

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO SOLO**

**RESÍDUOS SÓLIDOS DE BOVINOS PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICO PELO PROCESSO DE  
COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
ALFACE.**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**Deisy Sharlene Arruda Morales**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

**RESÍDUOS SÓLIDOS DE BOVINOS PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM FRIGORÍFICO PELO PROCESSO DE  
COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
ALFACE.**

**Deisy Sharlene Arruda Morales**

**Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-  
Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Biodinâmica e  
Manejo do Solo, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como  
requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciência do Solo.**

**Professor orientador (a): Profa Dra. Zaida Inês Antonioli**

**Santa Maria, RS, Brasil**

**2011**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO SOLO**

**A Comissão Examinadora, abaixo  
assinada, aprova a Dissertação de  
Mestrado.**

**RESÍDUOS SÓLIDOS DE BOVINOS PROVENIENTE DA ESTAÇÃO DE  
TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM FRIGORÍFICO PELO PROCESSO DE  
COMPOSTAGEM E VERMICOMPOSTAGEM NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE  
ALFACE.**

**Elaborada por  
Deisy Sharlene Arruda Morales**

**Como requisito parcial para obtenção do  
grau de Mestre em Ciências do Solo**

**Comissão examinadora:**

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Zaida Inês Antonioli  
(Presidente/Orientadora) - CCR-UFSM**

**Dr. Ricardo Bemfica Steffen  
UFSM**

**Profa. Dra. Noeli Julia Schüssler de  
Vasconcellos  
UNIFRA**

**Santa Maria, 22 de julho de 2011.**

Ao meu filho Martin Lorenzo  
Aos meus pais Victor e Eliane  
Ao meu esposo Angelo Ribeiro

**Dedico este trabalho!**

## AGRADECIMENTO

Primeiramente a Deus pela fortaleza nas horas difíceis.

Ao meu filho Martin Lorenzo Morales Ribeiro e a meu esposo Angelo Ribeiro, pela compreensão nas horas de minha ausência.

Aos meus pais Victor Rubi Morales e Eliane Goret da Silva, pela ajuda e incentivo nas horas de desespero.

À minha avó Marlene Arruda, pelas horas de conselho e apoio.

À Universidade Federal de Santa Maria, ao Departamento de solos e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela oportunidade em realizar o estudo.

À professora Zaida Inês Antoniulli pela orientação, ensinamento e amizade durante o curso.

Ao professor Rodrigo Josemar Seminoti Jacques nos momentos de orientação e ensinamento.

Aos colegas de Pós-graduação em Ciência do Solo, pela amizade e convívio durante o curso, em especial a Gerusa Steffen e ao Ricardo Bemfica Steffen pelo auxílio e orientação durante o experimento.

Aos colegas de laboratório Daniel Pazzini, Manuelli Lupatini, Daiana Bortoluzzi, Marcelo Sulzbacher, Natielo Santana, Marcos Leandro, Sabrina Dahmer, Raquel D'ávila, Bruna Paia, Edicarla Trentin, Falko König, Willian, pelo apoio, amizade e momentos de descontração.

Ao técnico de laboratório Antonio Carlos Bassaco, pelos momentos de companheirismo e descontração.

Aos funcionários do Departamento de Solos Tarcísio Uberti, Everton Heinz, Flávio Vieira, Carlos Vargas, pelo apoio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico (CNPq), pela bolsa de estudo.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

## **Resumo**

Dissertação de Mestrado  
Programa de Pós-Graduação em Ciências do Solo  
Universidade Federal de Santa Maria, RS

### **Resíduos sólidos de bovinos proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes de frigorífico pelo processo de compostagem e vermicompostagem na produção de mudas de alface.**

AUTOR: DEISY SHARLENE ARRUDA MORALES

ORIENTADORA: ZAIDA INÊS ANTONIOLLI

Local e Data da Defesa: Santa Maria, 22 de julho de 2011.

O setor agroindustrial vem crescendo na geração de resíduos sólidos e líquidos, constituindo assim um problema ambiental. Os objetivos deste estudo foram: 1) produzir composto orgânico a partir dos resíduos sólidos de frigorífico; 2) reutilizar o composto orgânico gerado pela compostagem na multiplicação de minhocas e na produção de húmus e 3) avaliar o uso do vermicomposto na produção de alface (*Lactuca sativa* L.). Para alcançar estes objetivos foram realizados três estudos. No primeiro, avaliou-se o comportamento do resíduo verde e vermelho gerado na ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) pelo processo de compostagem. No segundo, testou-se em casa de vegetação o resíduo verde e vermelho em mistura com casca de arroz “in natura” e casca de arroz carbonizada para multiplicação das *Eisenia andrei* e produção de vermicomposto. No terceiro estudo avaliou-se em casa de vegetação a utilização do vermicomposto para produção de alface. Aos 90 dias de compostagem, observou-se a maturação do resíduo, que utilizado em mistura com casca de arroz “in natura” e casca de arroz carbonizada, mostrou-se eficiente para a reprodução e multiplicação das minhocas da espécie *E. andrei*. A quantidade de metais pesados presentes nestes resíduos com a presença de minhocas; reduziu durante o processo de vermicompostagem. O

substrato produzido demonstrou boas condições para a produção de alface. O estudo sugere que o resíduo verde e vermelho oriundo de frigorífico, após os processos de compostagem e vermicompostagem, podem ser reutilizados como biofertilizantes para a produção de alface.

Palavras chave: Resíduo agroindustrial. Frigorífico. *Lactuca sativa*.

## **Abstract**

Dissertation  
Graduate Program in Soil Science  
Universidade Federal de Santa Maria, RS.

### **Solid waste from cattle the effluent treatment of slaughterhouse by the composting process and vermicomposting in the production of seedlings of Lettuce.**

AUTHOR: DEISY SHARLENE ARRUDA MORALES

ADVISOR: ZAIDA AGNES ANTONIOLLI

Place and date of Defense: Santa Maria, 22<sup>th</sup> July 2011.

The agribusiness sector has been growing and these was the generation of solid waste and liquids increasing, constituting an environmental problem. The objectives of this work were: 1) to produce organic compound from solid wastes from generate cold; 2) to reuse the generated composting organic compound on proliferation of worms and in the production of humus and 3) to evaluate the use of vermicomposting in the production of seedlings of lettuce (*Lactuca sativa* L.). In the first, study was evaluated the behavior of waste generated, green and red in the ETP (Effluent Treatment Station) by the composting process. The second, study was tested at home of vegetation greenhouse green and red residue in rice husk blend "in natura" and carbonized rice husk to multiplication of *Eisenia andrei* (BOUCHÉ, 1972) and production vermicomposting. In the third, study was evaluated at home of vegetation using vermicomposting for production of seedlings of lettuce. In 90 days composting noted the maturation of the residue. The use of residue in rice husk blend "in natura" and carbonized rice husk, proved efficient for reproduction and multiplication of *E. andrei* worms. The amount of heavy metals present in the waste reduces earthworms during vermicomposting process. The use of substrate produced demonstrated good conditions for the production of lettuce. The study



suggests that the green and red residual from generate cold after the composting and vermicomposting process can be reused as biofertilizers for the production of lettuce.

Keywords: agroindustrial Waste. Slaughterhouse. *Lactuca sativa*.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Processos de instalação da ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) de Santa Maria/RS, tanques de decantação para união dos dois resíduos, linha vermelha e verde (a), resíduo sólido da linha verde (b), resíduo sólido da linha vermelha (c) e tratamento biológico nas lagoas de aeração (d). Fotos: Deisy Sharlene Arruda Morales..... 18
- Figura 2 - Esquema de trabalho realizado para a utilização dos resíduos sólido de bovino proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes de frigorífico na produção de mudas de alface. ....20
- Figura 3 - Média das temperaturas dos resíduos vermelho (RVM) e resíduo verde (RVD) durante os 65 dias do processo de compostagem. Resíduos provenientes da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de frigorífico, no município de Santa Maria/RS. ....32
- Figura 4- Número de folhas das mudas de alface 30 dias após a semeadura, nos tratamentos T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho: casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde: casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho: resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha), pelo teste Scott-Knott com 5% de probabilidade CV %: 6,50. ....68
- Figura 5 - Altura das mudas de alface após 30 dias da semeadura, nos tratamentos T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho: casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha). Foi realizado o teste Scott-Knott com 5% de probabilidade. CV %: 5,92. ....70
- Figura 6- Fitomassa fresca e seca das mudas de alface (*L. sativa*) após 30 dias da semeadura, nos tratamentos T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho: casca de arroz “in natura” (RVM: CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha), pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV % fitomassa fresca 4,44 e CV % fitomassa seca 1,46. ....71
- Figura 7 - Atura das plantas de alface em cm, após 30 dias de produção no diferentes tratamentos: T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-

resíduo vermelho:casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha), pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV %: 14,94.  
.....74

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Teores de C e N e a relação C/N dos resíduos do da Estação de Tratamento de Efluente de frigorífico. Resíduo verde (RVD) e resíduo vermelho (RVM). Santa Maria, RS, 2011.....34
- Tabela 2 - Características químicas dos substratos da Estação de Tratamento de Efluentes de frigorífico, com denominação de resíduo verde e resíduo vermelho aos 65 dias. Santa Maria, RS, 2011.....35
- Tabela 3 - Número de minhocas adultas, jovens, casulos e índice de multiplicação através dos tratamento resíduo vermelho (RVM), resíduo verde (RVD), resíduo vermelho e casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), resíduo verde e casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), resíduo vermelho e casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), resíduo verde e casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), resíduo vermelho e resíduo verde (RVM:RVD), resíduo verde e casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), resíduo vermelho e casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e esterco bovino (EB). Santa Maria, RS, 2011. ....51
- Tabela 4- Caracterização química das linhas do resíduo gerado pela ETE (estação de tratamento de efluentes) de um Frigorífico, valores típicos e limites de metais pesados para disposição ao solo, Santa Maria, RS, 2011. ....52
- Tabela 5 - Biomassa fresca e seca das minhocas adultas e jovens através dos tratamentos resíduo vermelho (RVM), resíduo verde (RVD), resíduo vermelho e casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), resíduo verde e casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), resíduo vermelho e casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), resíduo verde e casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), resíduo vermelho e resíduo verde (RVM:RVD), resíduo verde e casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), resíduo vermelho e casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e esterco bovino (EB). Santa Maria, RS, 2011. ....54
- Tabela 6- Quantidade de nutrientes encontrada em cada tratamento. T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho:casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha). Santa Maria, 2011. ....72
- Tabela 7 - Número de folhas, fitomassa fresca e seca de alface após trinta dias de produção nos tratamentos: T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho:casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10

Turfa fértil (testemunha). Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade CV: 14,10. Santa Maria, 2011. ....76

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	<b>15</b>
1.1. Referências bibliográficas .....	21
<b>2. Etapa I - COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE UM FRIGORÍFICO, SANTA MARIA/RS</b> .....	<b>23</b>
<b>2.1 Resumo</b> .....	<b>23</b>
<b>2.2. Introdução</b> .....	<b>24</b>
<b>2.3. Material e métodos</b> .....	<b>29</b>
2.3.1 Tratamento dos resíduos frigoríficos.....	29
2.3.2 Compostagem .....	30
2.3.3. Determinações.....	30
<b>2.4. Resultados e discussões</b> .....	<b>31</b>
2.4.1. Temperatura .....	31
2.4.2. Macronutrientes e micronutrientes.....	33
<b>2.5. Conclusões</b> .....	<b>37</b>
<b>2.6. Referências bibliográficas</b> .....	<b>38</b>
<b>3. Etapa II - VERMICOMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE UM FRIGORIFICO EM MISTURA COM CASCA DE ARROZ “IN NATURA” E CARBONIZADA</b> .....	<b>43</b>
<b>3.1. Resumo</b> .....	<b>43</b>
<b>3.2. Introdução</b> .....	<b>45</b>
<b>3.3. Materiais e métodos</b> .....	<b>48</b>
3.3.1. Resíduo .....	48
3.3.2. Unidades experimentais .....	48
3.3.3. Determinações.....	49
<b>3.4. Resultados e discussões</b> .....	<b>50</b>
<b>3.5. Conclusões</b> .....	<b>55</b>
<b>3.6. Referências bibliográficas</b> .....	<b>56</b>
<b>4. Etapa III - UTILIZAÇÃO DOS DIFERENTES VERMICOMPOSTOS DE RESÍDUOS DA ETE COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE</b> .....	<b>60</b>
<b>4.1. Resumo</b> .....	<b>60</b>
<b>4.2. Introdução</b> .....	<b>62</b>
<b>4.3. Material e métodos</b> .....	<b>65</b>
4.3.1. Produção de alface .....	65
4.3.2. Produção a partir de sementes de alface .....	65
4.3.3. Produção a partir de mudas comercializadas .....	66
<b>4.4. Avaliações</b> .....	<b>66</b>
<b>4.5. Resultados e discussões</b> .....	<b>67</b>
4.5.1. Produção a partir de sementes de alface .....	67
4.5.2. Produção a partir de mudas comercializadas .....	73
<b>4.6. Conclusões</b> .....	<b>78</b>
<b>4.7. Referências bibliográficas</b> .....	<b>79</b>
<b>5. Considerações finais</b> .....	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) – 10.004 (ABNT, 2004), são denominados resíduos sólidos os resultantes de atividades industriais, doméstica, agrícola entre outros, incluindo os lodos das Estações de Tratamento de Efluentes (ETEs) e de Água (ETAs), resíduos gerados em equipamentos e instalações de controle da poluição, os quais não podem ser lançados nos esgotos públicos, nem no ambiente.

Esses resíduos quando manejados adequadamente podem suprir sistemas agrícolas, e parte da matéria-prima pode ser reutilizada. Dentre eles estão os resíduos gerados pelas Estações de Tratamento de Efluentes, resíduos de abatedouros de bovino e suíno e dejetos de currais considerados materiais ricos em nitrogênio. Estes resíduos são constituídos de aproximadamente 23kg de rúmen (barrigada) e 18kg de dejetos nos matadouros por animal abatido (MATOS, 2005).

No ano de 2006 o Brasil foi considerado o país com maior rebanho bovino comercial e o segundo maior no mundo. As concentrações do rebanho bovino encontram-se no sudeste e centro-oeste do país. O estado do Rio Grande do Sul é considerado o sexto maior em produção do rebanho bovino brasileiro (IBGE, 2010; SEPLAG, 2011).

A maior concentração do rebanho está nas regiões oeste e sul do Estado, associado à presença dos campos ou integrado com a produção de arroz. As três regiões que apresentam maior percentual do rebanho são: Fronteira Oeste (24,2%), Sul (12,7%) e Campanha (10,6%). Destacam-se os municípios de Alegrete com 625.113, Santana do Livramento com 579.413, São Gabriel com 415.405 cabeças e Dom Pedrito com 410.534 cabeças de gado (SEPLAG, 2011).

O setor agroindustrial vem crescendo cada vez mais e com isso há um aumento na produção e geração de grandes quantidades de resíduos sólido e líquido, proveniente dos processos produtivos e de transformação, desde a etapa da extração da matéria-prima, estendendo-se durante todas as etapas do processo industrial (LUCENA; CHERNIACHO, 2005), constituindo assim um problema social, econômico e ambiental (VALENTE et al., 2009).

Os matadouros e frigoríficos são agroindústrias com alta concentração e despejos de resíduos sólidos. Segundo Veras; Povinelli (2004) e Lange et al., (2002) esses resíduos sólidos constituem um dos principais problemas para o meio ambiente. Estes materiais necessitam de grandes áreas aptas para receber esse tipo de resíduo.

Com o crescimento demográfico, seguido do desenvolvimento tecnológico a quantidade de resíduo sólido descartado pela humanidade está aumentando. Elevando a problemática de descarte de resíduos. Na medida em que a área de descarte de rejeitos vai reduzindo, o potencial de contaminação do meio ambiente aumenta (VERAS; POVINELLI, 2004).

Desta forma, o setor agroindustrial vem sendo incentivado a reciclar os seus resíduos, visando a obtenção de maiores rendimentos em seus setores produtivos, e conseqüentemente, a redução do volume de resíduos a serem tratados, diminuindo os custos de disposição desses resíduos (VALENTE et al. 2009). Por serem resíduos ricos em nutrientes, qualquer técnica que propicie seu aproveitamento na alimentação animal ou agrícola torna-se interessante, mas existem algumas restrições quanto ao aproveitamento na alimentação de outros animais, como ração para vacas, cavalos entre outros (MATOS, 2005).

O tratamento e a reciclagem de resíduos orgânicos não representam uma solução para a escassez de alimentos ou de saneamento ambiental, mas podem contribuir na redução aos danos causados pela disposição dos resíduos ao meio ambiente, além de propiciar a recuperação de solos agrícolas exauridos pela ação de fertilizantes químicos aplicados inadequadamente (LIMA, 2002).

Estudos que visam à reciclagem ou à reutilização de resíduos representam uma alternativa para a utilização de matérias-primas, diminuindo custos finais aos setor industrial gerado e a consumidores dos resíduos, além de preservar o meio ambiente (GIFFONI; LANCE 2005).

Tentando minimizar os problemas causados pela disposição desses resíduos, Vergnoux et al. (2009) salienta que vários métodos de tratamento dos resíduos foram e estão sendo estudados e pesquisados no mundo, podendo destacar como uma alternativa de tratamento dos resíduos sólidos a compostagem e a vermicompostagem.



As leis ambientais destinadas à disposição de resíduos sólidos de todos os setores agroindustriais devem obedecer algumas normativas e seguir a legislação vigente, não sendo possível seu descarte sem tratamento prévio no ambiente. Desta forma, no município de Santa Maria – RS, matadouros e frigoríficos empregam o sistema de tratamento das Estações de Tratamento de Efluentes (ETE) baseado em duas etapas. Inicialmente os resíduos gerados são divididos em dois grandes grupos, resíduo verde composto de resto de rúmem (Figura 1a) que, após a lavagem dos animais, é lançado para um decantador, unindo-se ao resíduo vermelho composto de restos viscerais, sangue, gorduras, rúmem, líquidos com produtos químicos utilizados na lavagem interna dos bovinos após o abate, entre outros (Figura. 1b). Ambos são direcionados a um tanque de decantação, onde ocorre à separação das frações sólidas (Figura 1c) e líquidas. Na parte líquida, é feito um tratamento de aeração antes de ser lançada aos corpos d'água (Figura 1d). A parte sólida é destinada a produtores rurais para utilização como biofertilizante sem um tratamento prévio.

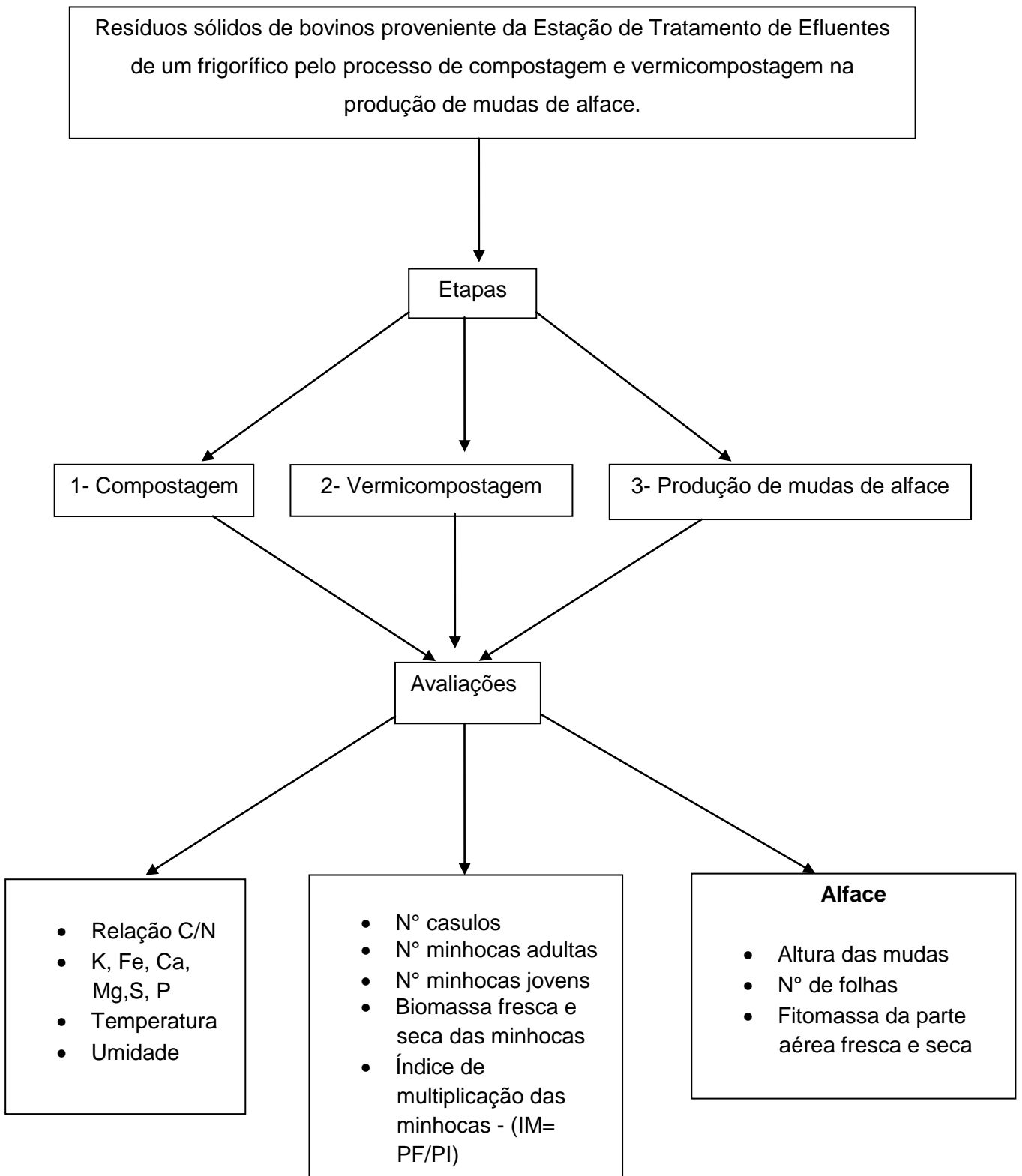


**Figura 1 - Processos de instalação da ETE (Estação de Tratamento de Efluentes) de Santa Maria/RS, tanques de decantação para união dos dois resíduos, linha vermelha e verde (a), resíduo sólido da linha verde (b), resíduo sólido da linha vermelha (c) e tratamento biológico nas lagoas de aeração (d). Fotos: Deisy Sharlene Arruda Morales.**

Como foi mencionado anteriormente, os resíduos de natureza agroindustriais, por causarem impactos ao meio ambiente, devem ser reaproveitados como uma alternativa de minimizar os impactos. Com isso a compostagem e a vermicompostagem dos mesmos pode ser um método economicamente viável e ecologicamente recomendável. Baseado nisto, o trabalho teve como objetivos: 1) produzir composto e vermicomposto a partir dos resíduos provenientes da Estação

de Tratamento de Efluentes (ETEs). 2) Testar os compostos para a multiplicação de minhocas da espécie *Eisenia andrei*. 3) Avaliar o potencial deste composto na produção e crescimento de mudas de alface.

O estudo foi desenvolvido em três etapas distintas, as quais estão na figura 2.



**Figura 2** - Esquema de trabalho realizado para a utilização dos resíduos sólido de bovino proveniente da Estação de Tratamento de Efluentes de frigorífico na produção de mudas de alface.

## 1.1. Referências bibliográficas

**Atlas Socioeconômica do Rio Grande do Sul.** Acesso em 12/03/2011. <http://www.seplag.rs.gov.br/atlas/atlas>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em 12/03/2011.

GIFFONI, P. O.; LANCE, L. C. A utilização de borra de fosfato como matéria-prima alternativa na fabricação de tijolos. **Engenharia Sanitária e Ambiente.** v. 10, n. 2, p. 128-136, setembro 2005.

LANGE, L. C. et al. Estudo comparativo de metodologias para análise físico-químicas de resíduos sólidos urbanos. In: CASTILHOS JUNIOR, A. B. et al. **Alternativas de Disposição de Resíduos Sólidos Urbanos para Pequenas Comunidades: Coletânea de trabalhos técnicos.** Rio de Janeiro : RiMa ABES, 2002. 104 p.

LIMA, M. A. Agropecuária brasileira e as mudanças climáticas globais: caracterização do problema, oportunidades e desafios. **Cadernos de Ciência & Tecnologia,** v.19, n. 3, p.451-472, setembro/ dezembro 2002.

LUCENA, M. V.; CHERNIAVO, C. A. L. Avaliação experimental de compostagem de RSU submetido a etapa prévia de tratamento anaeróbico. **23º Congresso de ABES.** Campo Grande, MS. 9p. 2005.

MATOS, A. T. Tratamento de resíduos agroindustriais. **Fundação Estadual do Meio Ambiente.** Viçosa, 2005. 34p.

VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia,** v. 58, n. 1, p. 59-85, abril 2009.

VERAS, L. R. V.; POVINELLI, J. A. Vermicompostagem do lodo das lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Engenharia Sanitária e Ambiental.** v. 9, n 3, p.218-224. Maio 2004.

VERGNOUX, A. M. et al. Monitoring of the evolution of industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. **Science of The Total Environment**. v. 407, n. 7, p. 2390-2403, March 2009.

## 2. Etapa I

# COMPOSTAGEM DE RESÍDUOS PROVENIENTES DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES DE FRIGORÍFICO, SANTA MARIA/RS.

### 2.1 Resumo

A compostagem de resíduos agroindustriais e resíduos orgânicos é considerada um processo importante para que os nutrientes que estão presentes nos resíduos sejam devolvidos ao solo, como biofertilizantes ou fertilizantes orgânicos para a nutrição das plantas. Neste sentido, o objetivo do trabalho foi produzir composto orgânico a partir dos resíduos provenientes da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de frigorífico. Os resíduos utilizados para o estudo foram denominados de resíduo verde e resíduo vermelho. Os mesmos foram armazenados em canteiros de alvenaria, realizando inicialmente revolvimento de dois em dois dias e após a primeira semana o revolvimento semanal. Este processo foi utilizado para que ocorresse a elevação da temperatura. Observou-se que os dois tipos de resíduos não apresentaram temperaturas maiores que 41°C. Estes valores de temperatura foram devido ao tempo em que os resíduos permaneceram armazenados nos tanques de decantação da Estação de Tratamento de Efluentes, passando ocasionalmente pelo processo de compostagem, chegando a temperaturas entre 30°C e 40°C. Os teores de nutrientes disponíveis após o processo de compostagem nos dois resíduos aumentaram consideravelmente quando comparados com os valores iniciais. Os resultados demonstram que, embora os resíduos apresentem quantidades de metais pesados consideráveis, estes ainda poderiam ser reaproveitados como biofertilizante orgânico ou condicionador de solo.

Palavras chave: Tratamento de resíduo. Compostagem. Resíduo agroindustrial.

## 2.2. Introdução

Desde os tempos antigos, os agricultores utilizam os restos orgânicos como materiais para incorporar ao solo. No início do século passado, desenvolveu-se na Índia uma técnica para transformar misturas de resíduos vegetais e animais em fertilizantes orgânicos. Entre o período de 1926 e 1941 iniciaram-se as pesquisas sobre o preparo do composto a partir de misturas, e em 1953 foram instalados os primeiros experimentos de compostagem na Califórnia (KIEHL, 1985).

Dafert, primeiro diretor do Instituto Agrônomo de Campinas, apresentou nos anos de 1888 a 1893, relatórios explicando como preparar o composto orgânico incentivando o seu uso, dando início aos trabalhos de compostagem no Brasil. Trinta anos mais tarde, no mesmo Instituto, D'Utra desenvolveu trabalhos que fomentavam o preparo dos compostos no meio agrícola. Em 1945, os resultados dos trabalhos de Aloisi Sobrinho indicavam uma técnica para inoculação do composto com água e estrumes animais. A partir de 1950, Luiz de Queiroz, da Escola Superior de Agricultura, passou a fomentar o uso do composto (KIEHL, 1985).

Um dos métodos que pode ser utilizado para disposição dos resíduos orgânicos é a compostagem, a qual se apresenta como uma das técnicas de transformação dos mesmos em adubo orgânico, utilizando-o como fertilizante para nutrição das plantas (MATOS, 2005; VERGNOUX et al. 2009).

O processo de transformação do material orgânico é semelhante ao que ocorre no ambiente natural, a diferença é que na compostagem são oferecidas condições adequadas para acelerar o período de decomposição dos resíduos (JARDIM et. al., 1995; PEREIRA NETO, 1996; KIEHL, 1998; FERNANDES; SILVA, 1999).

Compostagem é um processo biológico aeróbico utilizado para estabilização de resíduos orgânicos resultando em um composto (fertilizante orgânico). Durante a compostagem o material orgânico é decomposto por microrganismos e enzimas, resultando na fragmentação e oxidação dos detritos (BUDZIAK et al. 2004). Este processo pode ser realizado tanto em condições aeróbica como anaeróbica.

No processo sob condições aeróbicas, os microrganismos se desenvolvem e transformam a matéria orgânica, eliminando a toxidade do resíduo (FRASSINETTI et



al. 1990). O processo de compostagem aeróbico pode ser dividido em duas fases: a chamada “bioestabilização” que se caracteriza pela redução da temperatura da massa orgânica que, após ter atingido a temperatura de 65°C, estabiliza-se na temperatura ambiente (60 dias ao ar livre). A chamada “maturação”, dura mais 30 dias. Nessa fase ocorrem humidificação e mineralização da matéria orgânica (FERNANDES, 2000).

A compostagem como processo biológico é afetada por qualquer fator que possa influenciar a sua atividade microbiológica. Dentre os fatores destacam-se: a influência da aeração, temperatura, umidade, o tipo de material, concentração de nutrientes (relação C/N), tamanho das partículas e pH (KIEHL, 1998; VERAS; POVINELLI, 2004; COSTA, 2005). Estes fatores ocorrem simultaneamente, e, a eficiência da compostagem baseia-se na interdependência e inter-relacionamento dos mesmos.

A temperatura é um fator determinante para o processo de compostagem, sendo que diferentes temperaturas promovem o crescimento e desenvolvimento de diferentes microrganismos (HERBETS et al., 2005). Para muitos autores a temperatura é considerada um importante indicador da eficiência do processo de compostagem, estando intimamente relacionada com a atividade dos microrganismos alterada pela taxa de aeração (PEREIRA; NETO, 1988; MARQUES; HOGLAND, 2002). Quando a temperatura está excessivamente elevada indica que o processo de compostagem está ocorrendo sem aeração (MARQUES; HOGLAND, 2002).

O processo de decomposição ocorre sob temperaturas elevadas, considerando um intervalo de temperatura entre 40°C e 70°C, mas aos 60°C pode-se considerar o ponto ótimo (MARQUES; HOGLAND, 2002). Nesse sentido, COSTA et al. (2005) comentam que devem-se manter temperaturas controladas na fase de degradação ativa (1ª fase do processo). As temperaturas termófilas, que vão de 45 a 65°C, é um dos requisitos básicos para conseguir o aumento da eficiência do processo, que significa dizer um aumento da velocidade de degradação e a eliminação dos microrganismos patogênicos.

Considerando que a temperatura durante a compostagem está relacionada aos fatores: umidade, disponibilidade de nutrientes, pH, microrganismos, não se pode dizer que, quando o composto está maturado, atinge temperaturas próximas

ao ambiente. Temperaturas baixas podem ocorrer em função da baixa umidade do composto, baixas concentrações de nutrientes no substrato, o tamanho das leiras, o que proporciona uma maior perda de calor para o ambiente (PEREIRA; NETO, 2007).

A temperatura pode ser um indicativo da atividade microbiana e do equilíbrio microbiológico da biomassa, que é proporcionado pela inter-relação entre alguns fatores como umidade, relação C/N, disponibilidade de nutrientes, aeração e tamanho das leiras (VALENTE et al. 2009).

A eficiência da compostagem pode ser avaliada pela quantidade do composto produzido, estando diretamente relacionada ao fornecimento de condições ótimas para o desenvolvimento e multiplicação de microrganismos que se encontram em cada fase do processo (VALENTE et al. 2009).

A decomposição inicial dos resíduos é conduzida por microrganismos mesófilos, que utilizam componentes altamente degradáveis e solúveis (FIGUEIREDO et al. 2008)

O metabolismo desses organismos é exotérmico associado às reações que ocorrem no interior da leira, como metabolismo respiratório e ao amontoamento dos resíduos, que conserva calor, elevando a temperatura inicial (temperatura ambiente) para 40-45°C no período de 2 a 3 dias (KIEHL, 1985; TANG et al. 2004; FIGUEIREDO et al. 2008).

Quando a temperatura atinge valores acima de 45°C, a atividade microbiana mesofílica é suprimida pela atuação de uma comunidade microbiana termófila (TIQUIA, 2005).

Na fase termófila, ocorre à decomposição máxima de compostos orgânicos, onde a fase de degradação ativa de polissacarídeos como celulose, amido e as proteínas (SNELL, 1991), transformando os sub-produtos que serão utilizados pela microbiota (PEREIRA; NETO, 2007).

A eficiência do processo de compostagem baseia-se na inter-relação e interdependência dos fatores como relação C/N, aeração, pH e granulometria (PEIXOTO 1988).

A aeração é considerada um fator importante no processo, pois é capaz de evitar altos índices de temperatura, aumenta a velocidade de oxidação, diminui a liberação de odores e reduz o excesso de umidade do material (KIEHL, 2004),

sendo o oxigênio o elemento essencial no metabolismo dos microorganismos (HERBERTS et al. 2005).

A compostagem aeróbica necessita de oxigênio para a decomposição dos substratos orgânicos, sendo que os principais produtos do metabolismo biológico são CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O e energia. Com a falta de oxigênio na leira de compostagem, pode ocasionar a acidificação do material tornando o composto de baixa qualidade (HERBETS et al. 2005).

A umidade é indispensável para que ocorra a atividade metabólica e fisiológica dos microrganismos, sendo a umidade ideal entre 50 e 60% (RODRIGUES et al. 2006).

De acordo com Richard et al. (2002), Silva et al. (2003) e Matos (2005), em todo o material que apresenta 30% de umidade, a atividade microbiana poderá ser inibida; e com umidade acima de 65%, a decomposição fica lenta proporcionando condições de anaerobiose e lixiviação de nutrientes. A redução da umidade interfere na temperatura do processo de compostagem, prejudicando a atividade metabólica dos microrganismos, que ocorre na fase aquosa (MARGESIN et al. 2006; VALENTE et al. 2009).

Os principais materiais de origem orgânica que são utilizados como matéria-prima para a compostagem são de natureza ácida como: sucos, fezes, urina, entre outros materiais (VALENTE et al. 2009).

Essa fase caracteriza-se pela presença de intensa atividade microbiana, ou seja, microrganismo mesófilico, elevando a temperatura da massa até a 45°C, e liberando C orgânico pela sua atividade na forma de CO<sub>2</sub> para atmosfera (TUOMELA et al., 2000). Na fase inicial da compostagem o pH tende a cair devido a formação de ácidos húmicos, que reagem com os elementos químicos básicos, formando os humatos. Mas com a elevação da temperatura o pH tende a subir e manter-se entre 6 e 7, dependendo do tipo de resíduo utilizado na mistura ( INÁCIO; MILLER, 1990; KIEHL, 2004; FIGUEIREDO et al., 2008).

A faixa ideal de pH para o composto é entre 5,5 e 8,5 (RODRIGUES et al., 2006) e, 4,5 e 9,5 (PEREIRA; NETO, 2007), em seus estudos, relatam que entre essa faixa as enzimas encontram-se ativas, e os valores extremos que os mesmos mencionaram serão regulados pelos microrganismos no processo de degradação dos compostos.

Segundo Silva et al. (2003), os microrganismos necessitam prioritariamente de carbono (fonte de energia para processo de oxidação) e nitrogênio (síntese de proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos, enzimas entre outros) para desenvolver-se.

A relação C/N deve ser determinada a partir do material a ser compostado, para efeito do balanço de nutrientes e no produto final, para a qualidade do composto (MORREL et al., 1985). O N exigido pela quantidade de C varia de acordo com os tipos de microrganismos que estão envolvidos no processo (PEIXOTO, 1988), mas o tempo que leva para ocorrer a decomposição e a mineralização é em grande parte determinada pela quantidade N que está no material orgânico (PEREIRA; NETO, 2007).

A relação C/N das células microbianas está em torno de 8 e 12. Para que o processo ocorra de forma otimizada, recomenda-se uma relação C/N que varie de 20 a 35, para que ocorra a conversão do resíduo orgânico. Uma relação C/N muito elevada em torno de 45 contribui na redução da temperatura e no aumento do tempo de compostagem, mas se a relação C/N estiver muito baixa pode ocorrer a volatilização do nitrogênio sob a forma de amônia, e altos valores de pH e temperatura (HERBERTS et al., 2005).

Existe uma diversidade de microrganismos encontrados no processo de compostagem, dentre eles estão os mesófilos, termófilos, fungos, bactérias, actinomicetos e leveduras (HERBERTS et al., 2005).

Para entender melhor o processo microbiano, é importante conhecer a ciclagem dos nutrientes e a dinâmica da matéria orgânica (SMITH; PAUL, 1990). As intensidades da atividade dos microrganismos decompositores estão relacionadas à diversidade e à concentração dos nutrientes (PEREIRA; NETO, 2007).

O reaproveitamento dos resíduos sólidos agroindustriais é uma das alternativas que podem ser utilizadas para diminuição ou eliminação dos impactos ambientais negativos provocados pela disposição inadequada.

Essa é uma tendência que cresce a cada dia, sendo diversas as técnicas existentes para a reutilização ou transformação destes produtos. O processo de compostagem constitui-se em uma ótima alternativa no tratamento de resíduos com a finalidade agrônômica, uma vez que esse processo permite o controle de microrganismos patogênicos e pode produzir um insumo agrícola de boa qualidade.

Neste contexto, o objetivo do trabalho foi produzir composto orgânico a partir de resíduos sólidos de frigorífico para posterior utilização como fertilizante orgânico na produção de alface.

### **2.3. Material e métodos**

O trabalho foi realizado no período de janeiro de 2010 a março de 2010. O processo de compostagem foi conduzido no minhocário do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, RS.

#### **2.3.1 Tratamento dos resíduos frigoríficos**

O substrato utilizado foi o resíduo da Estação de Tratamento de Efluente (ETE) de um frigorífico, localizado no município de Santa Maria, RS.

Neste trabalho a denominação utilizada será resíduo devido à composição do mesmo e aos problemas que são causados pela sua destinação.

Os resíduos do frigorífico foram diluídos e divididos em resíduos vermelhos e resíduos verdes. Os resíduos vermelhos foram constituídos de sangue, gorduras, resto ruminal, produtos químicos que utilizaram na lavagem interna dos animais, entre outros. O resíduo verde é o resto ruminal dos animais abatidos. Os dois resíduos, verde e vermelho são concentrados em uma área anterior às lagoas de tratamento de resíduos líquidos. O resíduo vermelho foi armazenado nas chamadas de caixas de gorduras, e o resíduo verde é destinado aos agricultores da região para a sua utilização como adubo orgânico. A parte líquida é encaminhada para as lagoas de tratamento de efluentes líquidos (lagoas anaeróbicas).

Após a coleta dos resíduos, foi retirada uma amostra e encaminhada ao Laboratório de Análises de Solos da UFRGS, com o objetivo de analisar as características químicas dos substratos.

### 2.3.2 Compostagem

Os dois resíduos foram acondicionados em canteiros de alvenaria com as dimensões de 1 x 1 x 0,50 m. A compostagem foi realizada pelo sistema de leiras estáticas aeradas manualmente. Após terem sido colocados nos canteiros de alvenaria os resíduos foram recobertos com restos vegetais para manter a temperatura estável na camada externa do substrato, agindo como isolante físico a odores e umidade. A umidade, temperatura e aeração dos canteiros foram monitoradas durante o processo da compostagem. A temperatura foi medida todos os dias; para a aeração foram realizados revolvimentos manuais: na primeira semana, o revolvimento é realizado de duas a três vezes por semana, para que o composto atinja a fase de maturação; a partir da segunda semana, realizou-se o revolvimento uma vez por semana, para manter a umidade do composto entre 40 e 50%, para que ocorresse a atuação dos microrganismos nas fases do processo de compostagem.

### 2.3.3. Determinações

Ao final do experimento de compostagem aos 65 dias, foram realizadas as seguintes determinações: relação C/N, K, P, Fe, Ca, pH e Mg. Para se obterem os valores dos nutrientes citados, os dois resíduo verde e resíduo vermelho foram encaminhado ao Laboratório de Análises Químicas Industriais e Ambientais (LAQIA) da Universidade Federal de Santa Maria.

Para a verificação da maturidade do composto foi controlado pela a estabilidade da temperatura nos canteiros, próxima a temperatura ambiental.

## 2.4. Resultados e discussões

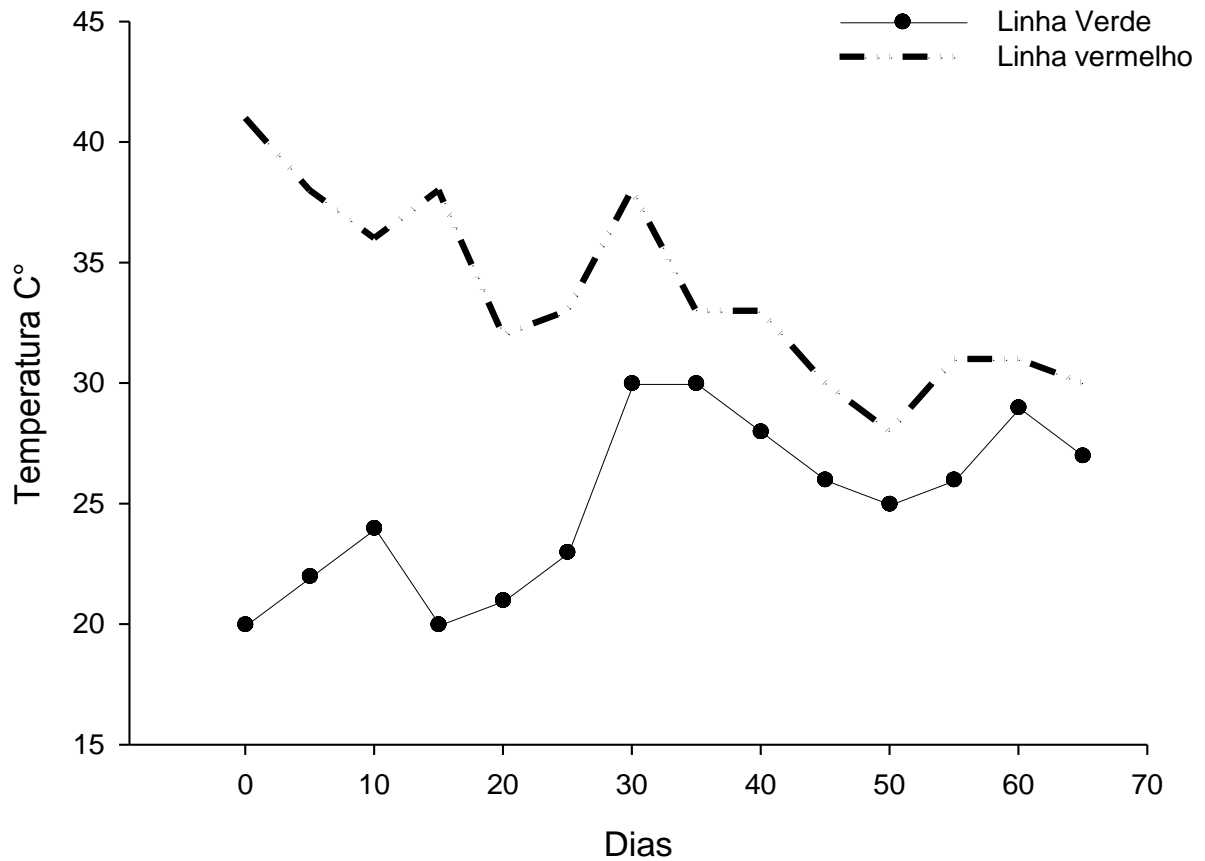
### 2.4.1. Temperatura

A temperatura é considerada o fator determinante para o processo, pois diferentes temperaturas promovem o desenvolvimento de diferentes microrganismos. É o parâmetro mais utilizado para realizar o monitoramento e a evolução da compostagem, e a temperatura das pilhas permite detectar as alterações que ocorrem na pilha e a atividade microbiana durante o processo (HERBERTS et al., 2005).

No tratamento do resíduo vermelho, a temperatura variou de 20 a 30°C (Figura 1). Isto pode ter sido resultado do tempo em que o mesmo estava armazenado na estação de tratamento de efluentes. Mesmo com o despejo diário de novas remessas de resíduos, estaria ocorrendo eventualmente o processo inicial de maturação do composto.

Os resultados de temperatura obtidos mostraram que o processo de compostagem está na fase de maturação, pois as temperaturas não ultrapassaram a 40°C (Figura 1), para o resíduo verde e vermelho. Segundo Neto (1996), quando a temperatura encontra-se inferior a 45°C indica o início da fase de maturação.

Inicialmente o resíduo verde apresentou temperaturas de 41°C, esta elevação inicial da temperatura pode ter ocorrido devido a presença de microrganismos que estavam presentes no trato digestivo dos animais abatidos e, ao mesmo tempo, quando o resíduo foi encaminhado para o processo de compostagem estes microrganismos juntaram-se com os microrganismos que participam do processo de compostagem na fase inicial (mesófilico). Essas temperaturas acima de 40°C indicam que o resíduo necessita de mais dias para que ocorra a estabilização do composto.



**Figura 3** - Média das temperaturas dos resíduos vermelho (RVM) e resíduo verde (RVD) durante os 65 dias do processo de compostagem. Resíduos provenientes da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de frigorífico, no município de Santa Maria/RS.

As temperaturas elevadas entre 45°C e 70°C, fazem com que o processo de decomposição ocorra melhor, a temperatura ótima é de 60°C (HERBERTS et al., 2005). O que contradiz com os resultados obtidos no processo do resíduo verde e vermelho, onde as temperaturas atingiram o máximo entre 30 e 41°C. Isto pode ter ocorrido devido ao tempo em que os resíduos permaneceram nos tanques de armazenamento no frigorífico.

Os resíduos verde e vermelho apresentaram temperaturas baixas no decorrer do processo de compostagem. As baixas temperaturas podem ter ocorrido devido ao tempo que os mesmos estiveram armazenados nos tanques da Estação de



Tratamento de Efluentes (ETE) e ao tamanho das leiras, permitindo uma troca térmica entre o resíduo e o ambiente.

De acordo com Costa et al. (2009) e Valente et al. (2009), que trabalharam com porcentagem de diferentes resíduos de abate de bovino e suíno, palha e serragem, mostraram que o tamanho das leiras, leiras grande e leiras pequenas, influenciam diretamente na temperatura, não atingindo temperaturas elevadas mesmo na fase inicial do processo.

Os tamanhos das leiras permitem trocas térmicas entre a leira e o ambiente, o que dificulta a elevação da temperatura (NAKAGAWA, 1992). Mesmo com esses fatores que os autores relacionaram, os dois resíduos passaram pelo processo de decomposição apresentando temperaturas baixas; aos 65 dias houve a estabilização da temperatura com a ambiente mantendo-se entre 25 – 27°C para o resíduo vermelho e 28 – 30°C para o resíduo verde (Figura 1).

#### 2.4.2. Macronutrientes e micronutrientes

As quantidades de C e N apresentada nos resíduos foram altas (Tabela 1). Em seu trabalho com compostagem de carcaça de aves, Costa et al. (2005) salienta que a quantidade de C presente no resíduo a ser degradado pelos microrganismos interfere na velocidade e na quantidade de carbono que será transformado em CO<sub>2</sub> pelo processo de compostagem.

Tanto o resíduo vermelho e o resíduo verde apresentam uma relação C/N próxima do ideal (Tabela 1), concordando com os estudos realizados por Fong et al., (1999), Kiehl, (2004), demonstrando que a relação C/N ideal para que o processo de decomposição ocorra de forma otimizada deve estar entre 25/1 e 30/1. Pois durante a decomposição a absorção de C pelos organismos é maior que a do N (GORGATI, 2001; KIEHL, 2004).

**Tabela 1 - Teores de C e N e a relação C/N dos resíduos do da Estação de Tratamento de Efluente de frigorífico. Resíduo verde (RVD) e resíduo vermelho (RVM). Santa Maria, RS, 2011.**

Características químicas	Antes da compostagem		Depois da compostagem	
	LVD	LVM	LVD	LVM
Carbono %	34	44	13	16
Nitrogênio %	1,4	1,6	1,2	1,3
C/N	24/1	27/1	10/1	12/1

O resíduo verde tem em sua composição quantidades significativas de materiais com valores de lignina, celulose e hemicelulose alto, pois é constituído de resto ruminal, ou seja, restos de vegetal que foram ingeridos pelos animais. De acordo com Valente (2009), a relação C/N aconselhável para esses tipos de resíduos com concentrações elevadas de celulose, hemicelulose e lignina, seja maior inicialmente do que o recomendado, pois o C disponível é inferior ao C total. Conforme mencionado pelo autor, não é o que acontece no resíduo da linha verde onde sua relação C/N está abaixo do ideal.

Mas de acordo com Herberts et al. (2005), em seu estudo diz que quando a relação C/N encontra-se em níveis muito baixo poderá ocorrer a volatilização do nitrogênio sob forma de amônia, principalmente com altos valores de pH e temperatura.

Após o processo de compostagem dos resíduos verde e vermelho, verificou-se que aos 65 dias do processo a relação C/N baixou tanto para o resíduo vermelho como para o resíduo verde (Tabela 2). Essa redução pode ser devido à oxidação da matéria orgânica pelos microrganismos, com a perda do C é pela respiração na forma de CO<sub>2</sub> (LIMA et al., 2009).

Neste contexto Loureiro et al. (2007) avaliou em seu trabalho a compostagem de resíduos domésticos com e sem adição de esterco bovino e observou que aos 27 dias de duração do processo o teor de C total diminui. O estudo realizado por Imbar et al., (1990) com resíduo da indústria de alimentos, observou que aos 60 dias de compostagem a relação C/N reduziu de 27/1 para 10/1. Isto pode ser comparado com os valores estimados na tabela 1, em que a relação C/N de todos os resíduos baixou significativamente de 24/1 para 10/1 no resíduo verde e 27/1 para 12/1 no

resíduo vermelho, com isso a concentração de C diminui ao longo do processo de compostagem. É difícil determinar o tempo de bioestabilização do composto, pois existem alguns parâmetros utilizados para cada tipo de material original, desta forma, cada material apresenta seu tempo ideal de maturação (INOKO, 1982 apud NAKAGAWA, 1992).

**Tabela 2 - Características químicas dos substratos da Estação de Tratamento de Efluentes de frigorífico, com denominação de resíduo verde e resíduo vermelho aos 65 dias. Santa Maria, RS, 2011.**

Substrato		pH	g kg <sup>-1</sup>							%		C/N
			K	Fe	Ca	Mg	S	P	N	C		
Resíduo verde	inicial	8,8	1,1	1,1	7,9	1	1,6	0,9	1,4	34	24/1	
	Final	6,1	1,8	22,2	72,2	8,2	0,41	6,1	1,2	13	10/1	
Resíduo vermelho	inicial	8,3	0,9	2,9	11	1,1	3,9	0,11	1,6	44	27/1	
	Final	6,2	1,7	50,05	88,2	6,6	0,75	1,8	1,3	16	12/1	

O valor de pH dos dois resíduos utilizados apresentava-se inicialmente com valores entre 8,2 e 8,8, (Tabela 2), sendo considerados alcalino. Os valores altos de pH estão estreitamente ligados a composição dos resíduos, em cuja composição estão resíduos de natureza alcalina (VALENTE et al., 2009).

Os valores de pH maiores que 7,0 no início do processo de compostagem é prejudicial, pois o pH é o parâmetro que observa-se a atividade dos microrganismos. Valores acima de 7,0 no início do processo de compostagem acarretam perda de nitrogênio pela volatilização da amônia. Desta forma, a hidrólise da amônia aumentou os valores de pH devido a produção de hoxidrilas, transformando-se em amônio. O pH é responsável pelo equilíbrio entre  $\text{NH}_4^-$  e  $\text{NH}_3$ , quando a amônia é perdida por volatilização ocorre uma dissociação do  $\text{NH}_4^-$ , uma vez que a oxidação do  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NO}_3^-$  libera  $2\text{H}^+$ , com isso reduz o pH do meio (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

Na fase final do processo de compostagem dos resíduos gerados pela Estação de Tratamento de Efluentes, os valores se apresentavam na faixa de 6,1 e 6,2, considerando ideal para os microrganismos responsáveis pelo processo de compostagem. De acordo com Rodrigues et al.,(2006),na faixa entre 5,5 e 8,5 ocorrem o desenvolvimento de microrganismos responsáveis pela degradação de resíduos orgânicos. Também considerada a faixa onde as enzimas encontram-se em plena atividade.

Comparando os valores encontrados na tabela 2, na fase inicial do processo de compostagem, os valores de pH mostravam que o resíduo era alcalino e no final do processo, quando considerado que o substrato encontrava-se maduro os valores de pH baixaram, mantendo-se entre os valores recomendados.

Os valores alcalinos encontrados na fase inicial do experimento também foram observados por Zhang e He (2006), que salientam em seu estudo de compostagem de dejetos sólidos de suíno em mistura com serragem, que os valores de pH iniciais levemente ácidos, ao longo do processo tornaram-se alcalinos. Já no final, voltaram aos valores próximos da neutralidade. Os valores de pH apresentados após a compostagem de resíduos é um indicativo de que a biomassa chegou a sua estabilidade.

O Fe é o micronutriente que apresentou valores diferenciados entre os dois tipos de resíduos tanto no início como no final do processo de compostagem. Esses valores elevados no resíduo vermelho devem-se ao fato de que em sua composição encontram-se altas quantidades de hemoglobina, e com isso conseqüência da alta quantidade de Fe em sua composição. Quando compara-se os resíduos verde e vermelho, observa-se que no resíduo verde a quantidade de Fe presente é baixa, o que demonstra que em sua composição a presença desse elemento é baixa por ser resíduo proveniente do conteúdo estomacal (rúmen).

Os valores de P encontrados (Tabela 2), estão de acordo com os demonstrados por Torres et al. (2008), em trabalhos com bio sólidos em diferentes porcentagens; e Costa et al. (2009), em trabalhos de compostagem de resíduo de frigorífico, encontrou valores semelhantes de P  $5,7 \text{ gKg}^{-1}$  no final do processo.

Para Ca e Mg os valores apresentados por Costa et al. (2009) estão em desacordo com os encontrados na Tabela 2, sendo que, no trabalho realizado pelo autor, as quantidades de Ca e Mg foram inferiores. Estes valores podem ser devido

a mistura de serragem em diferentes porcentagens e palha que o autor utilizou no processo de compostagem, fazendo com que ocorresse um decréscimo dos mesmos. De forma geral, os teores de nutrientes encontrados após o processo de compostagem dos diferentes resíduos aumentaram em relação aos iniciais. Isto pode ter ocorrido devido a perda de carbono pela respiração microbiana, que ao final da compostagem a leira diminui, conservando a quantidade de nutrientes, e elevando as concentrações.

## **2.5. Conclusões**

Os resíduos verde e vermelho apresentaram boas condições para serem utilizados na vermicompostagem.

As temperaturas encontra-se abaixo de 45°C, indicando o início da fase de maturação do composto.

Relação C/N encontra-se próxima do ideal entre 25/1 e 30/1, a quantidade de nutrientes e pH próximos as condições consideradas ideais para a produção de um composto orgânico.

## 2.6. Referências bibliográficas

AQUINO, A. M. de. et al. Biomassa microbiana, colóides orgânicos e nitrogênio inorgânico durante a vermicompostagem de diferentes substratos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n 11, p 1087-1093, novembro 2005.

BENITES, V. de M. **Produção de insumos agrícolas a partir de resíduos agroindustriais**. Fertbio, 2006. Bonito/MS.

BUDZIAK, C. R.; MAIA, C. M. B. F.; MANGRICH, A. S. Transformações químicas da matéria orgânica durante a compostagem de resíduos da indústria madeireira. **Química Nova**, v. 27, n. 3, p. 399-403, novembro 2004.

CORRÊA, E.K. **Produção de suínos sobre cama**. Gráfica Universitária. UFPEL, Pelotas. 75 p. 2003.

COSTA, M. S. S. de M. **Caracterização dos dejetos de novilhos superprecoces: reciclagem energética e de nutrientes**. 2005. 98f Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu. 2005.

COSTA, M. S .S. de M.et al. Compostagem de resíduos sólido de frigorífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.13, n.1, p.100–107, julho 2009.

FERNANDES, P. Estabilização e higienização de biossólidos. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. **Impacto ambiental do uso agrícola do lodo de esgoto**. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP, 312p, 2000.

FERNANDES, F. E; DA SILVA, S. M. C. P. Programa de pesquisa em saneamento básico – **PROSAB**: Manual prático para a compostagem de biossólidos. ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. Rio de Janeiro. 1999.

FIGUEIREDO, et al., **Microrganismos e Agrobiodiversidade**: o novo desafio para a agricultura. Guaíba agrolivros. Guaíba, RS. 2008. 568 p.

FONG, M.; WONG, J. W. C.; WONG, M. H. Review on evaluation of compost maturity and stability of solid waste. **Shanghai Environmental Sciences**, v.18, n. 2, p.91-93. Fevereiro 1999.

FRASSINETTI, S.; CITTERIO, S.; NAPPI, P. Chemical changes in sludge stabilization. **BioCycle**, v.31, p.50-52, june 1990.

GORGATI, C. Q. **Fração orgânica de lixo urbano com substrato para biodigestor e como matéria prima para compostagem e vermicompostagem**. 2001, 70f. Dissertação (mestrado em energia na agricultura) Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

HERBETS, R. A., et al. Compostagem de resíduos sólidos orgânicos: aspectos biotecnológicos. **Health and Environment Journal**, v. 6, n. 1, p. 41-50, maio 2005.

IMBAR, Y.; CHE, Y.; HADAR, Y. Humic substances formed during the composting of organic matter. **Soil Science Society of America Journal**, v. 54, n. 5, p. 1316-1323, 1990.

INÁCIO, C, DE T.; MILLER, P. R. M. **Compostagem**: ciência e prática para a gestão de resíduos orgânicos. Embrapa solos. Rio de Janeiro, 1990, 156 p.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Editora Agronômica Ceres Ltda. Piracicaba, 1985, 492 p.

KIEHL, E. J. **Manual de Compostagem**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1998.

KIEHL, E. J. **Manual de compostagem**: maturação e qualidade do composto. 4<sup>a</sup> ed. E. J. Kiehl. Piracicaba. 2004, 173 p.

LIMA, C. C. et al. Caracterização química de resíduos da produção de biodiesel compostados com adição mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina, SP, v.13, n.3, p.334-340, janeiro 2009.

LOUREIRO, D.C. et al. Compostagem e vermicompostagem de resíduos domiciliares com esterco bovino para a produção de insumo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 7, p. 1043-1048, julho 2007.

MATOS, A.T. **Tratamento de resíduos agroindustriais**. Fundação Estadual do Meio Ambiente. Viçosa, 2005. 34p.

MARGESIN, R.; CIMADOM, J.; SCHINNER, F. Biological activity during composting of sewage sludge at low temperatures. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 2, n. 57, p.88-92, March 2006.

MARQUES M, HOGLAND W. Processo descentralizado de compostagem em pequena escala para resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas. **XXXVIII Inter-American Congress of Sanitary and Environmental Engineering**. 2002.

MONDINI, C.;FORNASIER, F.; SINICCO, T. Enzymatic Activity as a parameter for the characterization of the composting process. **Soil Biology Biochemistry**, v 10, n. 36, p 1587-1594, October 2004.

MORREL, J. L. Methods for evaluation of the maturity of municipal refuse compost. In: **Gasser, J.K. Composting of agricultural and other wastes**. Elsevier. London. p. 56-72. 1985.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002.

MOTTER O F. **Utilização de minhocas na produção de composto orgânico**. CETESB, São Paulo.1987. 26 p.

NAKAGAWA, J. Compostagem: obtenção e uso. In: **Encontro sobre matéria orgânica do solo: Problemas e Soluções**, 1, 1992, Botucatu. Anais. Botucatu: Champion Papel e Celulose Ltda., 1992. 29p.

NETO J T P. **Manual de compostagem**: Processo de baixo custo. UNICEF, Belo Horizonte. 1996. 15 p.

PEIXOTO, R. T. DOS G. **Compostagem**: opção para o manejo orgânico do solo. IAPAR. Londrina.46 p. 1988.

PEREIRA NETO, J. T. Monitoramento da eliminação de organismos patogênicos durante a compostagem de resíduos urbanos e lodo de esgoto pelo sistema de pilhas estáticas aeradas. **Engenharia Sanitária**, Rio de janeiro, v.27, p148-152, abril/ junho 1988.

PEREIRA NETO, J. T. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. UFV. Viçosa, 2007, 81 p.



PEREIRA NETO, J. T.. **Manual de compostagem**. UNICEF. Belo Horizonte. 1996. 56 p.

RICHARD, T., N. et al. The science and engineering of composting. The Cornell composting website, **Cornell University**. [http://www.compost.css.cornell.edu/composting\\_homepage.html](http://www.compost.css.cornell.edu/composting_homepage.html). Acesso em: 12/08/2002.

RODRIGUES, M. S. Compostagem: reciclagem de resíduos sólidos orgânicos. In: Spadotto, C.A.; Ribeiro, W. **Gestão de Resíduos na agricultura e agroindústria**. FEPAF. Botucatu, SP, p. 63-94. 2006.

SILVA M C. **Compostagem em Portugal**. Escola Superior de Biotecnologia, nº 23, 2003.

SMITH, J. L.; E. A. PAUL. The significance of soil microbial biomass estimations. **Soil biochemistry**. New York v.6, p. 357-396. 1990.

SNELL, J. R. Role of temperature in garbage composting. In: The biocycle guide to the art & Archivos de zootecnia. **Science of composting**. J.G. Press. Emmaus, vol. 58, p. 224-256. 1991.

TANG, J. C.; KANAMORI. T.; INQUE, Y. Changes in the microbial community structure during thermophilic composting of manure as detected by quinone profile method. **Process Biochemical**, n.39, n. 12, p. 1999-2006, October 2004.

TIQUIA, S. M. Microbiological parameters as indicators of compost maturity. **Journal Applied Microbiology**, Dearborn, v. 99, n. 4, p.816-828, april 2005.

TORRES, et al. Aplicacion de materiales orgânicos e inorgânicos em La adsorcion de fósforo en un Oxisol. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 451-457. Março 2008.

TUOMELA, M.; VIKMAN, M.; HATAKKA, A. Biodegradation of lignin in a compost environment:a review. **Bioresource Technogoly**, Finland, v.72, p 169-183, april 2000.

VALENTE, B. S. et al. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v. 58, n. 1, p. 59-85, abril 2009.

VERGNOUX, A. M. et al. Monitoring of the evolution of industrial compost and prediction of some compost properties by NIR spectroscopy. **Science of The Total Environment**. v. 407, n. 7, p. 2390-2403, March 2009.

ZHANG, Y.; HE, Y. Co-compostig solid swine manure with pine sawdust as organic substrate. **Bioresource Technology**, v.97, n. 16,p 2024-2031, november 2006.

### 3. Etapa II

## VERMICOMPOSTAGEM DE RESÍDUOS DE FRIGORIFICO EM MISTURA COM CASCA DE ARROZ “IN NATURA” E CARBONIZADA

### 3.1. Resumo

A destinação dos resíduos sólidos constitui um sério problema ambiental para a humanidade. A vermicompostagem é mais uma alternativa para tentar solucionar o problema da destinação dos resíduos, tendo como produto final o húmus. Baseado nisto, objetivou-se com o estudo avaliar a reprodução e desenvolvimento das minhocas e a produção de composto orgânico em mistura com casca de arroz “in natura” e carbonizada, pelo processo de vermicompostagem. O ensaio foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria, utilizando-se 10 tratamentos: T1 - Resíduo Vermelho (RVM), T2 - Resíduo Verde (RVD), T3 - Resíduo Vermelho: Casca de Arroz “in natura” – 1:1 (RVM:CAN 1:1), T4 - Resíduo Verde: Casca de Arroz “in natura” – 1:1 (RVD:CAN 1:1), T5 - Resíduo Vermelho: Casca de Arroz Carbonizada – 1:1 (RVM:CAC 1:1), T6 Resíduo Verde: Casca de Arroz Carbonizada – 1:1 (RVD:CAC 1:1), T7 - Resíduo Vermelho: Resíduo Linha Verde – 1:1 (RVM:RVD 1:1), T8 - Resíduo Verde: Casca de Arroz “in natura” – 3:1 (RVD:CAN 3:1), T9 - Resíduo Vermelho: Casca de Arroz Carbonizada – 3:1 (RVM:CAC 3:1) e T10 Esterco Bovino (EB). Em cada tratamento inoculou-se 20 minhocas adultas e cliteladas da espécie *Eisenia andrei*. Após 110 dias foram realizadas as seguintes avaliações: número de indivíduos adultos, número de indivíduos jovens, número de casulo, Índice de Multiplicação, biomassa fresca e seca das minhocas. Os tratamentos que apresentaram maior eficiência em relação ao número de indivíduos jovens e índice de multiplicação foi o T4, número de casulos o T2 e número de indivíduos adultos o T7, quando comparados com os demais tratamentos. Pode-se inferir que o processo de vermicompostagem ajuda na

higienização, ou seja, na eliminação de muitos patógenos nos resíduos sólidos da Estação de Tratamento de Efluentes e a quantidade de metais pesados presentes não afeta a população de minhocas.

Palavras – chave: Vermicomposto. Resíduo agroindustrial. Minhocas.

### 3.2. Introdução

As oligoquetas estão entre os primeiros animais que surgiram na terra, no período Edicariano (Era Paleozóica), há 570 milhões de anos (BOUCHÉ, 1983). Entre países do mundo que encontram-se as minhocas, o Brasil é o único em que o território é quase que totalmente habitável pelas minhocas (BROWN; JAMES, 2007).

As minhocas são organismos pertencentes à macrofauna do solo e alimentam-se de matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição (LEE, 1985). Estes organismos edáficos participam do processo de decomposição e agregação da matéria orgânica e resíduos vegetais, (LAVELLE; SPAIN, 2001), importantes na humificação da matéria orgânica (BROWN, 1978), melhorando as características do solo como fertilidade, porosidade, aeração e qualidade dos solos naturais e agrícolas (LAVELLE; SPAIN, 2001).

Dentre as espécies de minhocas utilizadas nos processos de decomposição dos resíduos orgânicos estão a *Eisenia fetida* Savigny (1826) e *Eisenia andrei* Bouché (1972) que vivem em ambientes ricos em material orgânico. Estas espécies são exóticas adaptadas para viverem em cativeiro (VIELMA-RONDÓN *et al.*, 2003; EDWARDS; ARANCON, 2004). Alguns autores utilizaram outras espécies de minhocas com interesse comercial, que ainda não são utilizadas no Brasil para esse fim, entre essas espécies estão a *Lumbricus rubellus*, *Megascolex chinensis*, *Lampito mauritiae* (PADMAVATHIAMMA *et al.* 2007; MONROY *et al.* 2008; AIRA *et al.* 2008; SUTHAR; SING; 2008).

A *E. andrei* Bouché (1972) é uma espécie exótica no Brasil, muito utilizada na minhocultura (BROWN; JAMES, 2006). Apesar de ser uma espécie de clima temperado a *E. andrei* é a mais utilizada na vermicompostagem no Brasil, alta proliferação e tolerância a altas temperaturas (EDWARDS; ARANCON, 2004). Apresenta eficiência no processo de transformação dos resíduos orgânicos (CAPISTRÁN *et al.*, 2001), podendo crescer e se reproduzir em diversos tipos de resíduos (ATIYEH *et al.*, 2000). Estas preferem esterco de animais, no entanto ingerem qualquer tipo de material orgânico, desde que os mesmos não sejam ácidos e não apresentem odor pronunciado (DOMINGUEZ, 2004; OLIVEIRA, 2007).

Essas espécies são as mais utilizadas no processo de vermicompostagem, por apresentarem alta taxa reprodutiva, resistência e adaptabilidade a condições de cativeiro, que são características desejáveis na prática da minhocultura (AQUINO; NOGUEIRA, 2001).

No processo de vermicompostagem, as minhocas atuam juntamente com a microflora presente no seu trato digestivo (BIDONE; PONVINELLI, 1999; AQUINO et al., 1992), controlando patógenos primários, resistentes ao pré-tratamento presentes nos resíduos sólidos, além de alguns patógenos secundários, que são eliminados durante o processo de vermicompostagem (AQUINO et al., 1992), melhorando o arejamento e a drenagem do material na etapa de maturação (NDEGWA; THOMPSON, 2001).

A vermicompostagem é um processo biológico, aeróbio, para tratamento de resíduos sólidos orgânicos que utiliza minhocas para acelerar a degradação da matéria orgânica, produzindo um composto rico em ácidos húmicos. Apresenta vantagens em relação a outros processos biológicos, ao nível da qualidade do composto final, dos custos de investimento e dos custos de operação (COMPLETO et al., 2008).

A vermicompostagem é constituída por dois estágios: no primeiro, a matéria orgânica é compostada segundo os métodos tradicionais de compostagem, proporcionando a redução de microrganismos patogênicos, em aproximadamente 30 dias. No segundo estágio, o composto é transferido para leitos rasos, então faz-se a inoculação das minhocas. Após 60 dias, obtém-se o vermicomposto pronto, com aumento da disponibilidade de macro e micronutrientes e a formação de um húmus mais estável (BIDONE; POVINELLI, 2001).

Estudos feitos por Ndegwa; Thompson (2001), sobre a combinação das práticas de compostagem e vermicompostagem na bioestabilização de resíduos industriais de papel e lodo de esgoto, obtiveram resultados que indicaram que a combinação dos dois processos não apenas diminui o tempo necessário para a estabilização dos resíduos, mas também proporciona a formação de um produto final de melhor qualidade.

A eficiência das minhocas em alterar a densidade de microrganismo patógenos foi demonstrada por Monroy *et al.* (2008), depois que o substrato passa pelo trato digestivo das minhocas o mesmo é devolvido como peletes fecais. Estes

peletes fecais apresentam alta atividade microbiana que é benéfica ao solo. (DOMINGUEZ *et al.*, 2000), mostrando-se eficiente na diminuição desses microrganismos bem como a quantidade de coliformes totais presentes no resíduo.

Edwards (1995) relata que os sistemas de vermicompostagem devem ser mantidos em temperaturas abaixo de 35°C, já que a exposição da minhoca a temperaturas acima desse valor, mesmo em curtos intervalos de tempo, provoca sua morte. As minhocas vivem ativamente numa estreita camada abaixo da superfície, sendo necessário, de acordo com o autor, a adição sucessiva de finas camadas de material orgânico (a cada um ou dois dias), para que o calor não se torne excessivo.

A degradação de resíduos sanguíneos com sorologia negativa pelo processo de vermicompostagem foi estudada por Brito; Salgueiro (2007), os quais verificaram que houve remoção dos agentes infectantes, possibilitando a garantia sanitária do produto final, o vermicomposto. Portanto, a vermicompostagem é uma das técnicas que também pode ser utilizada para tratar os resíduos provenientes dos hemocentros, os quais não possuem uma destinação adequada, minimizando assim os possíveis impactos ambientais que podem causar.

Tognetti *et al.* (2006) na Argentina utilizaram o processo de compostagem prévia, e logo após a fase de estabilização da temperatura (fase termofílica), foi retirada parte da pilha e submetida ao processo de vermicompostagem. Estes autores observaram uma diminuição no tempo de estabilização e maior disponibilidade de nutrientes no vermicomposto que no composto. Não foram observadas grandes diferenças entre a composição química dos compostos nos dois processos, mas houve um aumento significativo na disponibilidade de N durante a vermicompostagem (TOGNETTI *et al.* 2007).

No processo de vermicompostagem além de aumentar a quantidade de N disponível, há aumento na quantidade de P durante o processo de vermicompostagem (LAZCANO *et al.*, 2008).

Dentre os resíduos alternativos utilizados como substrato para obtenção de vermicomposto ou multiplicação das minhocas, está o lodo de esgoto (GUPTA; GARG, 2008). O lodo de frigorífico por apresentar características químicas semelhantes ao lodo de esgoto pode ser considerado como um substrato alternativo com finalidade de multiplicação de minhocas e produção de húmus.

O trabalho teve como objetivo estudar a viabilidade do resíduo da Estação de Tratamento de Efluentes de frigorífico como material para multiplicação das minhocas da espécie *E. andrei* e a produção de vermicomposto com características químicas desejáveis para sua utilização como biofertilizante.

### **3.3. Materiais e métodos**

O trabalho foi realizado no período de abril de 2010 a agosto de 2010, totalizando 116 dias de vermicompostagem, na região central do Rio Grande do Sul na cidade de Santa Maria – RS. O experimento foi conduzido na casa de vegetação do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, RS.

#### **3.3.1. Resíduo**

Utilizaram-se os resíduos compostados, verde e vermelho, provenientes da Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) de Frigorífico, localizada no município de Santa Maria, RS. A casca de arroz carbonizada e “in natura” foram coletas no engenho Fighera, localizado no município de Santa Maria, RS.

#### **3.3.2. Unidades experimentais**

Realizou-se a vermicompostagem dos resíduos misturados com os dois tipos de casca de arroz (carbonizada e “in natura”). Os recipientes utilizados foram potes plásticos com a capacidade para 14 litros de substrato de maneira isolada ou em



misturas por volume (v:v), correspondente a cada tratamento e distribuídos da seguinte forma:

T1– Resíduo Vermelho (RVM)

T2– Resíduo Verde (RVD)

T3– Resíduo Vermelho : Casca de Arroz “in natura” – 1:1 (RVM:CAN 1:1)

T4– Resíduo Verde : Casca de Arroz “in natura” – 1:1 (RVD:CAN 1:1)

T5– Resíduo Vermelho : Casca de Arroz Carbonizada – 1:1 (RVM:CAC 1:1)

T6– Resíduo Verde : Casca de Arroz Carbonizada – 1:1 (RVD:CAC 1:1)

T7– Resíduo Vermelho : Resíduo Linha Verde – 1:1 (RVM:RVD 1:1)

T8– Resíduo Verde : Casca de Arroz “in natura” – 3:1 (RVD:CAN 3:1)

T8– Resíduo Vermelho : Casca de Arroz Carbonizada – 3:1 (RVM:CAC 3:1)

T10– Esterco Bovino (EB)

Após a realização das misturas nos potes plásticos, inocularam-se 20 minhocas adultas e cliteladas da espécie *Eisenia andrei* em cada recipiente. Os potes ficaram acondicionados na casa de vegetação.

Foram realizadas irrigações diárias para manutenção da umidade dos tratamentos. Como o experimento foi realizado na estação fria (inverno) com temperatura muito baixa, utilizou-se um aquecedor no local para manter a temperatura próxima entre 16°C e 22°C. Esta temperatura é considerada ideal para o desenvolvimento e reprodução das minhocas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com 10 tratamentos e 5 repetições, totalizando 50 unidades experimentais.

### 3.3.3. Determinações

Ao final do experimento foram realizadas as seguintes avaliações: número total de indivíduos, número de minhocas adultas (cliteladas), número de minhocas

jovens (ausência de clitelo), número total de casulos, índice de multiplicação das minhocas, massa fresca e massa seca das minhocas adultas e jovens.

A separação e contagem das minhocas foram realizadas manualmente com auxílio de uma pinça.

De acordo com Steffen (2008), para o cálculo do índice de multiplicação das minhocas, foi utilizada a fórmula:  $IM = PF/PI$  (1), onde: IM – Índice de Multiplicação, PF – População Final, PI – População Inicial

Após a separação manual, os indivíduos encontrados foram transferidos para frascos plásticos contendo água limpa onde permaneceram durante 24 horas para que o máximo de conteúdo presente no trato digestivo pudesse ser eliminado pelas minhocas. (GIRACCA, 2005). Posteriormente as mesmas foram secas em papel toalha e pesadas para a obtenção da biomassa fresca. Após as minhocas foram mantidas em estufa a 65°C durante 72 horas, em placas de petri forradas com papel alumínio, para obtenção da massa seca.

O número de minhocas jovens, adultas e casulos, bem como a biomassa de minhocas frescas e secas foram transformados para raiz quadrada de  $x+0,5$ . Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e teste de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi SISVAR (FERREIRA, 2008).

### **3.4. Resultados e discussões**

Para o número de indivíduos jovens e índice de multiplicação os tratamentos que apresentaram condições favoráveis foram o T4 RVD:CAN (1:1), seguido do T7 RVM:RVD (1:1), T3 RVM:CAN (1:1), T8 RVD:CAN (3:1), não havendo diferença estatística entre os mesmos (Tabela 3). Isto pode ter ocorrido devido a presença de casca de arroz “in natura” nos tratamentos favorecendo um ambiente adequado para a multiplicação das minhocas, quando comparados com os tratamentos com casca de arroz carbonizada, que apresentaram valores baixos para os mesmos parâmetros analisados.

**Tabela 3 - Número de minhocas adultas, jovens, casulos e índice de multiplicação através dos tratamento resíduo vermelho (RVM), resíduo verde (RVD), resíduo vermelho e casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), resíduo verde e casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), resíduo vermelho e casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), resíduo verde e casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), resíduo vermelho e resíduo verde (RVM:RVD), resíduo verde e casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), resíduo vermelho e casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e esterco bovino (EB). Santa Maria, RS, 2011.**

Tratamentos	N° de minhocas		N° de casulos	IM **
	Jovens	Adultas		
RVM	524 a*	19 b	26 b	27,12 a
RVD	354 b	30 a	78 a	18,19 b
RVM:CAN 1:1	579 a	11 b	10 b	28,5 a
RVD:CAN 1:1	689 a	24 a	23 b	39,61 a
RVM:CAC 1:1	331 b	12 b	25 b	17,17 b
RVD:CAC 1:1	276 b	11 b	8 b	14,35 b
RVM:RVD 1:1	625 a	31 a	59 a	32,78 a
RVD:CAN 3:1	548 a	13 b	32 b	28,02 a
RVM:CAC 3:1	522 a	28 a	28 b	27,51 a
EB	14 c	23 a	0 b	1,83 c
CV %	17,56	23,79	53,59	15,42

\*Medias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

\*\* (IM) Índice de multiplicação = (População inicial / População final).

No tratamento que em sua constituição tinha resíduo verde e casca de arroz “in natura” com proporções 1:1, o número de indivíduos jovens foi de 689. Esses valores podem ser devido a que o resíduo da linha verde apresenta quantidades de metais pesados baixo quando comparados com o resíduo da linha vermelha, conforme a resolução todos os valores encontram-se acima do estabelecido CONAMA 375/2006 (BRASIL, 2006) (Tabela 4), com isso poderia ter ocorrido a redução no número de indivíduos (Tabela 3), sendo que a casca de arroz neste tratamento tornou-se um estabilizante junto ao RVD, pois o resíduo verde apresenta características menos compactadas, mais liquido em comparação com o resíduo vermelho.

No final do processo de vermicompostagem há redução no volume do composto, havendo uma concentração dos nutrientes e metais pesados. Isto foi observado por Godoy et al. (2009) trabalhando com bio-sólido de fossas sanitárias puro e em mistura com grama. A quantidade de metais após a compostagem depende do tipo e da constituição do resíduo. No seu trabalho a grama serviu como um fator diluidor de metais e nutrientes até o final do processo.

**Tabela 4- Caracterização química das linhas do resíduo gerado pela ETE (estação de tratamento de efluentes) de um Frigorífico, valores típicos e limites de metais pesados para disposição ao solo, Santa Maria, RS, 2011.**

Tratamentos	Cd	As	Ba	Ni	Cu	Cr
	mg/L <sup>-1</sup>					
RVM	1,09	9,09	99,7	5,22	33,8	13,5
RVD	0,65	<2,35	155	6,24	26,6	16,2
RVM:CAN 1:1	0,58	2,67	69,1	9,77	22,2	22,6
RVD:CAN 1:1	0,42	<2,35	106	6,36	19,3	16,2
RVM:CAC 1:1	0,30	<2,35	85,1	3,34	14,1	8,29
RVD:CAC 1:1	0,56	2,97	145	3,29	20,9	8,42
RVM:RVD 1:1	0,79	2,7	110	5,24	30	13,9
RVD:CAN 3:1	0,71	3,18	68,1	10,57	27,7	26,1
RVM:CAC 3:1	0,5	<2,35	122	5,69	21,6	14,9
EB	0,45	<2,35	221	3,69	32,7	6,25
Limites (mg/L) <sup>(1)</sup>	0,2	0,5	5	2	1,0	0,5

<sup>(1)</sup> Limites informados pelo CONAMA, resolução 375/2006.

O tratamento que melhor demonstrou a eficiência para o índice de multiplicação foi o RVD:CAN 1:1, quando comparado com os tratamentos com CAC. Isto pode ter ocorrido devido ao fato de que a casca de arroz “in natura” promoveu um ambiente favorável para a multiplicação das minhocas *E. andrei* (Tabela 3) deixando o substrato mais aerado e com baixa densidade, o que não ocorreu com os tratamentos em que apresentavam casca de arroz carbonizada, que proporcionou o possível adensamento dentro dos vasos de criação, provocando a desestruturação dos resíduos verde e vermelho com a mistura da CAC.

A utilização de materiais fibrosos como casca de arroz “in natura” e a serragem, são comumente utilizados para produção de matrizes de minhocas, pois melhoram as qualidades físicas dos substratos, aumentam a aeração e reduzem a densidade do substrato favorecendo a multiplicação e o desenvolvimento das minhocas (SCHIAVON et al., 2007; STEFFEN, 2008).

Entretanto, deve-se considerar a presença de metais pesados presentes nos resíduos (Tabela 4).

Embora o resíduo da linha vermelha apresente maiores quantidades de metais pesados quando comparados com o resíduo verde, o tratamento RVM:CAC 1:1 (17,17) foi o que diferenciou-se significativamente dos tratamentos RVM:CAN 1:1 (28,5), RVM:CAC 3:1 (27,51), RVM 100% (27,12), o que pode-se inferir que a casca de arroz carbonizada em porcentagens iguais ao resíduo vermelho aumentou a quantidade de metais presentes na mistura, diminuindo assim a multiplicação das minhocas e conseqüentemente a quantidade de casulos, indivíduos jovens e provavelmente a morte ou fuga dos indivíduos adultos. De acordo com Cesar et al.(2008), esse tipo de resíduo (lodo) proveniente das Estações de Tratamento de Efluentes (lodo de esgoto urbano) é rico em elementos tóxicos e podem influenciar o desenvolvimento dos organismos pela fuga ou morte do mesmos.

O tratamento que demonstrou ser ineficiente para a reprodução (número de casulos), multiplicação (indivíduos jovens) e desenvolvimento das *E. andrei* foi à testemunha com esterco bovino 100%, onde a quantidade de casulos (0), minhocas jovens (14) e índice de multiplicação (1,83) foram muito baixos. Trabalhando com lodo de esgoto, Schirmer (2010), encontrou valores semelhantes em seu tratamento testemunha, com índice de multiplicação entre -0,13 e 0,0 para a quantidade de casulos. A estes valores encontrados devem-se a possibilidade de o material apresentar resíduo de vermífugo o que poderia ter contaminado o mesmo. Geralmente o esterco para esse tipo de experimento provém de animais jovens que recebem de tempo em tempo doses desses produtos (DA SILVA et al., 2005).

Desta forma, pode-se concluir que nos tratamentos onde em sua composição estava o RVM, apresentaram-se os menores valores tanto para índice de multiplicação, casulos e número de indivíduos. Estes resultados podem ter sido influenciados pela quantidade de metais pesados presentes neste resíduo.

A testemunha foi o que se demonstrou totalmente desfavorável para todas as variáveis analisados, podendo ter ocorrido devido ao esterco bovino ter resíduo de vermífugo, pois o esterco que é utilizado para estes trabalhos provém de animais criados em confinamento, que de tempo em tempo recebem doses de vermífugos.

**Tabela 5 - Biomassa fresca e seca das minhocas adultas e jovens através dos tratamentos resíduo vermelho (RVM), resíduo verde (RVD), resíduo vermelho e casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), resíduo verde e casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), resíduo vermelho e casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), resíduo verde e casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), resíduo vermelho e resíduo verde (RVM:RVD), resíduo verde e casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), resíduo vermelho e casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e esterco bovino (EB). Santa Maria, RS, 2011.**

Tratamentos	Biomassa das minhocas adultas		Biomassa das minhocas jovens	
	Fresca	Seca	Fresca	Seca
	g		g	
RVM	9,71 <sup>b*</sup>	2,20 <sup>b</sup>	32,16 <sup>a</sup>	5,69 <sup>a</sup>
RVD	15,70 <sup>a</sup>	2,55 <sup>b</sup>	34,39 <sup>a</sup>	4,58 <sup>a</sup>
RVM:CAN 1:1	6,56 <sup>b</sup>	1,30 <sup>b</sup>	28,83 <sup>a</sup>	4,75 <sup>a</sup>
RVD:CAN 1:1	6,72 <sup>b</sup>	1,25 <sup>b</sup>	39,66 <sup>a</sup>	5,66 <sup>a</sup>
RVM:CAC 1:1	5,48 <sup>b</sup>	1,20 <sup>b</sup>	33,47 <sup>a</sup>	5,03 <sup>a</sup>
RVD:CAC 1:1	4,28 <sup>b</sup>	1,05 <sup>b</sup>	20,92 <sup>b</sup>	2,96 <sup>a</sup>
RVM:RVD 1:1	9,11 <sup>b</sup>	4,04 <sup>a</sup>	41,27 <sup>a</sup>	4,48 <sup>a</sup>
RVD:CAN 3:1	4,04 <sup>b</sup>	1,10 <sup>b</sup>	32,98 <sup>a</sup>	5,17 <sup>a</sup>
RVM:CAC 3:1	9,68 <sup>b</sup>	1,69 <sup>b</sup>	33,77 <sup>a</sup>	4,12 <sup>a</sup>
EB	14,25 <sup>a</sup>	1,83 <sup>b</sup>	5,57 <sup>b</sup>	2,64 <sup>a</sup>
CV %	19,49	14,84	17,33	16,88

\*Medias seguidas das mesmas letras nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

Nas avaliações referentes à biomassa das minhocas da espécie *E. andrei*, os tratamentos que apresentaram resultados significativos para biomassa fresca dos indivíduos adultos foram o esterco bovino e resíduo verde. Isto pode ser devido a composição dos resíduos, que são compostos de resíduo biodegradável,

favorecendo o desenvolvimento das minhocas quando comparados com os outros tratamentos, com resíduo diferente e proporções de casca de arroz “in natura” e casca de arroz carbonizada desiguais (Tabela 5).

Estes resultados estão semelhantes aos encontrados por Steffen, *et al.* (2010), trabalhando com esterco bovino e casca de arroz natural, com valores maiores nos tratamentos em que em sua composição apresentava quantidades de esterco bovino, quando comparados com os tratamentos com casca de arroz carbonizada.

Embora ocorra uma diferença entre a biomassa total de indivíduos nos tratamentos, a biomassa fresca dos indivíduos jovens, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Após 110 dias de vermicompostagem a biomassa seca das minhocas da espécie *E. andrei* no tratamento RVM:RVD 1:1 foi o que diferenciou-se significativa em relação aos outros tratamentos.

Isto se deve à composição do resíduo, composto por resto de vegetais em decomposição e alta quantidade de matéria orgânica, que os dois resíduos juntos proporcionaram.

### **3.5. Conclusões**

A casca de arroz “in natura” proporcionou melhores condições para a multiplicação e desenvolvimento das minhocas.

Os teores de metais pesados presentes no composto podem ter causado a fuga ou morte das minhocas, prejudicando assim o processo de vermicompostagem.

Os resíduos de vermífugos presentes no esterco bovino foram um dos motivos para que não ocorresse desenvolvimento das minhocas no tratamento testemunha.

### 3.6. Referências bibliográficas

ATIYEH, R. M.; LEE, S.; EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q.; METZGER, J. D. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. **Bioresource Technology**, v.84, n. 1, p.7-14, august 2002.

AIRA, M.; SAMPEDRO, L.; MONROY, F.; DOMINGUEZ, J. Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 40, n. 10, p. 2511-2516, october 2008.

AQUINO, A. M.; ALMEIDA, D. L.; SILVA, V. F. **Utilização de minhocas na estabilização de resíduos orgânicos: vermicompostagem**. Rio de Janeiro: Embrapa, 1992.

AQUINO, A. M.; NOGUEIRA, E. M. Fatores limitantes da vermicompostagem de esterco suíno e de aves e influência da densidade populacional das minhocas na sua reprodução. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2001. 10 p. (Documentos EMBRAPA; 147).

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA nº 375/2006, de 30 de agosto de 2006 – **In: Resoluções, 2006**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br>. Acesso em: 09. set. 2009.

BIDONE, F. R. A.; POVINELLI, J. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos**. São Carlos: EESC/ USP, 1999.

BRITO, A. E.; SALGUEIRO, A. A. Tratamento de resíduo sanguíneo de hemocentro por vermicompostagem. **Revista Ciências e Tecnologia**. n. 1, v. 1, junho/ dezembro 2007

BOUCHÉ, M. B. The establishment of earthworm communities. In: SATCHELL, J. E. (Ed.). **Earthworms ecology: from Darwin to vermiculture**. London: Chapman and Hall, 1983. p. 431-448.

BROWN; A. L. **Ecology of soil organisms**. London: Ed. Heinemann Educational Books, 1978.



BROWN, G. G.; JAMES, S. W. Ecologia, biodiversidade e biogeografia das minhocas no Brasil. In: BROWN, G. G.; FRAGOSO, C. (Ed.). **Minhocas na América Latina: Biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. 545 p.

CAPISTRÁN, F.; ARANDA, E.; ROMERO, J.C. **Manual de reciclaje, compostaje y lombricompostaje**. Veracruz: Instituto de Ecología A. C., 2001.

CESAR, R. G. et al. Avaliação do Potencial Tóxico de Latossolos e Chernossolos Acrescidos de Lodo de Esgoto Utilizando Bioensaios com Oligoquetas da Espécie *Eisenia andrei*. **Anuário do Instituto de Geociências**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 2, p. 53-60, agosto 2008.

COMPLETO, J. et al. Aplicação da Vermicompostagem ao Tratamento Mecânico e Biológico dos Resíduos Sólidos Urbanos com vista à Reciclagem de Embalagens de Plástico, de Vidro e de Metal - **1.º Relatório para a SPV**. Lisboa: Lavoisier, 2008.

DA SILVA, J. F. et al. O desempenho de minhocas (*Eisenia foetida*) em diferentes resíduos. In: **CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, 13. 2005, Pelotas. Anais... Pelotas: UFPel. Relação de trabalhos, 2005.

DOMINGUEZ, J. State of the art and new perspectives on vermicomposting Research. In: EDWARDS, C. A. **Earthworm ecology**. 2. ed. Florida: **CRC Press**, p. 401-424. 2004

EDWARDS, C. A. Historical Overview of Vermicomposting. **BioCycle**, p. 56-58, 1995.

EDWARDS, C. A.; ARANCON, N. Q. The use of earthworms in the breakdown of organic wastes to produce vermicomposts and animal feed protein. In: EDWARDS, C. A. **Earthworm ecology**. 2. ed. Florida: CRC Press, 2004. p. 345-379.

FERREIRA, D. F. SISvar: um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium**, Lavras, v. 6, n. 2, p. 36-41. 2008

GIRACCA, E. M. N. **Efeito do calcário em atributos biológicos do solo**. 2005. 61 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

GODOY, et al. Vermicompostagem de biossólido obtido de fossas sanitárias, grama e pó de serragem utilizando *Eisenia foetida* (Savigny, 1826). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 56, n.5, p. 648-653, setembro/outubro 2009.

GUPTA, R.; GARG, V. K. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia fetida*. **Journal of Hazardous Materials**, Amsterdam, v. 162, n. 1, p. 430-439, February 2008.

LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. Soil Ecology. Norwell: Kluwer. **Academy Publishers**, 2001. 654 p.

LAZCANO, C.; GÓMEZ-BRANDÓN, M.; DOMINGUEZ, J. Comparison of the effectiveness of composting and vermicomposting for the biological stabilization of cattle manure. **Chemosphere**, Oxford, v. 72, p. 1013-1019, July 2008.

MONROY, F.; AIRA, M.; DOMINGUES, J. Changes in density of nematodes, protozoa and total coliforms after transit through the gut of four epigeic earthworms (*Oligochaeta*). **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 39, p. 127-132, June 2008.

NDEGWA, P. M.; THOMPSON, S.A. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. **Bioresource Technology**. v.76, p. 107-112, January 2001.

OLIVEIRA, C. F. de. Safra 2006/07: produção mundial menor que consumo. **Revista Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 55, n. 441, p. 5-11, 2007.

PADMAVATHIAMMA, P. K.; LI, L. Y.; KUMARI, U. R. An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. **Bioresource Technology**, Essex, v. 99, p. 1672-1681, April 2007.

SCHIAVON, G. de A. et al. Efeito da casca de arroz no crescimento e reprodução de minhocas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v. 2, n. 2, p. 995-999, outubro 2007.

SCHIRMER, G. K. Utilização do lodo de esgoto na vermicompostagem e como substrato para a produção de mudas de *Pinus elliotti*. 2010, 93. **Dissertação** (Mestrado em Ciências do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria.2010

STEFFEN, G. P. K. Substratos à base de casca de arroz e esterco bovino para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de alface, Tomateiro e boca-de-leão. 2008, 97 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.2008.

STEFFEN, et al. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão. **Acta Zoológica Mexicana**, Número Especial 2, p. 345-357, janeiro 2010.

SUTHAR, S.; SINGH, S. Comparison of some novel polyculture and traditional monoculture vermicomposting reactors to decompose organic wastes. **Ecological Engineering**, Oxford, v. 33, p. 210-219, July 2008.

TOGNETTI, C.; MAZZARINO, M. J.; LAOS, F. Improving the quality of municipal organic waste compost. **Bioresource Technology**, Essex, n. 5, v. 98, p. 1067-1076, March 2006.

TOGNETTI, C.; MAZZARINO, M. J.; LAOS, F. Cocomposting biosolids and municipal organic waste: effects of process management on stabilization and quality. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 43, p. 387-397, 2007.

VIELMA-RONDÓN, R. et al. Valor nutritivo de la harina de lombriz (*Eisenia foetida*) como fuente de aminoácidos y su estimación cuantitativa mediante cromatografía en fase reversa (HPLC) y derivatización precolumna con o-ftalaldehído (OPA). **Ars Pharmaceutica**, Granada, v. 44, n. 1, p. 43-58, 2003.

## 4. Etapa III

### UTILIZAÇÃO DOS DIFERENTES VERMICOMPOSTOS DE RESÍDUOS DA ETE COMO SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE ALFACE.

#### 4.1. Resumo

O substrato utilizado na produção de mudas exerce um papel fundamental para desenvolvimento inicial da planta. O objetivo deste estudo foi avaliar o potencial do vermicomposto como substratos para a produção de mudas e desenvolvimento de alface (*Lactuca sativa L.*). O trabalho foi realizado na casa de vegetação do Departamento de Solos da UFSM. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, com dez tratamentos e sete repetições. Os substratos utilizados foram produzidos a partir do processo de vermicompostagem e foram: T1 - Resíduo Vermelho (RVM), T2 - Resíduo Verde (RVD), T3 - Resíduo Vermelho : Casca de Arroz “in natura” – 1:1(RVM:CAN 1:1), T4 - Resíduo Verde : Casca de Arroz “in natura” – 1:1 (RVD:CAN 1:1), T5 - Resíduo Vermelho : Casca de Arroz Carbonizada – 1:1 (RVM:CAC 1:1), T6 - Resíduo Verde : Casca de Arroz Carbonizada – 1:1 (RVD:CAC 1:1), T7 - Resíduo Vermelho : Resíduo Linha Verde – 1:1 (RVM:RVD 1:1), T8 - Resíduo Verde : Casca de Arroz “in natura” – 3:1 (RVD:CAN 3:1), T9 - Resíduo Vermelho : Casca de Arroz Carbonizada – 3:1 (RVM:CAC 3:1) e T10 - Turfa Fértil (TF). O tratamento que apresentou melhor condição quanto ao número de folhas, altura, fitomassa fresca e seca na produção de mudas foi o tratamento com 50% de resíduo vermelho: 50% resíduo verde - RVM:RVD (T7). Para a produção de alface o tratamento que se mostraram eficiente para altura da planta foi RVM:RVD (T7). Para as demais variáveis a tratamento RVM:CAC apresentou condições melhores quando se compararam os tratamentos em que a CAC estava em proporções menores. Pode-se inferir que o RVM e o RVD, juntos, separados ou em

mistura com casca de arroz carbonizada e casca de arroz “in natura” podem ser utilizados para a produção de mudas de alface.

Palavras chave: *Lactuca sativa*. Substrato. Produção de alface.

## 4.2. Introdução

A alface originou-se de espécies silvestres, ainda atualmente encontradas em regiões de clima temperado, no sul da Europa e na Ásia Ocidental (FILGUEIRA, 2003). Pertence à família botânica Asteraceae, da ordem Asterales e da classe Magnoliatae (ALENCAR, 2003).

A planta é herbácea, delicada, com caule diminuto, ao qual se prendem as folhas. Estas são amplas e crescem em roseta, em volta do caule, podendo ser lisas ou crespas, formando ou não uma cabeça, com coloração em vários tons de verde, ou roxa, conforme a cultivar, e são essas características que determinam a preferência do consumidor. O sistema radicular é muito ramificado e superficial, explorando apenas os primeiros 0,25 m do solo, quando a cultura é transplantada. Em semeadura direta, a raiz pivotante pode atingir até 0,60 m de profundidade (FILGUEIRA, 2003).

A alface prefere as temperaturas amenas, na faixa dos 12 aos 22°C, quando produz folhas e “cabeças” de melhor qualidade. Resiste ao frio de 7°C. Nas temperaturas acima de 25°C, o florescimento ocorre com maior facilidade, o que prejudica as boas características para o consumo (LUENGO; CALBO, 2001).

Diversos são os substratos existentes de forma comercial para o cultivo de hortaliças, mas de acordo com a experiência do produtor, estes podem ser acrescidos de fertilizantes e outros materiais, como o húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada, que visam maximizar rendimento e minimizar custos (KÄMPF; PUCHALSKI, 2000). A incorporação de compostos orgânicos ao substrato pode contribuir para a melhoria de suas características físicas e químicas (DINIZ et al. 2001). Silva; Innecco (2001), estudando substratos como cascas de arroz carbonizadas, húmus de minhoca, vermiculita e plugmix na produção de mudas, verificaram uma superioridade do substrato orgânico a base de húmus de minhoca sobre os demais.

Muitos são os materiais que podem ser utilizados puros ou em misturas, podendo-se citar alguns como vermiculita, a terra de subsolo, o esterco bovino, a moinha de carvão, a areia, a casca de árvores, o composto de lixo, a serragem, o

bagaço de cana, a acícula de pinus e outros (FONSECA, 1988; GOMES et al., 1991).

O uso de compostos orgânicos para o cultivo da alface foi demonstrado por Ferraz-Junior et al. (2003). Os autores trabalham com a aplicação do lodo de esgoto, NPK e esterco de galinha em solos arenosos e verificaram que a produção e a qualidade comercial da alface cultivada com lodo de esgoto de cervejaria não diferencia-se do esterco de galinha e da adubação química. Desses resultados destaca-se que o lodo de esgoto de cervejaria pode substituir o esterco de galinha em adubações da cultura de alface, sem prejuízos na produtividade e qualidade.

A adubação orgânica com esterco de animais e compostos orgânicos tem sido amplamente utilizada na produção de alface, com o objetivo de reduzir as quantidades de fertilizantes químicos e melhorar as qualidades físicas, químicas e biológicas do solo (KIEHL, 1985; SILVA et al., 2001). Desta forma, as hortaliças se diferenciam nas exigências de macronutrientes e no padrão de absorção durante o crescimento.

Os benefícios do uso de vermicomposto no solo são bem documentados, incluindo o efeito direto das substâncias húmicas sobre o desenvolvimento e metabolismo de várias espécies de plantas (NARDI et al., 2002; FAÇANHA et al., 2002).

SANTOS et al. (1999), trabalhando com composto orgânico de lixo urbano na cultura da alface verificaram acréscimo no conteúdo de matéria orgânica do solo. A utilização de adubo orgânico para fertilizar o solo aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC), a porosidade e a aeração, com redução do encrostamento da sua superfície, proporcionando maior volume de água disponível, devido à melhoria das condições físicas do solo (KIEHL, 1985).

Os efeitos da adubação orgânica em alface foram verificados por Porto et al. (1999). Trabalhando com doses crescentes de esterco bovino e cama de frango verificaram incrementos no diâmetro do caule e número de folhas da alface e que a dose de 63 t/ha<sup>-1</sup> de esterco de bovino proporcionou a maior produtividade (13,9 t ha<sup>-1</sup>), acima da maior dose aplicada. Da mesma forma, Yuri et al. (2004) avaliaram doses de composto orgânico na produtividade e qualidade da alface americana e verificaram que a massa fresca total evidenciou um efeito quadrático, com produtividade máxima de 914,2 g planta<sup>-1</sup>, massa fresca comercial de 634,3 g/planta<sup>-1</sup>.

<sup>1</sup> e aumento da circunferência da cabeça comercial (41,4 cm). Concluiu-se que o uso de 56,0 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico aplicado em pré-plantio proporcionou o aumento de rendimento e qualidade comercial da alface americana.

Ainda nessa perspectiva, Brasil et al. (2007) verificaram que, para o cultivo da cultivar Regina em estufa, com doses crescentes (10-60 g vaso<sup>-1</sup>) de vermicomposto bovino, o tratamento que recebeu a dosagem de 60 g.vaso<sup>-1</sup> destacou-se em relação aos demais para a variável fitomassa fresca da parte aérea (FFPA), sem diferir de 40g g vaso<sup>-1</sup>. Efeitos semelhantes com o uso de compostos orgânicos em cultivo protegido foram obtidos por Vilas Bôas et al. (2004).

Esses autores, trabalhando com compostos oriundos de casca de eucalipto, serragem de madeira e palhada de feijão, misturados com esterco de aves em três doses (60, 120 e 240 g vaso<sup>-1</sup>) em dois solos - Latossolo Vermelho Escuro textura arenosa e Areia Quartzosa, observaram que o composto orgânico de palhada de feijão aumentou a biomassa fresca da parte aérea e a quantidade de N, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe e Zn nas plantas de alface havendo, em todas as características avaliadas no Latossolo Vermelho Escuro textura arenosa melhores respostas da cultura em relação ao Areia Quartzosa. Quanto às dosagens utilizadas, as diferenças foram observadas somente nos tratamentos com palhada de feijão, nos quais as maiores dosagens propiciaram o aumento de biomassa fresca e seca da parte aérea, e nos teores de macro e micronutrientes (VILAS BÔAS et al. 2004).

Jordão et al. (2006), trabalhando com doses de vermicomposto natural e enriquecido com Cu, Ni e Zn na cultura da alface, verificaram redução dos valores obtidos para todas as variáveis produção avaliadas, além do aumento das concentrações destes nos tecidos da raiz e das folhas nas doses acima de 25 t.ha<sup>-1</sup> do vermicomposto enriquecido com metais pesados, o que mostra a necessidade de análises químicas para a determinação dos teores de nutrientes e metais pesados nos vermicompostos, antes da sua utilização.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial dos substratos de resíduos bovino para produção de mudas e desenvolvimento de alface.



### 4.3. Material e métodos

#### 4.3.1. Produção de alface

Avaliou-se a eficiência dos 10 substratos obtidos no experimento vermicompostagem da etapa II desta dissertação, quanto à germinação das sementes e ao desenvolvimento de mudas de alface da cultivar Regina. Os tratamentos estavam dispostos da seguinte maneira:

T1– Resíduo Vermelho (RVM)

T2– Resíduo Verde (RVD)

T3– Resíduo Vermelho : Casca de Arroz “in natura” – 1:1 (RVM:CAN 1:1)

T4– Resíduo Verde : Casca de Arroz “in natura” – 1:1 (RVD:CAN 1:1)

T5– Resíduo Vermelho : Casca de Arroz Carbonizada – 1:1 (RVM:CAC 1:1)

T6– Resíduo Verde : Casca de Arroz Carbonizada – 1:1 (RVD:CAC 1:1)

T7– Resíduo Vermelho : Resíduo Linha Verde – 1:1 (RVM:RVD 1:1)

T8– Resíduo Verde : Casca de Arroz “in natura” – 3:1 (RVD:CAN 3:1)

T8– Resíduo Vermelho : Casca de Arroz Carbonizada – 3:1 (RVM:CAC 3:1)

T10– Turfa fértil (TF)

#### 4.3.2. Produção a partir de sementes de alface

##### 4.3.2.1. Unidades experimentais

As unidades experimentais constaram de tubetes com capacidade para 50 cm<sup>3</sup> com o fundo preenchido com bucha de algodão, sendo que somente 45 mL foram preenchidos com os substratos puros ou misturados por volume (v:v) que

foram produzido na Etapa II. Posteriormente, os mesmos foram dispostos em uma grade. O delineamento experimental foi em blocos inteiramente casualizado com dez tratamentos e cinco repetições, sendo o substrato utilizado na testemunha turfa fértil.

#### 4.3.3. Produção a partir de mudas comercializadas

##### 4.3.3.1. Unidades experimentais

As unidades experimentais constaram de garrafa pet com capacidade para 2l que foram preenchidas com os substratos puros ou em misturados por volume (v:v) produzidos na etapa II e; no fundo das garrafa foram feito orifícios para a eliminação do excesso de água. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 tratamentos e sete repetições totalizando 70 unidades experimentais. O experimento foi desenvolvido no período de março de 2011 a abril de 2011, totalizando 30 dias de produção.

As mudas de alface da cultivar Regina foram compradas na Casa do Produtor Rural em Santa Maria, RS. As mesmas estavam com aproximadamente 30 dias de desenvolvimento. As mudas foram transplantadas para as garrafas pet com 1,5L preenchidas com os 10 substratos produzidos.

#### 4.4. Avaliações

Após trinta dias da semeadura das alfaces e produção, foram avaliadas a altura das mudas das plantas, número de folhas, e fitomassa da parte aérea fresca e seca.

As mudas de alface foram retiradas dos tubetes e das garrafas pet com cuidado para avaliar a altura e o número de folhas das mudas; posteriormente, pesou-se a parte aérea das mudas para avaliação da fitomassa fresca, e em seguida, foram levadas à estufa a 60°C para obtenção da fitomassa seca.

Para todas as variáveis analisadas, os resultados foram transformados para raiz quadrada de  $x+0,5$ . Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de médias pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. O programa estatístico utilizado foi SISVAR (FERREIRA, 2008).

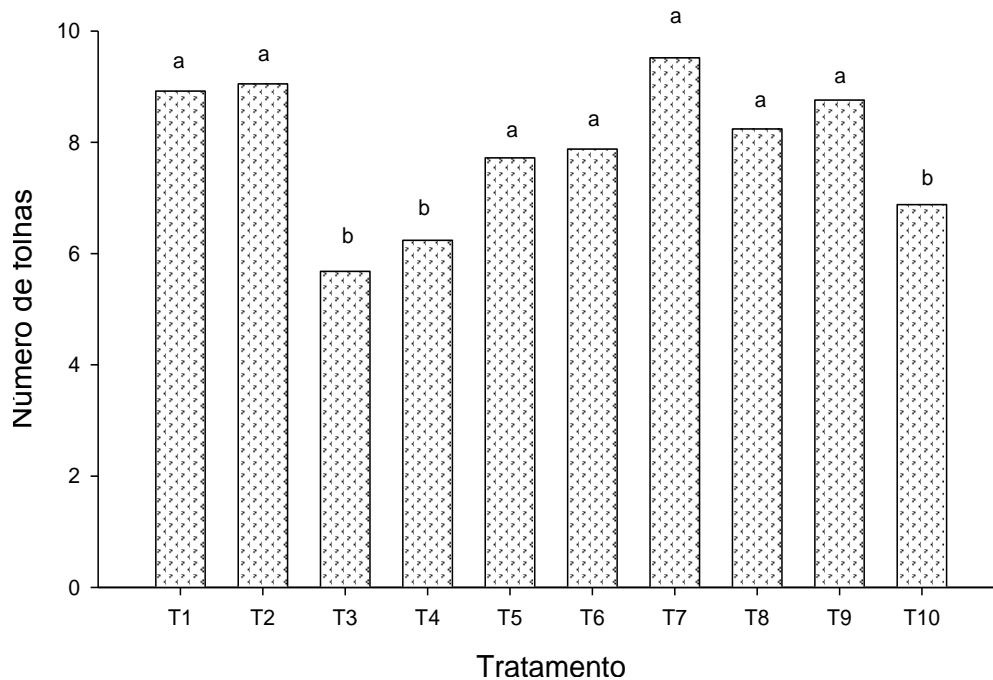
#### **4.5. Resultados e discussões**

##### 4.5.1. Produção a partir de sementes de alface

###### 4.5.1.1. Número de folhas e altura das mudas

O número de folhas encontrado na mudas de alface em todos os tratamentos foi superior a quatro e cinco; como já relatado por Filgueira (2003) e Andriolo *et al.*, (2003) para as mudas serem comercializadas devem apresentar no máximo cinco folhas definitivas.

Neste trabalho aos 30 dias após a semeadura, os tratamentos RVM:RVD (1:1), RVD (100%), RVM (100%), RVM: CAC (3:1), RVD:CAN (3:1), RVM:CAC (1:1), apresentaram o número de folhas maior que cinco. Isto pode ter ocorrido pelas diferentes porcentagens de CAC utilizada, pois nos tratamentos onde havia porcentagens de CAC e CAN em quantidades (3:1) os mesmos conseguiram aumentar o número de folhas por planta (Figura 4).



**Figura 4- Número de folhas das mudas de alface 30 dias após a sementeira, nos tratamentos T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho: casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde: casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho: resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha), pelo teste Scott-Knott com 5% de probabilidade CV %: 6,50.**

Com isso observa-se que os tratamentos com CAC e a CAN, em proporções maiores que 25%, não favorecem o desenvolvimento das mudas, mesmo junto com os substratos verde e vermelho. Os tratamentos com 100 % RVD e RVM, diferenciaram dos demais tratamentos, pela quantidade de matéria orgânica disponível ser maior quando se comparou com os demais tratamentos. Quanto maior é a proporção de casca de arroz presente no substrato, menor o número de folhas (Figura 4).

Valores semelhantes foram encontrados por Freitas (2010), em seu trabalho utilizando diferentes substratos alternativos. Este observou que nos tratamentos

onde a proporção de casca de arroz era maior houve uma regressão linear no número de folhas.

Esses resultados estão semelhantes aos encontrados por Costa et al., (2009), trabalhando com alface. Em seu trabalho com um substrato denominado de preparo 500 o qual era constituído de esterco de vaca em lactação e chifre; aos 28 dias após a semeadura, as mudas de alface apresentavam aproximadamente uma folha a mais em comparação com os tratamentos em que foi dispensada a utilização do preparo 500.

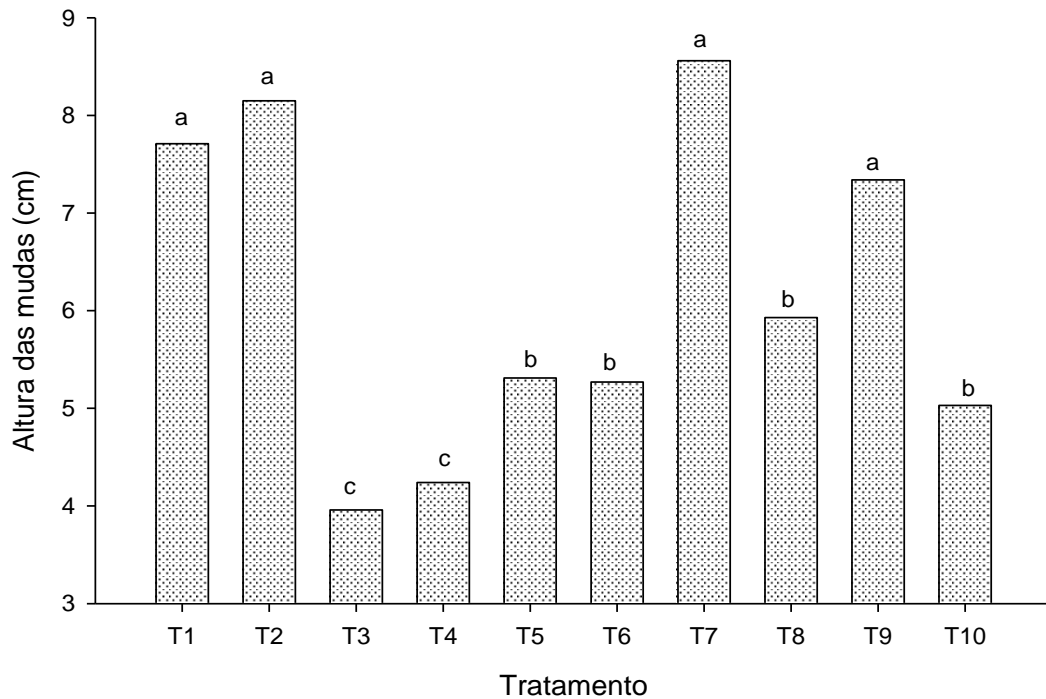
Os tratamentos que demonstraram baixa eficiência para o número de folhas foi a testemunha com Turfa fértil, RVM:CAN (1:1) e RVD:CAN (1:1) (Figura 4).

Verificou-se neste trabalho que os substratos produzidos a partir dos resíduos verde e vermelho podem ser utilizados para produção de mudas de alface, podendo reduzir o tempo de permanência das mudas no viveiro, pois os mesmos demonstraram eficiência para a produção em relação ao número de folhas.

Para a variável altura das plantas, observou-se que os tratamentos que apresentavam porcentagens de casca de arroz “in natura” (CAN), foram os tratamentos que diferenciaram significativamente quando comparados com os demais tratamentos. Isto deve ter ocorrido devido a casca de arroz promover um ambiente mais aerado, com aumento na porosidade do substrato, desta forma a lixiviação dos nutrientes, desfavorecendo o desenvolvimento das mudas.

Os tratamentos em que o substrato utilizado não apresentava casca de arroz “in natura” e carbonizada, RVM:RVD (1;1), RVD (100%), RVM (100%), RVM:CAC (3:1), a altura esteve entre 8,56 e 7,34, quando comparou-se aos demais tratamentos em que sua constituição apresentava pequenas proporções (1:1 e 3:1) casca de arroz (Figura 5).

Trabalhando com substratos alternativos para a produção de mudas de alface, Freitas (2010) menciona que a utilização de diferentes substratos alternativos consorciados com proporções de casca de arroz carbonizada, não influencia na altura das mudas; condiciona produção de mudas de qualidade superior quando compara-se aos substratos que não receberam o acréscimo de CAC. Neste estudo ocorreu de forma contrária, pois os tratamentos com CAC e CAN foram os que apresentaram altura baixa em relação aos tratamentos que não apresentavam essa composição.



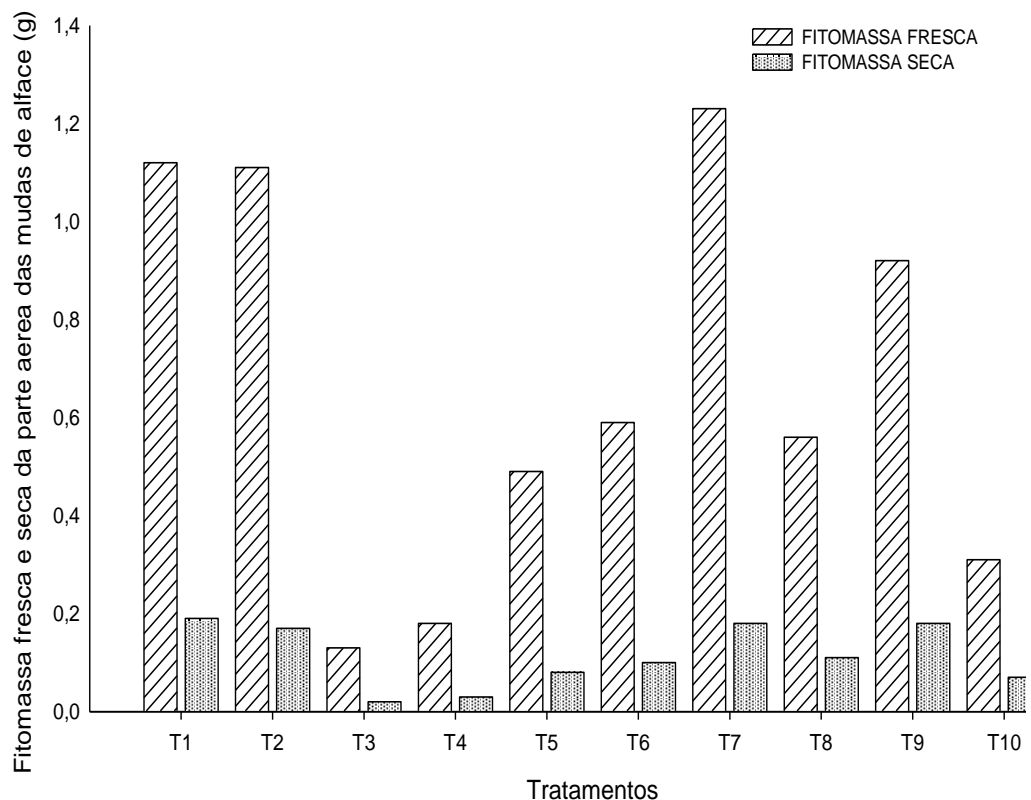
**Figura 5 - Altura das mudas de alface após 30 dias da semeadura, nos tratamentos T1- Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho: casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha). Foi realizado o teste Scott-Knott com 5% de probabilidade. CV %: 5,92.**

De acordo com Costa et al. (2011), em seu trabalho com vermicomposto, palha de milho, serrapilheira e esterco bovino em proporções diferentes, observou-se que os tratamentos com vermicomposto, houve aumento na altura das plantas (25,39 cm), quando comparados com os demais tratamentos com palha de milho, serrapilheira e esterco bovino.

Os resíduos RVM e RVD podem ser utilizados para a produção de mudas de alface, aumentando o tamanho das mudas quando se compara com os tratamentos em que há presença de CAC e CAN.

#### 4.5.1.2. Fitomassa fresca e seca da parte aérea

Obteve-se maior produção foliar fresca nos tratamentos em que não havia proporções de casca de arroz carbonizada e “in natura” (Figura 6). Isto poder ter ocorrido pela quantidade maior de nutrientes disponível as plantas, diminuindo a possibilidade de lixiviação.



**Figura 6-** Fitomassa fresca e seca das mudas de alface (*L. sativa*) após 30 dias da semeadura, nos tratamentos T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho: casca de arroz “in natura” (RVM: CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha), pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV % fitomassa fresca 4,44 e CV % fitomassa seca 1,46.

O que não acontece com os tratamentos em que a casca de arroz estava presente. Neste estudo a casca de arroz ficou como um resíduo que proporciona um aumento na porosidade do substrato

Nos tratamentos RVM:RVD (1:1), RVD (100%) e RVM (100%), observou-se um aumento significativo na fitomassa fresca e seca. Esse acréscimo pode ter ocorrido devido a quantidades maiores de N presente nestes substratos, quando se compara ambos com os outros tratamentos em que a quantidade de N era em torno de 1,10 a 0,5%.

O N é o nutriente importante para a planta, pois favorece o crescimento vegetativo, aumenta a área fotossintética ativa e eleva a produtividade da cultura. Nas hortaliças herbáceas, o N apresenta efeito direto na produtividade (Filgueira, 2003).

**Tabela 6- Quantidade de nutrientes encontrada em cada tratamento. T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho:casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha). Santa Maria, 2011.**

Tratamentos	K	P	MO	N	C
	g Kg <sup>-1</sup>			%	
RVM	3,0	6,2	10,7	1,1	10,7
RVD	1,8	1,4	12,6	1,7	18,9
RVM:CAN 1:1	8,0	6,2	9,4	0,8	8,5
RVD:CAN 1:1	6,1	2,1	6,3	0,8	11,3
RVM:CAC 1:1	5,8	2,4	6,7	1,1	14,6
RVD:CAC 1:1	5,9	6,2	5	0,6	6,4
RVM:RVD 1:1	2,9	4,3	10,6	0,6	5,6
RVD:CAN 3:1	6,4	6,2	23,3	1,2	11,6
RVM:CAC 3:1	4,9	2,2	10	1,3	14,5
TURFA FÉRTIL	-	-	-	-	-



Vilas Bôas et al. (2004), trabalhando com três compostos orgânicos em vasos com dosagens diferentes, verificou que o composto da palha de feijão aumenta a fitomassa fresca e seca da parte aérea, indicando que os materiais com teores de N elevado promovem maior crescimento das plantas.

Estes tratamentos podem ser comparados com os valores demonstrados na figura 3, para fitomassa fresca e seca da parte aérea da alface, ambas as variáveis apresentaram a mesma tendência de crescimento. O tratamento em que houve maior fitomassa fresca foi o RVD:RVM com quantidades de N mais elevado. Neste tratamento foi a quantidade de N que determinou maior produtividade da fitomassa fresca da área foliar da alface (Tabela 6).

Em seu estudo de produção de mudas de alface com esterco bovino e CAC, Steffen (2008) observou que os tratamentos com CAC foram os tratamentos que demonstraram melhor produtividade. Os resultados obtidos neste estudo mostram que a presença de CAC e CAN diminui a fitomassa fresca e seca.

#### 4.5.2. Produção a partir de mudas comercializadas

##### 4.5.2.1. Altura da planta

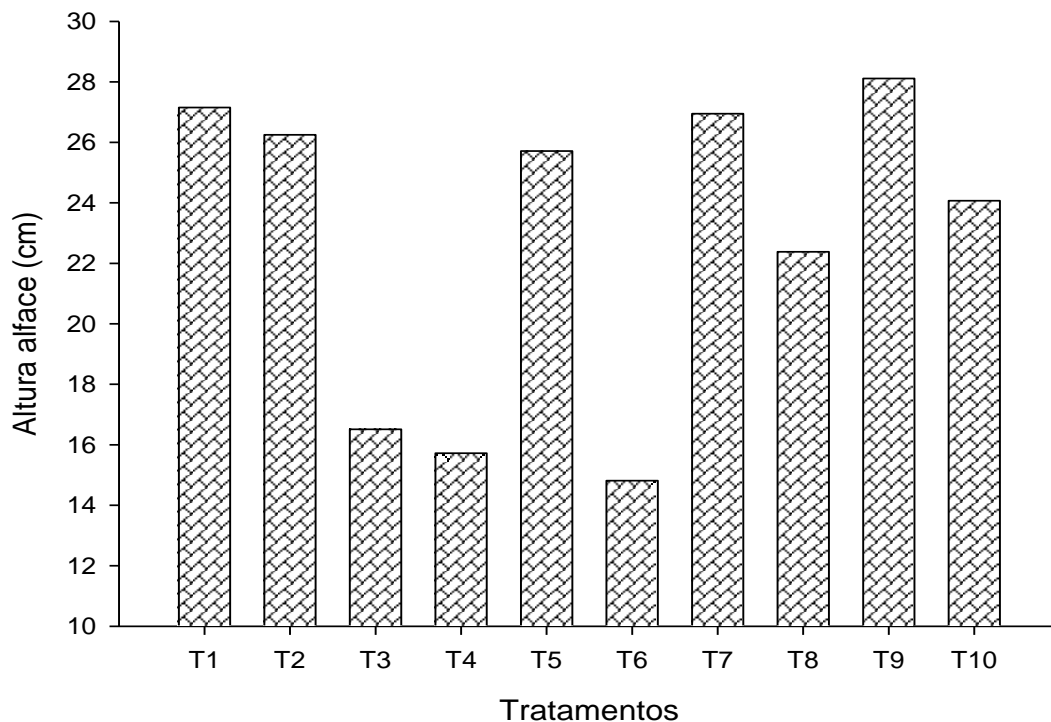
Os tratamentos que apresentavam na sua composição casca de arroz “in natura” e carbonizado, em proporções 1:1, proporcionaram uma baixa produtividade para as plantas de alface (Figura 7).

Isto pode ter ocorrido devido a disponibilidade baixa dos nutrientes, capacidade de retenção de água baixa, pois a casca de arroz aumenta a porosidade do substrato fazendo com que ocorra a lixiviação dos nutrientes, tornando um substrato inerte para produção de Alface.

A redução no crescimento das plantas de alface está relacionada com a baixa disponibilidade de N, para o favorecimento do crescimento vegetativo. Isto foi mencionado por Filgueira (2003), que a falta de N afeta o crescimento, o acúmulo de massa, o aumento na área foliar e na expressão do potencial produtivo da cultura.

Isto ocorre devido ao efeito na absorção iônica, fotossíntese, respiração, multiplicação e diferenciação celular (MALAVOLTA et al., 1997).

Nos tratamentos em que a casca de arroz “in natura” e carbonizada estavam ausentes, as plantas conseguiram se desenvolver, atingindo valores de altura entre 28,11 cm à 22,38 cm.



**Figura 7 - Atura das plantas de alface em cm, após 30 dias de produção no diferentes tratamentos: T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho:casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha), pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade. CV %: 14,94.**

Em seu trabalho com solução nutritiva completa e sem nutrientes, Almeida *et al.* (2011) observaram que os tratamentos em que não tinha presença de N,

apresentaram plantas com folhas de tamanho reduzido, menor desenvolvimento da planta e queda prematura das folhas.

Os tratamentos com ausência de CAC e CAN demonstraram eficiência para a variável altura da planta, devido à constituição e disponibilidade dos nutrientes.

#### 4.5.2.2 Fitomassa fresca e seca da alface

Para fitomassa fresca e seca da parte aérea os tratamentos RVM:CAC (3:1), RVM (100%), RVD (100%), RVM:RVD (1:1), TURFA FERTIL, RVD:CAN (3:1), não se diferenciaram estatisticamente. Isto se deve à quantidade de nutrientes disponível no substrato para que as plantas consigam absorver (Tabela 7).

Neste sentido, pode-se considerar como fator determinante para a produção de fitomassa fresca e seca da parte aérea da planta de alface a quantidade de N disponível nesses substratos, maximizando a produção vegetativa.

Em seu trabalho com a utilização de composto completo de nutrientes e com ausência de alguns nutrientes, Almeida et al. (2011) observou que os tratamentos em que o nitrogênio estava ausente, houve decréscimo para a variável biomassa seca área foliar das plantas. A variável crescimento foliar está amplamente discutida na literatura. De acordo com Filgueira (2003), o nitrogênio afeta o crescimento vegetativo e área foliar das plantas em desenvolvimento.

Outros nutrientes que são considerados essenciais para o desenvolvimento das plantas de alface é o fósforo e o potássio, em que quantidade elevada nos tratamentos, ocasionou um melhor desenvolvimento das raízes das plantas, favorecendo a translocação dos nutrientes e água, aumentando com isso a fitomassa fresca e seca (Tabela 7).

O fósforo favorece o desenvolvimento radicular das plantas, aumentando a absorção da água e de nutrientes. O potássio favorece a formação e translocação de carboidratos e o uso eficiente da água pela planta (FILGUEIRA, 2003).

Apesar das quantidades de fósforo exigidas pelas culturas serem baixas, principalmente quando comparadas com o nitrogênio e potássio, a sua deficiência

afeta o desenvolvimento da planta e pode interferir no equilíbrio nutricional da cultura (GRANGEIRO et al., 2006).

Os tratamentos RVM: CAN (1:1), RVD: CAN (1:1) e RVD: CAC (1:1) foram os que demonstraram fitomassa fresca e seca baixas, estes resultados podem estar relacionados à sua composição. A casca de arroz proporciona um ambiente com alta porosidade; poderia ter ocorrido a lixiviação dos nutrientes pela água. Como as plantas não conseguem assimilar os nutrientes, seu desenvolvimento se reduz em tamanho, quantidade de fitomassa fresca e seca e até mesmo no número de folhas.

**Tabela 7 - Número de folhas, fitomassa fresca e seca de alface após trinta dias de produção nos tratamentos: T1-Resíduo vermelho (RVM), T2-Resíduo verde (RVD), T3-resíduo vermelho:casca de arroz “in natura” (RVM:CAN), T4-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T5-resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC), T6-resíduo verde:casca de arroz carbonizada (RVD:CAC), T7-resíduo vermelho:resíduo verde (RVM:RVD), T8-resíduo verde: casca de arroz “in natura” (RVD:CAN), T9- resíduo vermelho: casca de arroz carbonizada (RVM:CAC) e T10 Turfa fértil (testemunha). Teste Scott-Knott a 5% de probabilidade CV: 14,10. Santa Maria, 2011.**

Tratamentos	Número de folhas	Fitomassa	
		Fresca	Fitomassa seca
g			
RVM	28,7 <sup>b*</sup>	121 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>
RVD	29,4 <sup>b</sup>	118,5 <sup>a</sup>	3,9 <sup>b</sup>
RVM:CAN 1:1	20,7 <sup>c</sup>	27,8 <sup>b</sup>	1,9 <sup>c</sup>
RVD:CAN 1:1	18,4 <sup>c</sup>	21,9 <sup>b</sup>	1,8 <sup>c</sup>
RVM:CAC 1:1	36,7 <sup>a</sup>	143,6 <sup>a</sup>	6,1 <sup>a</sup>
RVD:CAC 1:1	12 <sup>d</sup>	46,6 <sup>b</sup>	1,7 <sup>c</sup>
RVM:RVD 1:1	28 <sup>b</sup>	107,6 <sup>a</sup>	3,8 <sup>b</sup>
RVD:CAN 3:1	30,7 <sup>b</sup>	106,9 <sup>a</sup>	4,7 <sup>b</sup>
RVM:CAC 3:1	35,9 <sup>a</sup>	161,2 <sup>a</sup>	4,1 <sup>b</sup>
TURFA FÉRTIL	30 <sup>b</sup>	136,6 <sup>a</sup>	5,4 <sup>a</sup>
CV %	14,1	29,85	16,95

\* As médias seguidas das mesmas letras na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade

O nitrogênio promove o crescimento das plantas de forma que, com um maior crescimento, elas apresentarão uma maior demanda pelos demais nutrientes. Isso implica no aumento dos níveis de P, a fim de manter balanceada a concentração desse elemento em relação aos demais. Outro efeito das elevadas doses de N aplicadas é o fato de ter atuado na mineralização da matéria orgânica e, dessa forma, estaria favorecendo a liberação de P, antes imobilizado na matéria orgânica (MOURA, 2009).

De acordo com os valores mostrados na figura 6, pode-se inferir que os tratamentos onde a quantidade de N era elevada, houve maior crescimento foliar das plantas.

#### 4.5.2.3. Número de folhas das plantas

Para a variável número de folhas, foi observado que houve diferenciação significativa entre os tratamentos os que tiveram maior número de folhas foram RVM:CAC (1:1) E RVM:CAC (3:1), em que se pôde observar que a casca de arroz carbonizada estava presente (Tabela 7).

Para essa variável, a casca de arroz mostrou-se eficiente, quando comparados com os tratamentos em que em sua composição não tinha casca de arroz carbonizada.

De acordo com trabalho de Oliveira et al. (2005), o número de folhas varia de acordo com o grupo a que a cultivar pertence. Ainda de acordo com esses autores, as cultivares do grupo lisa apresentaram média de 27,69 folhas, enquanto a do grupo crespa apresentaram média de 14,56 folhas no cultivo solteiro; e 20,46 e 11,53 folhas para os grupos liso e crespo, respectivamente, no cultivo consorciado com cenouras. Isso se deve em parte às épocas dos cultivos, o que mostra que uma boa suplementação mineral é essencial para o bom desenvolvimento das plantas de alface. Os resultados obtidos ficaram acima dos encontrados pelos autores (36,71 a 35,86 folhas).

Para a variável número de folhas, os tratamentos com presença de CAC em proporções diferentes aumentou o número de folhas por planta.

#### **4.6. Conclusões**

Os substratos produzidos a partir dos resíduos verdes e vermelhos podem ser utilizados para produção de mudas de alface e produção a partir de mudas de alface comercializadas.

Para o desenvolvimento das plantas de alface os dois tipos de resíduo apresentam condições favoráveis durante todo o seu ciclo de desenvolvimento.

Nos tratamentos onde as concentrações de casca de arroz carbonizada são maiores, as plantas tiveram seu desenvolvimento afetado.

#### 4.7. Referências bibliográficas

ALENCAR, C. M. de. Produtividade da alface americana (*Lactuca sativa* L). Em Três Sistemas de Irrigação. Botucatu, 2003. 68p. Tese (Doutorado) Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” Faculdades de Ciências Agrônômicas Campus de Botucatu.

ALMEIDA, T. B. de F. Avaliação nutricional da alface cultivada em soluções nutritivas suprimidas de macronutrientes. **Revista Biotemas**, v. 2, n. 24, p. 27 – 36. Junho 2011.

ANDRIOLO, J. L.; ESPINDOLA, M. C.; STEFANELLO, M. O. Crescimento e desenvolvimento de plantas de alface provenientes de mudas com diferentes idades fisiológicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.35-40, Janeiro/Fevereiro 2003.

BRASIL, M. V.; VITTI, M. R.; MORSELLI, T. B. G. A. Efeito da adubação orgânica em alface cultivada em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Agroecologia** (Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia), v.2, n.1, p. 1313-1316, fevereiro 2007.

COSTA C. C., et al. Produção de alface com mudas de diferentes substratos e idades. **Revista Verde**, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 13 – 21. Janeiro/março 2011.

COSTA, M. S. S. de M. Avaliação do uso de preparado biodinâmico 500 na produção de mudas de alface e repolho. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Paraíba, v. 4, n. 3, p. 49 – 56, março 2009.

DINIZ, K. A.; LUZ, J. M. Q.; MARTINS, S. T.; DUARTE, L. C. Produção de mudas de tomate e pimentão em substrato a base de vermicomposto. **Horticultura Brasileira**, Brasília, suplemento v.19, n. suplemento, p. CD- Rom, 2001.

FAÇANHA, A. R.; FAÇANHA, A. R.; OLIVARES, F. L.; VELLOSO, A. C. X.; BRAZ-FILHO, R.; SANTOS, G. A.; CANELLAS, L. P. Bioatividade de ácidos húmicos: efeitos sobre o desenvolvimento de prótons. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p.1301-1310, setembro 2002.

FERRAZ JUNIOR, A. S. L.; SOUZA, S. R.; CASTRO, S. R. P.; PEREIRA, R. B. Adubação de alface com lodo de esgoto de cervejaria. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.1, p.60-63, janeiro/março 2003.

FREITAS et al. Utilização de composto orgânico para produção na cultura da alface. **Agrarian**, v. 2, n. 3, p.41-52, janeiro/março 2009.

FILGUEIRA, F. A. R. 2003. **Novo manual de olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa-MG: UFV, p. 289-290.

FONSECA, E. P. **Efeito de diferentes substratos na produção de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em “Win-Strip”**. Dissertação Mestrado, Viçosa: UFV, 1988. 81 p. 1988.

GRANGEIRO, L. C. et al. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivada em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**. Mossoró, n. 24, p 190-194, junho 2006.

GOMES, J. M; COUTO, L.; BORGES, R. C. G.; FONSECA, E. P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill Maiden, em “Win-Strip”. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 15 n. 1, p. 35-42, janeiro/abril 1991.

JORDÃO, C. P. et al. Effects of cu, ni and zn on lettuce grown in metal-enriched vermicompost amended soil. **Water, Air, and Soil Pollution**, v.172, p. 21–38, 2006.

KÄMPF, A. N.; PUCHALSKI, L. E. A.; Efeito da altura do recipiente sob produção de mudas de *Hibiscus rosasinensis* L. em plugs. In: KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, p. 209-215, 2000.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985, 492 p

LUENGO, R, F.; CALBO, A. G. **Embrapa hortaliças**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília – DF, 2001.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed. Piracicaba: POTAFÓS, 1997. 319 p.

NARDI, S.; PIZZEGHELLO, D.; MUSCOLO, A.; VIANELLO, A. Physiological effects of humic substances on higher plants. **Soil Biology Biochemistry**, v.34, p. 1527-1536, august 2002.



OLIVEIRA, E.Q. et al. Cultivares de alface em segundo cultivo em sistemas solteiro e consorciado com duas cultivares de cenoura. **Caatinga**, Mossoró, v.18, n.3, p.159-163, 2005.

SANTOS, I. C.; CASALI, V. W. D.; MIRANDA, G. V. Teores de metais pesados, K e Na, no substrato, em função de doses de composto orgânico de lixo urbano e de cultivares de alface. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.415-421, julho/setembro 1999.

SILVA, J. M. M.; INNECCO, R. Substrato para produção de mudas de pimentão. In: **Congresso Brasileiro de Olericultura**. Brasília, Anais.Brasília, ABH.n. 41, p. 215 – 298, 2001.

STEFFEN, G. P. K. Substratos à base de casca de arroz e esterco bovino para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de alface, Tomateiro e boca-de-leão. 2008, 97 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria.

VILLAS BÔAS, R. L. et al. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p.28-34, março/janeiro 2004.

YURI, J. E.; RESENDE, G. M.; RODRIGUES JÚNIOR, J. C.; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.22, n.1, p. 127-130, janeiro/março 2004.

## 5. Considerações finais

Para os dois resíduos o processo de compostagem ocorreu em 110 dias, pois as temperaturas dos mesmos tiveram uma elevação baixa, fato este confirmado pela devida ao tempo em que os mesmos permaneceram armazenados nas ETE.

Os tratamentos onde em sua composição está o resíduo verde (RVD), houve um índice de multiplicação, casulos e número de indivíduos maior do que o resíduo vermelho, isto pode ter ocorrido devido as baixas concentrações de metais pesados.

Os substratos produzidos a partir dos resíduos verdes e vermelhos podem ser utilizados para produção de mudas de alface, reduzindo o tempo de permanência das mudas no viveiro.

Para o desenvolvimento das plantas de alface os dois tipos de resíduo apresentam condições favoráveis, sendo que nos tratamentos onde as proporções de casca de arroz estão em maiores quantidades, o desenvolvimento das plantas foi prejudicado.