. Normalmente, as plantas mais recomendadas para esse tipo de cercamento são as conhecidas como “Sansão do Campo” e “Jambolão” por serem de fácil cultivo, de rápido crescimento e permitirem a formação de uma boa barreira vegetal. É necessário garantir a manutenção dessa vegetação.

## ACEIRO

Um aceiro é uma abertura na vegetação com material combustível que atua como barreira para retardar ou impedir o progresso de incêndio. Um aceiro pode ocorrer naturalmente, onde há uma falta de vegetação ou “combustível”, como um rio, lago ou desfiladeiro. Também podem ser feitas pelo homem e muitos deles também servem como estradas ou trilhas.

Tendo em vista que os aterros sanitários em valas, usualmente, localizam-se próximos de áreas agrícolas, de vegetação nativa ou de pastagens, recomenda-se, como medida preventiva, a manutenção de um aceiro no entorno do empreendimento, visando impedir a propagação de incêndios.



## LIMPEZA DA ÁREA

A administração deve promover a remoção dos materiais espalhados pelo vento e, se necessário, usar cercas móveis. Com isso, evitam-se transtornos e o comprometimento da paisagem.

## SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS

A administração deve promover Sistema de drenagem de águas pluviais. A manutenção do sistema de drenagem superficial é muito importante para não comprometer a operação do aterro em valas e as condições dos acessos; devendo ser verificado frequentemente, principalmente após períodos chuvosos, o estado das estruturas de drenagem: drenos, tubulações e/ou das canaletas quanto às condições de escoamento e de integridade física (quebra). Caso sejam constatadas quebras e/ou obstrução dessas estruturas de drenagem, as mesmas deverão ser reexecutadas e/ou desobstruídas.

## RECALQUES

Tendo em vista que a degradação dos resíduos no interior da vala poderá ocasionar recalques e provocar o acúmulo de águas pluviais sobre estas, caso os recalques sejam identificados, deve-se efetuar, rapidamente, as correções com a colocação de nova camada de solo de espessura adequada, para restaurar as declividades para o escoamento das águas.

## COBERTURA VEGETAL

A cobertura vegetal sobre as valas é importante para proteger o solo de erosões e fissuras, sendo necessário manter o corte frequente, para



possibilitar as inspeções visuais nas valas encerradas, bem como nas demais estruturas do aterro.

## CONTROLE DE VETORES

Para o controle de vetores é primordial a adequada cobertura dos resíduos, impedindo sua exposição e evitando atrativos, quer seja de resíduos orgânicos, quer seja de moscas que poderão atrair aves. Salienta-se, ainda, a importância do isolamento físico da área (cercamento) visando a evitar a entrada de outros animais.

Além desses procedimentos, poderá ser prevista a utilização de instrumentos sonoros (fogos de artifício ou sirenes) para afugentar as aves, de maneira a evitar, a qualquer custo, a permanência das mesmas na área do aterro.

Pode-se, ainda, implantar telas removíveis sobre o topo das valas; porém, não substituindo a execução da cobertura intermediária ao final da jornada diária de trabalho.

## MANUTENÇÃO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

Deve-se efetuar a limpeza dos equipamentos e máquinas no fim de cada dia de trabalho e os possíveis reparos para conservá-los e garantir a eficiência do aterro.

Como dito anteriormente, qualquer problema constatado no aterro sanitário deve ser corrigido rapidamente, para evitar o seu agravamento. Por esse motivo, um serviço de manutenção eficaz é imprescindível.

## INSPEÇÃO VISUAL

Deve-se estabelecer uma rotina de inspeções visuais no aterro, para identificar eventuais problemas, de forma a evitar o seu agravamento,



bem como efetuar prontamente, as medidas corretivas necessárias. Devem ser observados regularmente os seguintes itens na área (adaptado da ABNT, 2010):

- condição das vias de acesso;
- processos erosivos;
- rebaixamento da camada superior do aterro (recalques);
- existência e adequação da cobertura operacional;
- condição operacional da frente de trabalho;
- existência e adequação da cobertura vegetal;
- condição do aceiro;
- condição operacional dos sistemas de drenagem;
- carreamento de resíduos pelo vento;
- percepção de odores;
- presença de vetores.

Recomenda-se que os funcionários sejam treinados para efetuar estas inspeções rotineiras, efetuando os registros das ocorrências e procedimentos adotados para sua solução.

Como atividades rotineiras, são recomendadas:

- manter na área do aterro o manual de operação e um livro para registro de ocorrências;
- manter atualizados, na unidade, os cartões de vacinação dos funcionários;
- manter meio de comunicação para contato com o responsável técnico e para utilização em ações de emergência;
- manter um estojo de primeiros socorros e repor periodicamente os materiais utilizados;
- fazer uso rigoroso dos EPI's como máscaras, luvas, botas e uniformes, de modo a minimizar a possibilidade de contaminação e garantir a boa qualidade de trabalho;
- higienizar diariamente as instalações de apoio operacional;
- limpar a unidade, removendo os materiais espalhados pelo vento;
- efetuar periodicamente a capina da área, para manutenção do paisagismo;
- higienizar diariamente as instalações de apoio operacional;
- limpar a unidade, removendo os materiais espalhados pelo vento;

- efetuar periodicamente a capina da área, para manutenção do paisagismo;
- realizar inspeções e manutenções periódicas no sistema de recobrimento final das plataformas, mantendo a cobertura vegetal sobre os taludes encerrados, de forma a protegê-los contra erosões.
- manter sempre limpos e desobstruídos as canaletas e os demais dispositivos de drenagem pluvial;
- efetuar inspeções e manutenções periódicas no sistema de drenagem de chorume, removendo materiais depositados nos fundos das caixas de passagem;
- manter sempre acesa a chama dos queimadores de gás;
- limpar e fazer eventuais reparos nos equipamentos e máquinas ao final de cada dia de trabalho;
- limpar e manter em boas condições de tráfego as vias de acesso externas e internas;
- fazer a manutenção da cerca de isolamento e do cinturão verde, evitando o acesso de pessoas não autorizadas e animais.

O Quadro a seguir, apresenta uma síntese das atividades a serem realizadas para o controle e acompanhamento do aterro sanitário.

COMPONENTE, ESTRUTURA OU EQUIPAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO	FREQÜÊNCIA DE INSPEÇÃO
Higienização das edificações	Diária
Limpeza da unidade, com remoção dos materiais espalhados pelo vento	Diária
Capina da área, para manutenção do paisagismo	Mensal
Manutenção dos portões e cerca de isolamento	Mensal
Manutenção do cinturão verde	Mensal
Limpeza e manutenção dos dispositivos de drenagem pluvial	Semanal
Limpeza e manutenção das estruturas de drenagem de chorume	Semanal
Manutenção dos dispositivos de queima dos gases	Diária
Verificação do sistema de cobertura das plataformas	Semanal
Limpeza e manutenção das vias de acesso	Semanal
Inspeção e manutenção dos instrumentos de monitoramento	Mensal
Limpeza e manutenção dos veículos e equipamentos	Diária
Sistema de fiscalização, controle e inspeção dos resíduos	Diária
Limpeza e manutenção do sistema de tratamento de chorume	Semanal
Controle da saúde dos funcionários	Semestral

## MONITORAMENTO DO ATERRO SANITÁRIO

O monitoramento do aterro sanitário em valas, durante sua operação e após seu encerramento, é importante para a detecção de desconformidades e para reduzir eventuais danos ambientais, bem como os custos com intervenções necessárias. Consiste de um sistema de medições de campo e ensaios de laboratório a serem realizados sistematicamente durante a fase de operação do aterro, e prolonga-se por mais 10 anos, no mínimo, após o término de sua vida útil.

O plano de monitoramento deve contemplar a eficácia das medidas mitigadoras e a eficiência sanitária e ambiental do sistema como um todo, possibilitando a verificação de eventuais falhas e/ou deficiências e a implementação de medidas corretivas para evitar o agravamento dos impactos ambientais.

Para avaliar a eficiência do aterro quanto à sua operação e ao controle ambiental, devem ser previstos, no mínimo:

- o controle das águas superficiais da área, por meio da coleta de amostras em pontos a montante e a jusante do local onde é lançado o efluente;
- o controle das águas subterrâneas, por meio da coleta de amostras nos poços de monitoramento instalados a montante e a jusante do aterro sanitário;
- o monitoramento da qualidade do chorume e do efluente tratado; a caracterização dos resíduos da massa aterrada;
- o monitoramento geotécnico do maciço do aterro;
- o controle da saúde do pessoal envolvido na operação do aterro.

São fundamentais a permanência do encarregado devidamente treinado e capacitado para o controle operacional da unidade; a designação de um técnico de segurança do trabalho; o uso correto pelos funcionários, dos EPI's - Equipamentos de Proteção Individual como máscaras, luvas, botas e uniformes adequados às suas atividades. Deve haver, também, a vacinação dos funcionários para prevenção de doenças como tétano, hepatite B e difteria.



## SEGURANÇA NO TRABALHO

Riscos biológicos estão presentes em muitos ambientes de trabalho. Todavia, é preocupante constatar que além de desconhecidos, muitos desses riscos são na realidade negligenciados por empregadores e também por seus funcionários.

No caso dos profissionais que executam trabalhos em aterros sanitários, os riscos estão associados a cada processo realizado, e podem variar conforme a planta do aterro e as funções desempenhadas.

Devido aos riscos advindos do contato direto com os resíduos, os trabalhadores do aterro sanitário devem estar conscientes da necessidade do uso permanente dos Equipamentos de Proteção Individual – EPIs, como máscaras, luvas, botas, aventais e uniformes.

Todos os trabalhadores devem estar vacinados para prevenção contra doenças como tétano, hepatites A e B e difteria.



*Vale ressaltar que pela própria natureza dessa atividade, há muita periculosidade para a saúde dos profissionais, que, além do conhecimento técnico, devem contar também com a experiência e a cautela na execução do trabalho.*

Os equipamentos de proteção individual utilizados na manipulação de resíduos sólidos objetivam proteger a saúde do trabalhador e minimizar os riscos de acidentes ocupacionais. O uso de EPI é uma exigência da legislação trabalhista brasileira através da Norma Regulamentadora (NR) 6

O Ministério do Trabalho atesta a qualidade dos EPIs disponíveis no mercado emitindo o Certificado de Aprovação (C.A.). O fornecimento ou a comercialização de EPI sem o C.A. é considerado crime, de modo que comerciante e empregador ficam sujeitos às penalidades previstas em lei.

## Avental



Deve ser confeccionado em tecido de algodão tratado (queima mais devagar), para proteger o trabalhador dos respingos da substância manipulada, mas é ineficaz em exposições extremamente acentuadas, ou grandes derramamentos. Outras especificações deste EPI consistem em:

- Comprimento até os joelhos e mangas compridas com fechamento em velcro.
- Fechamento com botões.
- Não possuir abertura lateral nem bolso, para não haver acúmulo de poeira ou outros resíduos.

## Macacões



Serviços que necessitam a entrada do trabalhador em áreas molhadas (como lagoas de tratamento de chorume) devem ser utilizados macacões inteiros de PVC (tipo de pescaria) para garantir a sua proteção.

## Capacete

O uso de capacetes com proteção de jugular visa dar segurança ao crânio no caso de eventuais impactos ou quedas.



## Botas



Botas de borracha do tipo antiderrapante.

## Óculos de Segurança

Usar óculos de proteção deve ser uma medida adotada por todo profissional que trabalha depósitos de reagentes ou resíduos químicos. Este EPI deve possuir C.A, leveza, confortabilidade, tratamentos anti risco e anti embaçante proteção lateral e cordão de segurança fixo.



## Luvas



Um dos equipamentos mais importantes, pois protege as partes do corpo com maior risco de exposição: as mãos. Há vários tipos de luvas e sua utilização deve ser de acordo com o produto a ser manuseado, normalmente são de raspa de couro ou PVC.

## Proteção Respiratória

As máscaras de proteção descartáveis ou respiradores auto-filtrantes (semifacial do tipo PFF-2) podem ser destinados à proteção contra inalação de partículas e de baixas concentrações de gases e/ou vapores orgânicos.

Estes respiradores cobrem o nariz e a boca, e como qualquer outro respirador devem ser ajustados e usados corretamente, sendo necessário trocá-los sempre que estiverem saturados ou deformados, não precisando de reparos ou troca de peças.

Este EPI deve ser inserido em saco plástico e armazenado em local seco e limpo.



## Lavagem

O EPI deve ser lavado e guardado corretamente, para assegurar maior vida útil. Deve também ser mantido separado das roupas da família.



O avental deve ser higienizado com água corrente e sabão neutro (de coco). Não deve ficar de molho. Em seguida, deve ser novamente enxaguado para se remover todo o sabão. O uso de alvejantes não é recomendado,

pois danificará o tecido.

A vestimenta deve ser seca à sombra. Atenção: somente use máquinas de lavar ou secar quando houver recomendações do fabricante.

Botas, óculos de proteção e luvas devem ser enxaguados com água abundante após cada uso. É importante que a VISEIRA NÃO SEJA ESFREGADA, pois isto poderá arranhá-la, diminuindo a transparência.

Os respiradores devem ser mantidos conforme instruções específicas que acompanham cada modelo devem ser higienizados e armazenados em local limpo.

### **Descarte**

A durabilidade das vestimentas deve ser informada pelos fabricantes e checada rotineiramente pelo usuário. O EPI deve ser descartado quando não oferecer os níveis de proteção exigidos. Antes de ser descartada, a vestimenta deve ser lavada para que os resíduos sejam removidos, permitindo-se o descarte comum.

**ATENÇÃO: antes do descarte, as vestimentas de proteção devem ser rasgadas para evitar a reutilização.**

### **Sustentabilidade e Aspectos legais**

O serviço de resíduos sólidos é de responsabilidade do Município, podendo executá-lo de forma direta; ou por serviço autônomo municipal, ou mesmo consorciado com outros municípios e ainda por concessão à empresa pública ou privada.

Basicamente ele compreende as atividades de coleta, transbordo (se for o caso) e destinação final. Dependendo do tipo de resíduo a ser tratado essas atividades tem características diferenciadas.

A sustentabilidade econômica do serviço se dá pela cobrança de taxas anuais, com valores baseados nos custos dos serviços e rateados entre os usuários de maneira a observar a condição social de cada um e o tipo de resíduo que gera.

O serviço prescinde de um bom planejamento, tendo em vista a durabilidade dos equipamentos e instalações, em especial o aterro sanitário, que se bem operado pode ter sua vida prolongada.



Ações como a coleta seletiva e a reciclagem de resíduos e educação ambiental são elementos importantes na execução dos serviços, garantindo a sua sustentabilidade ambiental.

## Legislação

Todos os materiais, equipamentos, obras e serviços ligados aos resíduos sólidos são disciplinados por leis, sejam federais, estaduais ou municipais.

A principal é a LEI Nº 11.445, de 5 de Janeiro de 2007 e estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico que considera os resíduos domésticos urbanos e os provenientes de limpeza pública (varrição e podas) como componentes do saneamento básico.

Essa Lei dispõe que os serviços de saneamento básico devem ser organizados e prestados pelo município, ou transferidos por outorga, com autorização do Poder Legislativo do Município, a Companhias Estaduais ou mesmo empresas privadas.

Leis Estaduais e Municipais devem detalhar a gestão e o funcionamento dos serviços de saneamento básico.

Especificamente quanto aos resíduos sólidos temos ainda a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado).

Institui a responsabilidade compartilhada dos geradores de resíduos: dos fabricantes, importadores, distribuidores, comerciantes, o cidadão e titulares de serviços de manejo dos resíduos sólidos urbanos na Logística Reversa dos resíduos e embalagens pós-consumo e pós-consumo.

Cria metas importantes que irão contribuir para a eliminação dos lixões e institui instrumentos de planejamento nos níveis nacional, estadual,



microregional, intermunicipal e metropolitano e municipal; além de impor que os particulares elaborem seus Planos de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.

## DESTINAÇÃO FINAL DE RESÍDUOS ESPECÍFICOS

Para destinação final de resíduos sólidos específicos são adotadas as medidas preconizadas em suas respectivas Resoluções, a saber:

- resíduos perigosos (pilhas e baterias): Resolução Conama N° 257, de 30-6-1999;
- pneus: Resoluções Conama N° 258, de 26-8-1999; e N° 301, de 21-3-2003;
- entulho da construção civil: Resolução Conama N° 307, de 5-7-2002;
- resíduos sólidos dos serviços de saúde: Resolução Conama N° 358, de 04-05-2005.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Uma operação feita com critério é condição essencial para o sucesso desse tipo de aterro.

Se forem seguidas as orientações apresentadas neste documento, o encerramento do aterro será de fácil execução e com custo baixo.

Quanto ao uso futuro da área, é possível o desenvolvimento de culturas que não apresentam raízes profundas, não tem contato direto com o solo, nem são consumidas in natura por pessoas, podendo ocupar o local após o encerramento das atividades, facilitando a reintegração do aterro à paisagem regional, reduzindo os seus custos e evitando a manutenção de estruturas de isolamento e proteção do local. Porém, recomenda-se que tais procedimentos venham a ser analisados previamente por um Engenheiro Agrônomo.



USINA HIDRELÉTRICA BELLO MONTE



## GLOSSÁRIO

**Berma** - parte superior das plataformas de lixo que fica exposta, tendo como objetivo aumentar a estabilidade do aterro e facilitar sua manutenção e monitoramento.

**Chorume** - líquido de cor escura, odor desagradável e muito poluente, resultante da decomposição de substâncias contidas nos resíduos sólidos.

**Erosões** - desgastes sofridos pelo solo devido a ações externas (vento, águas, etc.).

**Jazida de Empréstimo** - local onde se coleta o material utilizado no recobrimento diário, na cobertura final e na impermeabilização da base do aterro.

**Jusante** - local abaixo de um determinado ponto, num corpo d'água.

**Maciço** - área de disposição dos resíduos já aterrados.

**Monitoramento do aterro sanitário** - acompanhamento da evolução do aterro sanitário para avaliação de sua operação e sua influência sobre o meio ambiente.

**Montante** - local acima de um determinado ponto, num corpo d'água.

**Piezômetro** - instrumento para medição do nível de líquido e pressão de gases no interior do maciço de lixo.

**Platôs** - partes planas superiores da última camada da plataforma.

**Recalques** - adensamentos da plataforma do maciço.

**Sopé do talude** - base da rampa.

**Taludes** - superfícies inclinadas formadas em aterros ou cortes.

**Vazão** - volume de líquido escoado numa unidade de tempo.

**Vetores** - animais transmissores de doenças (ratos, urubus, moscas, etc.)

## Referências bibliográficas

ABNT. NBR 15849: Resíduos sólidos urbanos: aterros sanitários de pequeno porte – diretrizes para localização, projeto, implantação, operação e encerramento. Rio de Janeiro, 2010. 24 p.

CASTILHOS JR., Armando Borges (Coord.); Zanta, Viviana Maria et al. Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte. Rio de Janeiro: ABES; São Carlos: RiMA, 2003. 280 p. Documento do PROSAB através da Rede Cooperativa de Pesquisas sobre o tema Alternativas de disposição de resíduos sólidos urbanos para pequenas comunidades.  
<http://www.finep.gov.br/prosab/livros/ProsabArmando.pdf>

SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Estado de Meio Ambiente; CETESB. Procedimentos para a implantação de aterros sanitários em valas. São Paulo: SMA, 2005. 34 p.  
[http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/aterroemvalas/proc\\_implant.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/uploads/arquivos/aterroemvalas/proc_implant.pdf)

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.

NBR 13896: aterros de resíduos não perigosos - critérios para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 1987.

NBR 8419: apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos - procedimento. Rio de Janeiro, 1984.

SEPLANTEC - Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia do Estado da Bahia a

CONDER - Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia.



norteENERGIA

USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

Cartilha – Manual de Operação de Aterros Sanitários

<http://www.unipacvaledoaco.com.br/ArquivosDiversos/Cartilha%20Opera%C3%A7%C3%A3o%20Aterro%20Sanit%C3%A1rio%20COND ER.pdf>

FEAM - Fundação Estadual do Meio Ambiente/Projeto Estruturador Revitalização e desenvolvimento Sustentável na Bacia do Rio São Francisco.

Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais.

Cartilha – Orientações Básicas para Operação de Aterro Sanitário

<https://www.passeidireto.com/.../orientacoes-basicas-para-operacao-de-aterro-sanitario>

Ministério das Cidades

Ministério do Meio Ambiente

Cartilha - MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO aplicado a resíduos sólidos - Redução de emissões na disposição final

[http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/03-aterro\\_md1.pdf](http://www.ibam.org.br/media/arquivos/estudos/03-aterro_md1.pdf)

Ministério das Cidades

ReCESA - Rede Nacional de Capacitação e Extensão Tecnológica em Saneamento Ambiental

Cartilha - Processamento de Resíduos Sólidos Orgânicos - Guia do profissional em treinamento.

<https://www.cidades.gov.br/>



norteENERGIA  
USINA HIDRELÉTRICA BELO MONTE

