

## DERIVATIZAÇÃO DE POLUENTES DO CHORUME, ATRAVÉS DA SOLIDIFICAÇÃO, PELA ADIÇÃO DE MATÉRIA ORGÂNICA E INORGÂNICA

Lélio Ronaldo Massai  
leliomassai@yahoo.com.br

Priscila Quevedo M. Garcez  
diretoria@preservalegal.com.br

Karina Marie Kamimura  
Universidade Federal do Mato Grosso do Sul –UFMS  
karina.kamimura@ufms.br

Lourdes Regina Duarte Massai  
massailourdesrd@gmail.com

### RESUMO

Um aterro sanitário foi concebido para segregar do ambiente os rejeitos humanos, mas a liberação dos gases, as infiltrações e a própria produção de chorume, são atos que demonstram uma clara intervenção na natureza através dos Ciclos Biogeoquímicos, na intenção do retorno dos átomos e moléculas lá retidos, aos ciclos naturais. O tratamento do líquido percolado dos aterros sanitários é uma medida que minimiza a poluição de nossos mananciais. Atualmente, mesmo com a implementação de novas tecnologias o tratamento desse tipo de efluente não é eficiente, pois os tratamentos aplicados sempre apresentam algum inconveniente: são muito complexos, com custo elevado e muitas vezes produzem um terceiro resíduo. Um processo mnemônico que deve ser sempre lembrado, antes execução de um projeto é que ele deve ser mais *Simple*, mais *Barato*, mais *Fácil*, mais *Rápido* e menos *Perigoso* (*Simba Fará Peso*). Neste trabalho, nós discutimos a incorporação no chorume de substrato orgânico e inorgânico, para derivatizar parâmetros recalcitrantes. As amostras resultantes, após secas por energia solar, foram enviadas para análises. Os resultados obtidos demonstraram que os componentes agressivos, foram atenuados dando condições do descarte na natureza ou aproveitamento energético para redução do custo do tratamento.

**Palavras-chave:** Aterro sanitário; Chorume; Ciclos Biogeoquímicos; Derivatização; Substrato orgânico e inorgânico.

## 1 OBJETIVOS

- Tratar o chorume por adensamento com materiais orgânicos e inorgânicos;
- Neutralizar compostos orgânicos e inorgânicos;
- Encapsular íons inorgânicos;
- Diluição sólida.

## 2 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos as implementações de novas tecnologias no tratamento de chorume, não surtiram os efeitos desejados, (HAANDEL e LETTIGA, 1994). Os tratamentos aplicados, sempre apresentaram algum inconveniente. Na biodegradação muitas das misturas tóxicas dos efluentes são letais aos microrganismos, fato que limita a aplicabilidade deste método, (NERGER et al., 1988; HRISTU, 1989). Oxidantes químicos como, oxigênio, cloro, ozônio ou água oxigenada não apresentam os problemas citados acima, mas geralmente encarecem em muito o tratamento, (OLLIS et al., 1989). Radicais livres, especialmente o radical hidróxido ( $\text{OH}^\cdot$ ), são poderosos oxidantes e podem em princípio induzir a mineralização de quase todos os produtos químicos orgânicos tóxicos. Porém, a aplicabilidade deste método demonstrada por (BUSER e ZEHNDER, 1985) e (GETOF, 1990), é limitada devido: ao alto custo, difícil operacionalidade, severas medidas de segurança para operações e a não aceitação da tecnologia nuclear em nosso meio. Para derivatizar os componentes recalcitrantes do chorume, incorporamos um substrato orgânico e inorgânico que através da encapsulação metais, saponificação de óleos e graxas, neutralização ácidos, reações diversas e mesmo diluição sólida, atenuaram os efeitos nocivos desses parâmetros na natureza. Foi utilizado o chorume do Aterro Sanitário da Cidade de Chapadão do Sul em Mato Grosso do Sul. Uma outra formulação com maior teor energético também foi realizada, com a intenção de reduzir o custo do processo através da queima, produção de energia e utilização das cinzas estéreis, inócuas em olarias ou na produção de artefatos de cimento.

## 3 REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 Chorume

"Chorume", "purina", "lixívia", "sumeiro", "líquido percolado" ou "lixiviados de aterro sanitário", são termos que designam o líquido viscoso de coloração escura, produzido pela ação enzimática dos microrganismos nos resíduos, pela oxidação química de metais e pela infiltração de água nos aterros sanitários. Sua composição química é variável e de forma geral o chorume é formado pela solubilização de componentes do lixo na água. Os íons que podem ser encontrados e suas possíveis origens são mostrados na Tabela 1.

**Tabela 1 – Principais íons encontrados no chorume**

| Íons   | Produtos  |
|--|---|
| $\text{Na}^+$ , $\text{K}^+$ , $\text{Ca}^{++}$ , $\text{Mg}^{++}$ | Material orgânico, entulhos de construção, cascas de ovos         |
| $\text{PO}_4^{--}$ , $\text{NO}_3^-$ , $\text{CO}_3^{--}$          | Material orgânico   |
| $\text{Cu}^{++}$ , $\text{Fe}^{++}$ , $\text{Sn}^{++}$             | Material eletrônico, latas, tampas de garrafas                    |
| $\text{Hg}^{++}$ , $\text{Mn}^{++}$                                | Pilhas comuns alcalinas, lâmpadas fosforescentes                  |
| $\text{Ni}^{++}$ , $\text{Cd}^{++}$ , $\text{Pb}^{++}$             | Baterias de celular e de automóveis                               |
| $\text{Al}^{+3}$   | Latas descartáveis, utensílios domésticos, cosméticos, embalagens |
| $\text{Cl}^-$ , $\text{Br}^-$ , $\text{Ag}^+$                      | Tubos de PVC, negativos de filmes e raio X                        |
| $\text{As}^{+3}$ , $\text{Sb}^{+3}$ , $\text{Cr}^{+3}$             | Embalagens de tintas, vernizes, solventes orgânicos               |

Fonte: (Chu et all. 1994)

Além desses metais, são encontrados MBAS (substâncias tensoativas), Fenóis, Óleos e Graxas, BIS (2Etil hexil ftalato), Boro, Cromo, Sulfatos, Sulfetos, Fosfatos, Fluoretos e Materiais Orgânicos Recalcitrantes.

Uma análise prévia do chorume do Aterro Sanitário da Cidade de Chapadão do Sul realizada pela empresa Biolaqua Ambiental LTDA (Tabela 2) e experiências anteriores, com outros efluentes recalcitrantes, nos auxiliou na escolha dos componentes utilizados. Como é um aterro novo, sua complexidade é menor no que se refere ao tratamento, por isso optou-se pela utilização de um substrato orgânico e inorgânico composto por 4 componentes: carvão vegetal, serragem de madeira, cal hidratada e latossolo vermelho. Certos efluentes exigiram o uso de até 12 componentes para atingir os objetivos.

### 3.2 Ciclos Biogeoquímicos

Os Ciclos Biogeoquímicos representam o movimento dos elementos químicos entre os seres vivos entre: atmosfera, litosfera e hidrosfera. Podem ser classificados em dois grupos: gasosos e sedimentares. O ciclo gasoso é aquele que possui como reservatório principal a atmosfera onde os elementos saem da biosfera na forma gasosa. No ciclo sedimentar o principal reservatório é a crosta terrestre. O Homem interfere nos ciclos através da extração de minerais, aterros sanitários e poluição em geral Tabela 3.

**Tabela 2 – Composição do chorume do Aterro de Chapadão do Sul**

| Parâmetro                  | Unidade | Concentração | Conama 375      |
|----------------------------|---------|--------------|-----------------|
| Alumínio                   | Mg/l    | 0,11         |                 |
| Arsênio                    | Mg/l    | 0,061        | 4,1             |
| Bário                      | Mg/l    | 0,086        | 1.300           |
| Chumbo                     | Mg/l    | 0,011        | 300             |
| Cloreto                    | Mg/l    | 1510         |                 |
| Cobre                      | Mg/l    | 0,08         | 1.500           |
| Coliformes                 | UFC     | 720.000      | 10 <sup>7</sup> |
| Cromo total                | Mg/l    | 0,01         | 1.000           |
| DBO                        | Mg/l    | 438          | --              |
| DQO                        | Mg/l    | 2810         | --              |
| Ferro                      | Mg/l    | > 2,5        | --              |
| Fósforo                    | Mg/l    | 9            | --              |
| Manganês                   | Mg/l    | 0,368        | --              |
| Merúrio                    | Mg/l    | 0,0001       | 17              |
| Níquel                     | Mg/l    | --           | --              |
| Nitrogênio NH <sub>3</sub> | Mg/l    | >150         | --              |
| Nitrogênio NO <sub>3</sub> | Mg/l    | --           | --              |
| Nitrogênio total           | Mg/l    | --           | --              |
| OG                         | Mg/l    | 12,4         | --              |
| pH                         | Mg/l    | 8            | --              |
| Potássio                   | Mg/l    | --           | --              |
| Sólidos                    | Mg/l    | --           | --              |
| Sulfeto                    | Mg/l    | 1,11         | --              |
| Turbidez                   | Mg/l    | 36,9         | --              |
| Zinco                      | Mg/l    | 1,15         | 2.800           |

Fonte: Biolaqua Ambiental Ltda

### 3.3 Derivatização do chorume por materiais orgânicos e inorgânicos

Na análise cromatográfica “Derivatização” é um processo no qual o constituinte em análise é modificado quimicamente para torná-lo mais fácil de ser detectado ou separado. Neste trabalho incorporamos no chorume um substrato orgânico e inorgânico composto por carvão vegetal, serragem, cal e latossolo vermelho. Esse substrato tem a função de: atenuar, encapsular, reagir, saponificar, neutralizar e diluir os componentes recalcitrantes presentes Figura 1. A conversão de um composto em outro, mediante reações adequadas constitui outra origem importante de substâncias. Tais transformações podem envolver a ruptura de moléculas grandes dando origem a moléculas menores catalisadas pela presença da luz solar.

Figura 1

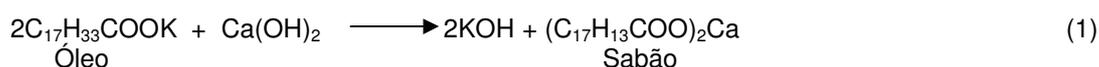


Tabela 3- Alguns elementos químicos e suas prováveis massas

| Símbolo | Elemento   |               | Biomassa  |            | Crosta terrestre |            | Mar       |            |
|---------|------------|---------------|-----------|------------|------------------|------------|-----------|------------|
|         | Nº Atômico | Massa Atômica | Massa ppm | Átomos ppm | Massa Ppm        | Átomos ppm | Massa ppm | Átomos ppm |
| H       | 1          | 1             | 65.900    | 496.800    | 1.400            | 28.800     | 111.000   | 110.000    |
| C       | 6          | 12            | 393.000   | 248.000    | 200              | 350        | 27,8      | 2.387      |
| N       | 7          | 14            | 5.020     | 2.720      |                  |            | 0,4       | 0,03       |
| O       | 8          | 16            | 524.290   | 24.900     | 466.000          | 604.000    | 883.000   | 55.200     |
| F       | 9          | 19            |           |            | 625              | 680        | 1,3       | 0,068      |
| Na      | 11         | 23            | 190       | 63         | 28.300           | 25.500     | 10.700    | 468        |
| Mg      | 12         | 24,3          | 980       | 307        | 20.900           | 17800      | 1,290     | 53,3       |
| Al      | 13         | 27            | 560       | 157        | 81.300           | 62.500     |           |            |
| Si      | 14         | 28,1          | 1.210     | 327        | 277.000          | 205.000    | 2,9       | 0,103      |
| P       | 15         | 31,0          | 520       | 128        | 1.050            | 700        | 0,07      | 0,002      |
| S       | 16         | 32,1          | 710       | 169        | 260              | 170        | 904       | 28,2       |
| Cl      | 17         | 35,5          | 500       | 106        |                  |            | 19.353    | 546        |
| K       | 19         | 39,1          | 2.290     | 444        | 25.900           | 13.700     | 399       | 10,2       |
| Ca      | 20         | 40,1          | 3.780     | 717        | 36.300           | 18.800     | 412       | 10,2       |
| Mn      | 25         | 54,9          | 210       | 29         | 950              | 360        |           |            |
| Fe      | 26         | 55,9          | 390       | 553        | 50.000           | 18.600     | 0,03      |            |
| Br      | 35         | 79,9          |           |            |                  |            | 67        | 0,084      |
| Sr      | 38         | 87,6          |           |            | 375              | 89         | 8         | 0,091      |
| Ba      | 56         | 137,3         |           |            | 425              | 64         |           |            |

Fonte: Leite et al 2004 e autores

#### 3.3.1 Cal Hidratada

Regulador de pH, encapsulamento de metais por formação de hidróxidos metálicos insolúveis, além de saponificar os óleos e graxas presentes.

### 3.3.2 Carvão Vegetal

Pó de carvão com propriedades adsorptivas, aglutinante de toxinas, altamente poroso e adsorvente, além de aumentar o poder calorífero da mistura.

### 3.3.3 Serragem de madeira

Serragem fonte de açúcares muito útil no processo ininterrupto de fermentação, oxidação e mineralização da matéria orgânica. Embora tenha baixo poder de adsorção também colabora com o poder calorífico do processo.

### 3.3.4 Latossolo Vermelho

Terra roxa (do italiano Rosso), terra vermelha, Latossolo roxo ou de barranco provem de anos de decomposição de rochas basálticas, muito rica em nutrientes tem como o óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) como o responsável por sua coloração, além da presença se outros óxidos como:  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ;  $\text{SiO}_2$ ;  $\text{K}_2\text{O}$ ;  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  mais compostos carbonados e hidrogenados. É um tipo de solo encontrado no Paraná, São Paulo, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Goiás. Altamente higroscópica também funcionará como o agente diluidor. Análises prévias devem ser realizadas visando evitar o uso de solos contaminados. BRADY, (1989), (ANDREOLA et all 1995).

## 3.4 Cálculo da composição do substrato, emissão de $\text{CO}_2$ e calorias por quilo

Cálculo da composição do substrato, emissão de  $\text{CO}_2$  e de calorias Tabelas 4 e 5.

**Tabela 4 – Substrato com baixa emissão de  $\text{CO}_2$  e caloria**

| Produto       | %  | Massa (g) | Emissão de kg de $\text{CO}_2$ /kg | Kcal/kg |
|---------------|----|-----------|------------------------------------|---------|
| Carvão        | 5  | 50        | 0,1508                             | 375     |
| Serragem      | 40 | 400       | 0,3589                             | 960     |
| Cal Hidratada | 5  | 50        | 0                                  | 0       |
| Terra roxa    | 50 | 500       | 0,0025                             | 115     |
| Massa total   |    | 1000      | 0,5122                             | 1.450   |
|               |    | 500       | 0,2561                             | 725     |

**Tabela 5 - Substrato com maior poder energético**

| Produto       | %  | %    | Emissão de CO <sub>2</sub> | Kcal  |
|---------------|----|------|----------------------------|-------|
| Carvão        | 30 | 300  | 0,9049                     | 2.250 |
| Serragem      | 30 | 300  | 0,2692                     | 720   |
| Cal Hidratada | 5  | 50   | 0                          | 0     |
| Terra roxa    | 35 | 350  | 0,0018                     | 081   |
| Massa total   |    | 1000 | 1,1759                     | 3.051 |
|               |    | 500  | 0,5879                     | 1.525 |

## 4 METODOLOGIA

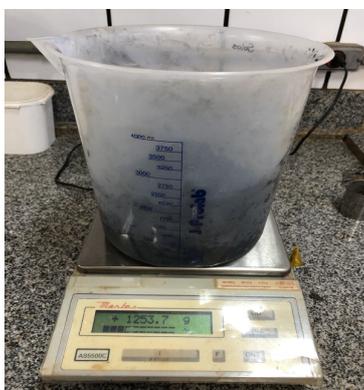
### 4.1 Coleta das amostras

As amostras de chorume foram coletadas no Aterro Sanitário da Cidade de Chapadão do Sul, seguindo metodologia padrão da APHA (1998). Foram transportadas em bombonas de polipropileno estocadas no Laboratório do Aterro.

### 4.2 Tratamento

Em 500g do substrato foram incorporados 735ml do chorume Tabela 6. Formando 1253,7g Figura 2. Essa massa formada foi submetida a secagem a luz solar onde ocorreram inúmeras reações catalisadas pela luz e calor solar. O resíduo seco foi enviado a Bioagri Ambiental Ltda para a realização de análises completas para avaliação da eficiência do tratamento.

Figura 2- Chorume + substrato



Na tabela 6 e 7 temos os cálculos indicativos das emissões de CO<sub>2</sub> e energia da mistura chorume/substrato. Os valores do chorume foram calculados teoricamente.

**Tabela 6 – Cálculo das emissões da mistura chorume substrato**

| Produto    | Volume (ml) | Massa líquida (g) | Peso seco(g) | Kg CO <sub>2</sub> /kg | Cal/kg |
|------------|-------------|-------------------|--------------|------------------------|--------|
| Chorume    | 785         | 753,7             | 39,26        | 0,0583                 | 142    |
| Substrato  | -           | 500               | 500          | 0,2561                 | 725    |
|            |             | 1253,7            | 539,26       | 0,3144                 | 867    |
| para/1000g |             |                   |              | 0,5830                 | 1.608  |

**Tabela 7 - Cálculo das emissões da mistura chorume substrato**

| Produto    | Volume | Massa | Peso Seco | Kg CO <sub>2</sub> /kg | Cal/kg |
|------------|--------|-------|-----------|------------------------|--------|
| Chorume    | 750    | 720   | 37,5      | 0,0557                 | 136    |
| Substrato  |        | 500   | 500       | 0,5879                 | 1.525  |
|            |        |       | 537,5     | 0,6436                 | 1.661  |
| Para 1000g |        |       |           | 1,1974                 | 3.090  |

## 5 RESULTADOS

A Tabela 8 demonstra os resultados obtidos nos controles analíticos efetuados. As análises foram realizadas pelos Laboratórios da Bioagri Ambiental Ltda e Merieux NitriScience.

**Tabela 8 – Resultados das análises do substrato/chorume**

| Parâmetros                | Unidade | LQ/Faixa | Resultados | Conama 375/2006 VMP |
|---------------------------|---------|----------|------------|---------------------|
| Porcentagem de sólidos    | %pp     | 0,05     | 93,9       | --                  |
| 1,2,3,4 Tetraclorobenzeno | mg/kg   | 0,011    | Zero       | --                  |
| 1,2,3,5 Tetraclorobenzeno | mg/kg   | 0,011    | zero       | --                  |
| 1,2,3, Triclorobenzeno    | mg/kg   | 0,532    | zero       | --                  |
| 1,2,3,5 Tetraclorobenzeno | mg/kg   | 0,011    | zero       | -;-                 |
| 1,2,4 Triclorobenzeno     | mg/kg   | 0,532    | zero       | --                  |
| 1,2 Diclorobenzeno        | mg/kg   | 1,06     | zero       | --                  |
| 1.3 Diclorobenzeno        | mg/kg   | 1,06     | zero       | --                  |
| 1.4 Diclorobenzeno        | mg/kg   | 1,06     | zero       | --                  |
| 2,4,6 Triclorofenol       | mg/kg   | 0,053    | zero       | =;-                 |
| 1,3,5 Triclorobenzeno     | mg/kg   | 1,06     | zero       | --                  |

|                                |       |       |      |       |
|--------------------------------|-------|-------|------|-------|
| <b>2,4 Diclorofenol</b>        | mg/kg | 0,011 | zero | -;-   |
| <b>Aldrin + Diendrin</b>       | mg/kg | 0,064 | zero | -.-   |
| <b>Arsênio</b>                 | mg/kg | 1,0   | 1,5  | 41    |
| <b>Bário</b>                   | mg/kg | 1,0   | 13,3 | 1.300 |
| <b>Di (2etil hexil)ftalato</b> | mg/kg | 0,05  | zero | -.-   |
| <b>Cádmio</b>                  | mg/kg | 0,1   | zero | 41    |
| <b>Cálcio</b>                  | mg/kg | 1,0   | 13,3 | 1.300 |

Continuação da tabela 8

| <b>Parâmetros</b>                      | <b>Unidade</b> | <b>LQ/Faixa</b> | <b>Resultados</b> | <b>Conama<br/>375/2006 VMP</b> |
|--|----------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| <b>COT</b>                             | %pp            | 0,05            | zero              | -.-                            |
| <b>Chumbo</b>                          | mg/kg          | 1,0             | 3,05              | 300                            |
| <b>Clordano (isômero)</b>              | mg/kg          | 0,021           | zero              | Zero                           |
| <b>Cobre</b>                           | mg/kg          | 1               | 12,5              | 1.500                          |
| <b>Coliformes termotolerantes</b>      | NMP            | 0,27            | zero              | 1.000                          |
| <b>Condutividade suspensão a 5%</b>    | uS/cm          | 1               | 844               | -,-                            |
| <b>Cresóis Totais</b>                  | mg/kg          | 0,032           | zero              | -.-                            |
| <b>Cromo</b>                           | mg/kg          | 1               | 9,35              | 1.000                          |
| <b>DDT</b>                             | mg/kg          | 0,0084          | zero              | -.-                            |
| <b>Di butil ftalato</b>                | mg/kg          | 0,05            | zero              | -.-                            |
| <b>Dodecacloropentaciclodecano</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | -.-                            |
| <b>Endrin</b>                          | mg/kg          | 0,032           | zero              | 2                              |
| <b>Enxofre</b>                         | mg/kg          | 500             | <500              | -;-                            |
| <b>Fósforo</b>                         | mg/kg          | 1               | 109               | -.-                            |
| <b>Heptacloro e Heptacloro epóxido</b> | mg/kg          | 0,042           | zero              | -.-                            |
| <b>Hexacloro Benzeno</b>               | mg/kg          | 0,011           | zero              | Zero                           |
| <b>Lindano</b>                         | mg/kg          | 0,011           | zero              | 2                              |
| <b>Magnésio</b>                        | mg/kg          | 50              | 15.600            | -.-                            |
| <b>Mercúrio</b>                        | mg/kg          | 0,05            | zero              | 17                             |
| <b>Molibdênio</b>                      | mg/kg          | 1               | zero              | 50                             |
| <b>Níquel</b>                          | mg/kg          | 1,0             | 3,25              | 420                            |
| <b>N. Nitrato</b>                      | mg/kg          | 1,0             | 8,75              | -.-                            |

|                          |       |        |       |     |
|--------------------------|-------|--------|-------|-----|
| <b>N. Nitrito</b>        | mg/kg | 0,2    | zero  | --  |
| <b>N.Amoniacal</b>       | mg/kg | 0,5    | 33,4  | --  |
| <b>N Total Kjeldall</b>  | mg/kg | 3,7    | 2.140 | --  |
| <b>Pentaclorofenol</b>   | mg/kg | 0,053  | zero  | --  |
| <b>pH (suspensão 5%)</b> | --    | 2 a 13 | 10,25 | --  |
| <b>Potássio</b>          | mg/kg | 50     | 1.680 | --  |
| <b>Selênio</b>           | mg/kg | 1,0    | zero  | 100 |

Continuação tabela 8

| <b>Parâmetros</b>              | <b>Unidade</b> | <b>LQ/Faixa</b> | <b>Resultados</b> | <b>Conama<br/>375/2006 VMP</b> |
|--------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| <b>Sódio</b>                   | Mg/kg          | 50,0            | 1.320             | --                             |
| <b>Sólidos totais</b>          | % p/p          | 0,05            | 93,9              | --                             |
| <b>Sólidos voláteis</b>        | % p/p          | 0,05            | 48,9              | --                             |
| <b>Toxafeno</b>                | mg/kg          | 0,1             | zero              | Zero                           |
| <b>Zinco</b>                   | mg/kg          | 1               | 32,8              | 2.800                          |
| <b>Acenafteno</b>              | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Acenaftileno</b>            | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Antraceno</b>               | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Benzo(a)Antraceno</b>       | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Benzo(b)Fluoranteno</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Benzo(g,h,i)Perileno</b>    | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Benzo (K)Fluoranteno</b>    | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Criseno</b>                 | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Dibenzo(a,h) antraceno</b>  | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Fenantreno</b>              | mg/kg          | 0,011           | 0,020             | --                             |
| <b>Fluoranteno</b>             | mg/kg          | 0,011           | 0,026             | --                             |
| <b>Fluoreno</b>                | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Indeno (1,2,3cd) pireno</b> | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Naftaleno</b>               | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Pireno</b>                  | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 101</b>                 | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 105</b>                 | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |

|                          |       |       |       |    |
|--------------------------|-------|-------|-------|----|
| <b>PCB 114</b>           | mg/kg | 1,011 | zero  | -- |
| <b>PCB 118</b>           | mg/kg | 0,011 | <0,01 | -- |
| <b>PCB 126 + PCB 166</b> | mg/kg | 0,021 | zero  | -- |
| <b>PCB 138 + PCB 158</b> | mg/kg | 0,021 | zero  | -- |
| <b>PCB 153</b>           | mg/kg | 0,011 | zero  | -- |
| <b>PCB 156</b>           | mg/kg | 0,011 | zero  | -- |
| <b>PCB 169</b>           | mg/kg | 0,011 | zero  | -- |

Continuação da tabela 8

| <b>Parâmetros</b> | <b>Unidade</b> | <b>LQ/Faixa</b> | <b>Resultados</b> | <b>Conama<br/>375/2006 VMP</b> |
|-------------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------------------|
| <b>PCB 170</b>    | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 1179</b>   | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 1180</b>   | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 183</b>    | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 28</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 37</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 44</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 49</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 52</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 60</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 66</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 70</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 74</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 77</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 8</b>      | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 82</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 87</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>PCB 99</b>     | mg/kg          | 0,011           | zero              | --                             |
| <b>Umidade</b>    |                | 0,05            | 6,11              | --                             |
| <b>Salmonela</b>  | P/A 10g ST     | a.a             | ausente           | Ausente                        |

|                                     |       |       |      |    |
|-------------------------------------|-------|-------|------|----|
| <b>PCB 128 + PCB 167</b>            | mg/kg | 0,021 | zero | .- |
| <b>Aldrin</b>                       | mg/kg | 0,032 | zero | .- |
| <b>Dieldrin</b>                     | mg/kg | 0,032 | zero | .- |
| <b>PCB's (soma lista holandesa)</b> | mg/kg | 0,074 | zero | .- |

Fonte: Merieux NutriScience e Bioagri Ambiental

## **6 CONCLUSÕES**

- Os valores encontrados no resíduo tratado foram abaixo dos padrões, possibilitando a utilização do substrato, por pelo menos mais duas vezes reduzindo o custo do tratamento, sempre com controles laboratoriais.;
- Todos os defensivos agrícolas estão dos padrões ambientais;
- Resíduo com boa carga orgânica, valores de nitrogênio (2140 ppm), fósforo (109 ppm) e Potássio (1680 ppm) alentam à sua boa qualidade como adubo;
- Alguns metais que subiram continuaram dentro dos padrões;
- As análises de acompanhamento serão necessárias, para que caso surja algum componente em excesso, ele seja corrigido com a utilização de outros produtos derivatizante;
- Qualquer Prefeitura poderá aplicar esse tratamento, sem grandes investimentos e com a utilização de mão de obra própria;
- No caso da queima do substrato as cinzas produzidas pela grande quantidade de minerais presentes, estão prontas para serem utilizada por ser inócua e estéril;
- Utilizando-se a formulação mais energética temos um produto com baixa emissão de gás carbônico emitindo mais de 3.000 cal/kg (Tabela 9).

## **7 CUSTO DO TRATAMENTO**

O pó de carvão pode ser substituído em parte pela borra café e mesmo pelo próprio pó de café usado. A serragem pode ser substituída por podas de árvores picada, gramas e mesmo folhas. O latossolo é coletado livre na natureza, somente a cal terá que ser adquirida. Pelos resultados obtidos o mesmo substrato poderá ser utilizado mais duas vezes. Com isso o custo desse tratamento varia de R\$10,00 a 50,00 por metro cúbico de resíduo.

**Tabela 9 – Principais combustíveis e suas emissões**

| Combustível            | Kg de CO <sub>2</sub> por Kg | Litros de CO <sub>2</sub> por Kg | Caloria/Kg  |
|------------------------|------------------------------|----------------------------------|-------------|
| Bagaço de cana         | 0,88795                      | 494                              | 3700        |
| Briquetes              | 1,4477                       | 805                              | 4200        |
| Capim – Brachiaria     | 0,8880                       | 469                              | 3900        |
| Capim – Elefante       | 0,9432                       | 525                              | 4200        |
| Carvão composto        | 1,5530                       | 864                              | 3850        |
| Carvão vegetal         | 3,01621                      | 1678                             | 7500        |
| Diesel                 | 3,11993                      | 1736                             | 7500        |
| Etanol                 | 2,09057                      | 1163                             | 5600        |
| GLP                    | 2,91997                      | 1624                             | 7000        |
| Gás natural            | 2,6196                       | 1457                             | 7000        |
| Grãos                  | 1,4523                       | 808                              | 1600        |
| Lenha – comercial      | 1,4476                       | 805                              | 3300        |
| Lenha – Eucalipto      | 1,8342                       | 1020                             | 4932        |
| Papel                  | 1,4474                       | 805                              | 4186        |
| Palha de arroz         | 0,8873                       | 481                              | 3730        |
| Palha de milho         | 0,7994                       | 445                              | 3500        |
| Pão                    | 1,6830                       | 436                              | 1183        |
| Pó de café             | 1,814                        | 1009                             | 4200        |
| Querosene              | 3,11726                      | 1734                             | 7400        |
| Serragem               | 0,8972                       | 499                              | 2400        |
| Terra vermelha         | <b>0,0050</b>                | <b>26</b>                        | <b>230</b>  |
| Terra preta            | <b>0,0100</b>                | <b>40</b>                        | <b>350</b>  |
| Chorume/substrato<br>1 | <b>0,5870</b>                | <b>326</b>                       | <b>1608</b> |
| Chorume/substrato<br>2 | <b>1,1974</b>                | <b>666</b>                       | <b>3090</b> |

Fonte: Cetesb 2011 e Fonte dos Autores 2018

## REFERÊNCIAS

ANDREOLA F., COSTA L.M., MENDONSA E.S. e OLSZUSKI N. **Propriedades químicas da Terra Roxa**, 1995, p609-620.

APHA (American Public Health Association). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 20th ed. Washington: APHA/American Water Works Association/Water Pollution Control Federation, 1998.

BIOLAQUA AMBIENTAL LTDA. Biolaqua@uol.com.br.

BRADY, N.C.. **Natureza e propriedade do solo**. Rio de Janeiro. Freitas Bastos. 1989.898p

BUSER, H.R. and ZEHNDER, A. *Experientia*. 42:1082, 1985.

CETESB – **1º Inventário de Emissões Antrópicas de gases do efeito estufa**, CETESB 2011, 2 edição 192p.

CHU, L.M. et all. **Variations in the chemical properties of landfill Leachate**. *Environmental Management*, 18:105-117. 1994.

CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. *Resoluções do CONAMA; 1984/91*. 4. ed. Brasília: IBAMA, 1992. 245 p.

GETOFF, N. *Radiat. Phys. Chem.* 35:432, 1990.

HRISTU, O. *Toxicol. Environ. Chem.*20:21-495, 1989.

LEITE, C. M. B., BERNARDES, R. S. and OLIVEIRA, S. A. **Método Walkley-Black na determinação da matéria orgânica em solos contaminados por chorume**. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Abr 2004, vol.8, no.1, p.111-115. ISSN 1415-436

MERIEUX NutriSciences. Firewall: Porta 8070 e IP 200.206.46.138

NEGER, M. and MERGLER, R. . Vökl, Z. Wasser - Abwasser - Forsch.21., 1989.

OLLIS, D.F., et all. **Protocatalysis Fundamentals and Applications**. *Wiley and Sons*. New York. 603p., 1989.

VAN HAANDEL, A.C. and LETTINGA, G. *Tratamento Anaeróbio de Esgotos*, Eppgraf.,1994.