

# CONTROLE BIOLÓGICO PARA SISTEMAS DE APLICAÇÃO DE VINHAÇA NO SOLO<sup>1</sup>

Magda Eloisa Rafaldini<sup>2</sup>, Lucilene Beatriz Pissinatto<sup>3</sup>, Rogério Martins Manoel<sup>4</sup>, Paulo Roberto Ribeiro Chagas<sup>5</sup>, Rogéria Maria Alves de Almeida<sup>6</sup>

---

## RESUMO

A biodegradação da vinhaça depositada nos canais e tanques após a fertirrigação libera odores desagradáveis, causando incômodo à população do entorno. Os gases liberados durante a decomposição são prejudiciais à saúde, principalmente amônia, sulfeto e mercaptanas que também são formadas a partir da presença do enxofre no meio. O objetivo deste trabalho foi experimentar o composto orgânico EM – *effective microorganisms* para acelerar a decomposição da matéria orgânica da vinhaça. O experimento foi realizado na Fazenda Jacuba, em Mogi Mirim e as amostras foram fornecidas pela Usina Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, localizada na cidade de Itapira. Foram preparados três tratamentos, em triplicata: um sem EM e dois com dosagens diferenciadas visando identificar a quantidade mais adequada de aplicação do composto na vinhaça. Foi feito o monitoramento do experimento durante seis meses, através de análises de pH, demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxigênio (DQO) e análises microbiológicas. Entre os tratamentos houve aumento gradativo do pH, com média inicial de 4,67 e final de 8,45, com remoção média de DBO<sub>5</sub> de 92%. As análises para contagem padrão de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis apresentaram crescimento de  $1,86 \times 10^3$  para  $5,2 \times 10^7$  UFC/mL, para coliformes termotolerantes foi verificado aumento no número de colônias de  $1,55 \times 10^3$  para  $2,90 \times 10^4$  NMP/100mL, apenas as análises para coliformes totais apresentaram queda de  $1,64 \times 10^4$  para  $8,13 \times 10^3$  NMP/100mL. A variância entre os tratamentos não foi significativa. Cabe ressaltar que, no período em que o experimento foi realizado, ocorreu grande volume de precipitação pluviométrica.

**Palavras-chave:** vinhaça, fertirrigação, biorremediação.

## ENVIRONMENTAL CONTROL TO COMMON WINE APPLICATION SYSTEMS, THROUGH DUCTS AND TANKS

### ABSTRACT

The biodegradation of the stillage settled in channels and tanks after fertigation liberates foul odors that are inconvenient to the surrounding population. The gases liberated during the decomposition process are unhealthy, particularly the ammonia, the sulphide and the mercaptans, which are also derived from the sulphur present in the composition. In order to accelerate the biodegradation process of stillage, minimizing odor liberation, an organic compound - EM - *effective microorganisms*, was inoculated. At the location where the experiment was performed, three treatments were prepared, in triplicate: one working as witness, with no products inoculated (T1), one containing EM in a 1:20.000 dilution ratio (T2) and another containing EM in a 1:10.000 dilution ratio (T3), for six months. The experiment was monitored through pH analysis, Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>), Chemical Oxygen Demand (COD) and microbiological analysis. Among treatments, there was progressive pH increase, with an initial mean of 4,67 and a final mean of 9,0; there was significant BOD<sub>5</sub> and COD removal, and the analysis for standard counting of strictly aerobic mesophile microorganisms and viable facultative ones, as well as of heat-tolerant coliforms, showed reduction in the number of colonies. At the end of the experiment, total coliform analysis revealed a drop in treatments T2 and T3 and an increase in treatment T1. The biochemical analysis had no significant variance among treatments. The great volume of rainfall observed while the experiment was being performed must be pointed out.

**Key words:** stillage, fertigation, bioremediation, odors.

---

Trabalho recebido em 30/06/2006 e aceito para publicação em 07/11/2006

<sup>1</sup> Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do primeiro autor apresentado junto ao curso de Engenharia Ambiental do Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal (UNIPINHAL) em novembro de 2005.

<sup>2</sup> Engenharia Ambiental. (Rua 7 de setembro, 280, Mogi Mirim/SP, [mag\\_eloisa@yahoo.com.br](mailto:mag_eloisa@yahoo.com.br)).

<sup>3</sup> Eng. Química pela UNICAMP – Centro de Pesquisa da Fundação Mokiti Okada (Estrada Municipal de Camaquã s/nº SP 191 Km 82,5, Ipeúna/SP, [saneamento@cpmo.org.br](mailto:saneamento@cpmo.org.br)).

<sup>4</sup> Engº Agrôn. Pela UFRJ, espec. cafeicultura, Centro de Pesquisa da Fundação Mokiti Okada ([saneamento@cpmo.org.br](mailto:saneamento@cpmo.org.br)).

<sup>5</sup> Dr. Eng. Agrônômica pela ESALQ – Centro de Pesquisa da Fundação Mokiti Okada ([saneamento@cpmo.org.br](mailto:saneamento@cpmo.org.br)).

<sup>6</sup> Bióloga, Dra. e orientadora do TCC – UNIPINHAL (Av Helio Vergueiro Leite, s/n, CP 05, Espírito Santo do Pinhal – SP, [rogeriaalmeida@directnet.com.br](mailto:rogeriaalmeida@directnet.com.br)).

## 1. INTRODUÇÃO

O setor sucroalcooleiro transforma a cana-de-açúcar em dois produtos importantes no contexto da economia nacional: o açúcar e o álcool. Com destaque à produção do álcool, que tem como principal subproduto a vinhaça, objeto do estudo em questão.

Usualmente, a vinhaça é usada para adubação e irrigação, processo conhecido como fertirrigação. Existem diversas técnicas de aplicação da vinhaça, podendo ser agrupados em modalidades como a aspersão, caminhões-tanque e sulcos de infiltração. Uma das formas para propiciar a aspersão é a abertura de tanques e canais, a céu aberto, em pontos estratégicos na lavoura. Os tanques servem como reservatórios para a vinhaça e os canais são projetados de forma a se minimizar o gasto energético durante o bombeamento da vinhaça até os pontos de aplicação.

O volume gerado desse resíduo é muito maior que a demanda de aplicação no solo, ou seja, a área que recebe a fertirrigação não aproveita o total de vinhaça gerada, e o excedente se torna um problema para o tratamento e a sua disposição final. Assim, as sobras deixadas nos tanques e canais entram em processo de decomposição, causando maus odores, criando uma situação de desconforto, incômodo e risco de problemas de saúde na comunidade do entorno.

Este trabalho tem como objetivo, avaliar a redução da liberação dos odores, decorrentes da decomposição da vinhaça depositada nos tanques e canais utilizados para fertirrigação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A industrialização da cana-de-açúcar para produção de açúcar e álcool gera uma série de subprodutos, entre eles, os de maior volume são: a vinhaça, a torta de filtro e o bagaço, que podem voltar para a lavoura na forma de fertilizantes (DEMATTÊ, 1992).

A vinhaça é gerada na proporção de 13 litros para cada litro de álcool produzido, sendo rica em matéria orgânica e nutrientes, como o potássio, o nitrogênio e o fósforo.

Por esse motivo, a aplicação da vinhaça, como fertilizante, ganhou espaço após o advento do Proálcool, quando grandes quantidades desse material passaram a ser obtidas no processo de produção do álcool. A sociedade, através de reclamações, forçou os técnicos a encontrar uma alternativa à sua disposição no rio, que era prática comum nas usinas (CORTEZ; MAGALHÃES; HAPPI, 1992).

Os efeitos benéficos da aplicação da vinhaça na lavoura de cana-de-açúcar se apresentam como aumento na produtividade, considerando sua aplicação

ao longo do tempo; substituição total ou parcial da adubação mineral, especialmente o adubo potássico; melhora nas condições físicas do solo, aumentando a taxa de infiltração e retenção de água e favorecendo a formação de agregados, o que reduz a suscetibilidade à erosão (COPERSUCAR, 1989).

Dentre as técnicas de aplicação da vinhaça, pode-se citar a fertirrigação, por inundação; por sulcos de infiltração; por aspersão com equipamento semifixo; por aspersão com canhão hidráulico e por veículos-tanque para sua distribuição nos talhões (ORLANDO FILHO, 1983).

Todavia, a vinhaça apresenta elevado índice de demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e matéria orgânica, caracterizando-se, portanto, como material poluente quando descartada em corpos d'água. Quando aplicada no solo, seja "*in natura*" ou diluída, seu alto potencial poluidor é diminuído, graças ao elevado poder de autodepuração deste recurso natural (DEMATTÊ, 1992).

Nas áreas onde a aplicação da vinhaça é feita em doses elevadas, acima daquelas indicadas para o tipo de solo, em questão, podem ocorrer problemas de produtividade, mostrando um efeito negativo da vinhaça sobre a maturação da cana (GOMES, 2003).

Pelo seu elevado teor de matéria orgânica, a vinhaça é um resíduo passível

de tratamento biológico. Os mecanismos biológicos reproduzem, de certa maneira, os processos naturais que acontecem em um corpo d'água após o lançamento de despejos. No corpo d'água, a matéria orgânica é convertida em produtos mineralizados inertes por mecanismos puramente naturais, caracterizando o assim chamado fenômeno da autopeduração. A diferença em uma estação de tratamento de efluentes é a introdução, em paralelo, de uma tecnologia, com o objetivo de manter condições controladas para que ocorra o processo da autodepuração (VON SPERLING, 1996).

O tratamento por via aeróbia consiste no uso do oxigênio, contido no ar atmosférico, ou dissolvido na água, pelos microrganismos, contidos no meio, para decomposição da matéria orgânica. Pela via anaeróbia, o processo é mais lento, e exige um meio ideal para que as bactérias convertam grande parte da matéria orgânica em biogás e minerais (MORAES, 2000).

Dentre os sistemas de tratamento anaeróbio, a lagoa anaeróbia se assemelha ao modelo dos tanques utilizados para armazenamento da vinhaça no tanque, portanto, a reação de biodegradação da matéria orgânica existente na vinhaça, advém de reações anaeróbias.

As elevadas temperaturas em grande parte do território brasileiro favorecem a

utilização de lagoas anaeróbias para tratamento de despejos com alta concentração de matéria orgânica. São necessárias grandes áreas para instalação deste tipo de tratamento, pois requerem grandes dimensões, além de elevado tempo de detenção hidráulica. (CHERNICHARO, 1997).

A digestão anaeróbia pode ser considerada como um ecossistema onde diversos grupos de microrganismos trabalham interativamente na conversão da matéria orgânica complexa em metano, gás carbônico, água, gás sulfídrico e amônia, além de novas células bacterianas. Ela apresenta quatro fases distintas: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. (CHERNICHARO, 1997).

Um fator importante a se considerar no processo anaeróbio é o período necessário à partida do mesmo, considerada como o transiente inicial, marcado por instabilidade no processo, podendo requerer de quatro a seis meses para a estabilização e funcionamento satisfatórios (CHERNICHARO, 1997).

Já a biodegradação é um processo complexo que envolve grande número e variedade de microrganismos na decomposição de material vegetal. No solo ocorre rápida decomposição inicial de material lábil e, posteriormente, num processo mais lento, de materiais mais resistentes. Nem sempre o estudo da

biodegradação exige metodologia complicada, entretanto, é trabalhosa e muitas vezes demorada. A adição de um resíduo orgânico altera a velocidade de decomposição da matéria orgânica no solo. Enfim, a biodegradação é um processo complexo e multifacetado, envolvendo grande número e variedade de microrganismos do solo (TAUK, 1990).

A biorremediação é fundamentada em processos naturais que combina conhecimentos de microbiologia, bioquímica, fisiologia vegetal e engenharia para criar condições favoráveis à biodegradação, imobilização ou extração do contaminante do solo, sendo muito atrativa e oferecendo inúmeras estratégias para sua aplicação (ACCIOLY; SIQUEIRA, 2000).

Na biodegradação da matéria orgânica, em condições de anaerobiose, ocorre a formação de gases, que são liberados para a atmosfera, exalando odores desagradáveis, destacando-se o amoníaco, o sulfeto de hidrogênio e o mercaptano de metilo. Os principais problemas associados à presença de odores são em relação aos efeitos na saúde dos trabalhadores ou das pessoas expostas a essas condições (ANTUNES; MANO, s.d.).

Os problemas de saúde, decorrentes da exposição aos odores liberados, em relação ao mercaptano de metilo, é que sua

inalação está associada a problemas neurológicos e de morte, mas não existe informação sobre os limites de concentrações e suas conseqüências para a saúde (ATSDR, 2002; MITCHELL, 2002 *apud* ANTUNES e MANO, s.d.).

Além disso, a vinhaça, após sua aplicação na lavoura, permanece nos tanques, nos canais principais e secundários, em processo de decomposição, promovendo a proliferação de vetores de doenças, liberando odores desagradáveis, causando grande incômodo à população vizinha.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local de coleta das amostras

A vinhaça utilizada no experimento foi fornecida pela Agropecuária Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, localizada na cidade de Itapira, Estado de São Paulo, durante a safra de 2005. O Grupo Virgolino de Oliveira possui 19.000 hectares de área plantada e em 2004 foram moídas 1.253.000 toneladas de cana-de-açúcar, que geraram 83.167 toneladas de açúcar e 53.801.281 litros de álcool. Considerando que para cada litro de álcool produzido são gerados 13 litros de vinhaça, o volume deste efluente atingiu, aproximadamente, 700.000.000 (setecentos milhões) de litros.

As amostras iniciais foram coletadas na usina Nossa Senhora do Carmo, após o processo de industrialização da cana-de-açúcar. A vinhaça e a água de lavagem da cana desaguam num mesmo tanque, com temperatura variando entre 45 a 50° C; sendo a vinhaça com pH na faixa de 1,5 a 2,5, e água de lavagem de cana entre 9,0 e 13,0.

Conforme demonstrado na Figura 1, esta mistura permite que o pH se ajuste numa faixa de 4,5 à 6,0. Os resultados da análise química da vinhaça são apresentados na Tabela 1.

Para aplicar a vinhaça na lavoura, conforme demonstrado no fluxograma da Figura 2, são necessários tanques de armazenamento e canais para distribuição.

#### 3.2 Parte experimental

O modelo experimental foi montado na Fazenda Jacuba, município de Mogi Mirim, próximo aos canais e tanques da propriedade, para que as condições ambientais do experimento fossem as mais próximas daquelas verificadas no armazenamento da vinhaça, em condições de campo. Foram utilizados recipientes abertos, para acondicionar o efluente. Esses recipientes foram deixados em local aberto, sobre o solo, apenas cobertos com uma tela para impedir a queda de folhas, insetos e partículas sólidas grosseiras. Foram preparados três tratamentos

diferentes, em triplicata, utilizando inóculo orgânico conhecido como EM – “*effective microorganisms*” ou microrganismos eficazes. O experimento foi realizado por um período de seis meses.

#### EM – “*effective microorganisms*”

O EM foi fornecido pela Fundação Mokiti Okada, localizada na cidade de Ipeúna, Estado de São Paulo. O filósofo japonês Mokiti Okada, fundador da entidade em questão, foi defensor da agricultura natural, modelo que apresenta vinculação religiosa e que utiliza produtos especiais para preparação de compostos orgânicos chamados de “*effective microorganisms*” – EM ou microrganismos eficazes; produtos esses, que são comercializados e possuem fórmula e patente detidas pelo fabricante. Esse modelo está dentro das normas da agricultura orgânica (DAROLT, 2004). O inóculo denominado EM é resultado da seleção e cultivo de espécies de microrganismos de diferentes atuações que são encontrados em abundância na natureza (solo, rios, lagos), composto por fungos, leveduras, bactérias e actinomicetos (HIGA, 1998).

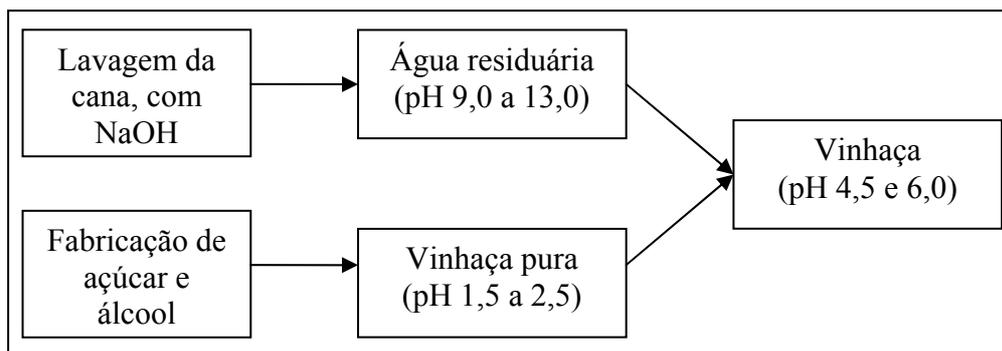
A ativação do inóculo é feita, então, com água, EM concentrado e melado de cana, nas proporções de 85%, 10% e 5%, respectivamente.

Neste trabalho, foram ativados 100 litros de EM, em parcelas correspondendo a tanques de armazenamento de vinhaça, com capacidade de 20 litros, a cada 12 dias, num período de 2 meses. A quantidade dos produtos para o preparo de 20 litros de EM, observando as proporções descritas, são:

- 17 L de água;
- 2 L de EM;
- 1 L de melado.

#### 3.3 Tratamentos da vinhaça com EM

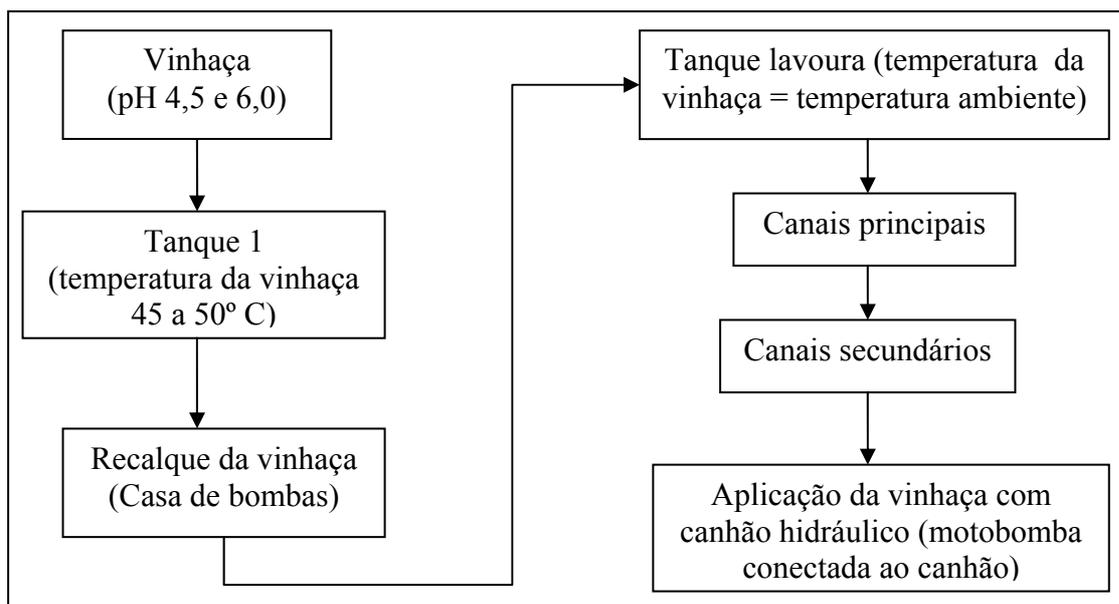
Para a condução do experimento foram considerados três tratamentos. A vinhaça foi coletada no tanque de recepção da Fazenda Jacuba e colocada em recipientes de 20 litros. Para cada tratamento foram consideradas três repetições, totalizando, portanto, 09 recipientes de 20 litros cada, como apresentado na Figura 3.



**Figura 1.** Fluxograma, com valores de pH, do processo que gera a vinhaça na Usina de açúcar e álcool do Grupo Virgolino de Oliveira.

**Tabela 1.** Análise química da vinhaça solicitada pela Virgolino de Oliveira – Agropecuária N.Sra. Carmo em 2005.

C	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	SO <sub>4</sub>
----- (kg m <sup>3</sup> ) -----						
3,0	0,25	0,042	1,24	0,38	0,35	1,15



**Figura 2.** Fluxograma de aplicação da vinhaça na lavoura.

T1	Testemunha Somente vinhaça	1A	1B	1C
T2	Vinhaça e EM Dosagem de choque = 1:10.000 Dosagem de manutenção = 1:20.000	2A	2B	2C
T3	Vinhaça e EM Dosagem de choque = 1:1.000 Dosagem de manutenção = 1:10.000	3A	3B	3C

**Figura 3.** Esquema dos recipientes por tratamento.

O procedimento para realizar as dosagens nos tratamentos foi o seguinte:

- Tratamento T1 – somente vinhaça – TESTEMUNHA.
- Tratamento T2 – vinhaça + dosagens de choque de inóculo na proporção de 1:10.000 e dosagens de manutenção diária na proporção de 1:20.000. Assim, as primeiras são compostas de 2 ml da solução ativada e as dosagens de manutenção, 1 ml da solução ativada de microrganismos.
- Tratamento T3 – vinhaça + dosagens de choque de inóculo na proporção de 1:1.000 e de dosagens de manutenção diária, na proporção de 1:10.000. Assim, as primeiras são compostas de 20 ml da solução ativada e as dosagens de manutenção, 02 ml da solução ativada de microrganismos.

As dosagens de choque foram aplicadas por 3 dias consecutivos, no início do experimento, sendo intercaladas a cada 60 dias, durante o experimento. No restante do período foram aplicadas doses de manutenção.

Obs.: Como as quantidades do inóculo utilizadas nos tratamentos T2 e T3 são pequenas, as mesmas são acrescidas de água, com volume inferior a 50 ml, para permitir uma melhor distribuição da solução nos recipientes.

### 3.4 Análises bioquímicas

Antes de qualquer adição de solução de microrganismos, a vinhaça deve ser caracterizada através de análises físico-químicas e microbiológicas.

Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO<sub>5</sub>), Demanda Química de Oxigênio (DQO), através do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20<sup>th</sup> (APHA, 1998).

Os parâmetros microbiológicos analisados foram: contagem padrão de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis, NMP (número mais provável) de coliformes termotolerantes e NMP de coliformes totais, através do método dos tubos múltiplos para NMP de coliformes termotolerantes e totais, bactérias mesófilas aeróbias estritos e facultativas viáveis (SILVA; JUNQUEIRA; SILVEIRA, 2001) e Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater – 20<sup>th</sup> (APHA, 1998).

As análises físico-químicas foram realizadas pelo laboratório New Lab – Análises e Assessoria Técnica Ambiental e Industrial, localizado na cidade de Mogi Mirim/SP, à Av. Juscelino K. Oliveira, 501, bairro INOCOOP, Galeria América – salas 04, 06 e 07.

As análises microbiológicas foram realizadas pelo laboratório de microbiologia do UNIPINHAL – Centro Regional Universitário de Espírito Santo do Pinhal, em Espírito Santo do Pinhal – SP.

### 3.5 Tratamento estatístico

Foi realizado tratamento estatístico para os resultados das análises bioquímicas, utilizando delineamento inteiramente casualizado com a sua respectiva análise de variância (PIMENTEL-GOMES, 1990).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Análises bioquímicas

As análises bioquímicas pH, DBO<sub>5</sub>, DQO, microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis, coliforme termotolerantes e totais, foram realizadas, inicialmente, com uma coleta da vinhaça, na saída do processo de industrialização da cana-de-açúcar, e os valores estão apresentados na Tabela 2.

Para cada parcela – 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 2C, 3A, 3B e 3C – foram efetuadas 9 coletas para realização das análises bioquímicas, que estão representadas graficamente pelo resultado médio de cada uma em relação ao valor inicial encontrado.

#### 4.1.1 Acidez (pH)

O efluente analisado apresentou, inicialmente, um pH levemente ácido, alcançando uma condição levemente alcalina (Figura 4). Em média o pH foi elevado em 80,9%.

#### 4.1.2 Demanda bioquímica de oxigênio (DBO<sub>5</sub>)

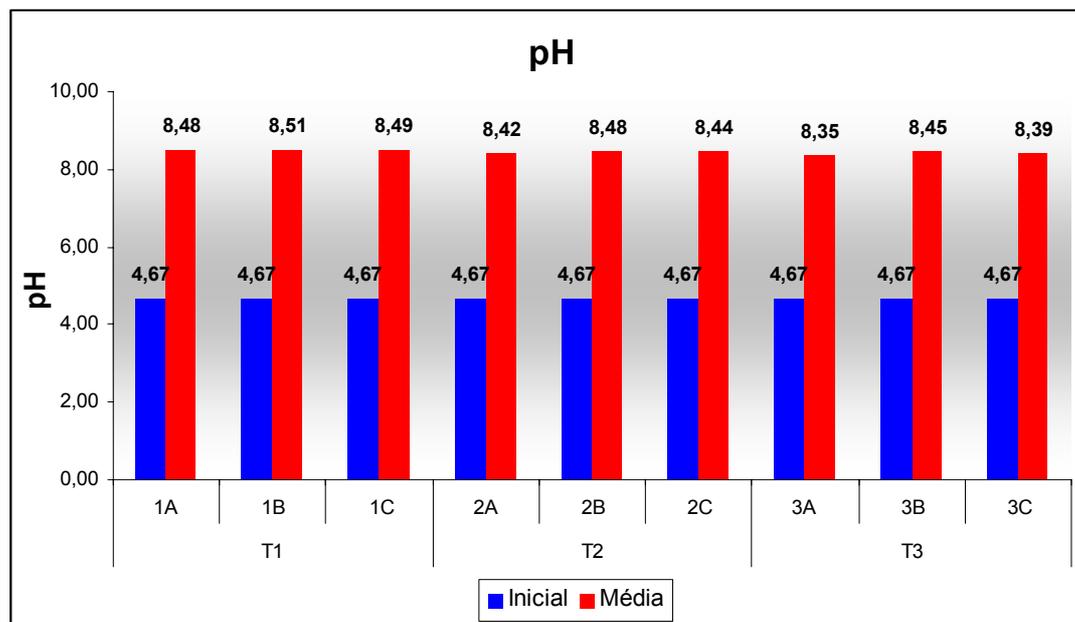
As análises da DBO<sub>5</sub> apresentaram remoção da carga orgânica semelhante para todos os tratamentos (Figura 5). A remoção média foi de 92,0%.

#### 4.1.3 Demanda química de oxigênio (DQO)

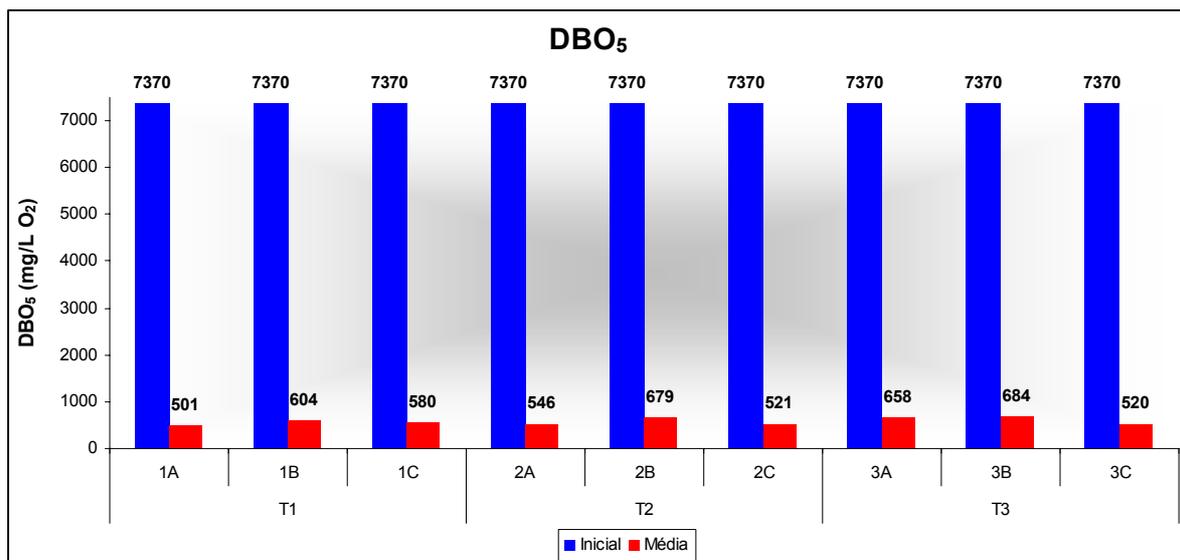
As análises de DQO demonstraram uma redução da carga inorgânica (Figura 6), que em média foi de 78,1%.

**Tabela 2.** Primeira coleta de vinhaça gerada pela Agropecuária Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, na saída do processo industrial, em 2005.

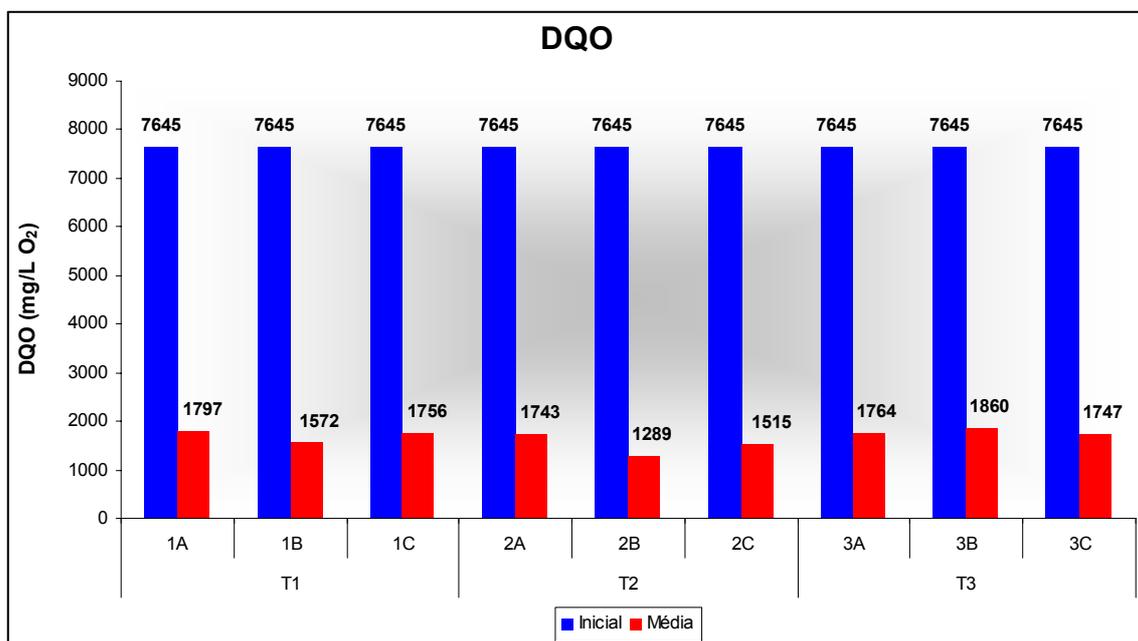
Parâmetro Bioquímico	Valor
pH	4,67
DBO <sub>5</sub> (mg/L O <sub>2</sub> )	7370
DQO (mg/L O <sub>2</sub> )	7645
Microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis (UFC/ml)	1,86x10 <sup>3</sup>
Coliformes termotolerantes (NMP/100ml)	1,55x10 <sup>3</sup>
Coliformes totais (NMP/100ml)	1,64x10 <sup>4</sup>



**Figura 4.** Resultado analítico de pH obtido no resíduo de vinhaça gerada pela Agropecuária Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, antes (inicial) e após (média) o tratamento com microorganismos (variância 5%: não significativa)



**Figura 5.** Resultado analítico de DBO<sub>5</sub> da vinhaça gerada pela Agropecuária Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, antes (inicial) e após (média) o tratamento com microorganismos (variância 5%: não significativa).



**Figura 6.** Resultado analítico da DQO da vinhaça gerada pela Agropecuária Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, antes (inicial) e após (média) o tratamento com microorganismos (variância 5%: não significativa).

#### 4.1.4 Análises Microbiológicas

Os resultados da análise microbiológica para contagem padrão de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis (Figura 7), foram semelhantes para todos os tratamentos, apresentando acréscimo significativo na quantidade de colônias em relação à amostra inicial.

Já as análises para coliformes termotolerantes demonstraram queda no número de colônias destes microrganismos apenas no tratamento testemunha, nos tratamentos 2 e 3 houve decréscimo e, em seguida elevação no número de colônias (Figura 8).

Em média, todos os tratamentos apresentaram, inicialmente, queda no número de colônias, e, posteriormente, elevação (Figura 9).

O tratamento estatístico, com delineamento inteiramente casualizado, aplicado aos resultados das análises bioquímicas, não apresentou variação significativa ( $< 5\%$ ), entre os tratamentos T1, T2 e T3.

De acordo com os resultados obtidos, observou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos T1 sem EM (testemunha), T2 com adição de EM na proporção de 1:20.000 e T3 com adição de EM na proporção de 1:10.000. Provavelmente, os tratamentos com EM não propiciaram a aceleração da

degradação da matéria orgânica presente na vinhaça.

Na contagem padrão para microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis observou-se uma tendência semelhante para todos os tratamentos, com aumento inicial no número de colônias, seguido de redução. Apenas no tratamento T3 verificou-se um discreto aumento no número dessas colônias ao final do experimento.

Em relação às análises de coliformes termotolerantes, somente no tratamento T1 verificou-se queda no número de colônias no decorrer do experimento. Os tratamentos T2 e T3 apresentaram queda e na seqüência elevação no número de colônias destes microrganismos.

Nas colônias de coliformes totais ficou evidenciado um comportamento semelhante para todos os tratamentos, os quais apresentaram, inicialmente, uma queda e posteriormente elevação no número de colônias.

Durante o período de desenvolvimento do experimento, ocorreram precipitações pluviométricas, o que pode ter promovido a diluição das amostras, mascarando os resultados de DBO<sub>5</sub> e DQO, que poderiam não ter apresentado tão alta redução. Segundo LYRA, ROLIM e SILVA (2003), em trabalho realizado no nordeste brasileiro, com o objetivo de avaliar a qualidade da

água de lenço freático em área fertirrigada, observou-se que a precipitação pluviométrica incomum, no período do trabalho, interferiu no resultado final, já que a vinhaça foi diluída na água de chuva.

A Tabela 3 apresenta o período das coletas em função do período de chuva, para melhor entendimento do ocorrido ao experimento em questão.

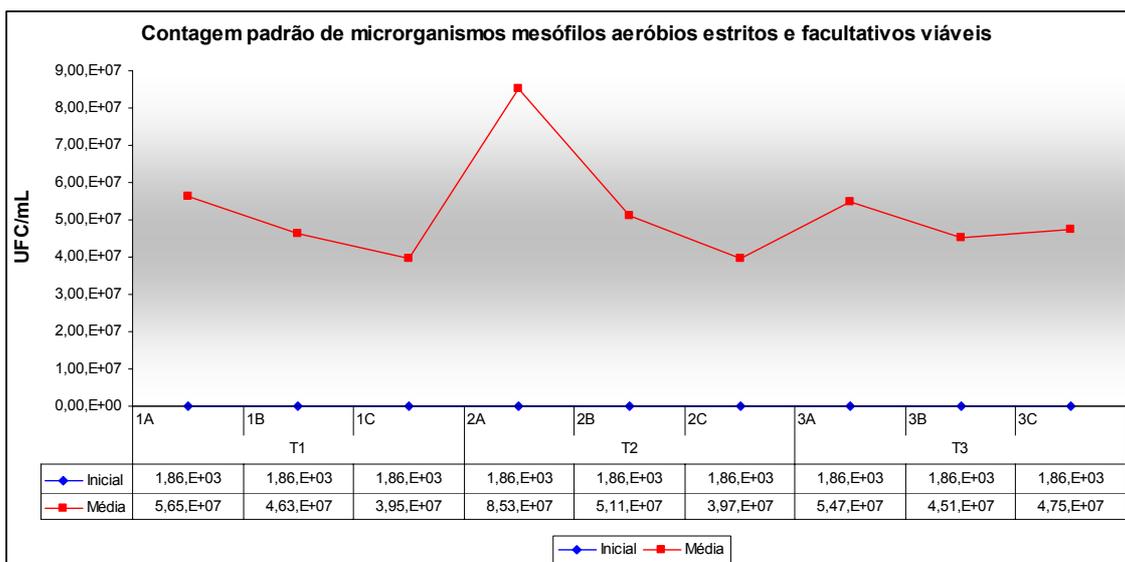
Os resultados obtidos nas análises de pH apresentaram um aumento gradativo, o que pode ter influenciado nas análises de DBO<sub>5</sub> e DQO, ocorrendo oscilações, pois a maioria dos microrganismos responsáveis pela biodegradação atua, preferencialmente, em meio neutro. De acordo com NUNES (2001), a faixa ideal de pH, para processos anaeróbios, situa-se entre 6,3 e 7,8. Observando a Figura 4, temos o pH das amostras acima da faixa ideal. Sendo assim, é provável que a correção do pH, utilizando-se um composto ácido, seja necessária para promover um meio adequado de proliferação das bactérias degradadoras da matéria orgânica contida na vinhaça.

Sabendo-se que as análises de DBO medem o consumo de O<sub>2</sub> por microrganismos, o número de microrganismos mesófilos acompanha a queda da demanda bioquímica de oxigênio, possivelmente em função do aumento do pH no meio.

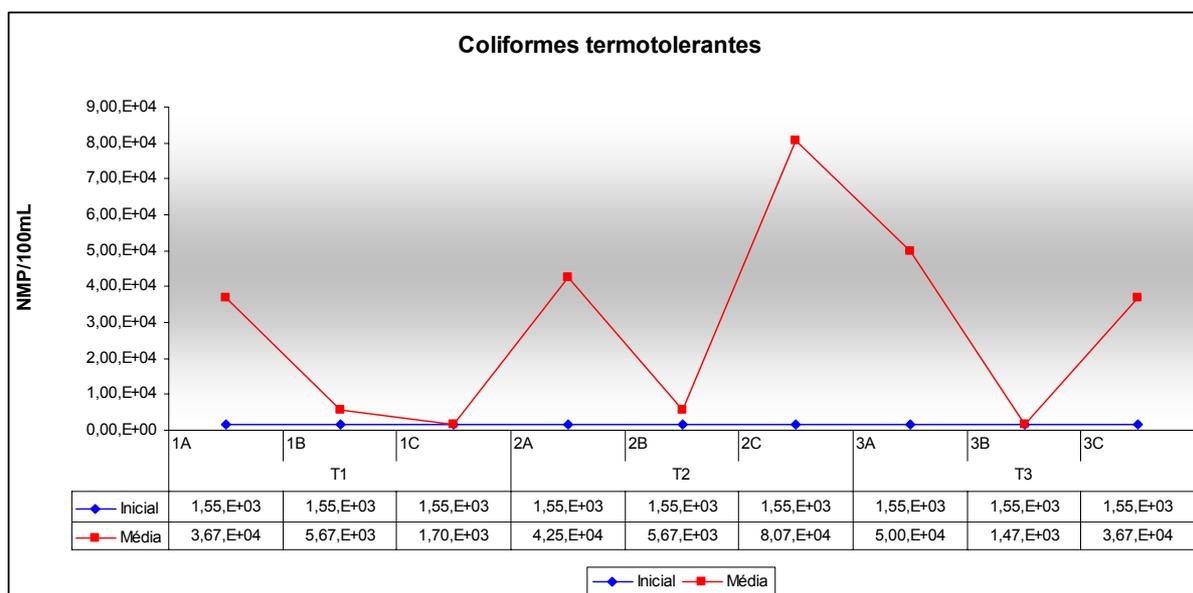
O NMP de coliformes termotolerantes e totais sofreram outras influências externas, já que o experimento permaneceu aberto e ao ar livre, o que possibilita o contato com insetos, aves, além de outros pequenos animais. Esse fato pode ter causado a contaminação de amostras, apesar dos cuidados tomados, como a colocação de telas sobre os recipientes contendo a vinhaça.

Em relação à liberação de odores, neste experimento não foi adicionado vinhaça durante o período de observação, diferindo das condições em que se encontram os tanques e canais, que recebem o efluente durante todo o período da safra, sendo deixadas as sobras após seu uso para fertirrigação.

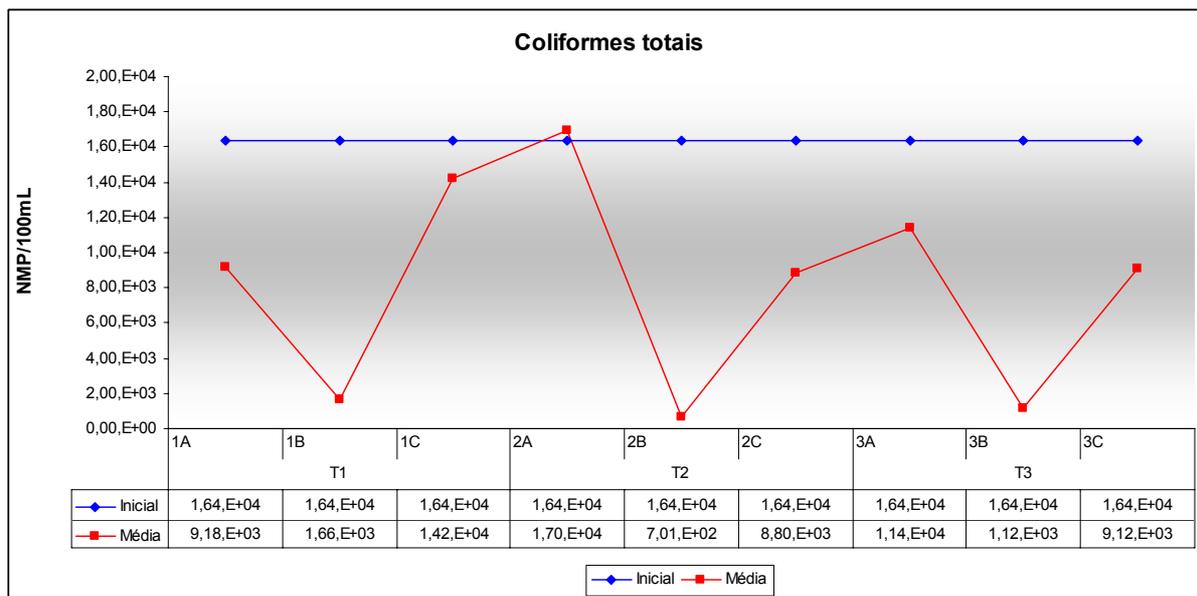
Segundo informações das comunidades que habitam o entorno desses canais e tanques de vinhaça, especificamente no ano de 2005, no mesmo período do experimento, os odores não foram tão evidentes como em anos anteriores, provavelmente devido ao regime de chuvas.



**Figura 7.** Resultado analítico para contagem padrão de microrganismos mesófilos aeróbios estritos e facultativos viáveis da vinhaça gerada pela Agropecuária Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, antes (inicial) e após (média) o tratamento com microorganismos (variância 5%: não significativa).



**Figura 8.** Resultado analítico para coliformes termotolerantes da vinhaça gerada pela Agropecuária Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, antes (inicial) e após (média) o tratamento com microorganismos (variância 5%: não significativa).



**Figura 9.** Resultado analítico para coliformes totais da vinhaça gerada pela Agropecuária Nossa Senhora do Carmo, do Grupo Virgolino de Oliveira, antes (inicial) e após (média) o tratamento com microorganismos (variância 5%: não significativa).

**Tabela 3.** Período das coletas de amostras para análises e índice pluviométrico.

Mês	Índice pluviométrico (mm)	Coletas
Setembro/2005	47,4	1 e 2
Outubro/2005	69,6	3 e 4
Novembro/2005	62,6	5
Dezembro/2005	191,2	6 e 7
Janeiro/2006	166,2	8 e 9

## 5. CONCLUSÃO

De acordo com o objetivo do trabalho, nas condições do experimento, todos os tratamentos apresentaram remoção da carga orgânica, sendo assim, o EM não demonstrou a aceleração esperada na decomposição da matéria orgânica, em relação ao tratamento sem a aplicação do composto; o que poderia reduzir o período da liberação dos odores no local.

Novos experimentos precisam ser realizados, ou soluções apresentadas, pois a situação da permanência da vinhaça nos tanques e canais, após seu uso para fertirrigação, ocasionará, em maior ou menor grau, a liberação de odores, causando incômodo e até problemas de saúde à comunidade que vive no entorno.

Já existem usinas do setor sucroalcooleiro pesquisando formas de tratamento desse efluente, visando a recuperação da água e alternativas para transformar o lodo em adubo seco e/ou desidratado, como é o caso da usina Mundial – Açúcar e Álcool S/A de Mirandópolis/SP, que está pesquisando há seis anos a desidratação da vinhaça, e da usina Colombo S/A – Açúcar e Álcool de Ariranha/SP que apresenta um sistema aerado de lodo biológico (sistema de lodos ativados) para tratamento da vinhaça, o qual vem sendo realizado com sucesso (PAVAN, 2005).

## REFERÊNCIAS

- ACCIOLY, A.M.A., SIQUEIRA, J.O. **Contaminação química e biorremediação do solo.** SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. Tópicos em ciência do solo. Viçosa. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2000. p. 299 – 352.
- ANTUNES, R. MANO, A.P. **Odores em estações de tratamento de águas residuais.** In: 7º Congresso das Águas. Associação Portuguesa de Recursos Hídricos. Lisboa. s.d.
- APHA – American Public Health Association. **STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER.** 1998.
- ATSDR. **Toxicological profile for methyl mercaptan.** Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). Public Health Science. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta. September. 2002.
- CHERNICHARO, C.A.L. **Reatores Anaeróbios.** Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais. 1997.
- COPERSUCAR – COOPERATIVA DE PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO LTDA. **PROALCOOL – Fundamentos e perspectivas.** São Paulo. 1989. 121 p.
- CORTEZ, L. A.; MAGALHÃES, P. S.; HAPPI, J. **Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização.** Revista Brasileira de Energia. Campinas, v.2, n.2, 1992.

- DAROLT, M.R. **As principais correntes do movimento orgânico e suas particularidades.** Ponta Grossa. 2004. Disponível em <<http://www.planetaorganico.org.br>>. Acesso em: 16 abr. 2005.
- DEMATTE, J.L.I. **O uso agrônomo de resíduos x fertilizantes na cultura da cana-de-açúcar.** 1992. In: XX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas. 1992. Piracicaba. Anais dos Simpósios. São Paulo. Fundação Cargill, 1992. p.213 – 251.
- GOMES, J.F.F. **Produção de colmos e exportação de macronutrientes primários por cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*).** Piracicaba. 2003. 75f. Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2003.
- HIGA, T. **Effective Microorganisms: concept and recent advances in technology.** In: Proceedings of the 4<sup>th</sup> International Conference on Kyusei Nature Farming. Ed. J.F.Parr and S.B.Hornick.USDA, Washington. USA. 1998.
- LYRA, M.R.C.C.; ROLIM, M.M.; SILVA, J.A.A. **Toposequência de solos fertigados com vinhaça: contribuição para a qualidade da água do lençol freático.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, v.7, n.3, p.525-532, 2003. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br>>. Acesso em: 23 abr. 2005.
- MITCHELL, F.L. **A report on the health consequences of the July, 2001 ATOFINA Incident.** FACOEM. Atlanta. Geórgia. May 14, 2002.
- MORAES, L.M. **Avaliação da biodegradabilidade anaeróbia de dejetos oriundos de atividades zootécnicas.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. 2000.
- NUNES, J.A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais.** 3 ed. Aracaju. Gráfica e Editora Triunfo Ltda. 2001.
- ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba. IAA/PLANALSUCAR. 1983.
- PAVAN, R. **Aplicação da vinhaça nos canaviais.** Revista Visão da Agroindústria. Maio, 2005.
- PIMENTEL-GOMES, F. - **Curso de estatística experimental.** 12 ed. São Paulo, Nobel, 1990. 468p.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de métodos de análises microbiológicas de alimentos.** São Paulo. Ed. Loyola. 2001. 317p.
- TAUK, S.M. **Biodegradação de resíduos orgânicos no solo.** Revista Brasileira de Geociência. São Paulo, v. 20, n. 1-4, 1990. Disponível em: <<http://www.sbgeo.org.br/rgb/vol20>>. Acesso em: 23 abr. 2005.
- VON SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: princípios básicos do tratamento de esgotos.** Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais. 1996.