



**SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO**

Código:  
PO-SAMA-SGA-MA-0001

Data:  
15/08/2015

Assunto:  
**PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE TRATAMENTO  
DE SOLO CONTAMINADO PARA BIORREMEDIAÇÃO**

Revisão:  
0

Folha:  
1 de 9

**Controle das Revisões do Documento**

Revisão	Motivo da Revisão
0	Versão inicial do documento.

REVISÃO	REV. 0	REV.	REV.	REV.	REV.
DATA	15/08/2015				
EXECUTADO	MTC				
VERIFICADO	EMS				
APROVADO	PEB				

*[Handwritten signatures and initials in blue ink]*



 CONSTRAN CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL	<b>SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO</b>	Código: PO-SAMA-SGA-MA-0001	Data: 15/08/2015
Assunto: <b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE TRATAMENTO DE SOLO CONTAMINADO PARA BIORREMEDIAÇÃO</b>		Revisão: 0	Folha: 2 de 9

## INDICE

	Pág.
1. OBJETIVO.....	03
2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA.....	03
2.1 Internos.....	03
2.2 Externos.....	03
3. DEFINIÇÕES E SIGLAS .....	03
4. CONDIÇÕES GERAIS .....	05
4.1 Responsabilidade e Autoridade .....	05
5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS .....	05
5.1 Justificativa .....	05
5.2 Método Executivo .....	06
5.3 Equipamento de proteção .....	07

## ANEXOS

Anexo I – Controle de Tratamento de Solo Contaminado.....	09
---	----

## 1. OBJETIVO

Apresentar metodologia para tratamento de solo contaminado por óleos e graxas no próprio canteiro ("on site"), adotando processo de biorremediação e técnica de bioestímulo. A técnica proposta visa promover a ação de microrganismos existentes no próprio solo para degradação do poluente, reduzindo a níveis que permitam o uso do solo na recuperação de áreas degradadas no canteiro.

Associar tratamento de solo contaminado por óleos e graxas a compostagem, utilizando na composição do substrato do tratamento de solo contaminado, produto da compostagem orgânica.

## 2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

### 2.1 Internos

- a) PE-SAMA-SSO-ST-0001 Procedimento de controle de aquisição, distribuição, utilização, higienização, manuseio e descarte dos EPI;
- b) PG-SAMA-SSO-ST-0001 Utilização e controle de equipamentos de Proteção Individual;
- c) PG-SAMA-SGI-SG-0003 Procedimento de aplicação de APR – Análise Preliminar de Riscos.

### 2.2 Externos

- a) PBA – Programa Básico Ambiental;
- b) Anexo contratual 1.3 Segurança e meio ambiente;
- c) ABNT NBR 1370 – Equipamento de Proteção Individual – Cinturão e talabarte de segurança – Especificação e métodos de ensaio;
- d) ABNT NBR 13894 – Tratamento no solo (*landfarming*).

## 2. DEFINIÇÕES E SIGLAS

**Anaeróbico** – Tipo de respiração ou de organismo (especialmente bactéria) que pode viver independentemente do oxigênio livre;

**Adsorção** - Em pedologia, é a propriedade que o solo possui de reter as soluções envolventes, principalmente certas substâncias, como os fosfatos, com exclusão de outras, como os nitratos;

**Bactérias** – Organismos microscópicos, unicelulares e universalmente distribuídos;

---

 CONSTRAN CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL	<b>SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO</b>	Código: PO-SAMA-SGA-MA-0001	Data: 15/08/2015
Assunto: <b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE TRATAMENTO DE SOLO CONTAMINADO PARA BIORREMEDIAÇÃO</b>		Revisão: 0	Folha: 4 de 9

**Biorremediação** – emprego de técnicas que utilizam microrganismos para redução ou eliminação dos riscos decorrentes da contaminação do solo em níveis aceitáveis para uso declarado;

**Compostagem** – Processo controlado de degradação de resíduos orgânicos biodegradáveis por oxidação microbiana, obtendo no final do processo um produto que pode ser utilizado como melhorador de solos agrícolas;

**Ex situ** – Tratamento realizado com remoção do solo e transporte para outro local de tratamento;

**Fermentação** – Processo de óxido-redução bioquímica sob a ação de microrganismos (O teor de oxigênio separa a fermentação da respiração, ocorrendo à primeira na ausência de oxigênio);

**Hidrocarboneto** – Composto orgânico formado de carbono e hidrogênio que compreende as parafinas, olefinas, membros da série dos acetilenos, que ocorrem em petróleo, gás natural, carvão de pedra e betume;

**In situ** – Tratamento realizado no local, sem que haja remoção do solo;

**Metabolizar** – Transformar estrutura química de determinada substância;

**Micronutriente** – nome dado a vários elementos químicos (como zinco, cobre, cobalto, manganês, iodo, flúor) encontrados em quantidades minúsculas nos tecidos de plantas e animais;

**On site** – Tratamento realizado no local do empreendimento, mas com remoção do solo;

**Percolação** – Movimento de penetração da água no solo e subsolo;

**Solo** – Formação natural superficial. Compõe de elementos minerais (silte, areia, argila), húmus, nutrientes (Ca, K, N, P, etc), água, ar e seres vivos;

**Substrato** – Base.

## 4. CONDIÇÕES GERAIS

### 4.1 Campo de Aplicação

Aplica-se à execução dos serviços do consórcio Constran UTC – UHE São Manoel, Subcontratadas e Prestadores de serviço que desempenham suas atividades dentro das instalações do canteiro de obras e adjacências, do empreendimento.

### 4.2 Responsabilidades e Autoridade

#### 4.2.1 Gerente de Engenharia

- a) Fornecer projetos técnicos para aplicação da biorremediação;
- b) Fornecer os recursos necessários para sua aplicação.

#### 4.2.2 Gerente de QSMSRS

- a) Apoiar a aplicação do presente procedimento;



 <b>SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO</b>	Código: PO-SAMA-SGA-MA-0001	Data: 15/08/2015
	Assunto: <b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE TRATAMENTO DE SOLO CONTAMINADO PARA BIORREMEDIAÇÃO</b>	Revisão: 0

- b) Prover recursos de mão-de-obra para a atividade;
- c) Prover recursos de insumos e equipamentos necessários para a atividade.

#### 4.2.3 Biólogo de QSMSRS

- a) Conhecer e supervisionar o presente procedimento;
- b) Difundir a aplicação do presente procedimento entre sua equipe de trabalho;
- c) Colaborar para o bom entendimento e aplicação deste procedimento, inclusive por parte dos empregados sob sua responsabilidade;
- d) Elaborar, atualizar e auditar o conteúdo deste procedimento;
- e) Apresentar os resultados ao Gerente de QSMSRS;
- f) Elaborar APR.

## 5. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

### 5.1 Justificativa

O tratamento de solos contaminados por produtos orgânicos pelo processo de biorremediação, quando comparado com processos químicos e físicos, é uma alternativa ecologicamente mais segura e eficiente para reduzir o nível de poluição. Esta tecnologia é baseada no uso de microrganismos para transformar os poluentes em substâncias com pouca ou nenhuma toxicidade. (Raimundo e Rizzo, 2002).

Atualmente as técnicas de biorremediação tornaram-se alternativas promissoras para tratamento de solos contaminados por substâncias orgânicas. Este processo é baseado na capacidade de populações microbianas (endógenas) de modificar ou decompor determinados poluentes. As populações microbianas (endógenas) de modificar ou decompor determinados poluentes. Os microrganismos usam o carbono orgânico destes poluentes como fonte de energia, obtendo o produto final o CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O pela via aeróbica, e a formação de biomassa (Troquest et al, 2003). Esta alternativa é baseada na capacidade de atenuação natural de contaminantes no solo e nas águas subterrâneas.

Algumas técnicas de biorremediação podem ser utilizadas em todas as tecnologias, visando à otimização do processo de degradação dos poluentes pelos microrganismos.

Dentre estas se destacam:

- a) Bioestímulo – adição de nutrientes que aumentam a atividade microbiana nativa;
- b) Bioaumento – adição de linhagens microbianas exógenas degradadoras;
- c) Adição de surfactantes – auxiliam a metabolização dos compostos poluentes, facilitando o transporte destes substratos orgânicos para o interior das células microbianas ou diminuindo a interação superficial contaminante / solo;
- d) Adição de enzimas comerciais - favorecem a oxidação de moléculas de difícil degradação em moléculas de fácil assimilação pelos microrganismos.

 <b>SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO</b>	Código:	Data:
	PO-SAMA-SGA-MA-0001	15/08/2015
Assunto:	Revisão:	Folha:
<b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE TRATAMENTO DE SOLO CONTAMINADO PARA BIORREMEDIAÇÃO</b>	0	6 de 9

Os poluentes orgânicos não iônicos como os hidrocarbonetos são normalmente adsorvidos na fração orgânica do solo e, como essa fração é encontrada no horizonte superficial, existe uma tendência para que esses poluentes se concentrem na primeira camada, e os poluentes iônicos, tais como os metais, ânions inorgânicos e algumas moléculas orgânicas são adsorvidos na fração coloidal do solo, tendendo a se concentrar nas camadas inferiores do solo, abaixo da camada orgânica superficial.

Os processos de adsorção, que afetam contaminantes orgânicos e inorgânicos, dependem dos diferentes tipos de solo, tendo os solos arenosos menor capacidade de adsorção e a argilosa maior capacidade. Essa adsorção inibe a lixiviação, impedindo o movimento descendente, reduzindo a biodisponibilidade para plantas e, no caso dos poluentes orgânicos, afetando as taxas de decomposição.

A decomposição dos óleos e graxas no solo ocorre naturalmente pela ação dos microrganismos existentes no próprio solo; de forma direta por bactérias, ou indiretamente, através de co-metabolismo que ocorre de enzimas produzidas pelos microrganismos (bactérias e fungos) existentes no próprio solo, através de três maneiras de metabolismo: respiração aeróbica, respiração anaeróbica e fermentação.

A eficiência do tratamento biológico de solo contaminado por óleos e graxas está relacionada diretamente com as condições de pleno desenvolvimento dos microrganismos existentes no solo responsável pela degradação dos hidrocarbonetos.

As condições para aumentar a atividade microbiana no processo de bioestimulação são relacionadas aos seguintes fatores:

- a) Aos níveis de elementos químicos necessários para uma biorremediação de sucesso, oxigênio, água, nutrientes;
- b) Temperatura moderada;
- c) PH controlado.

A escassez ou falta de uma fonte de energia apropriada e disponível limita o crescimento microbiológico no solo, e conseqüentemente, compromete a eficiência do tratamento.

“O tratamento biológico com micróbios é geralmente bastante efetivo na degradação de óleos e graxas. Entretanto os sistemas só são efetivos se um pré tratamento e uma alta taxa de diluição forem empregados. Altas taxas de óleo são problemáticas do ponto de vista do emprego da biotecnologia, pois os microrganismos absorvem o óleo em uma taxa maior que o metabolizam”.

(NBR 14063/1998 – Processo de tratamento de efluentes de mineração).

## 5.2 Método Executivo

### 5.2.1 Preparo do canteiro

- a) Distribuir na área impermeabilizada, com manta PEAD de 112 mm, preparada para o tratamento, uma camada uniforme de solo vegetal ou composto orgânico com 40 cm de espessura;
- b) Distribuir na superfície do canteiro sobre a camada de solo vegetal, camada uniforme de serragem com 20 cm de espessura.



 <b>CONSTRAN</b> CONSÓRCIO UHE SÃO MANOEL	<b>SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO</b>	
	Código: PO-SAMA-SGA-MA-0001	Data: 15/08/2015
Assunto: <b>PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE TRATAMENTO DE SOLO CONTAMINADO PARA BIORREMEDIAÇÃO</b>	Revisão: 0	Folha: 7 de 9

### 5.2.2 Descarregamento do solo

- a) Descarregar no canteiro de tratamento, o solo contaminado por óleos e graxas removidos das caixas SAO – Separadoras de água e óleo, rampas de lavagem, lubrificação e demais áreas do canteiro;
- b) Após a secagem natural da pilha de solo contaminado, distribuir na superfície do canteiro em camada uniforme com 20 cm de espessura.

### 5.2.3 Diluição do solo

- a) Incorporar solo vegetal ou composto orgânico no solo contaminado numa proporção de 2:1, duas partes de solo vegetal ou composto orgânico para uma parte de solo contaminado;
- b) Após a mistura, com uso de enxada, distribuir o material em leiras com aproximadamente 50 cm de altura e espaçadas de 30 cm para permitir a circulação entre os canteiros.

### 5.2.4 Adubação e irrigação dos canteiros

- a) Distribuir a lanço na superfície das leiras, adubo e calcário sendo a adubação e calagem empregada no processo: adubo formulado NPK, 4-14-8 – 200 gramas/m<sup>2</sup> de canteiro; calcário dolomítico – 50 gramas/m<sup>2</sup> de canteiro;
- b) As adubações de cobertura serão definidas mediante avaliação dos canteiros durante o tratamento, sendo utilizada metade da recomendação inicial numa frequência mensal;
- c) Incorporar o adubo e o calcário revolvendo as leiras com uso de enxada;
- d) Durante o revolvimento diário verificar se a umidade do material empilhado esta sendo mantida;
- e) Caso seja percebida a secagem do solo nas leiras, corrigir com irrigação dos canteiros, evitando excesso de água e escorrimento.

### 5.2.5 Revolvimento das leiras

- a) Revolver as leiras diariamente com uso de enxada, para aeração das pilhas.

### 5.2.6 Conclusão do processo

Após concluído o tratamento, remover as leiras do solo descontaminado e encaminhar para estoque de solo vegetal, para o uso direto no PRAD ou em substrato para viveiro.

## 5.3 Equipamento de Proteção

### 5.3.1 Equipamento de Proteção Individual – EPI

- a) Capacete de segurança para proteção contra impactos de objetos sobre o crânio;
- b) Óculos de segurança para proteção dos olhos contra impactos de partículas volantes;

- c) Protetor Auditivo de inserção para proteção do sistema auditivo contra níveis de pressão sonora superiores ao estabelecido na NR – 15, Anexos I e II;
- d) Respirador purificador de ar para proteção das vias respiratórias contra poeiras e névoas;
- e) Luva de segurança para proteção das mãos contra agentes abrasivos e escoriantes;
- f) Calçado de segurança para proteção contra impactos de quedas de objetos sobre os artelhos;
- g) Perneira de segurança para proteção da perna contra agentes abrasivos e escoriantes;
- h) Calça de segurança para proteção contra agentes abrasivos e escoriantes.

---

**"TODO DOCUMENTO É DINÂMICO E SUJEITO A REVISÕES".**

Sugestões e comentários que contribuam para o seu aprimoramento devem ser encaminhadas à Coordenação Técnica e Coordenação do Setor de QSMS - Obra.

---



Assunto:

**PROCEDIMENTO OPERACIONAL DE TRATAMENTO DE SOLO CONTAMINADO PARA BIORREMEDIAÇÃO**

Revisão:  
0

Folha:  
9 de 9

Anexo I – Controle de Tratamento de Solo Contaminado

		<b>SISTEMA DE GESTÃO INTEGRADO</b>			Código: FR-SGA-MA-017	Data: 15/08/2015
<b>CONTROLE DE TRATAMENTO DE SOLO CONTAMINADO</b>					Revisão: 0	Folha: 1/1
Documento de Referência: PO-SAMA-SGA-MA-0001		Projeto de Referência:			Rev.:	Data:
Obra: USINA HIDROELÉTRICA SÃO MANOEL		Cliente: EEEM - EMPRESA DE ENERGIA SÃO MANOEL S.A.			0	
INÍCIO DO PROCESSO	IDENTIFICAÇÃO DO CANTEIRO	RELAÇÃO: SOLO CONTAMINADO / SOLO NÃO CONTAMINADO	ADUBAÇÃO INICIAL	ADUBAÇÃO CORRETA	OBSERVAÇÕES	