

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – FAEM
Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar - PPGSPAF



Dissertação

Produção e aplicação de húmus líquido e seu efeito nas propriedades químicas do solo

Reges Echer

Pelotas, 2016

Reges Echer

Produção e aplicação de húmus líquido e seu efeito nas propriedades químicas do solo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Dr. Gustavo Schiedeck

Co-orientadores: Dr. José Ernani Schwengber

Dr^a. Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli

Pelotas, 2016

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

E18p Echer, Reges

Produção e aplicação de húmus líquido e seu efeito nas propriedades químicas do solo / Reges Echer ; Gustavo Schiedeck, orientador ; José Ernani Schwengber, Tânia Beatriz Gamboa Araújo Morselli, coorientadores. — Pelotas, 2016.

87 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2016.

1. Vermicomposto. 2. Agroecologia. 3. Nutrição de plantas. I. Schiedeck, Gustavo, orient. II. Schwengber, José Ernani, coorient. III. Morselli, Tânia Beatriz Gamboa Araújo, coorient. IV. Título.

CDD : 631.4

Reges Echer

Produção e aplicação de húmus líquido e seu efeito nas propriedades químicas do solo

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Sistema de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 25/02/2016.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Gustavo Schiedeck (Orientador)
Doutor em em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas, RS.

Prof. Dra. Ana Cláudia Rodrigues de Lima
Doutora em Qualidade do Solo pela Universidade de Wageningen, Holanda.

Prof. Dr. Adilson Luís Bamberg
Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Pelotas, RS.

Agradecimentos

A cada um que está ao meu lado a cada dia, me orientando encorajando e servindo de exemplo. São estas pessoas, a família, os amigos, colegas que me inspiram e se somam num caminho comum de fraternidade, partilha e luz.

Aos orientadores pela paciência, dedicação e inspiração.

Aos amigos e colegas Volnei Zibetti, Louise Ribeiro, Fabiane Gomes, Luiz Islabão, Calisc Trecha, Patrícia Lovatto, Willian Jandrey, Rafaela Schmidt, Fernanda Mendonça, Priscila Da Silva Lúcio, Guilherme Heck Michels, Endi Barbosa e Daniel Lopes de Lima pelo intenso apoio nas atividades da pesquisa.

À minha esposa Anelise e meu filho Lorenzo por estarem sempre ao meu lado.

A todos os familiares, pais, irmão, sobrinh@s, cunhad@s (...) pelo intenso e contínuo apoio.

À Professora Noeli Costa pela amizade e incentivo desde meus 7 anos.

À Família Reges, Almiro, Enilda, Leonardo e Annelise pelo intenso apoio na minha trajetória educacional.

A todos que contribuíram para realização deste trabalho, professores funcionários da UFPel e EMBRAPA.

À mãe natureza e por toda sua força que move o mundo.

Ao CNPq pela bolsa.

Epígrafe

"Não é o que você faz, mas quanto amor você dedica no que faz que realmente importa".

Madre Teresa de Calcutá.

Resumo

ECHER, Reges. **Produção e aplicação de húmus líquido e seu efeito nas propriedades químicas do solo**, 2016. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

As minhocas e o húmus gerado por elas são amplamente utilizados pela agricultura familiar de base ecológica, porém pouco se sabe acerca da utilização do húmus no formato líquido como uma alternativa de adubação, incremento dos cultivos e promoção da saúde do solo. O estudo teve como objetivo avaliar parâmetros químicos e físicos do húmus de minhoca durante o processo de produção de húmus líquido sob aeração e o efeito de sua aplicação nas propriedades nutricionais do solo sob diferentes manejos de cobertura. O húmus de origem animal foi produzido a partir de esterco bovino e o húmus vegetal da mistura de pó de café esgotado com erva mate na proporção 2:1. O húmus líquido (HL) de cada resíduo foi preparado a 12,5% (massa seca), sob aeração. As características químicas do húmus líquido foram avaliadas com 0, 2, 4, 6, 22 e 24 horas de aeração. Em casa de vegetação, foi montado um experimento com três tratamentos (HB – húmus líquido bovino, HV - húmus líquido vegetal e C – controle), com e sem cobertura de palhada no solo, sendo a aplicação realizada quatro vezes em intervalos de 30 dias. Os valores de pH para HB tenderam a neutro, já para HV diminuíram. CE aumentou para HB e HV e tanto pH quanto CE estabilizaram-se após 6 horas de aeração, enquanto o NH_4^+ aumentou continuamente, NO_3^- diminuiu e NEI ficou estável. No solo o húmus líquido não alterou os níveis de nitrogênio disponível. O pH do solo teve leve tendência de neutralidade em todos os tratamentos, já CE diminuiu para HV e C e para HB duplicou o valor inicial. A presença de palhada nos tratamentos influenciou positivamente na tendência de estabilização dos valores de NO_3^- ao final do experimento e no desenvolvimento da biomassa vegetal de plantas espontâneas nos vasos, assim como os tratamentos HB e HV, indicando que outros fatores não nutricionais podem estar envolvidos na germinação e estabelecimento das plântulas. Com base nos resultados obtidos, pode-se afirmar que há diferença entre os resíduos e que o maior incremento nas propriedades avaliadas ocorre até as 6 horas de aeração. Por sua vez, o volume e frequência de aplicação do húmus líquido não afetou a concentração do nitrogênio no solo, embora tenha contribuído para maior formação de biomassa espontânea. Novos estudos devem ser conduzidos para avaliar a forma de aplicação do húmus líquido e suas propriedades não nutricionais.

Palavras-chave: Vermicomposto. Agroecologia. Nutrição de Plantas.

Abstract

ECHER, Reges. **Production and liquid humus application and its effect on chemical properties of soil**, 2016. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

Earthworms and humus generated by them are widely used by family farmers ecological base, but little is known about the use of humus in liquid format as an alternative fertilization, growth of crops and promote soil health. The study aimed to evaluate chemical and physical parameters of earthworm humus in the humus production process liquid in aeration and the effect of its application in nutritional properties of soil under different managements coverage. Humus animal was produced from cattle manure and vegetable humus of coffee powder mixture exhausted with yerba mate in the ratio 2:1. The liquid humus (HL) of each residue was prepared at 12.5% (dry weight) under aeration. The chemical characteristics of the liquid humus were evaluated at 0, 2, 4, 6, 22 and 24 hour aeration. In the greenhouse, it was set up an experiment with three treatments (HB - cattle humus, HV - liquid vegetable humus and C - control) with and without straw cover on the ground, and the application performed four times at intervals of 30 days. The pH values tended to HB neutral, as for HV decreased. EC increased to HB and HV and both pH as EC stabilized after 6 hours of aeration, while the NH_4^+ increased continuously, NO_3^- and decreased IEN remained stable. In the soil liquid humus did not change the available nitrogen levels. Soil pH was slightly neutral trend in all treatments, EC has already decreased to HV and C and HB doubled the initial value. The presence of straw in the treatments influenced positively in stabilizing trend in NO_3^- values at the end of the experiment and the development of plant biomass of weeds in the vessels, as well as HB and HV treatments, indicating that other non-nutritional factors may be involved germination and seedling establishment. Based on the results obtained, it can be said that there is difference between the waste and the largest increase in the assessed property is up to 6 hours of aeration. In turn, the volume of the liquid humus and frequency of application did not affect the concentration of nitrogen in the soil, but has contributed to increased formation of spontaneous biomass. Further studies should be conducted to assess the extent of application of liquid humus and their non-nutritional properties.

Keywords: Vermicompost. Agroecology. Plant Nutrition.

Lista de Figuras

| | | |
|----------|--|----|
| Figura 1 | Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mar/2014 a Dez/2015..... | 33 |
| Figura 2 | (A) Recipiente de 5L perfurado simetricamente para aplicação de húmus líquido, (B) disposição do uniformizador na unidade amostral e (C) aplicação de húmus líquido. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, 2015..... | 38 |
| Figura 3 | Fluxograma de análises no equipamento de leitura de microplacas..... | 40 |
| Figura 4 | Variação de potencial hidrogeniônico (pH) do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 43 |
| Figura 5 | Variação da condutividade elétrica (CE) do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 44 |
| Figura 6 | Variação de $N-NH_4^+$ do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 46 |
| Figura 7 | Variação de $N-NO_3^-$ do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 47 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Figura 8 | Variação do NEI do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 48 |
| Figura 9 | Variação de $N-NH_4^+$ em relação a cobertura ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 53 |
| Figura 10 | Variação de $N-NH_4^+$ em relação a cobertura sem palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 53 |
| Figura 11 | Variação de $N-NH_4^+$ em relação a cobertura com palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 54 |
| Figura 12 | Variação de $N-NO_3^-$ em relação a cobertura ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 55 |
| Figura 13 | Variação de $N-NO_3^-$ em relação a cobertura sem palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 56 |
| Figura 14 | Variação de $N-NO_3^-$ em relação a cobertura com palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 | |

| | | |
|-----------|--|----|
| | a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 56 |
| Figura 15 | Variação do NEI em relação a cobertura ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 58 |
| Figura 16 | Variação do NEI em relação a cobertura sem palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 58 |
| Figura 17 | Variação do NEI em relação a cobertura com palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 59 |
| Figura 18 | Variação de pH em relação a adubação, cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 60 |
| Figura 19 | Variação de pH em relação a cobertura com e sem palhada e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 60 |
| Figura 20 | Variação de pH em relação a cobertura sem palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 61 |

| | | |
|-----------|--|----|
| Figura 21 | Variação de pH em relação a cobertura com palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 61 |
| Figura 22 | Variação de pH no tratamento controle em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 62 |
| Figura 23 | Variação de pH no tratamento húmus bovino em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 62 |
| Figura 24 | Variação de pH no tratamento húmus vegetal em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 63 |
| Figura 25 | Variação da Condutividade Elétrica em relação a adubação e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 64 |
| Figura 26 | Variação da Condutividade Elétrica em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... | 65 |
| Figura 27 | Variação Condutividade Elétrica em relação a cobertura sem palhada, adubação e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental | 66 |

- Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.....
- Figura 28 Variação Condutividade Elétrica em relação a cobertura com palhada, adubação e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... 66
- Figura 29 Variação da Condutividade Elétrica no tratamento controle em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... 67
- Figura 30 Variação da Condutividade Elétrica no tratamento húmus bovino em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... 67
- Figura 31 Variação da Condutividade Elétrica no tratamento húmus vegetal em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... 68
- Figura 32 Biomassa vegetal fresca e seca das plantas espontâneas em relação a adubação utilizada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... 70

- Figura 33 Biomassa vegetal fresca das plantas espontâneas em relação aos tratamentos e a cobertura utilizados ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... 71
- Figura 34 Biomassa vegetal seca das plantas espontâneas em relação aos tratamentos e a cobertura utilizados ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média..... 71

Lista de Tabelas

| | | |
|----------|---|----|
| Tabela 1 | Análise* dos resíduos orgânicos no momento da instalação da vermicompostagem. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mar/2014 a Dez/2015..... | 34 |
| Tabela 2 | Descrição dos tratamentos avaliados no ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015..... | 36 |
| Tabela 3 | Análise do solo utilizado nas unidades amostrais que compuseram o ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015..... | 37 |
| Tabela 4 | Parâmetros químicos e físicos do húmus sólido bovino e húmus sólido vegetal. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2014..... | 42 |
| Tabela 5 | ANOVA de pH e condutividade elétrica (CE) no preparo de húmus líquido de diferentes fontes orgânicas ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 42 |
| Tabela 6 | ANOVA da variável nutricional do preparo de húmus líquido de diferentes fontes orgânicas ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 45 |
| Tabela 7 | Variável nutricional em relação ao tempo de aeração de húmus líquido. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 45 |
| Tabela 8 | ANOVA da interação entre potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), umidade gravimétrica do solo (UgS) e sólidos voláteis, (SV) com os fatores adubação, cobertura e data ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 50 |

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabela 9 | Interações do potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), umidade do solo (UgS) e sólidos voláteis, (SV) com os fatores de adubação, cobertura e data ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 51 |
| Tabela 10 | Condutividade elétrica (CE) do solo nas datas de coleta ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 51 |
| Tabela 11 | ANOVA da interação entre amônio (N-NH ₄ ⁺), nitrato (N-NO ₃ ⁻) e nitrogênio extraível inorgânico (NEI) entre os fatores adubação, cobertura e data ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 52 |
| Tabela12 | Interações do amônio (N-NH ₄ ⁺), nitrato (N-NO ₃ ⁻) e nitrogênio extraível inorgânico (NEI) entre os fatores adubação, cobertura e data ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 52 |
| Tabela13 | Interações da biomassa vegetal de plantas espontâneas com adubação e cobertura ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015..... | 69 |
| Tabela14 | Interações da biomassa vegetal fresca e biomassa vegetal seca de plantas espontâneas em relação aos tratamentos controle (C) húmus bovino (HB) e húmus vegetal (HV) ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.. | 70 |
| Tabela 15 | Padrões utilizados nos procedimentos analíticos para quantificação do Nitrogênio em húmus líquido e solo. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015..... | 86 |

Sumário

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Introdução | 18 |
| 2 | Revisão de literatura..... | 21 |
| 2.1 | A agricultura familiar | 21 |
| 2.2 | A Agroecologia..... | 22 |
| 2.3 | As minhocas | 25 |
| 2.4 | Minhocultura e o húmus..... | 26 |
| 2.5 | O húmus líquido..... | 28 |
| 2.6 | Cobertura do solo | 31 |
| 3 | Metodologia geral | 32 |
| 3.1 | Local e condução do experimento | 32 |
| 3.1.1 | Produção do húmus sólido..... | 34 |
| 3.1.2 | Experimento 1 - Evolução de parâmetros químicos de húmus líquido de origem animal e vegetal durante o processo de produção..... | 35 |
| 3.1.3 | Experimento 2 - Ensaio em casa de vegetação | 36 |
| 3.1.4 | Amostras de solo | 38 |
| 3.1.5 | Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE) | 38 |
| 3.1.6 | Umidade gravimétrica do solo..... | 39 |
| 3.1.7 | Sólidos Voláteis..... | 39 |
| 3.1.8 | Metodologia de análise de formas do nitrogênio em microplacas..... | 39 |
| 3.1.9 | Preparo e preservação das amostras | 40 |
| 3.1.10 | Leitor de microplacas | 40 |
| 3.1.11 | Biomassa vegetal..... | 41 |
| 3.1.12 | Procedimento estatístico | 41 |
| 4 | Resultados e Discussão..... | 42 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.1.1 | Experimento 1 - Evolução de parâmetros químicos de húmus líquido de origem animal e vegetal durante o processo de produção..... | 42 |
| 4.1.2 | Experimento 2 - Efeito da aplicação de húmus líquido nas propriedades físicas e nutricionais do solo | 50 |
| 4.1.3 | Biomassa vegetal de plantas espontâneas | 69 |
| 5 | Considerações finais..... | 73 |
| | Referências..... | 74 |
| | Apêndice | 83 |

1 Introdução

A Agricultura Familiar (AF) pode ser definida como aquela que cuja, força de trabalho desenvolvida na propriedade seja realizada pelos membros familiares e a têm como sua principal fonte de renda, possibilitando o emprego de terceiros, somente em regime temporário, para assistência em atividades agrícolas excedentes (BITTENCOURT et al., 1996). Propriedades rurais de posse de agricultores familiares correspondem a 84% do total de estabelecimentos agropecuários brasileiros e absorvem 75% da mão de obra ocupada neste setor (IBGE, 2006).

A forte relação da AF com a agroecologia é defendida por Carmo (1998) que considera a propriedade rural familiar o *locus* ideal ao desenvolvimento de uma agricultura com ações ambientalmente sustentáveis, em função de suas características produtivas que se baseiam na diversificação e pluriatividade, integrando assim, processos vegetais e animais.

Nessa perspectiva sustentável onde a AF está inserida é possível se integrar aos sistemas agrícolas complexos onde as interações ecológicas e a sinergia entre os componentes biológicos criem, *per se*, a fertilidade dos solos, a produtividade e a proteção das plantas (ALTIERI, 2004).

Desta forma a agroecologia se firma como uma possibilidade de transformação, não somente dos sistemas produtivos, mas também da inclusão humana através da AF, na modificação de agroecossistemas em uma visão co-evolutiva sociedade-natureza, resgatando desta forma a complexidade presente na sabedoria tradicional e integrando a produção, a terra e o trabalho, à gestão do negócio de essência familiar (ASSIS et al., 2005; BURG et al., 2007; CARMO, 2008).

A AF de essência ecológica depara-se diariamente com novos desafios relacionados a manejos de cultivos, problemas fitossanitários, construção e manutenção da fertilidade do solo entre outros. Embora a sabedoria do agricultor e sua interação com o meio o tornam parte integrante do processo de cultivo, por vezes, se depara com situações que fogem de seu domínio, necessitando assim, alternativas que possam se somar as suas técnicas para garantir a homeostasia no sistema. Entre as alternativas a principal é a redução da demanda de produtos químicos e outros insumos energéticos externos a sua propriedade rural e o maior uso de processos biológicos no agroecossistema.

O uso de pesticidas na agricultura é cientificamente comprovado como promotor de diversos problemas de ordem ambiental, como a contaminação dos alimentos, do solo, da água e dos animais e inclusive a intoxicação de agricultores, desta forma, a agricultura orgânica em contraste com a agricultura convencional, busca estar aliada as vantagens das interações de ocorrência natural (BETTIOL et al, 2001).

Além dos desafios de cunho fitossanitário, questões relacionadas a promoção da fertilidade do solo são pontos de atenção demandada pelos agricultores de base agroecológica, desta forma a adubação orgânica tem sido adotada como uma alternativa eficaz, prática e de baixo custo para a AF, pois normalmente provêm da reciclagem de resíduos oriundos dos processos que integram a produção animal e vegetal da propriedade rural e tornam-se assim um aliado ao agroecossistema dentro de uma perspectiva produtiva mais sustentável.

Os métodos utilizados como alternativa para incrementar e levar fertilidade ao solo dentro do contexto agrícola familiar são os mais variáveis, entre eles, cita-se a compostagem, onde restos dos mais diversos materiais da propriedade são empilhados e com técnicas de revolvimento ocorrerá a maturação até a formação de um composto, a utilização de "esterco curtido" ou a cama de aviário, palhada seca, cascas de arroz e cinzas também são comuns e o próprio húmus de minhoca, mais recentemente introduzido como uma fonte de adubação de boa qualidade (CAMPANHOLA et al., 2001; RESENDE et al., 2007; SCHIEDECK et al., 2014).

Ainda segundo Schiedeck et al. (2008), os horticultores ecologistas demandam por fertilizantes orgânicos, que possuam alto valor nutricional, estimulem a atividade biológica no solo e sejam de fácil produção ou obtenção.

Dentre os resíduos mais utilizados na minhocultura em propriedades rurais para a produção de húmus, está o esterco, em especial o de bovinos, pelo volume gerado e pela facilidade de recolhimento, bem como por ser o alimento preferido pelas minhocas (SCHIAVON et al., 2007; ZIBETTI et al., 2015).

Além da importância que as minhocas exercem e o reconhecimento por representarem solo fértil onde sua presença é registrada, o húmus que elas produzem e que é o resultado do processo de digestão, processamento e evacuação por elas realizado, apresenta propriedades físicas (material estruturante), químicas (macro e micronutrientes) e biológicas (biodiversidade na mesofauna e microrganismos) o que o torna um fertilizante vivo, diferente dos sistemas

convencionais de adubação. Estas propriedades o tornam fonte de pesquisa e novas descobertas que vão agregando diariamente novos conhecimentos sobre os benefícios da sua utilização (INGHAM, 2005; ROMÁN et al., 2013).

Apresentando maior viabilidade, tanto pela disponibilidade, quanto pela facilidade de aplicação e resultados favoráveis na adubação orgânica, o húmus líquido surge como uma opção de qualidade sem as limitações (demanda de maior volume e penosidade na distribuição no campo) do húmus de minhoca aplicado na forma sólida (SCHIEDECK et al., 2008).

O húmus líquido é composto por elementos minerais como N, P, K, Ca, Fe, Mg, Mn, Zn, Co e Cu, além de ácidos húmicos, fúlvicos e uma grande carga microbiológica e é normalmente aplicado através do sistema de irrigação. O húmus líquido é uma alternativa de fácil produção ou obtenção pelos agricultores e tem a função de estimular a atividade biológica no solo além de possuir propriedades nutricionais (GÓMEZ, 2006; ARTEAGA, 2007; SCHIEDECK et al., 2008; CAIXETA et al., 2014).

Nesse sentido, a pesquisa teve como objetivo avaliar a evolução das propriedades químicas durante a produção de húmus líquido sob aeração de fonte animal e vegetal, bem como o efeito de sua aplicação nas propriedades físicas e nutricionais do solo.

2 Revisão de literatura

2.1 A agricultura familiar

A definição de agricultura familiar (AF) adotada por inúmeros pesquisadores de todo o mundo, e que é amplamente utilizado no Brasil, concentra-se em uma agricultura que se baseia predominantemente no trabalho familiar dentro do estabelecimento agropecuário e que é complementado pela existência de uma forte correlação entre gestão, trabalho e posse total ou parcial dos meios de produção, presença de sistemas de produção diversificados, de renda agrícola monetária, de próprio sustento e pluriatividade (BOTELHO FILHO, 2005). Para Soares et al. (2009), a AF pode ser definida como o conjunto das unidades produtivas agropecuárias com exploração em regime de economia familiar, abrangendo aquelas atividades realizadas em pequenas e médias propriedades, com força de trabalho da própria família. Já Bittencourt et al. (1996) caracterizam a AF como aquela cuja força de trabalho desenvolvida na propriedade seja realizada pelos membros familiares a têm como sua principal fonte de renda, possibilitando o emprego de terceiros somente em regime temporário, para assistência em atividades agrícolas excedentes. Neste ponto de vista a mão de obra familiar deve ser igual ou superior a 75% do total.

Os estabelecimentos da AF correspondem a 84% do total de estabelecimentos agropecuários brasileiros e ocupam 25% da área agrícola total, absorvendo 75% da mão de obra ocupada na agropecuária, produzindo 70% da alimentação consumida no país e respondendo por 38% da receita agropecuária nacional (IBGE, 2006).

Este setor pouco foi incentivado nas políticas nacionais até a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar, PRONAF na década de 90, sendo um marco decisivo para uma nova fase de reconhecimento e um incentivo legal ao aporte financeiro para os agricultores estruturarem seus cultivos. Financiamentos com longos prazos de pagamento permitiram a ampliação ou até mesmo a instalação de estruturas para cultivos agrícolas e criação de animais, como estufas, sistemas de irrigação, maquinários ou investimentos em benfeitorias, algo inédito para este setor.

Em 2003 o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e mais tarde em 2009, o Programa Nacional de Alimentação Escolar, (PNAE), romperam novas fronteiras

para o fortalecimento da AF, pois passaram a adquirir alimentos dispensando a realização de licitações, comprando diretamente das associações ou cooperativas agrícolas, ou seja, mais um grande incentivo para o fortalecimento desta categoria de agricultores e agricultoras.

Neste mesmo período instituições foram capacitadas e fortalecidas para assistência técnica visando atuais e novas demandas da AF. Em nível regional, agricultores familiares contam com o apoio da Associação Rio-grandense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) e Embrapa Clima Temperado, com o foco voltado a essa categoria. Também em nível regional, os agricultores familiares contam com associações não governamentais que tiveram origem por movimentos religiosos na década de 90, tais como a Associação dos Produtores Agroecológicos da Região Sul (ARPASUL), Cooperativa Sul Ecológica de Agricultores Familiares Ltda. (SULECOLÓGICA) e Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor (CAPA). Além destas associações cooperativas de processamento de alimentos e de fornecimento que foram criadas com foco específico na AF, do mesmo modo, restaurantes garantem a opção de uma alimentação orgânica fazendo, desta forma, a ligação entre a cadeia produtiva e consumidora.

Muitos destes agricultores participantes dos grupos já são parte da segunda geração de agricultores de base ecológica da região de Pelotas, estabelecendo assim a sucessão familiar no campo. Esta renovação requer reconhecimento e apoio dos setores públicos, privados e estes agricultores e agricultoras necessitam ser contemplados e inseridos nas pesquisas públicas para soluções de problemas e construção de projetos focados nas ações por eles demandadas.

2.2 A Agroecologia

A Agroecologia é uma composição das dimensões agrícola, cultural e holística que integra os princípios agronômicos, ecológicos e socioeconômicos ao entendimento e ponderação do efeito das tecnologias sobre os sistemas naturais, agrícolas e a sociedade. Nesse contexto, utiliza os agroecossistemas como fonte de estudo, extrapolando a visão unidimensional (ALTIERI, 2004).

Corroborando com esta visão, a agricultura orgânica faz parte do conceito amplo, na qual estão inseridas a agricultura natural, agricultura biodinâmica, agricultura biológica, agricultura ecológica e a permacultura. Essas correntes

alternativas utilizam princípios semelhantes que buscam uma agricultura mais interconectada com a natureza. Em geral, as pequenas diferenças entre elas não são levadas em consideração pelo público consumidor, que consideram todos os produtos destes cultivos como 'orgânicos', uma vez que sua preocupação é com o consumo de alimentos livre de agrotóxicos e sem substâncias químicas sintéticas nocivas à saúde (CAMPANHOLA, 2001).

Estas agriculturas são na sua maioria de essência familiar, as quais buscam meios de sintonizar seus sistemas produtivos com a menor entrada possível de insumos e fazem dos processos de reciclagem energética uma fonte favorável para a produção de alimentos, tendo mesmo que indiretamente pela presença natural no solo ou diretamente pela produção de húmus em cativeiro, as minhocas como aliadas a este contexto vivo.

Resende et al. (2007) consideram a propriedade rural de essência orgânica um agroecossistema dependente da biodiversidade local, das interações biológicas entre espécies e, principalmente, da vida existente no solo. Assim, um sistema de produção orgânico deve estar integrado com os demais elementos da propriedade, como 'quebra-ventos', rotações e consórcios com outras culturas, criação integrada de pequenos animais e estímulo dos fatores essenciais ao desenvolvimento da diversificação e da sustentabilidade do cultivo integrada ao agroecossistema. Dentro desta conjunção, toda e qualquer ação que vise facilitar o manejo de cultivos e propiciar menor penosidade do trabalho aos agricultores acrescentará também a eles qualidade de vida.

Juntamente com a permanência do jovem no campo, há o maior desafio da ampliação da produção sustentável de alimentos pela agricultura familiar de base agroecológica através do manejo dos agroecossistemas, a incorporação de princípios, métodos e tecnologias com base ecológica, agregando o direito dos agricultores familiares, povos indígenas e comunidades tradicionais o livre acesso e usufruto sustentável da agrobiodiversidade (CAISAN, 2011).

Com relação à sustentabilidade dos agroecossistemas agrícolas, Arteaga et al. (2007) apontam que nos interesses atuais da agricultura orgânica estão inseridas a preservação do meio ambiente e suas funções ecológicas, juntamente com o cuidado do solo, onde se desenvolve a atividade microbiana. Para Gliessman (2000), as agriculturas mais sustentáveis, sob o ponto de vista agroecológico, são aquelas que têm uma compreensão holística dos agroecossistemas e atendem aos

critérios de: a) baixa dependência de *inputs* comerciais; b) uso de recursos renováveis localmente acessíveis; c) utilização dos impactos benéficos do meio ambiente local; d) aceitação e/ou tolerância das condições locais, interagindo, sem a tentativa de dominar o meio ambiente; e) manutenção, a longo prazo, da capacidade produtiva; f) preservação da diversidade biológica e cultural; g) utilização do conhecimento e da cultura da população local; e h) produção de mercadorias para o consumo interno antes de produzir para a exportação, características estas que na sua grande maioria fazem parte da identidade da agricultura familiar.

Na agroecologia, a mão de obra e a gestão de recursos da propriedade são mais relevantes do que na agricultura convencional, ou seja, característica que vai ao encontro da agricultura familiar na gestão agroecológica de seus sistemas produtivos (BUAINAIN et al., 2006).

Assis (2002) aponta que os agricultores familiares são os mais aptos a fazerem a transição para um sistema orgânico de produção agroecológico, mesmo carecendo de informações, técnicas e de disponibilidade financeira.

As agriculturas alternativas de um modo geral são todas mais exigentes em trabalho, cuidados e atenção dos produtores. Os cultivos, seus ciclos e o trabalho da natureza necessitam do olhar do produtor para seu aprendizado sobre os processos que estão em curso, que serão ensinamentos para melhorias contínuas dos sistemas de cultivo (BUAINAIN et al., 2006).

Um número significativo de agricultores familiares está tradicionalmente vinculado a compostagem como uma prática usual, pois é uma estratégia relativamente fácil e de baixo custo, que pode transformar resíduos agrícolas em fertilizantes orgânicos, reduzindo a dependência dos insumos externos à propriedade e ao mesmo tempo garantindo um destino final mais adequado aos resíduos (FERREIRA et al., 2012).

Métodos alternativos surgem para auxiliar nos sistemas de cultivo orgânicos, como por exemplo a capina manual com enxada, na agricultura convencional substituída com uso de agrotóxicos. Já a agroecologia propõe utilizar cobertura morta ou palhada para evitar o crescimento de plantas indesejadas ou daninhas ou até mesmo o consórcio com diferentes tipos de plantas (BETTIOL et al., 2001).

Diferentes modelos, conjugados ou não, como utilização de cobertura morta, adubação verde, consórcio de plantas, biofertilizantes, compostagem, húmus sólido e líquido, caldas alternativas a base de extratos de plantas entre outros, são

propostos como meios de promoção da fertilidade e saúde do solo e ao mesmo tempo como métodos alternativos fitossanitários, sendo na sua grande maioria mais baratos para o produtor rural e de fácil manejo na agricultura familiar (RESENDE et al., 2007; GLIESSMAN, 2000; SCHIEDECK et al., 2008).

Desta forma pressupõe que a minhocultura seja uma alternativa economicamente viável para estimular simultaneamente a saúde do solo e da planta e ao mesmo tempo promover o incremento da atividade biológica e fertilidade em propriedades familiares.

2.3 As minhocas

As minhocas pertencem ao filo Annelida, classe Oligochaeta e ordem Haplotaxida. São os invertebrados mais abundantes em solos de regiões temperadas, onde correspondem por 90% da biomassa total destes. Possuem amilases, celulasas e quitinases, enzimas secretadas pelo epitélio intestinal, responsáveis em digerir amidos de alimentos vegetais e parede celular de plantas e fungos e por fazerem a mistura entre partículas minerais e orgânicas (SIMS, 1999; EDWARDS, 2004; RUPPERT et al., 2005; FROUZ et al., 2007).

A presença de minhocas no solo está relacionada à boa qualidade e sustentabilidade destes, sendo responsável por fundamental papel na formação e transformação do solo, escavando galerias nos horizontes superficiais, de 0 a 30 cm de profundidade, podendo chegar até partes mais profundas (RIGHI, 1997; SILVA et al., 2011).

As minhocas melhoram a produtividade e a fertilidade do solo, e a estrutura do solo é influenciada principalmente por duas ações relacionadas as atividades que elas realizam, pela ingestão de terra, transformação da matéria orgânica, a mistura íntima destas frações e dejeção deste material na superfície ou subsolo. Suas galerias promovidas pela movimentação entre a superfície e o subsolo provocam a troca, misturas e aeração destes materiais (EDWARDS et al., 1996; AIRA et al., 2011; ANSARI, 2012).

Elas são os organismos mais conhecidos e, muitas vezes, os mais importantes que influenciam o funcionamento do sistema solo favorecendo a manutenção da sustentabilidade dos ecossistemas. São responsáveis pela melhoria da estrutura e de sua qualidade física, através da movimentação de partículas

dentro e entre os horizontes, pela formação de agregados e conseqüentemente o aumento da resistência do solo à erosão, além de promover melhorias na porosidade, aeração, infiltração e retenção de água no solo e levando e formando pontos de alta atividade microbiana para o subsolo (LAVELLE et al., 2006; BROWN et al., 2010; SANCHEZ-HERNANDEZ et al., 2015).

2.4 Minhocultura e o húmus

A minhocultura, como a criação racional de minhocas para produção de húmus e iscas vivas surgiu nos Estados Unidos a partir da década de 1930 (EDWARDS, 2010). A minhocultura corresponde à criação de minhocas destinadas a diferentes fins, como produção de matrizes e casulos para posterior comercialização, produção de iscas vivas para pesca artesanal ou para produção de ração para frangos e peixes e minhocas destinadas a produção de húmus.

As espécies mais comumente utilizadas nesse processo são *Eisenia andrei* Bouché (1972), *Eisenia fetida* Savigny (1826), *Eudrilus eugeniae* Kingberg (1867), *Lumbricus rubellus* Hoffmeister (1843) e *Perionyx excavatus* Perrier (1872), cada uma com características próprias em relação à eficiência e produtividade conforme o resíduo utilizado (EMMERLING et al., 2001; TOGNETTI et al., 2005; KHWAIRAKPAM et al., 2009).

A espécie *Eisenia andrei*, conhecida como vermelha da Califórnia, é a mais utilizada por suas peculiares características, tais como a facilidade em adaptação às condições de cativeiro e alta taxa de multiplicação (BROWN et al., 2006), demonstrando elevada eficácia na conversão de resíduos orgânicos em húmus (EDWARDS, 2004) e aceitação a variadas fontes de alimentos, tendo uma boa amplitude de tolerância a frio ou calor, de 0°C a 35°C, podendo crescer e reproduzir bem em muitos tipos de resíduos orgânicos com umidade entre 70% e 90% (ATIYEH et al., 2000 e 2002).

O esterco bovino é o principal alimento ofertado às minhocas da espécie *E. andrei* e elas desempenham um papel importante na aceleração do processo de decomposição e estabilização deste material (ATIYEH et al., 2000). De acordo com esta informação, Schiavon et al. (2007) apontam que a qualidade final do vermicomposto depende diretamente das características do alimento que é oferecido à elas. Porém, outros resíduos podem ser adicionados visando incorporar diferentes

características químicas, promover uma melhor aeração do material ou destinar adequadamente rejeitos industriais, agroindustriais ou urbanos. Esses resíduos podem ser provenientes de diferentes fontes, como da indústria têxtil (ROSA et al., 2007), bagaço de uva (DAUDT, 2004; CORDEIRO, 2013), rejeitos da produção de café (SANTOS et al., 2010) lodo de estação de tratamentos de efluentes juntamente com lixo orgânico de sistema urbano (VERAS, 2004), macrófitas aquáticas, provenientes de estações de tratamento de águas (DA SILVA et al., 2011), casca de amendoim e borra de café (ZIBETTI et al., 2015).

Em todos os processos de destinação dos resíduos para a vermicompostagem, as minhocas aceleram a maturação do composto utilizado como alimento e logo após a finalização deste processo, o vermicomposto pode ser utilizado imediatamente (AQUINO et al., 2005).

O húmus de minhoca, também conhecido como vermicomposto, é um adubo orgânico de fácil produção na propriedade familiar e possui potencial elicitor, induzindo a produção de fitoalexinas, que são respostas das plantas por incidência de patógenos (GONÇALVES et al., 2009) e compostos fenólicos que agem na proteção das plantas contra pragas e doenças (CAMPOS et al., 2006) além de proporcionar um bom resultado como fonte de nutrientes.

Estas qualidades são reconhecidas pelos agricultores, porém ainda há restrições ao seu uso, devido a dificuldade de aplicação nas adubações de pós-plantio nos cultivos com cobertura morta ou pelo esforço exigido, pois sob a forma sólida são necessárias grandes quantidades, ou ainda, por ser um agente disseminador de sementes de plantas espontâneas, principalmente quando o esterco provém de áreas desconhecidas. Com isso, o húmus líquido torna-se uma opção viável para a adubação orgânica em hortaliças, sem as limitações do húmus de minhoca aplicado na forma sólida (SCHIEDECK et al., 2008).

Nas propriedades rurais diversos resíduos podem ser utilizados para compostagem ou vermicompostagem, restos de cultivos, resíduos domésticos de alimentação, estercos, folhas e palhadas, todos são materiais que podem servir para alimentação das minhocas gerando desta forma húmus de qualidade.

2.5 O húmus líquido

O húmus líquido é conhecido na literatura científica como "vermicompost tea", que nada mais é do que uma infusão de húmus sólido usando água como solvente, com algumas variações no processo de elaboração incorporadas ao longo do tempo (INGHAM, 2005).

O húmus líquido é composto por elementos minerais como N, P, K, Ca, Fe, Mg, Mn, Zn, Co e Cu, além de ácidos húmicos, fúlvicos e uma grande carga microbiológica e é normalmente aplicado através do sistema de irrigação (GÓMEZ, 2006; ARTEAGA, 2007).

Contudo, muito pouco ainda se sabe sobre os métodos de produção de húmus líquido (tempo de extração, temperatura, oxigenação, concentração etc.), bem como sua composição nutricional e principalmente sobre os processos biológicos que se sucedem no solo após sua aplicação. Da mesma forma, ainda não existe uma proposta mais adequada em termos de recomendação de aplicação (concentração, dose, fracionamento, sistema de aplicação etc.) do húmus líquido para os diferentes cultivos.

Estudos de Gómez (2006) e Arteaga (2007) apontam que mais importante que as substâncias químicas, são as microbiológicas e bioquímicas presentes na sua composição. Além das características nutricionais e microbiológicas, o húmus de minhoca possui compostos que possuem grande importância na degradação da matéria orgânica e que têm uma importância fundamental na manutenção da vida na terra, também, são responsáveis por estimular seu desenvolvimento e participarem de vários processos bioquímicos, sendo fonte de nutrientes, substâncias fitoprotetoras e fito-hormonais, como auxinas, citocininas, giberelinas e atuam nos processos fotossintéticos incrementando a produtividade dos cultivos (PIZZEGHELLO et al., 2001; ZANDONADI et al., 2007; PIRES et al., 2009; ZHANG et al., 2015).

O húmus líquido também pode ser aplicado nas folhas, tornando-se uma fonte rápida de nutrição e proporcionando modificações físicas na superfície foliar, inibindo a germinação de esporos patogênicos e favorecendo o desenvolvimento de microrganismos benéficos (HERRERA, 2007). Entre os benefícios da aplicação do húmus líquido no solo estão o aumento da resistência de plantas a patógenos, incremento na fixação biológica de nitrogênio e nutrição, aumento da quantidade de carbono existente no solo e incremento do número de microrganismos existentes,

criando assim um ambiente mais favorável ao crescimento e desenvolvimento das plantas (LAZCANO et al., 2011; ROMÁN et al., 2013).

O húmus sólido é o principal ingrediente de preparo do húmus líquido, mas, a fim de aumentar a biomassa microbiana e a atividade dos microrganismos, outras matérias-primas são adicionadas no começo do período de infusão. Novas receitas têm sido seguidamente testadas com o objetivo de alcançar maior biomassa microbiana, melhor produção vegetal, estrutura de solo e ciclagem de nutrientes e menor incidência de doenças (INGHAM, 2005).

Outras receitas como a utilização de misturas de folhas de ciprestes utilizadas para chás, vermicompostos e compostos foram testadas por Kim et al. (2015), onde obtiveram resultados positivos para a utilização destes compostos aerados por 4 dias no estímulo do crescimento de mudas de milho, soja e alface em casa de vegetação.

El-Haddad et al. (2014) estudou a influência de adição de diferentes materiais na produção de húmus de palhada de arroz como esterco bovino cru, P e K, orgânicos, sulfato de amônio, super fosfato e sulfato de potássio inorgânicos e aceleradores biológicos para decomposição de celulose com a adição de cepas do fungo *Trichoderma harzianum* e lignina com adição de cepas de *Phanerochaete chrysosporium* e avaliou a qualidade do húmus líquido com aeração contínua por 3 dias, obtendo relevantes resultados nutricionais no composto.

Martin et al. (2012) testaram a influência do tempo e da aeração em 18, 27 e 36 horas e do método não aerado com 56, 112, 168 horas em preparo de composto líquido utilizando restos de bananeira misturados com serragem, folhas e grama de jardim com esterco bovino para o desenvolvimento de mudas de tomate.

Assim como as receitas, a concentração do húmus líquido pode variar conforme o objetivo da pesquisa e até mesmo a disponibilidade de material. Estudos demonstram diferentes concentrações no preparo utilizando húmus sólido e água, onde Zibetti et al. (2015) utilizaram a concentração de húmus sólido de 20% do volume total na relação volume/volume. Arteaga et al. (2007) sugerem a utilização de 1:10 volume/volume, enquanto López et al. (2012) utilizaram 1:1 volume, porém sem utilizar processo de aeração. Por sua vez, Schiedeck et al. (2008) sugerem a relação de 1:10 massa seca/ volume.

Inúmeros trabalhos apontam que as qualidades químicas e biológicas do húmus líquido dependerão da origem do material vermicompostado, podendo apresentar variações nutricionais, de pH e condutividade elétrica (INGHAM, 2005; MARTIN et al., 2012; ROMÁN et al., 2013; EL-HADDAD et al., 2014). Mesmo assim, independente da origem do material utilizado, os benefícios nas propriedades químicas, físicas e biológicas são documentadas através de diferentes métodos de quantificação e qualificação. Entre os benefícios já citados outros se somam como o aumento da capacidade de trocas de cátions do solo, redução da mobilidade de nutrientes aumentando a atividade enzimática (ZHANG et al., 2015).

Outras vantagens foram identificadas por Ingham (2005) no sistema aerado de produção do húmus líquido, pois além de acelerar o processo de disponibilização de nutrientes, há uma maior diversidade microbiana, menor risco de fitotoxicidade e menor potencial de crescimento de patógenos humanos, além de estimular o desenvolvimento de mecanismos de defesa da planta através da produção de metabólitos mantendo os nutrientes do composto e as mesmas propriedades químicas do húmus sólido.

O processo de aeração do húmus líquido foi utilizado com sucesso em ensaios para a supressão de patógenos, como no caso de Scheuerell et al. (2004), objetivando inibir o fungo *Pythium ultimum*, causador do tombamento de mudas de pepinos cujo sucesso somente foi alcançado através da aeração do vermicomposto por 36 horas acrescentados de fungos específicos. Zibetti et al. (2015) utilizaram húmus líquido aerado por 24 horas para supressão de escleródios de *Sclerotium rolfsii*, em bioensaios antagônicos pareados com o fungo *Trichoderma* sp.

Não é comum estudos monitorarem pH e condutividade elétrica durante o processo de aeração. Normalmente há uma avaliação pré e pós processo, ou ainda uma avaliação química do húmus seco e outra após o preparo do húmus líquido. Acredita-se que com o monitoramento frequente destes parâmetros possa-se definir o tempo adequado de preparo, uma vez que estes valores podem variar conforme o método de produção do húmus líquido, a quantidade a ser produzida e ainda nos métodos aerados a quantidade de ar injetada/volume total a ser produzido. Trabalhos de Schiedeck et al. (2008), Kim et al. (2015), Martin et al. (2012), El-Haddad et al. (2014) e Zibetti et al. (2015), monitoraram pH e condutividade elétrica no preparo de húmus líquido, pois o processo de aeração geralmente contribui para a elevação destes parâmetros sendo um aspecto favorável para nutrição dos cultivos.

O pH (potencial hidrogeniônico) é responsável por controlar a solubilidade de nutrientes no solo, exercendo grande influência de absorção dos mesmos pelas plantas, sendo que solos ideais para cultivo devem apresentar pH entre 6 e 6,5, podendo este intervalo ser ampliado para 5,5 até 6,8 (GOMES et al., 2006).

A importância da condutividade elétrica nos cultivos está relacionada diretamente ao funcionamento do metabolismo da planta, podendo ela influenciar a absorção de nutrientes e água atuando diretamente na produtividade e o acúmulo de matéria seca, (SHANNON, 1997).

2.6 Cobertura do solo

A utilização de cobertura morta com palhada é indicada nos estudos de Araujo et al. (1993), Santos et al. (2008) e Lima et al. (2009) para o cultivo de alho, cenoura e alface respectivamente. Inúmeros atributos favoráveis da utilização da cobertura morta são apontados, principalmente para cultivos orgânicos, pois esta técnica de manejo favorece a manutenção da umidade do solo, diminuindo as oscilações de temperatura e auxiliando no controle de plantas espontâneas, prevenindo desta forma a ocorrência de processos erosivos, além de proporcionar liberação de nutrientes gradativamente durante sua decomposição.

O uso da palhada de cobertura integrado ao consórcio de cultivos, quebra ventos, adubação orgânica entre outros manejos que envolvam a conexão entre processos químicos físicos e biológicos, favorecem o equilíbrio do sistema de cultivo e promovem uma interação saudável com meio que o cerca, estando desta forma em um ambiente propício para o desenvolvimento da cultura.

O desenvolvimento de um manejo integrado visando a produtividade e à sustentabilidade agrícola estão atrelados à redução e/ou otimização do uso de fertilizantes solúveis e no acréscimo de fontes não tradicionais de nutrientes, como adubação orgânica e a reciclagem de resíduos (Lima et al. 2009).

Normalmente os estudos avaliam diferentes composições do húmus líquido, efeitos da aeração ou ausência dela, concentrações diferentes e receitas acrescentando diferentes materiais de origem animal, vegetal e mineral ao húmus líquido que são testados em um mesmo solo ou substrato, a utilização do HL integrado com outras práticas de manejo mais sustentáveis, torna-se uma opção saudável dentro da linha de diversificação dos sistemas de produção orgânicos, buscando assim integrá-lo

com técnicas que são conhecidamente favoráveis aos cultivos aumentando a resistência, a resiliência e a produtividade e ao mesmo tempo, incrementando vida, fertilidade e saúde ao solo.

3 Metodologia geral

3.1 Local e condução do experimento

Os trabalhos foram conduzidos de março de 2014 a dezembro de 2015 na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, localizado no 9º Distrito do município de Pelotas, Rio Grande do Sul (RS). A localização geográfica é de 31°37' latitude Sul, 52°21' longitude Oeste e altitude de 181m acima do nível do mar.

As Atividades obedeceram ao fluxograma representado em Figura 1.

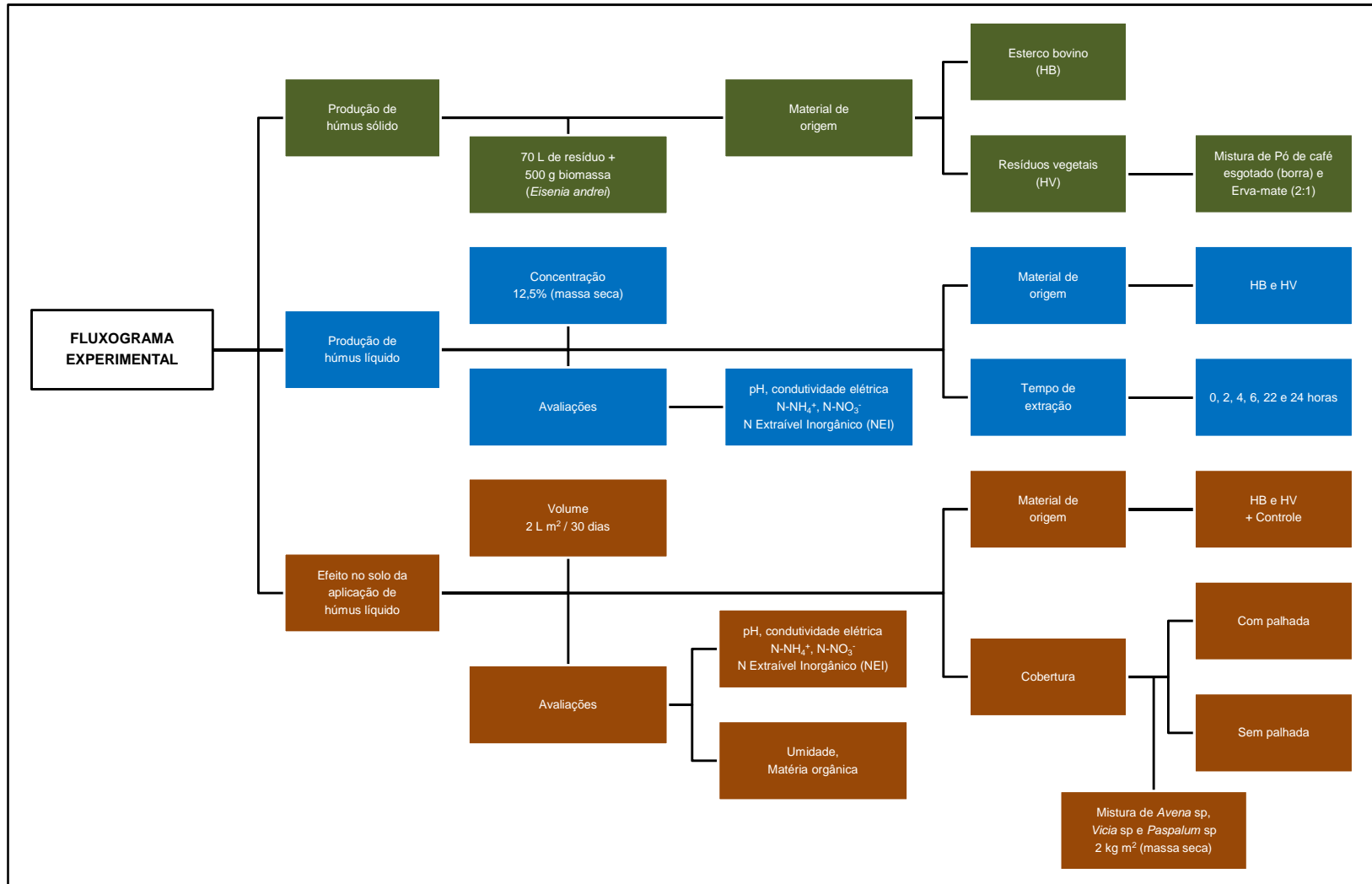


Figura 1- Fluxograma das atividades desenvolvidas na pesquisa. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mar/2014 a Dez/2015.

3.1.1 Produção do húmus sólido

O húmus de minhoca foi produzido entre os meses de maio e dezembro de 2014, a partir de três resíduos orgânicos, sendo estes esterco bovino, proveniente de propriedade rural familiar de base agroecológica de Morro Redondo, RS, e mistura de pó de café esgotado (borra de café) e erva mate (2:1, v/v), ambos provenientes de cafeteria comercial do centro de Pelotas. Previamente ao período de início da vermicompostagem o material passou por um período de estabilização e testes de aceitação do substrato pelas minhocas foram realizados, de acordo com Schiedeck et al. (2006).

O húmus foi produzido em caixas plásticas de 115L, forradas com tela sombrite. Em cada caixa foi colocado o volume útil de 70L de resíduos e 500g de biomassa de minhocas da espécie *Eisenia andrei* Bouché(1972). Durante o período da vermicompostagem, as caixas foram monitoradas quanto o desenvolvimento das minhocas e o processo de transformação dos resíduos,umedecendo o material sempre que necessário conforme metodologia descrita em Schiedeck et al. (2006). Os resíduos foram analisados no momento da instalação do processo de vermicompostagem, conforme Tabela 1.

Tabela 1– Análise* dos resíduos orgânicos no momento da instalação da vermicompostagem. Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mar/2014 a Dez/2015.

| Resíduos | Umidade (%) | pH | (g kg ⁻¹) | | | | | | Relação C/N |
|-------------------------|-------------|------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|----------|-------------|
| | | | C-Org | N-total | P-total | K-total | Ca-total | Mg-total | |
| Esterco bovino | 80,71 | 8,38 | 460,33 | 19,13 | 11,18 | 18,05 | 11,21 | 7,51 | 24:1 |
| Borra de café/Erva mate | 71,16 | 5,65 | 644,65 | 22,44 | 1,93 | 10,73 | 3,26 | 1,72 | 29:1 |

*Análise realizada pelo Laboratório de Análise de Solos da Universidade Federal de Pelotas, RS. Métodos: umidade, gravimetria; pH em água (5:1), potenciometria; C-Org, combustão úmida (Walkey Black); N-total; digestão sulfúrica Kjeldahl; P-total, digestão sulfúrica e espectrometria de AM; K, Ca e Mg total, digestão sulfúrica e espectrometria de AA.

As variáveis analisadas do húmus sólido foram amônio (NH₄⁺), nitrato (NO₃⁻), nitrogênio extraível inorgânico (NEI), além das análises de umidade gravimétrica do

solo (UgS), sólidos voláteis (SV), potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica, (CE), detalhados em procedimentos analíticos.

3.1.2 Experimento 1 - Evolução de parâmetros químicos de húmus líquido de origem animal e vegetal durante o processo de produção

O húmus líquido foi produzido na concentração de 12,5% (massa seca), sendo utilizados recipientes plásticos de 20L de capacidade. Para o preparo foi utilizado 1kg (massa seca) de húmus sólido e quantidade suficiente de água destilada para completar 8L. O húmus sólido foi colocado em um saco duplo de tecido voile, sendo o conjunto fixado na borda do recipiente.

A aeração da solução foi realizada com um compressor de ar marca Resun, modelo ACO-003, com capacidade de injetar 63L de ar por minuto. No compressor foi adaptado um derivador de fluxo que distribuiu a vazão de ar para seis mangueiras, sendo colocadas três em cada recipiente, duas no interior do saco com húmus sólido e uma no lado externo. Na extremidade de cada saída de ar foi adaptado uma pedra porosa para facilitar o fluxo na saída de ar e evitar o entupimento das mangueiras. Dessa forma, cada recipiente recebeu aproximadamente 31,5L de ar por minuto.

A aeração do húmus líquido foi realizada de forma ininterrupta por 24 horas, à sombra e sob temperatura ambiente, conforme sugerido por Edwards et al. (2010). Durante esse período, foram coletadas amostras dos dois produtos em diferentes tempos de contato com a água: imediatamente após a imersão (0 hora), às 2, 4, 6, 22 e 24 horas. Ao total, o húmus líquido foi preparado quatro vezes durante o experimento, em intervalos de 30 dias, sendo considerada, para efeito estatístico, cada vez uma repetição.

As variáveis analisadas para húmus bovino (HB) e húmus vegetal (HV) foram amônio ($N-NH_4^+$), nitrato ($N-NO_3^-$), nitrogênio extraível inorgânico (NEI), potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE). Os procedimentos são detalhados no item procedimentos analíticos em Apêndice A.

3.1.3 Experimento 2 - Ensaio em casa de vegetação

O experimento foi conduzido em casa de vegetação de estrutura de arcos de ferro galvanizado tipo Túnel Alto recoberto com filme de polietileno de baixa densidade (PEBD) transparente e 200µm de espessura, com as dimensões de oito m de largura, 16m de comprimento, altura central de 3,8m e pé direito de 2,3m, disposta no sentido Norte-Sul.

O delineamento adotado foi fatorial 3x2, com duas fontes de nutrientes e a testemunha(húmus líquido bovino [HB], húmus líquido vegetal [HV] e o controle [C] com água) e duas condições de cobertura do solo com palhada e sem palhada, (Tabela 2).

Tabela 2–Descrição dos tratamentos avaliados no ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015.

| Tratamentos | Fonte de nutrientes | Cobertura do solo | Legenda |
|-------------|---------------------|-------------------|---------|
| 1 | Controle | Sem palhada | C-S |
| 2 | | Com palhada | C-C |
| 3 | Húmus bovino | Sem palhada | HB-S |
| 4 | | Com palhada | HB-C |
| 5 | Húmus vegetal | Sem palhada | HV-S |
| 6 | | Com palhada | HV-C |

Ao todo foram implantadas 24 unidades experimentais, cada uma composta por seis sacos plásticos (unidades amostrais) de 20L de volume total, contendo 15L de solo. A aplicação dos tratamentos era realizada em todas as unidades amostrais, mas a coleta de amostras ocorreu apenas uma vez em cada um para evitar o efeito do revolvimento do solo nas variáveis analisadas.

O solo utilizado no preenchimento das unidades amostrais foi extraído de uma área específica para essa finalidade na Estação Experimental Cascata, correspondendo à profundidade de 0-20cm e é classificado como Argissolo vermelho amarelo eutrófico (Tabela 3).

Na sequência, o solo foi levado para a casa de vegetação e homogeneizado com betoneira antes de adicionado aos sacos plásticos.

Tabela 3 - Análise do solo utilizado nas unidades amostrais que compuseram o ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015.

| Ca | Mg | Al | H+Al | CTC efetiva | Saturação% | | | %MO | %Argila | Classe argila | P-Mehlich | K | CTC pH7 | K | |
|-------------|----|----|------|-----------------------|------------|----|----|-------|------------|--------------------|-----------|-----|-----------------------|-----|-----|
| pH água 1:1 | | | | cmolc/dm ³ | | | Al | Bases | Índice SMP | mg/dm ³ | | | cmolc/dm ₃ | | |
| 5,6 | 2 | 1 | 1 | 4,9 | 3,8 | 26 | 37 | 5,9 | 2,49 | 21 | 3 | 4,2 | 67 | 7,7 | 0,2 |

Análise realizada pelo Laboratório de Solos da Universidade Federal de Pelotas, conforme ROLAS, 2004.

Para os tratamentos com cobertura do solo foi utilizada palhada seca de aveia e gramíneas nativas do gênero *Paspalum* sp., na quantidade de 2kgm⁻², adaptado de Santos (2008) e Lima (2009). A palhada foi previamente seca à sombra em casa de vegetação por 18 dias e fracionada em porções de 100g para cada unidade amostral.

A cada semana os vasos eram irrigados individualmente com 800mL de água e em nenhum momento foi realizada a capina das plantas espontâneas.

Após cada preparo, o húmus líquido bovino (HB) e o húmus líquido vegetal (HV) eram armazenados em recipientes de 5L para transporte até a casa de vegetação onde os tratamentos foram aplicados. O tempo entre o final da aeração e a aplicação não ultrapassava 30 minutos, a fim de não influenciar a atividade biológica estimulada pelo processo de aeração, uma vez que Kim et al. (2015) apontam a formação de organismos anaeróbicos quando o HL é armazenado por maiores períodos e potencial desenvolvimento de ação patogênica.

A aplicação do húmus líquido foi realizada manualmente com dosador e uniformizador de distribuição, (Figura 2), sendo adotada uma dose de 2Lm⁻²a cada 30 dias. Ao total foram realizadas quatro aplicações ao longo do experimento, compreendendo 100mL por aplicação em cada unidade experimental.



Figura 2- (A) Recipiente de 5L perfurado simetricamente para aplicação de húmus líquido, (B) disposição do uniformizador na unidade amostral e (C) aplicação de húmus líquido. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS, 2015.

As variáveis analisadas foram amônio (N-NH_4^+), nitrato (N-NO_3^-), nitrogênio extraível inorgânico (NEI), umidade gravimétrica do solo (UgS), sólidos voláteis (SV), potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE) e a biomassa vegetal de plantas espontâneas que se desenvolveram nas unidades amostrais. Os procedimentos são detalhados no item procedimentos analíticos em Apêndice A.

3.1.4 Amostras de solo

O solo foi amostrado inicialmente em 25 de maio, no momento da instalação do experimento. As demais amostragens ocorreram a cada 30 dias, após a aplicação dos tratamentos, totalizando cinco amostragens. As amostras foram retiradas no perfil de 0 a 10cm de profundidade, identificadas e armazenadas em sacos plásticos para posterior análise em laboratório. O solo remanescente das coletas foi armazenado em freezer a 2°C - 4°C caso fossem necessárias novas avaliações.

3.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH) e condutividade elétrica (CE)

As leituras de pH e CE foram realizadas diluindo o solo em água destilada na proporção 1:5, conforme metodologias adaptadas de Tedesco et al. (1995). As amostras foram agitadas com bastão de vidro por um minuto, em seguida deixadas em repouso por 20 minutos e determinados os valores utilizando peagâmetro Marconi[®] MA-552 e condutímetro Digimed[®] DM-32. Esse procedimento foi utilizado para as amostras de húmus sólido e solo. As amostras de húmus líquido foram coletadas e lidas diretamente nos equipamentos supracitados.

3.1.6 Umidade gravimétrica do solo

A umidade do solo foi determinada colocando 5g da amostra em cadinho de porcelana em estufa marca Thoth[®], modelo 501.50.2, a 105°C por 24h. Os cadinhos foram retirados da estufa e resfriados em dessecador com sílica gel e logo após pesados. Os sólidos totais e a umidade foram determinados conforme equação:

$$\text{Sólidos totais} = \frac{(pc + ms) - pc}{(pc + mf) - pc} \times 100$$

$$\text{Umidade (\%)} = 100 - \text{sólidos totais}$$

onde *pc* é o peso do cadinho, *mf* é a massa fresca (úmida) da amostra e *ms* é a massa seca da amostra.

3.1.7 Sólidos Voláteis

A partir da determinação da umidade, as amostras foram colocadas em mufla da marca ZEZIMAQ[®] a 550°C ± 50°C durante quatro horas. Quando os cadinhos não apresentavam mais o aspecto de incandescência foram transferidos para o dessecador para completo resfriamento. Após, os cadinhos foram pesados novamente, sendo as cinzas e sólidos voláteis determinados conforme equação:

$$\text{Cinzas} = \frac{(pc + mc) - pc}{(pc + ms) - pc} \times 100$$

$$\text{Sólidos voláteis (\%)} = 100 - \text{cinzas}$$

onde *pc* é o peso do cadinho, *ms* é a massa seca da amostra e *mc* é a massa calcinada da amostra.

3.1.8 Metodologia de análise de formas do nitrogênio em microplacas

A determinação das formas de nitrogênio no húmus sólido, húmus líquido e solo obedeceram a metodologia desenvolvida por Sims et al. (1995), e está detalhada no apêndice.

3.1.9 Preparo e preservação das amostras

Para as amostras de solo foram utilizados 10g de solo fresco adicionados 50mL de K_2SO_4 0,5 Molar em frasco snap-cap. Em seguida os frascos foram fechados e colocados em mesa agitadora orbital durante uma hora a 200rpm, a fim de romper os agregados do solo.

Após a solução decantar por 20 minutos, foi filtrada em filtro Whatman nº42, recolhendo o extrato em vidros âmbar identificados para cada amostra e armazenados em temperatura de 0°C a - 4°C, até o momento das análises. O procedimento para as amostras de húmus sólido e húmus líquido foi semelhante ao descrito acima, porém utilizando 2g e 13,3mL respectivamente.

3.1.10 Leitor de microplacas

A determinação de amônio ($N-NH_4^+$), nitrato ($N-NO_3^-$) e nitrogênio extraível inorgânico (NEI) foi realizada por meio de um leitor de absorvância em microplacas marca Bio-Rad, modelo i-Mark®.

O processo de preparo das amostras para leitura nas microplacas pode ser visto na Figura 3.

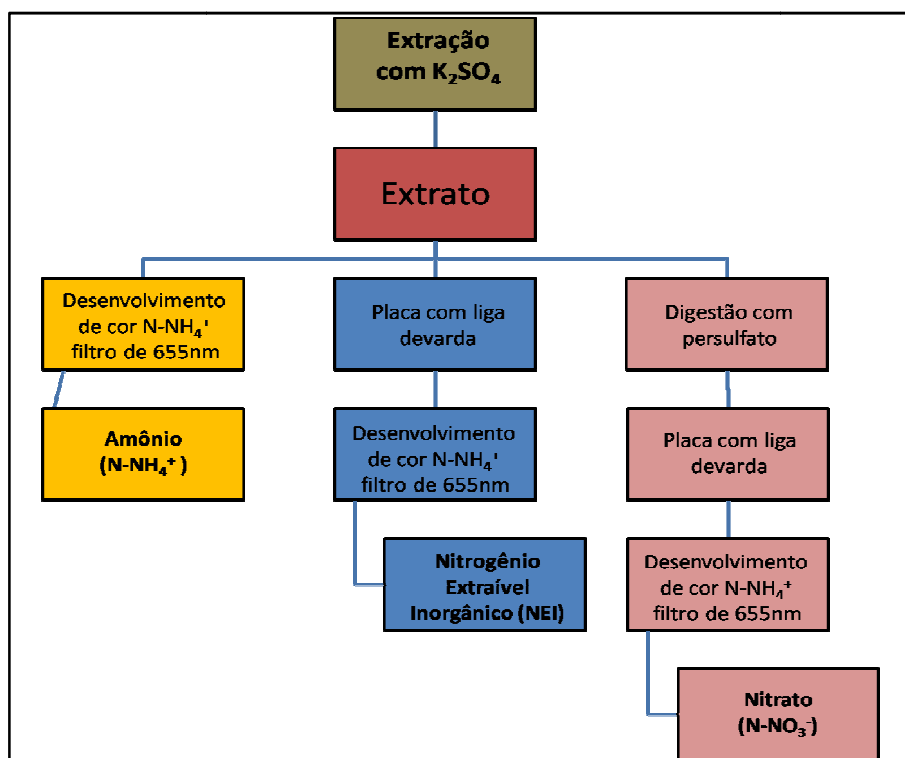


Figura 3- Fluxograma de análises no equipamento de leitura de microplacas.

3.1.11 Biomassa vegetal

Aos 150 dias após a primeira aplicação de húmus líquido foi coletada a biomassa aérea das plantas espontâneas desenvolvidas em cada unidade amostral.

Após colhida, a biomassa úmida foi pesada e colocada em sacos de papel identificados. Em seguida os sacos foram colocados em estufa com circulação forçada de ar a 65°C por 72 horas, para quantificação da biomassa seca.

3.1.12 Procedimento estatístico

O delineamento experimental do experimento 1 foi fatorial 2x6, completamente casualizado, com quatro repetições. Foram avaliados dois materiais orgânicos quanto à origem (húmus bovino e húmus vegetal) e seis tempos de extração (0, 2, 4, 6, 22 e 24 horas). Os dados foram testados quanto aos pressupostos da análise de variância e, quando necessário, transformados pela transformação Box-Cox. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade ($p < 0.05$).

O experimento 2 utilizou um delineamento de blocos ao acaso com fatorial 3x2 e quatro repetições. Foram testadas duas fontes orgânicas de nutrientes e a testemunha (húmus líquido bovino [HB], húmus líquido vegetal [HV] e o controle [C] com água) e duas condições de cobertura do solo (com palhada e sem palhada). Os dados foram testados quanto aos pressupostos da análise de variância e, quando necessário, transformados pela transformação Box-Cox. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey à 5% de probabilidade ($p < 0,05$). As médias da biomassa de plantas espontâneas foram comparadas pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, uma vez que os dados normais ou transformados não atenderam aos pressupostos da ANOVA.

4 Resultados e Discussão

4.1.1 Experimento 1 - Evolução de parâmetros químicos de húmus líquido de origem animal e vegetal durante o processo de produção

O rendimento em massa úmida de húmus sólido para a elaboração do húmus líquido foi de 20,6kg para o esterco bovino e de 18,2kg para a mistura de erva-mate e pó de café esgotado. Alguns parâmetros químicos e físicos dos húmus podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4 - Parâmetros químicos do húmus sólido bovino e húmus sólido vegetal. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2014.

| Resíduo orgânico | pH 1:5 | Condutividade elétrica (mSm ⁻¹) | Umidade (%) | Sólidos voláteis (%) |
|----------------------|--------|--|----------------|-------------------------|
| Húmus bovino sólido | 7,7 | 515,6 | 46,0 | 44,4 |
| Húmus vegetal sólido | 5,5 | 327,8 | 50,0 | 11,5 |

A análise de variância (ANOVA) das variáveis pH e condutividade elétrica do húmus líquido ao longo do tempo de extração podem ser visualizadas na Tabela 5.

Tabela 5 - ANOVA de pH e condutividade elétrica (CE) no preparo de húmus líquido de diferentes fontes orgânicas ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável | Fonte | | | Tempo | | | Fonte*Tempo | | |
|----------|-------|--------|----------|-------|-------|----------|-------------|------|----------|
| | GL | F | p < 0.05 | GL | F | p < 0.05 | GL | F | p < 0.05 |
| pH | 1 | 487,78 | 0,0000* | 5 | 0,54 | 0,7436 | 5 | 2,11 | 0,0869 |
| CE | 1 | 86,53 | 0,0000* | 5 | 22,77 | 0,0000* | 5 | 1,19 | 0,3328 |

*Indica efeito significativo para as respectivas variáveis.

Não houve interação entre os tratamentos e o tempo de extração para nenhuma das variáveis analisadas.

O pH diferiu entre os tratamentos, porém o tempo de extração não influenciou os valores durante o processo. Contudo, a CE foi estatisticamente diferente entre os tratamentos e os tempos de extração.

Na Figura 4 é possível verificar que os valores de pH do HB foram superiores aos do HV durante todo o tempo de extração, sendo em média 7,6 e 5,8, respectivamente. Com relação ao húmus sólido também se percebe que houve pouca alteração no pH após o contato com a água, indicando que essa variável pode ser utilizada como parâmetro da acidez tanto para a forma sólida quanto líquida do húmus.

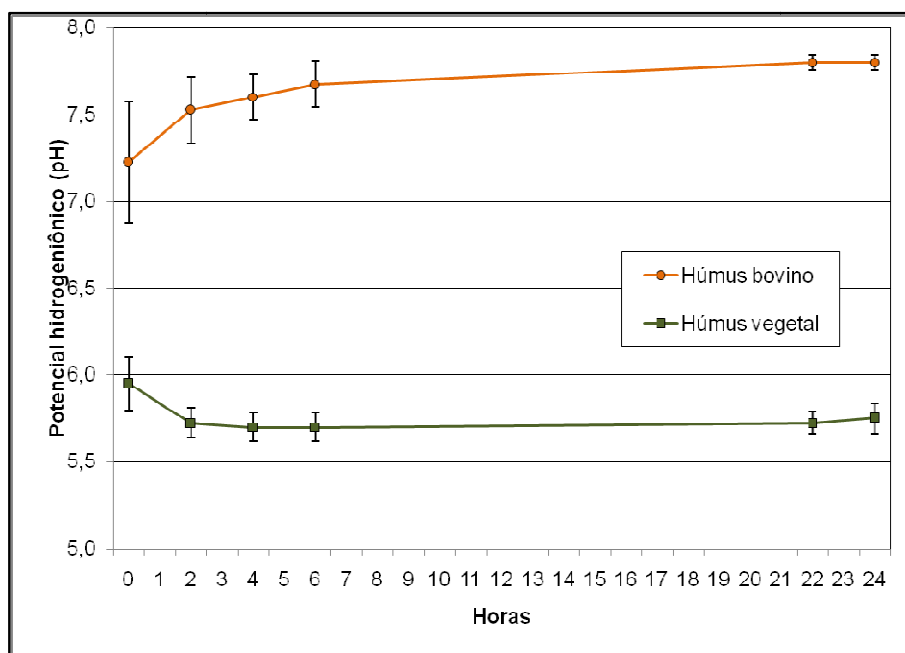


Figura 4 - Variação de potencial hidrogeniônico (pH) do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Scheuerell et al. (2004), utilizando processo de aeração do húmus líquido continuamente por 36 horas obteve valores de pH 7,3, tendo como material de origem restos vegetais e esterco de animais vermicompostado. Já Schiedeck et al. (2008) encontraram valores médios de pH 7,02 para húmus líquido de esterco bovino, agitado manualmente duas vezes ao dia por 1 minuto durante 5 dias. Por sua vez, Zibetti et al. (2015) encontraram valores de pH 7,27 para húmus líquido de esterco bovino aerado por 24 horas.

De forma geral, os estudos indicam variação no valor de pH conforme o material de origem: 5,07 para húmus de gramado de jardim aerado 36 horas e 6,57 para húmus de folhas de bananeira (MARTIN et al., 2012); 8,3 para húmus de esterco bovino e palhada de arroz aerados por 36 horas (EL-HADDAD et al., 2014).

Estes valores podem variar conforme o método de produção do húmus líquido, a quantidade a ser produzida e ainda nos métodos aerados a quantidade de ar injetada/volume total a ser produzido (INGHAM, 2005).

No caso da condutividade elétrica, a diferença entre os tratamentos e ao longo do tempo podem ser percebidas na Figura 5.

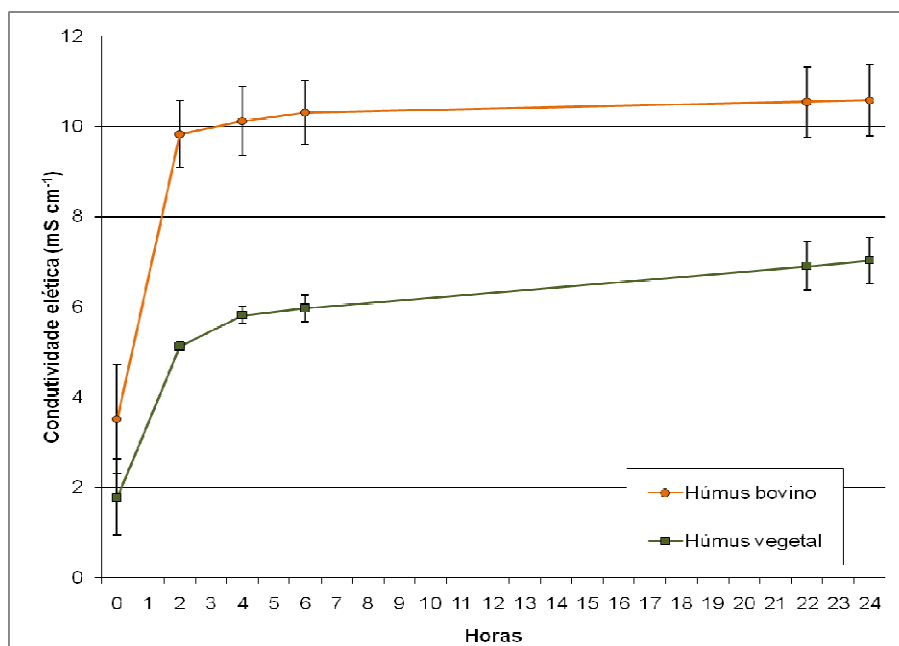


Figura 5- Variação da condutividade elétrica (CE) do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Os valores finais da CE foram de $106\text{mS}\text{m}^{-1}$ para HB e de $70\text{mS}\text{m}^{-1}$ para HV. A CE do HB foi sempre superior à verificada no HV, porém em ambos os casos houve uma tendência semelhante de aumento até às 2 horas de extração, seguido de uma estabilização gradual até o final do processo. Contudo, os valores foram superiores aos medidos nos húmus sólidos, onde o húmus bovino e o vegetal apresentaram $51,5\text{mS}\text{m}^{-1}$ e $32,7\text{mS}\text{m}^{-1}$, respectivamente.

A importância da condutividade elétrica nos cultivos está relacionada diretamente ao funcionamento do metabolismo da planta, podendo ela influenciar a absorção de nutrientes e água atuando diretamente na produtividade e o acúmulo de matéria seca além de tornara planta suscetível a distúrbios fisiológicos (SHANNON, 1997).

Os valores de CE ideais podem oscilar conforme o cultivo, e são comumente monitorados em sistemas de cultivos hidropônicos, sendo juntamente com pH

fatores limitantes para o sucesso da produção. Para alface hidropônica os índices ideais variam de 160mSm^{-1} a 250mSm^{-1} , valores abaixo ou acima reduzirão a produção (CASTELLANE1995). Scheuerell et al. (2004), aerando por 36 horas obtiveram valores de 77mSm^{-1} tendo como material de origem restos vegetais e esterco de animais. Demais estudos encontraram valores médios de 230mSm^{-1} para húmus líquido de origem bovino agitado manualmente por 5 dias (SCHIEDECK et al., 2008), Zibetti et al. (2015) de 350mSm^{-1} para húmus líquido de esterco bovino aerado por 24 horas, Martin et al. (2012) para húmus proveniente de restos de jardinagem aerado por 36 horas de 404mSm^{-1} e para húmus obtido da vermicompostagem de folhas de bananeiras o valor de 390mSm^{-1} . El-Haddad et al. (2014) encontrou 514mSm^{-1} para húmus líquido aerado por 36 horas originado da mistura de palhada de arroz, esterco bovino fresco adicionado de P e K orgânicos.

Com relação ao nitrogênio presente no húmus líquido, houve interação significativa entre a origem orgânica do húmus e o tempo de extração para todas as variáveis analisadas (Tabela 6). Na Tabela 7 é apresentado o resultado das comparações de médias das interações entre os húmus líquidos de diferentes fontes orgânicas e o tempo de extração para as variáveis estudadas.

Tabela 6- ANOVA da variável nutricional do preparo de húmus líquido de diferentes fontes orgânicas ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável ⁽¹⁾ | Fonte | | | Tempo | | | Fonte*Tempo | | |
|-----------------------------------|-------|----------|------------|-------|---------|------------|-------------|--------|------------|
| | GL | F | $p < 0.05$ | GL | F | $p < 0.05$ | GL | F | $p < 0.05$ |
| **N-NH ₄ ⁺ | 1 | 63,0344 | 0,0000* | 5 | 28,4914 | 0,0000* | 5 | 8,1412 | 0,0000* |
| ***N-NO ₃ ⁻ | 1 | 147,3463 | 0,0000* | 5 | 3,5462 | 0,0061* | 5 | 2,5677 | 0,0333* |
| ****NEI | 1 | 15,4326 | 0,0002* | 5 | 14,4561 | 0,0000* | 5 | 3,8044 | 0,0039* |

⁽¹⁾Valores transformados pela transformação Box-Cox. *Indica efeito significativo da fonte, tempo ou da interação sobre as variáveis respostas analisadas. **N-NH₄⁺ amônio, ***N-NO₃⁻ e **** NEI nitrogênio extraível inorgânico.

Tabela 7- Variável nutricional em relação ao tempo de aeração de húmus líquido. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável ⁽¹⁾ | Húmus líquido bovino | | | | | | Húmus líquido vegetal | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|-----|-----|----|----|
| | 0 | 2 | 4 | 6 | 22 | 24 | 0 | 2 | 4 | 6 | 22 | 24 |
| *N-NH ₄ ⁺ | b | ab | a | a | ab | ab | C | b | ab | ab | a | a |
| **N-NO ₃ ⁻ | a | a | a | a | a | a | A | ab | abc | abc | c | bc |
| ***NEI | b | a | ab | ab | ab | ab | C | b | ab | ab | a | ab |

⁽¹⁾Valores transformados pela transformação Box-Cox. Letras iguais nas linhas entre os níveis de cada variável indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). *N-NH₄⁺ amônio, **N-NO₃⁻ e *** NEI nitrogênio extraível inorgânico.

Os valores de amônio (N-NH_4^+), Figura 6, aumentaram durante o processo de extração. Em HV o aumento foi contínuo demonstrando tendência de estabilizar em 24h, já em HB a estabilização se deu a partir das 4h de aeração. Já para nitrato (N-NO_3^-) (Figura 7), não houve interferência na aeração para HB e para HV, os valores diminuíram.

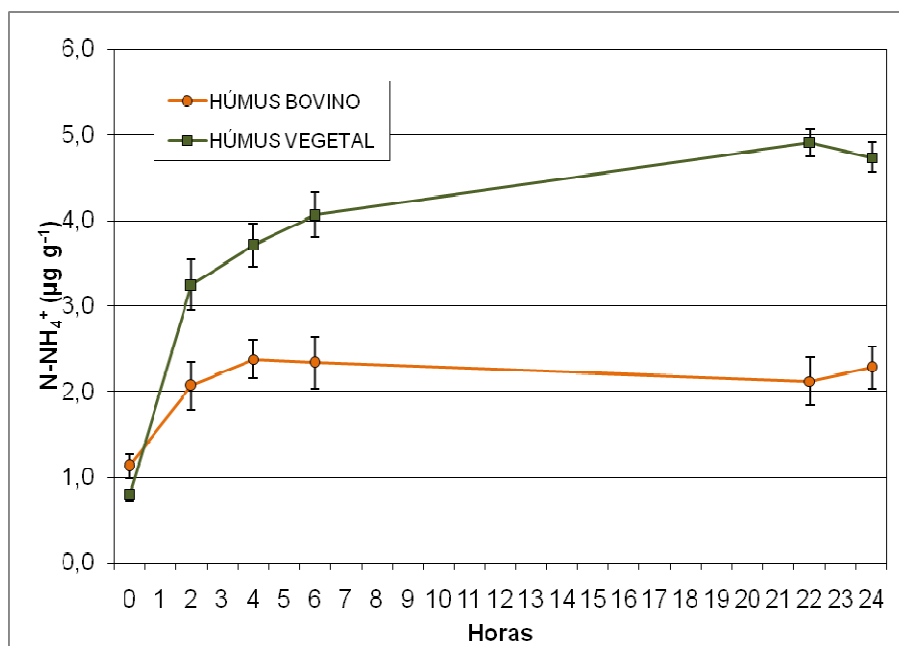


Figura 6- Variação de N-NH_4^+ do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

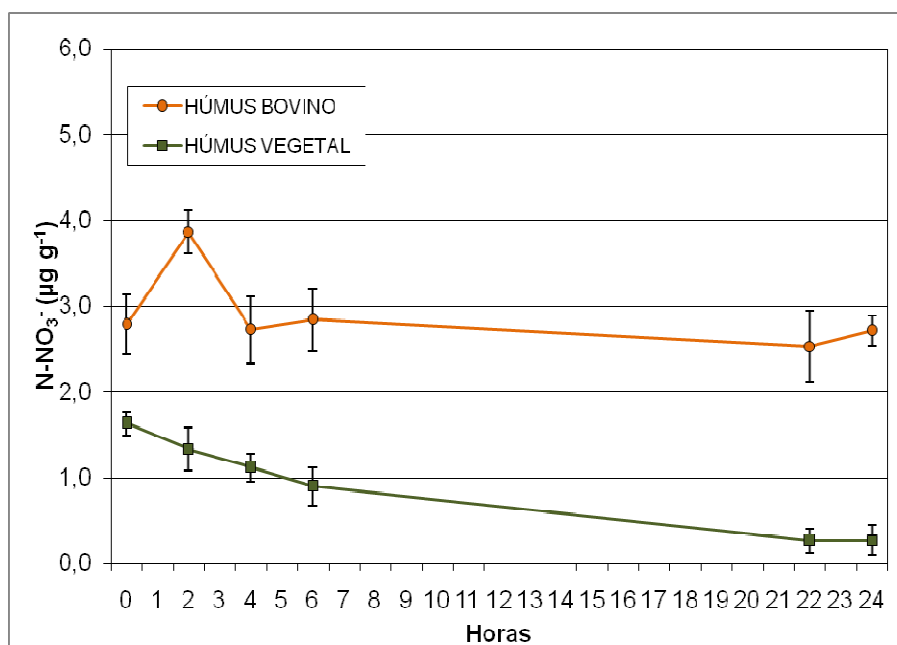


Figura 7 - Variação de N-NO_3^- do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Os valores médios encontrados ao final do processo de aeração foram de $4,6\text{mgL}^{-1}$ de N-NH_4^+ para HV e de $2,26\text{mgL}^{-1}$ de N-NH_4^+ para HB (Figura 6). Já os valores de N-NO_3^- foram de $0,3\text{mgL}^{-1}$ para HV e de $2,8\text{mgL}^{-1}$ para HB (Figura 7).

Pant et al. (2011) encontraram valores de $2,2\text{mgL}^{-1}$ de N-NH_4^+ e $163,2\text{mgL}^{-1}$ de N-NO_3^- para húmus líquido aerado 1:10 (volume/volume) vermicompostado a partir de esterco de galinhas. Já para a fração de húmus líquido não aerado os valores foram de $1,9\text{mgL}^{-1}$ de N-NH_4^+ e $96,7\text{mgL}^{-1}$ de N-NO_3^- . Ao encontro destes resultados após o período de aeração por 4 dias continuamente, Kim et al. (2015) apontaram aumento nos valores de N-NH_4^+ e N-NO_3^- disponível no húmus líquido preparado a partir de compostagem mista de palhada de arroz, restos de podas de ciprestes *Hinoki cypress* e húmus de minhoca. Já para húmus líquido aerado por 36 horas originado a partir da decomposição de palhada de arroz mais esterco bovino fresco e adição de P e K orgânicos, El-Haddad et al. (2014), encontraram valores de $42,5\text{mgL}^{-1}$ de N-NH_4^+ e $449,2\text{mgL}^{-1}$ de N-NO_3^- , e quando este mesmo material foi inoculado com cepas de fungos mais a adição de sulfato de amônia os valores aumentaram para $144,7\text{mgL}^{-1}$ de N-NH_4^+ e 660mgL^{-1} de N-NO_3^- .

Masciandaro et al. (2014) utilizaram húmus de minhoca na proporção de 2.500kg ha^{-1} incorporando ao solo o equivalente a 50, 80 e 30kg ha^{-1} de N, P_2O_5 e

K_2O , respectivamente incorporados a uma camada de 0-20cm de profundidade para o cultivo de melão. Os maiores valores de $N-NH_4^+$ e $N-NO_3^-$ e de produtividade foram obtidos com a utilização de húmus mais água de estação de tratamento de efluentes, pois além de aportar diretamente nitrato ao solo, também pode ter acrescentado microrganismos vivos estimulando assim a atividade destes, incluindo, os responsáveis pela o processo de nitrificação, que é um processo de natureza estritamente biológico e transforma o amônio em nitrato.

Quanto aos valores de NEI os valores tenderam a se estabilizar a partir de 4 horas de aeração, Figura 8.

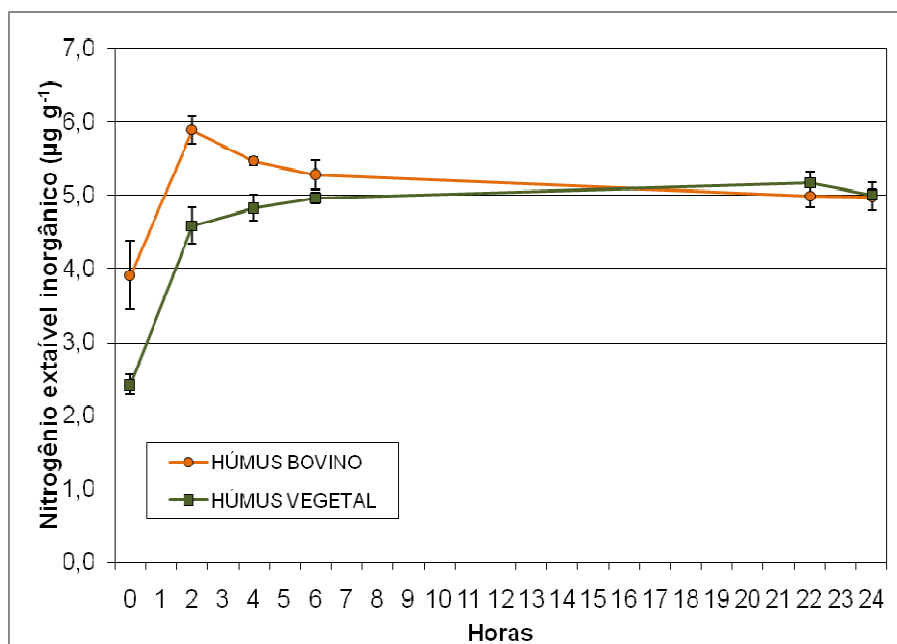


Figura 8 - Variação do NEI do húmus líquido bovino e vegetal ao longo do tempo de extração. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Os valores de nitrogênio extraível inorgânico (NEI) foram de $5mgL^{-1}$ para HB e HV e estabilizaram-se devido aos valores de $N-NH_4^+$ aumentarem e os de $N-NO_3^-$ decrescerem ao longo do processo de aeração.

Pant et al. (2011) encontraram valores de $166,3mgL^{-1}$ para húmus líquido aerado e para húmus líquido não aerado os valores foram de $99,5mgL^{-1}$ demonstrando a tendência de aumento na disponibilidade de nitrogênio do húmus líquido aerado.

Os valores encontrados para $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e NEI, revelam que há baixa concentração de nitrogênio disponível no húmus líquido quando comparado com os demais estudos, provavelmente pela baixa concentração do húmus líquido utilizado e pelo fato do húmus líquido ter sido preparado cinco meses após o húmus sólido ter sido produzido, podendo ter levado a volatilização e consumo de parte do nitrogênio enquanto armazenado.

Quando comparados os tratamentos, os valores de NEI para HB e HL são iguais, porém nota-se que em HB a disponibilização imediata do N preferencialmente assimilável pelas plantas ($N-NO_3^-$) é muito superior do que HV, e que HV supera HB no fornecimento de nitrogênio na forma amônio ($N-NH_4^+$), sendo este, uma reserva futura a ser transformada pelo processo de nitrificação pela biomassa microbiana e disponibilizada na forma de nitrato para as plantas ou volatilizada.

As formas inorgânicas são as que estão disponíveis para as plantas na forma mineral, preferencialmente na forma de nitrato $N-NO_3^-$, uma vez que o amônio $N-NH_4^+$, necessita ser transformado pela biomassa microbiana até nitrato para ser absorvido, necessitando assim, ação dos microrganismos nos tratamentos para a transformação do $N-NH_4^+$ em $N-NO_3^-$ que é a forma prontamente disponível no solo para as plantas (CANELLAS et al. 2005; SOUZA et al. 2010).

4.1.2 Experimento 2 - Efeito da aplicação de húmus líquido nas propriedades físicas e nutricionais do solo

Os resultados das análises referente as coletas de solo obedecem o roteiro de coleta aos 30 dias pós a aplicação de húmus líquido nos tratamentos e são dados na concentração de μLg^{-1} o que equivale a mgL^{-1} que são os dados usuais convertidos na bibliografia analisada, porém em uma escala diferente, ou seja multiplicado por 1000.

Em relação as interações entre os fatores fonte de adubação, cobertura e data de análise, (Tabela 8) e (Tabela 9), pode-se informar que não houve interações significativas para sólidos voláteis (SV) e para umidade gravimétrica do solo (UgS) a interação foi somente em relação a data, provavelmente pelo período do experimento, outono - inverno - primavera.

Para adubação os valores de pH diferiram entre si, porém, controle e HV mantiveram-se sem diferença estatística. A CE diferiu nos três tratamentos, para a interação fonte de adubação, cobertura e data também apresentaram interações significativas e para pH, o índice diferiu quanto a fonte, cobertura e data. Em relação aUgS, este somente obteve interação referente a data. SV não apresentou interações significativas.

Tabela 8 - ANOVA da interação entre potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), umidade gravimétrica do solo (UgS) e sólidos voláteis, (SV) com os fatores adubação, cobertura e data ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável | Fonte | | | Cobertura | | | Data | | |
|--|-------------------|---------|------------|--------------|--------|------------|------------------|---------|------------|
| | GL | F | $p < 0,05$ | GL | F | $p < 0,05$ | GL | F | $p < 0,05$ |
| pH 1:5 | 2 | 8,4789 | 0,0005* | 1 | 7,7035 | 0,0069* | 3 | 13,3459 | 0,0000* |
| CE (mSm^{-1}) ⁽¹⁾ | 2 | 66,7474 | 0,0000* | 1 | 4,5049 | 0,0375* | 3 | 5,6366 | 0,0017* |
| UgS (%) | 2 | 1,1875 | 0,3104 | 1 | 2,1460 | 0,147 | 3 | 13,0925 | 0,0000* |
| SV (%) | 2 | 0,75843 | 0,4718 | 1 | 0,4185 | 0,5196 | 3 | 1,0376 | 0,3807 |
| | Fonte x Cobertura | | | Fonte x Data | | | Cobertura x Data | | |
| | GL | F | $p < 0,05$ | GL | F | $p < 0,05$ | GL | F | $p < 0,05$ |
| pH | 2 | 2,0207 | 0,1394 | 6 | 0,5753 | 0,7488 | 3 | 0,9058 | 0,4423 |
| CE (mS m^{-1}) ⁽¹⁾ | 2 | 0,6215 | 0,5402 | 6 | 6,6648 | 0,0000* | 3 | 1,0497 | 0,3765 |
| UgS (%) | 2 | 0,3101 | 0,7343 | 6 | 0,7800 | 0,5881 | 3 | 2,3871 | 0,0753 |
| SV (%) | 2 | 1,4242 | 0,2469 | 6 | 1,4316 | 0,2133 | 3 | 1,0645 | 0,3691 |

⁽¹⁾Valores transformados pela transformação Box-Cox. * Indica efeito significativo da adubação, cobertura, data ou suas interações sobre as variáveis respostas analisadas.

Tabela 9 - Interações do potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), umidade gravimétrica do solo (UgS) e sólidos voláteis, (SV) com os fatores de adubação, cobertura e data ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável | Níveis | pH | CE ⁽¹⁾ | UgS | SV |
|-----------|-------------|----|-----------------------|-----|-----|
| | | | (mS m ⁻¹) | (%) | (%) |
| Fonte | C | a | c | | |
| | HB | b | a | ns | ns |
| | HV | a | b | | |
| Cobertura | Sem palhada | b | a | ns | ns |
| | Com palhada | a | b | | |
| Data | 25-maio | c | a | a | |
| | 29-junho | ab | ab | ab | ns |
| | 8-setembro | bc | b | bc | |
| | 13-outubro | a | ab | c | |

⁽¹⁾Valores transformados pela transformação Box-Cox. Letras iguais nas colunas entre os níveis de cada variável indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). ns – não significativo.

A condutividade elétrica no solo possuiu interações significativas entre a fonte de adubação e a data de análise, conforme apontado em Tabela 10.

Tabela 10 - Condutividade elétrica (CE) do solo nas datas de coleta ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| CE (mSm ⁻¹) ⁽¹⁾ | Fonte X Data | | | |
|--|--------------|---------|---------|---------|
| | 25-mai. | 29-jun. | 08-set. | 13-out. |
| C | Ba | Ba | Bb | Cb |
| HB | Ab | Ab | Ab | Aa |
| HV | Ba | Ba | ABa | Ba |

⁽¹⁾Valores transformados pela transformação Box-Cox. Letras iguais maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas nas interações dos diferentes níveis de cada variável resposta indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Para a interação nutricional com a variável fonte de adubação, cobertura e data (Tabela 11) e (Tabela), foram observadas interações significativas para amônio (NH₄⁺) somente em relação a data, já para nitrato (N-NO₃⁻), fonte de adubação, cobertura e data apresentaram interações significativas e quanto ao nitrogênio extraível inorgânico (NEI) somente fonte de adubação e data obtiveram interações, já a cobertura não foi significativa.

Tabela 11 - ANOVA da interação entre amônio (N-NH_4^+), nitrato (N-NO_3^-) e nitrogênio extraível inorgânico (NEI) entre os fatores adubação, cobertura e data ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável | Fonte | | | Cobertura | | | Data | | |
|------------------------|-------------------|---------|------------|--------------|---------|------------|------------------|----------|------------|
| | GL | F | $p < 0.05$ | GL | F | $p < 0.05$ | GL | F | $p < 0.05$ |
| N-NH_4^+ | 2 | 1,4837 | 0,2287 | 1 | 10,3742 | 0,0014* | 3 | 182,1806 | 0,0000* |
| $\text{N-NO}_3^{-(1)}$ | 2 | 23,3728 | 0,0000* | 1 | 79,2803 | 0,0000* | 3 | 84,9637 | 0,0000* |
| NEI | 2 | 31,6176 | 0,0000* | 1 | 68,5354 | 0,0000* | 3 | 134,2503 | 0,0000* |
| | Fonte x Cobertura | | | Fonte x Data | | | Cobertura x Data | | |
| | GL | F | $p < 0.05$ | GL | F | $p < 0.05$ | GL | F | $p < 0.05$ |
| N-NH_4^+ | 2 | 1,4707 | 0,2316 | 6 | 0,8934 | 0,5002 | 3 | 15,7165 | 0,0000* |
| $\text{N-NO}_3^{-(1)}$ | 2 | 11,9546 | 0,0000* | 6 | 0,4281 | 0,8599 | 3 | 2,7579 | 0,0428* |
| NEI | 2 | 19,5356 | 0,0000* | 6 | 0,6515 | 0,6889 | 3 | 5,1634 | 0,0018* |

⁽¹⁾Valores transformados pela transformação Box-Cox. * Indica efeito significativo da adubação, cobertura, data ou suas interações sobre as variáveis respostas analisadas.

Tabela 12 - Interações do amônio (N-NH_4^+), nitrato (N-NO_3^-) e nitrogênio extraível inorgânico (NEI) entre os fatores adubação, cobertura e data ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável | Tratamentos | N-NH_4^+ | $\text{N-NO}_3^{-(1)}$ | NEI |
|-----------|-------------|-------------------|------------------------|-----|
| Fonte | C | | b | b |
| | HB | ns | a | a |
| | HV | | b | b |
| Cobertura | Sem palhada | | a | |
| | Com palhada | ns | b | ns |
| Data | 25-maio | a | a | a |
| | 29-junho | a | a | a |
| | 8-setembro | b | b | b |
| | 13-outubro | b | b | b |

⁽¹⁾Valores transformados pela transformação Box-Cox. Letras iguais nas colunas entre os níveis de cada variável indicam que não há diferença estatística pelo teste de Tukey ($p < 0.05$). ns – não significativo.

A cobertura não apresentou interação significativa para os valores de N-NH_4^+ em relação ao período do experimento, porém percebe-se na Figura 9 um aumento dos valores da primeira para a segunda análise, fato que pode ter ocorrido devido a lixiviação das frações mais finas da palhada no início do experimento. Na segunda para a terceira análise percebe-se um decréscimo significativo nos valores que tendem a estabilizar na quarta análise.

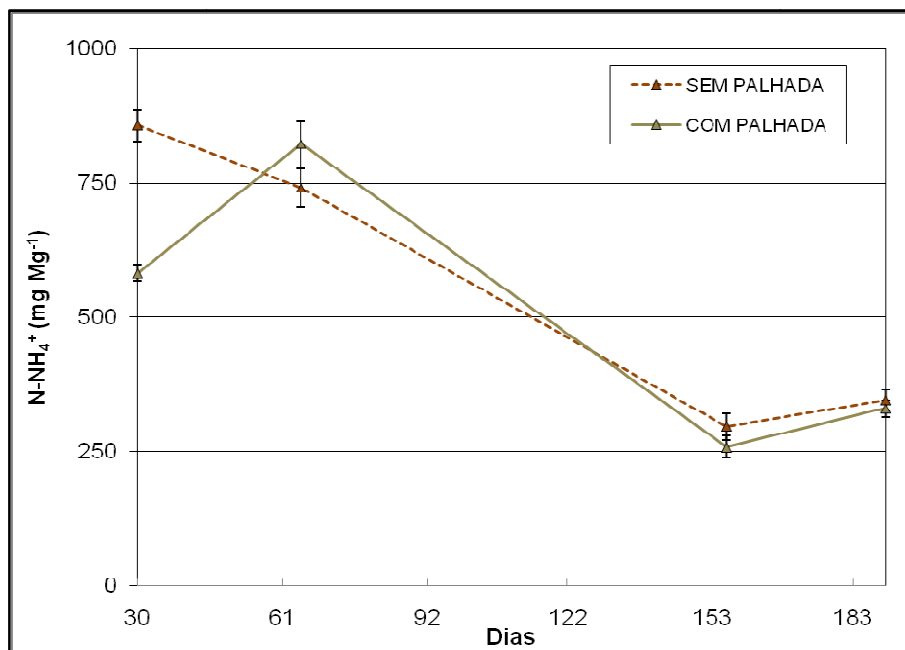


Figura 9- Variação de $N-NH_4^+$ em relação a cobertura ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Para cobertura sem palhada, Figura 10, as variações de $N-NH_4^+$ não foram significativas entre os tratamentos, porém em relação as datas, percebe-se uma tendência inicial de manutenção dos índices em HB e HV, fato que não se confirma nas demais análises.

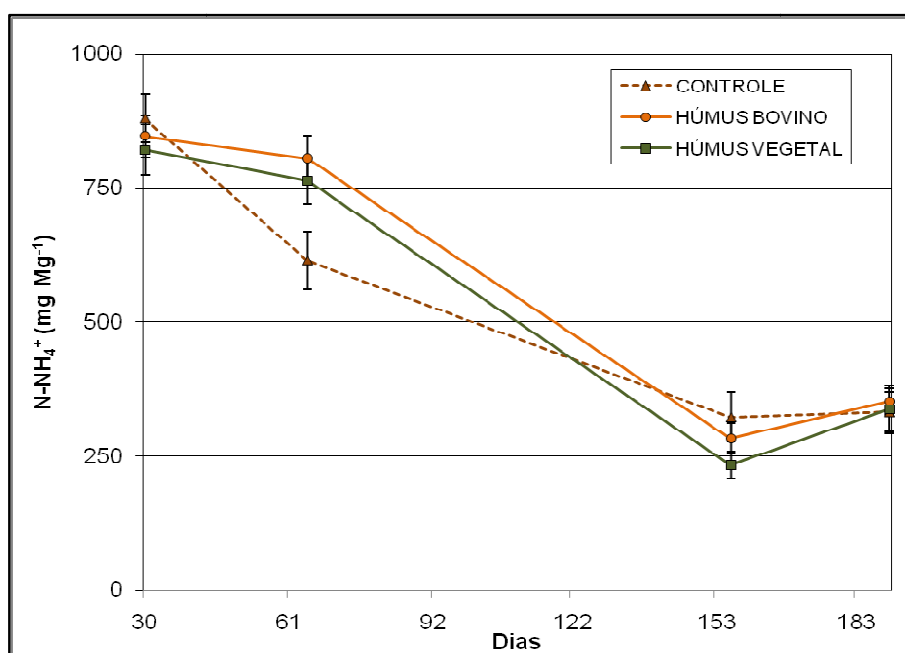


Figura 10- Variação de $N-NH_4^+$ em relação a cobertura sem palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Embora não significante estatisticamente os valores de N-NH_4^+ em cobertura com palhada, Figura 11, inicialmente aumentaram, havendo decréscimo na terceira análise e estabilização na quarta.

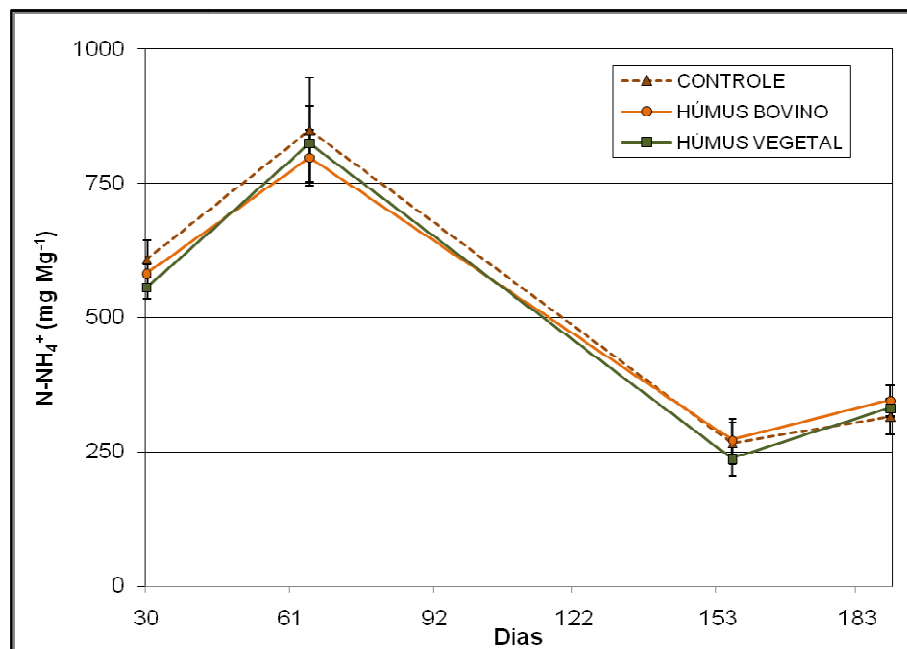


Figura 11 - Variação de N-NH_4^+ em relação a cobertura com palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Os valores de N-NH_4^+ iniciais demonstram-se inicialmente maiores do que ao final da análise. Na primeira análise datada de 25/05 podemos afirmar que os valores de N-NH_4^+ são do nitrogênio já existente no solo. Na segunda data de análise há uma elevação dos índices de NH_4^+ em Controle, HB e HV principalmente quando avaliados em cobertura com palhada, embora esta não tenha sido significante estatisticamente, (Figura 11). Uma hipótese sugerida para a oscilação de NH_4^+ em relação a data é de que os valores podem ter aumentado da primeira para a segunda análise, devido a estabilização do solo, uma vez que o mesmo foi removido e misturado em betoneira e pela contribuição nutricional das frações mais finas da palhada. Após o intervalo de 90 dias onde ocorreu a terceira análise, registra-se os menores índices, fato que pode ter ocorrido devido a transformação pela biomassa microbiana e possíveis perdas por volatilização. Na última análise percebe-se uma tendência de estabilização dos valores de N-NH_4^+ , fato que pode ser pelo baixo índice de reposição no N pelos tratamentos e o encontro de um ponto de equilíbrio do sistema, através da manutenção dos índices encontrados.

Quando avaliado N-NO_3^- adubação, cobertura e data apresentaram interações significativas. Na Figura 12 quando comparados cobertura com e sem palhada percebe-se a tendência decrescente nas duas coberturas, porém em com palhada há em dois momentos a estabilização dos índices.

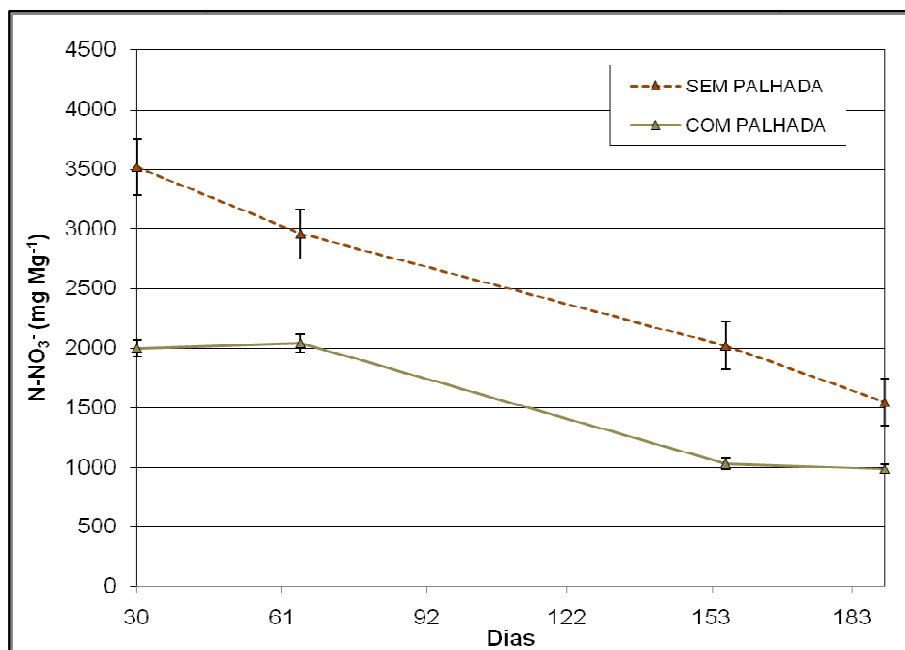


Figura 12- Variação de N-NO_3^- em relação a cobertura ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Na Figura 13 a oscilação dos índices de N-NO_3^- em cobertura sem palhada apresentou tendência similar para HV e Controle, porém para HB os índices apresentaram valores mais elevados, muito provavelmente pelo aporte de nitrato pela aplicação do tratamento.

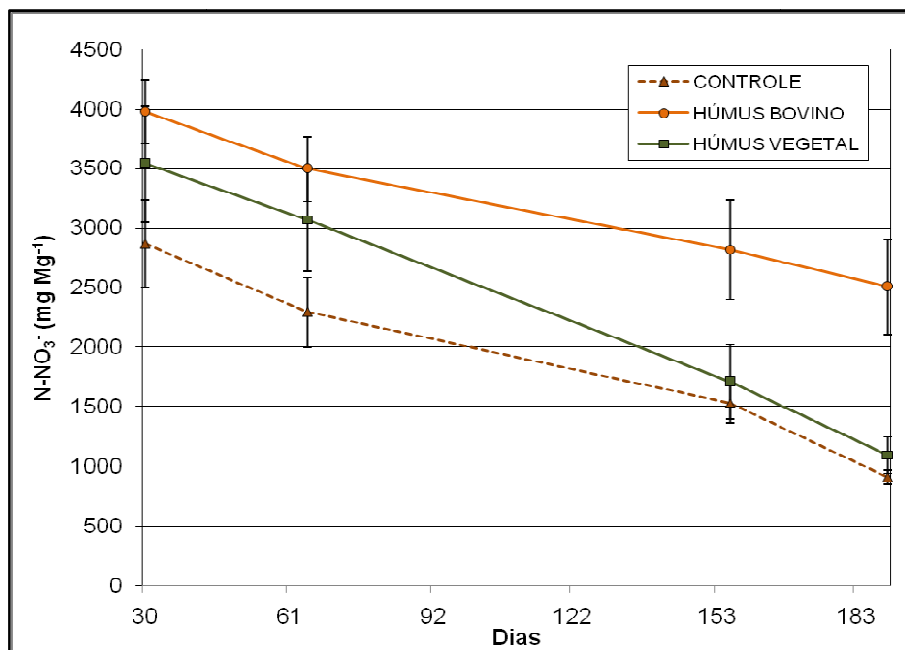


Figura 13 - Variação de N-NO_3^- em relação a coberturas sem palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Já em cobertura com palhada, Figura 14, os valores de N-NO_3^- durante o período do experimento apresentaram variação similar tendendo a se estabilizar nos primeiros 30 dias e nos últimos 30 dias da avaliação.

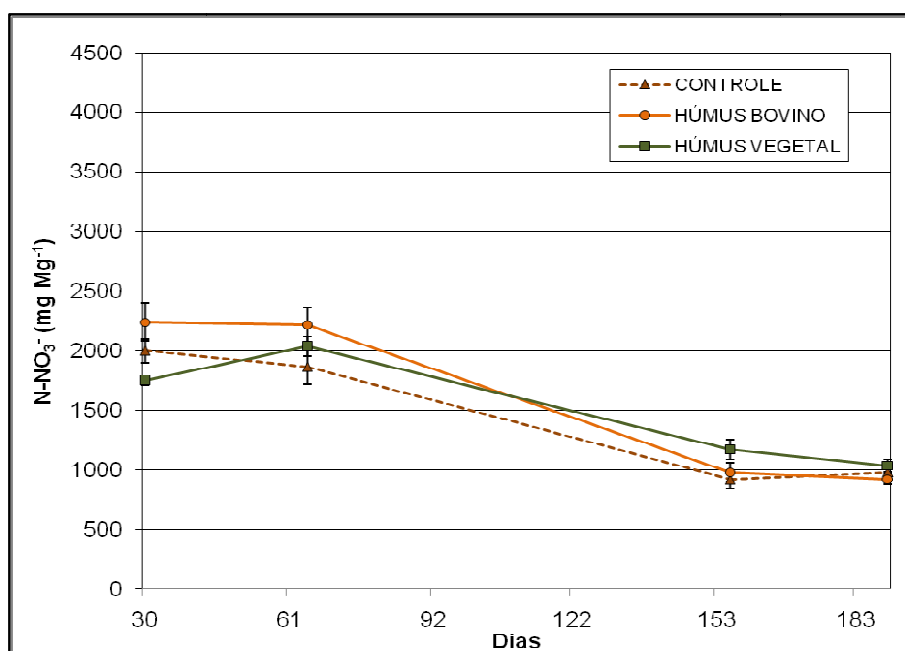


Figura 14 - Variação de N-NO_3^- em relação a coberturas com palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Na Figura 12 os valores demonstram que a palhada foi significativa na alteração dos índices de N-NO_3^- durante o período do experimento em casa de vegetação, sendo o fator responsável por pontos de estabilização dos índices alcançados. No período inicial a estabilização dos índices pode estar atrelada a disponibilização das frações mais finas da palhada, já a estabilização final pode estar vinculada com a decomposição da cobertura de palhada existente. Para Santos et. al. (2008), as gramíneas tem baixo potencial de liberação de N no solo quando comparadas as leguminosas, e ainda quando estas não são incorporadas ao solo, demandam maior tempo para sua decomposição. Esta informação pode explicar a tardia estabilização dos valores de NO_3^- em cobertura com palhada.

Os valores de NO_3^- presente no solo antes de receber os tratamentos apresentaram uma tendência natural de serem maiores nos tratamentos HB e HV em relação a controle, conforme Figura 13 e após este período, já com a influência dos tratamentos, demonstram variação dos índices de nitrato disponível no solo após 30 dias de aplicação do húmus líquido, sendo o valor decrescente em todas as coletas, fato este que pode ter ocorrido por dois fatores, a diminuição dos índices de NO_3^- que já faziam parte da composição do solo no período anterior a aplicação do húmus líquido, por perdas pelo processo de lixiviação, durante a irrigação, fator que é defendido por Canellas et al. (2005) e após a germinação, pela assimilação das plantas espontâneas desenvolvidas nas unidades amostrais uma vez que as plantas assimilam preferencialmente o nitrogênio na forma de nitrato (CANELLAS et al. 2005; SOUZA et al. 2010).

Os valores de NEI apresentaram interações quanto a fonte de adubação e a data, sendo que cobertura não foi significativo, embora em cobertura com palhada, Figura 15, percebe-se uma maior tendência de estabilização dos índices, muito provavelmente pela contribuição dos valores de NO_3^- , uma vez que o NEI é a somatória dos valores de $\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$ juntamente com pequenas porções de Nitrogênio Orgânico.

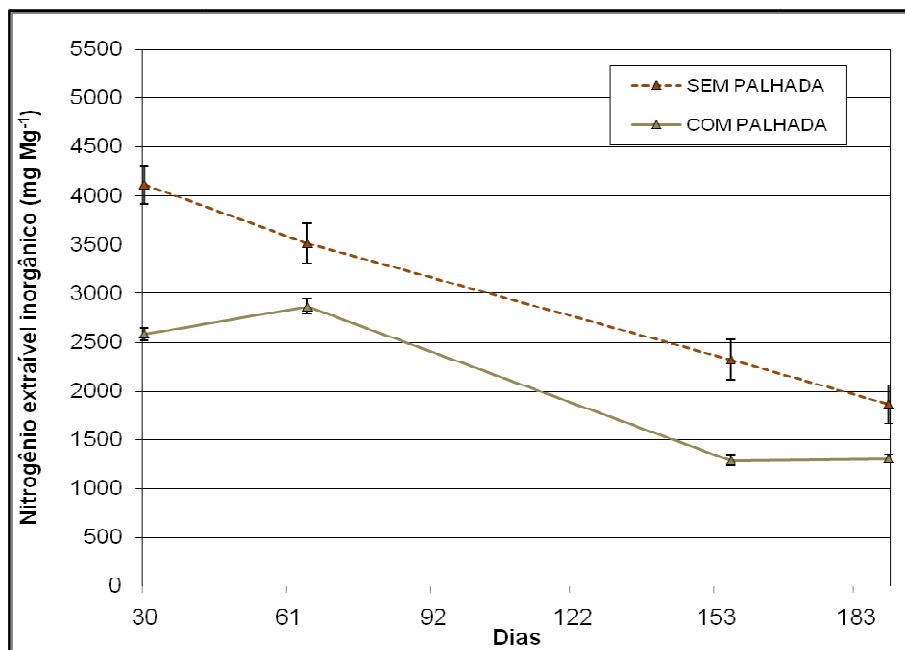


Figura 15 - Variação do NEI em relação a cobertura ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Os valores para cobertura sem palhada, Figura 16, decrescem continuamente ao longo do período, e apresentam tendência similar para Controle e HV. HB segue a mesma tendência, porém este apresenta valores elevados, muito provavelmente pela contribuição do NO_3^- presente no húmus líquido.

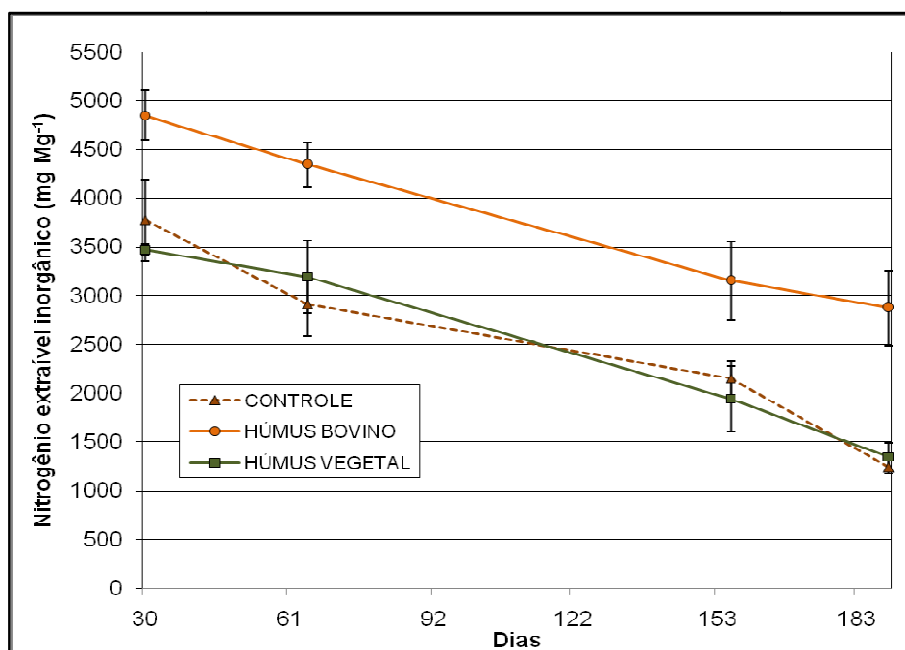


Figura 16- Variação do NEI em relação a cobertura sem palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

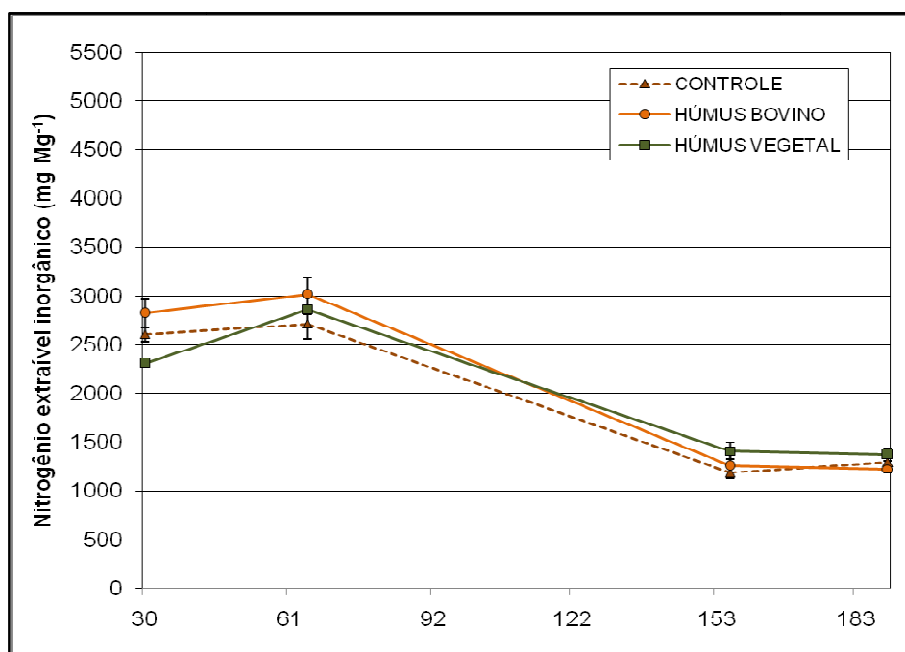


Figura 17- Variação do NEI em relação a cobertura com palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Após 30 dias da primeira aplicação de húmus líquido, os valores de NEI aumentaram, na cobertura com palhada, Figura 17, porém esta tendência não foi confirmada na segunda e terceira análise, já na última análise há uma estabilização dos valores encontrados, provavelmente pela estabilização das frações de valores de NH_4^+ e pela contribuição do NO_3^- oriundo do processo de decomposição da palhada. Juntamente com estas hipóteses, acredita-se que as diminuições dos índices estão associadas por perdas por volatilização, NH_4^+ além de lixiviação e assimilação do NO_3^- pelas plantas espontâneas desenvolvidas nas unidades amostrais.

Os valores de pH tiveram influência quanto a fonte de adubação, cobertura e data, tendo aumento em todos os tratamentos, conforme (Figura 18).

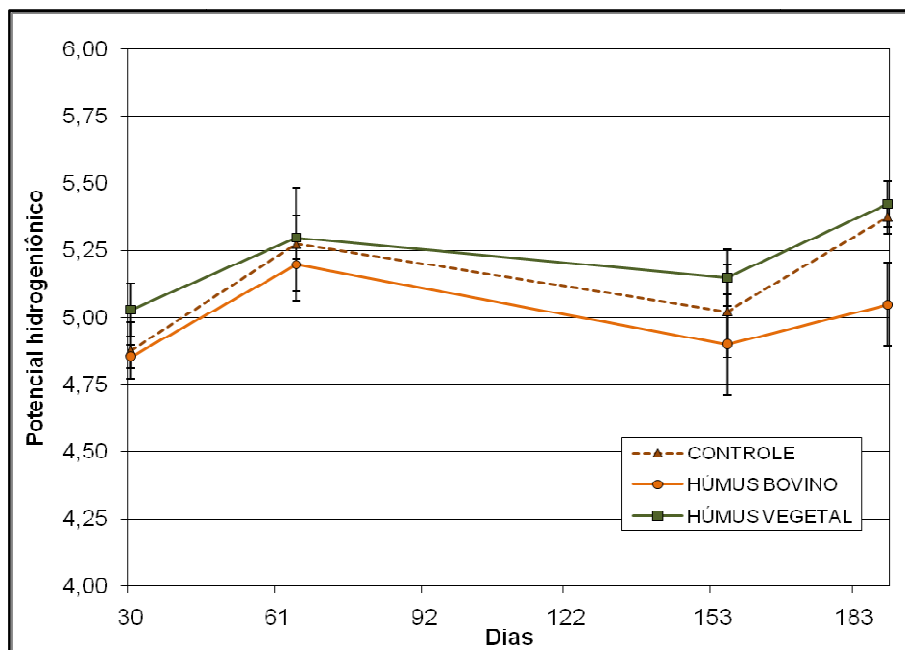


Figura 18- Variação de pH em relação a adubação, cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Quando analisado pH em relação a cobertura com e sem palhada, percebe-se um oscilação crescente em relação as datas (Figura 19).

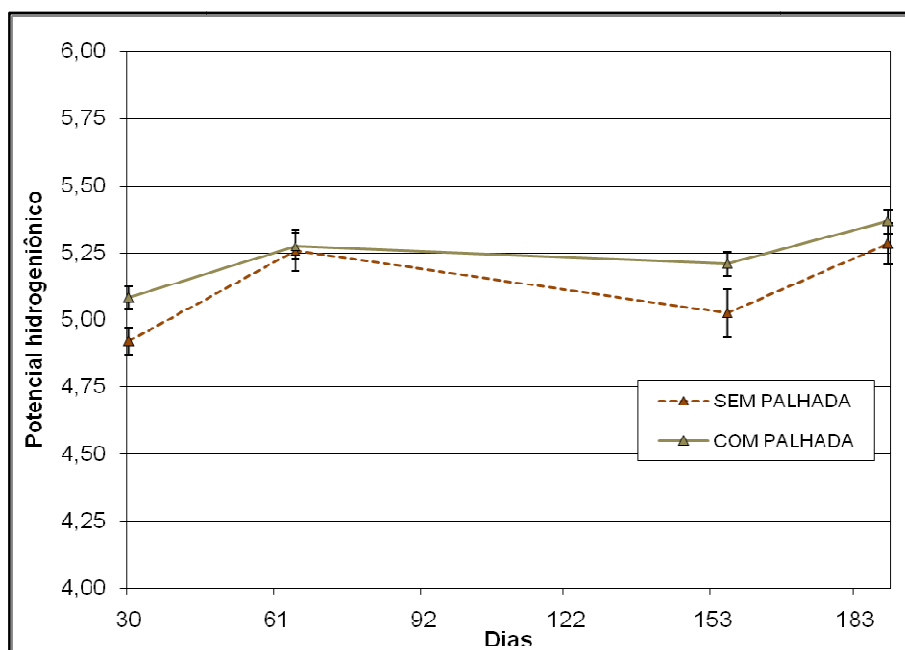


Figura 19- Variação de pH em relação a cobertura com e sem palhada e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Já em cobertura sem palhada, Figura 20, os valores de pH apresentaram maior tendência de aumento nos tratamentos Controle e HV, sendo que em HB os índices mantiveram-se com a menor oscilação, tendência similar quando avaliada cobertura com palhada, (Figura 21).

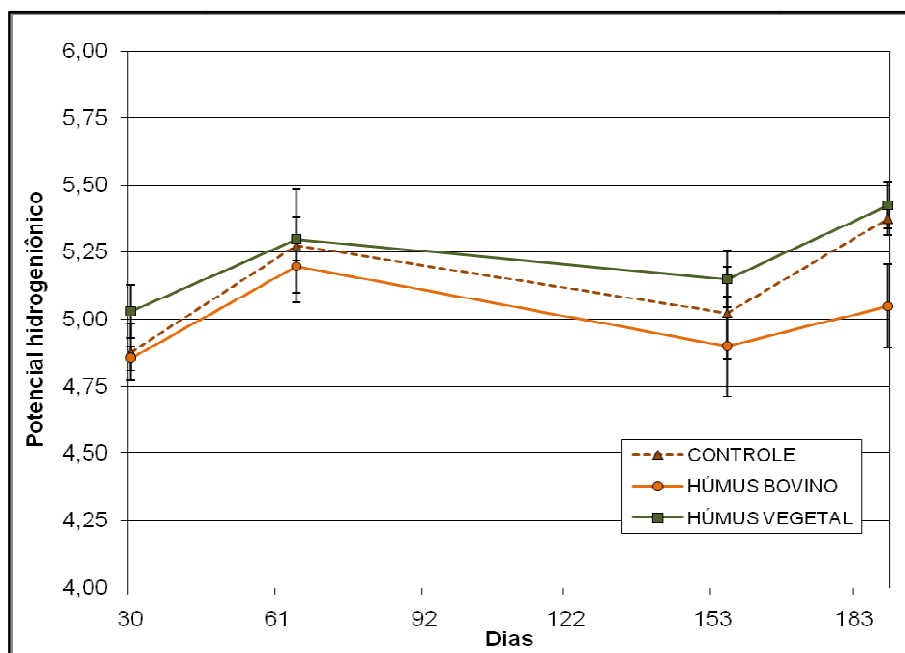


Figura 20 - Variação de pH em relação a cobertura sem palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

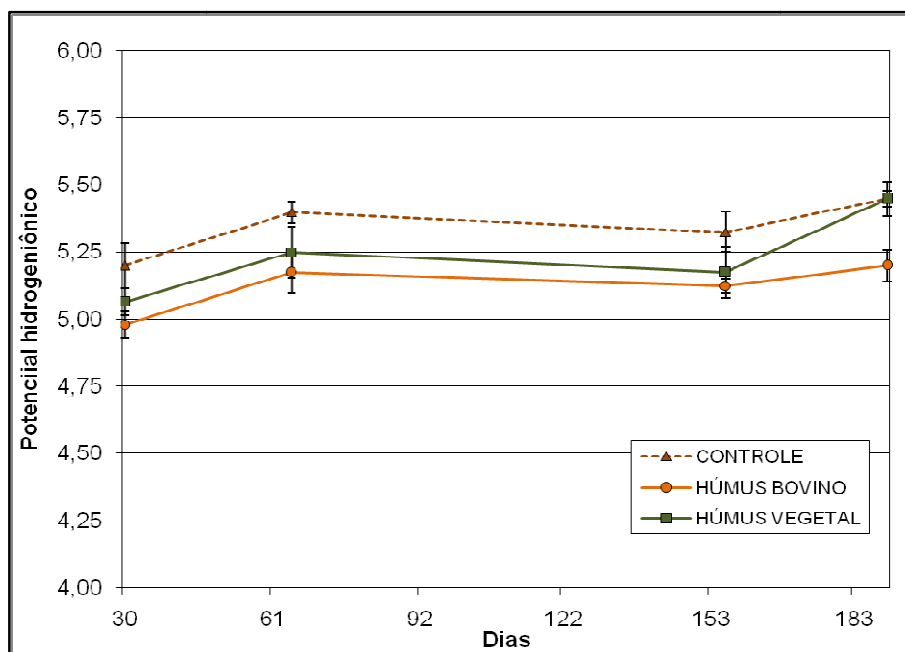


Figura 21- Variação de pH em relação a cobertura com palhada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Quando avaliado o tratamento Controle em relação a cobertura com e sem palhada, percebe-se índice superior de pH em com palhada em todas as datas de análise, Figura 22.

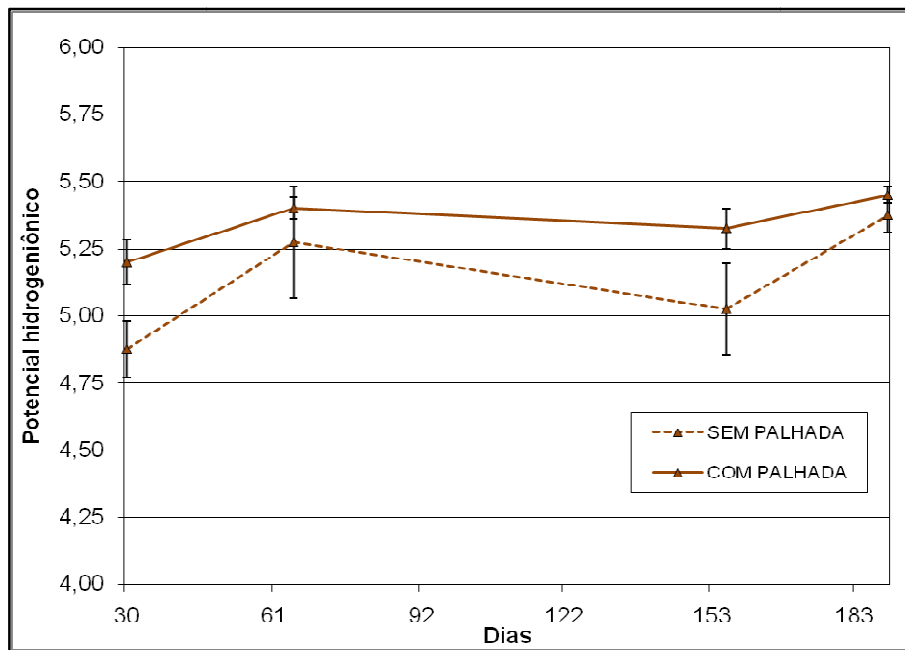


Figura 22 - Variação de pH no tratamento controle em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

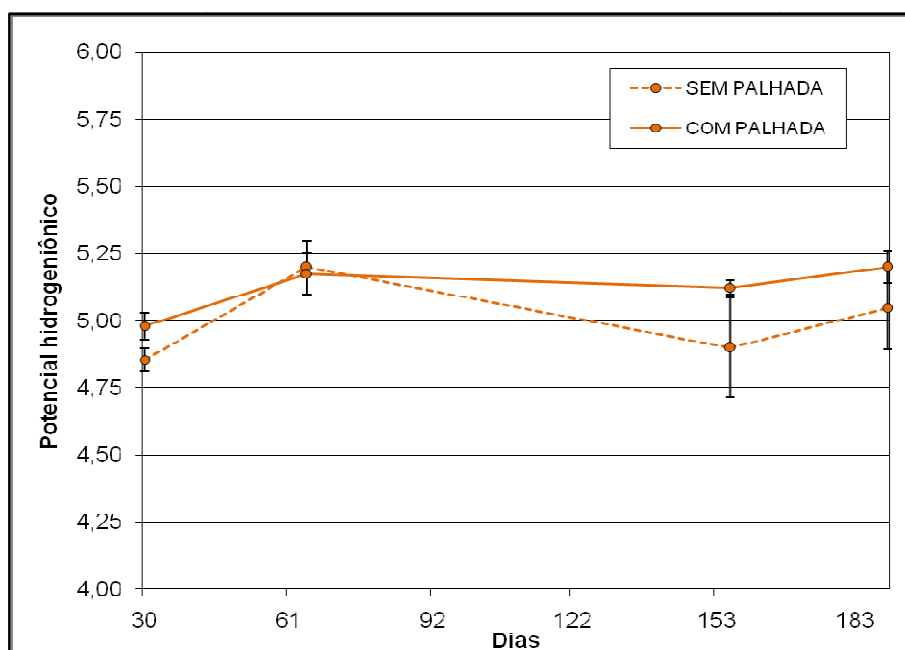


Figura 23 - Variação de pH no tratamento húmus bovino em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

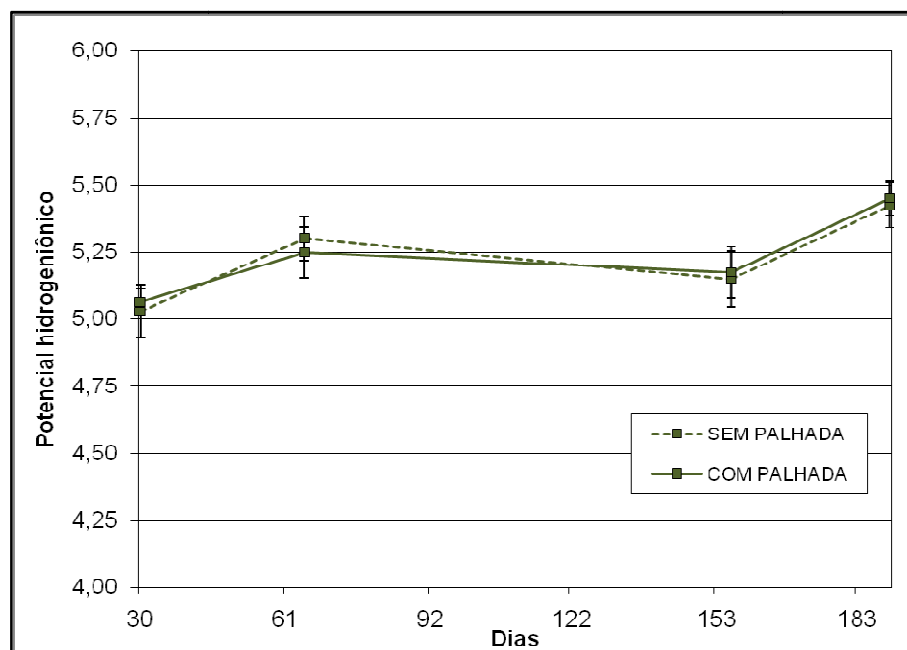


Figura 24- Variação de pH no tratamento húmus vegetal em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Uma tendência de aumento do pH foi observada em Controle, HB e HV, ou seja, em todos os tratamentos. Este efeito pode ser explicado pela estabilização do solo e dos microorganismos ao longo do período de 150 dias durante a condução do experimento. Já para análise da cobertura, com palhada aumentou os índices de Controle e HB, não influenciando HV. Souza et al. (2010) demonstraram que ao longo de 20 anos de monitoramento de cultivo orgânico de hortaliças o pH e a capacidade de trocas de cátions aumentaram enquanto havia reposição e incremento de palhada nos cultivos, sendo a palhada e o processo de decomposição da mesma o fator ao qual foi atribuído a maior produtividade de hortaliças.

A cobertura de palhada influencia indiretamente na variação de pH pois a partir da sua degradação e incorporação da matéria orgânica ao solo há elevação do mesmo propiciando menor variação térmica e hídrica, fato este que foi observado no experimento em HB e Controle. Hipótese de acordo com Amaral et al. (2004) e Silva et al. (2011) onde defendem que a fertilização orgânica com adição de palhada ou cobertura morta favorece o aumento dos valores de pH devido a adição de Ca e Mg, neutralizando elementos responsáveis pela acidez, como o H^+ , porém para que isso

ocorra a curto prazo faz-se necessária a incorporação da palhada ao solo. Já Pavinato et al. (2008) demonstram que a manutenção dos resíduos de plantas na superfície do solo sem a incorporação, dificulta a ação microbiana em virtude do menor contato com o solo, resultando no retardamento do processo de decomposição da palhada.

Para condutividade elétrica (CE) os fatores fonte de adubação, cobertura e data tiveram interações conforme (Figura 25).

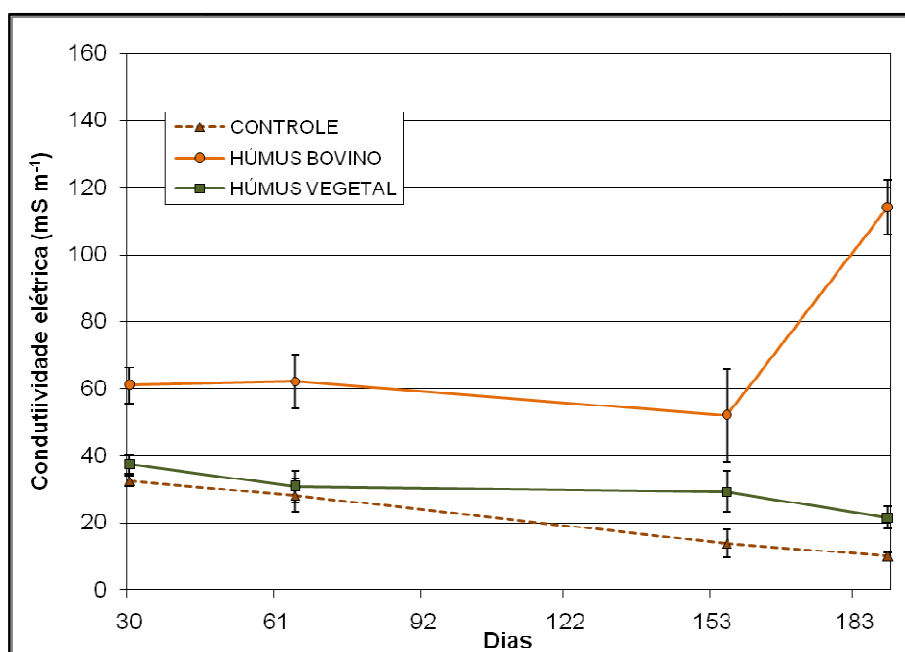


Figura 25 - Variação da Condutividade Elétrica em relação a adubação e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Na avaliação dos índices de CE, a cobertura com palhada e sem palhada tiveram diferenças nos valores e estes demonstraram um leve tendência de diminuição nas três avaliações iniciais, com aumento do valor na última data (Figura 26).

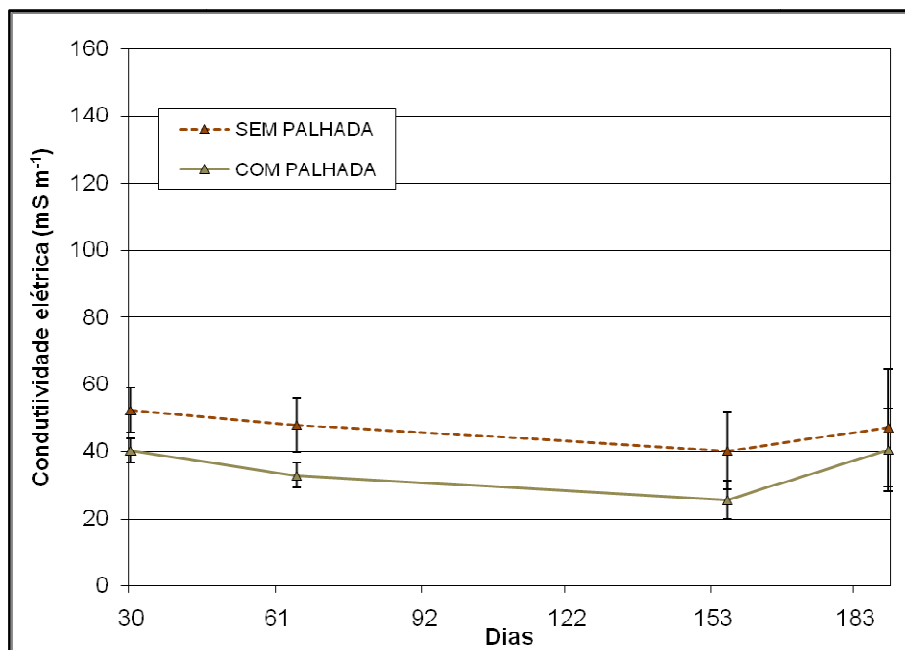


Figura 26- Variação da Condutividade Elétrica em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Para a interação adubação na composição com e sem palhada, Figura 27 e Figura 28, percebe-se maiores índices de CE em HB tanto para cobertura com e sem palhada, já para HV os valores seguem uma tendência similar para as duas coberturas e em Controle, melhor detalhado em Figura 29, percebe-se alteração dos valores iniciais onde com palhada, apresentou maiores índices, decrescendo na segunda e terceira análise e na última análise, aumento dos valores em relação a sem palhada.

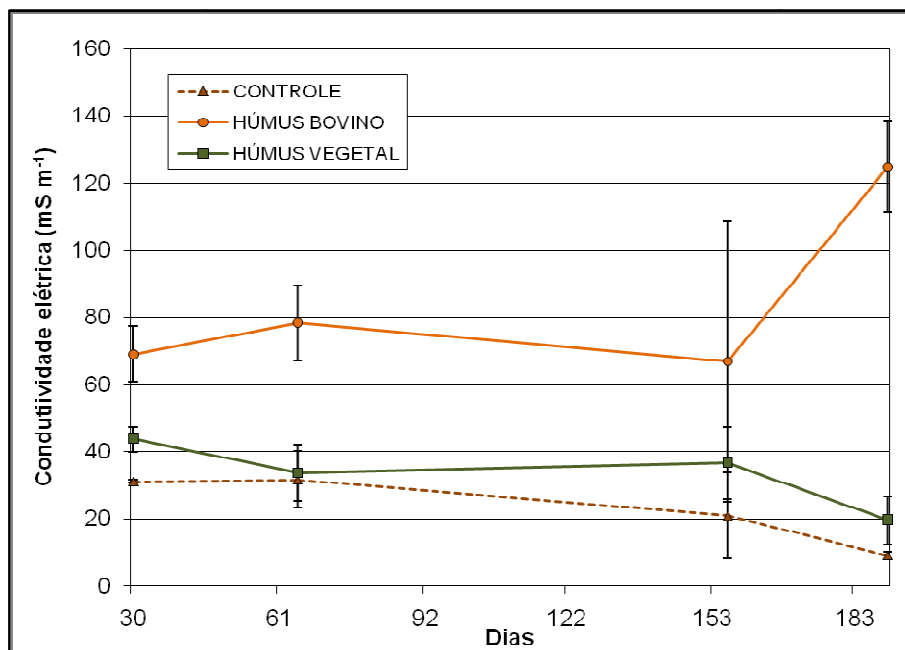


Figura 27- Variação Condutividade Elétrica em relação a cobertura sem palhada, adubação e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

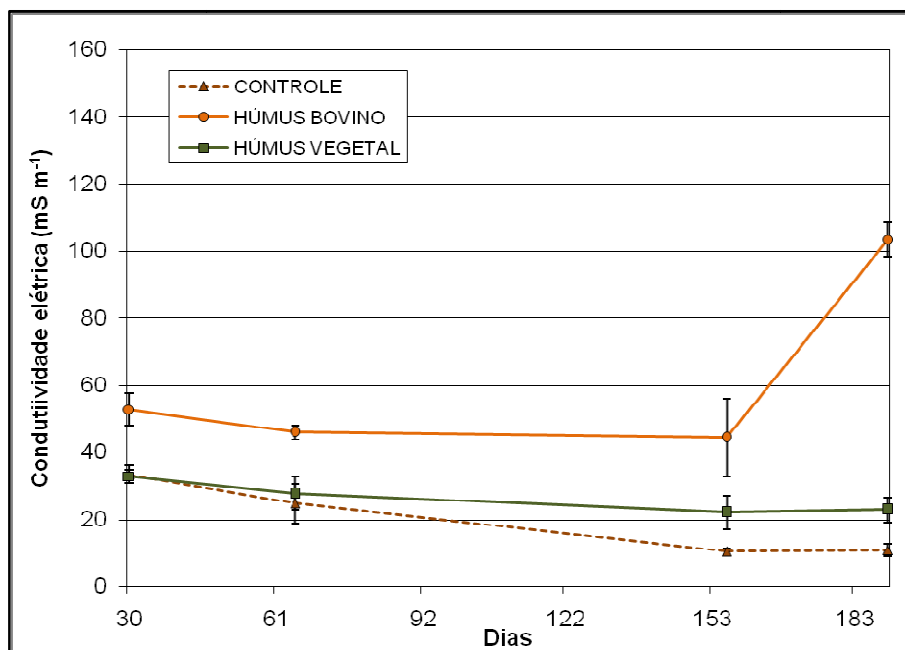


Figura 28- Variação Condutividade Elétrica em relação a cobertura com palhada, adubação e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

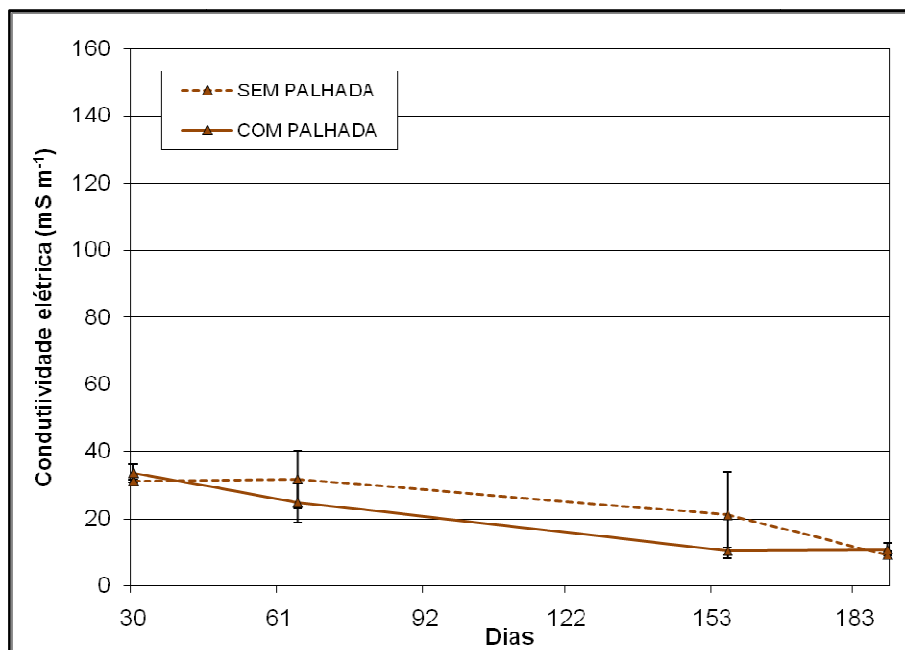


Figura 29- Variação da Condutividade Elétrica no tratamento controle em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Na Figura 30, observa-se o efeito do tratamento HB na alteração dos índices de CE apresentando valores na terceira e quarta análise acima da tendência inicial, sendo atribuído este fato ao tratamento utilizado.

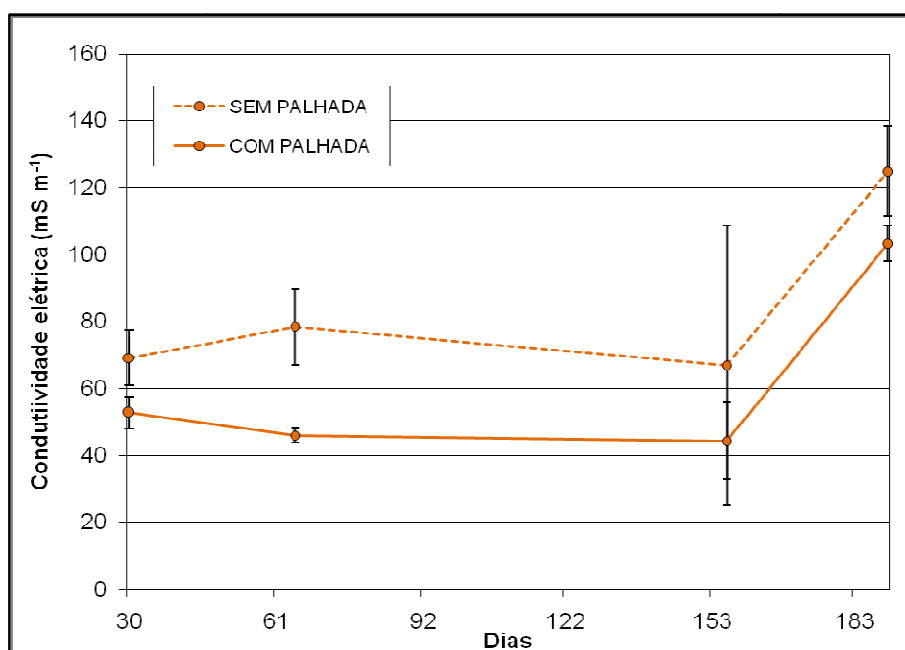


Figura 30- Variação da Condutividade Elétrica no tratamento húmus bovino em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Para o Tratamento HV, Figura 31, a oscilação dos dados foi contínua e de forma decrescente, com exceção para o tratamento em cobertura com palhada na última análise.

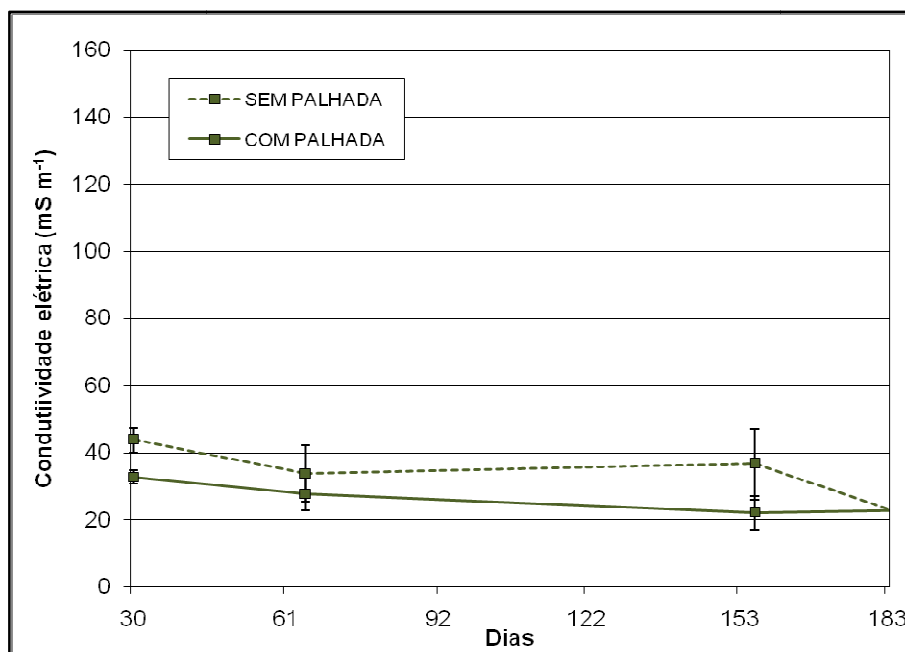


Figura 31 - Variação da Condutividade Elétrica no tratamento húmus vegetal em relação a cobertura e data ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Na avaliação da CE, percebe-se a influência da palhada ao longo do período de condução do experimento no tratamento Controle (Figura 29) onde há uma elevação da CE na última avaliação, podendo este ser devido a incorporação e degradação da palhada, hipótese defendida e confirmada também com a influência de disponibilidade de NH_4^+ e NO_3^- . Para o tratamento HV (Figura 31), embora com diminuição dos índices iniciais, ainda manteve a CE em níveis acima do controle, sendo maior em cobertura com palhada. Os maiores valores foram registrados para HB sem cobertura 125 mS/m^{-1} e com cobertura de palhada 105 mS/m^{-1} , (Figura 30), praticamente duplicando seu valor inicial em cada uma das coberturas e cinco vezes superior aos índices registrados em tratamentos controle e HV na última análise (Figura 28). Scheuerell et al. (2004) identificou elevação da CE quando aplicado húmus líquido aerado em relação ao controle, este fato vai de acordo com os índices encontrados que são superiores ao controle, porém não explica o alto valor apresentado na última análise realizada para CE em HB. Esta elevação da CE foi identificada já na terceira análise de solo e se confirmou na quarta, fato que pode

ter ocorrido devido a constituição de um ambiente favorável para a manutenção do índice.

Masciandaro et al. (2014) encontraram valores de 81mSm^{-1} para húmus incorporado ao solo em área de cultivo de melão em comparação a 41mSm^{-1} para controle demonstrando o aumento da CE com a adição de húmus e em área onde além da incorporação de húmus houve irrigação com água de tratamento de efluentes os valores aumentaram para 97mSm^{-1} . Já Mesquita et al. (2012) avaliaram o crescimento de mudas de maracujá amarelo submetidas a salinidade, buscando avaliar o efeito da inclusão de biofertilizante de esterco bovino no substrato cujo CE foi de 311mSm^{-1} . Os resultados mais favoráveis foram obtidos para o tratamento contendo o biofertilizante bovino.

4.1.3 Biomassa vegetal de plantas espontâneas

Aos 150 dias após a primeira aplicação de húmus líquido coletou-se a porção superficial das plantas espontâneas desenvolvidas em cada unidade amostral para a quantificação da biomassa vegetal fresca e seca produzida por cada tratamento durante o experimento. As interações entre os fatores analisados são apontadas em (Tabela 13 e 14).

Tabela 13 - Interações da biomassa vegetal de plantas espontâneas com aplicação de húmus líquido e cobertura ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável | Fonte | | | Cobertura | | |
|---------------------|-------|---------|-------------|-----------|---------|------------|
| | GL | X_2^2 | $p < 0.05$ | GL | X_2^2 | $p < 0.05$ |
| Biomassa fresca (g) | 2 | 41,7048 | 8,7884E-10* | 1 | 0,0046 | 0,0046* |
| Biomassa seca (g) | 2 | 41,6208 | 9,1658E-10* | 1 | 1,6697 | 0,1963 |

* Indica efeito significativo da adubação e da cobertura sobre as variáveis respostas analisadas pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

Tabela 14- Interações da biomassa fresca e biomassa seca de plantas espontâneas em relação aos tratamentos controle (C) húmus bovino (HB) e húmus vegetal (HV) ao longo do período do experimento em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 à Dez/2015.

| Variável | Níveis | Biomassa fresca(g) | | Biomassa seca(g) | |
|----------|--------|--------------------|-------------|------------------|-------------|
| | | Sem palhada | Com palhada | Sem palhada | Com palhada |
| Fonte | C | Bb | Ba | Bb | Ba |
| | HB | Ab | Aa | Aa | Aa |
| | HV | Aa | Aa | Aa | Aa |

Letras iguais maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas nos diferentes níveis de cada variável resposta indicam que não há diferença estatística pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$).

Houve diferença entre as fontes de adubação para biomassa fresca e seca mas a cobertura afetou somente a biomassa fresca. O Tratamento Controle foi inferior a HB e HV, que por sua vez foram sempre iguais entre si.

Na Figura 32, percebe-se a produção de biomassa vegetal fresca e seca em relação aos tratamentos utilizados.

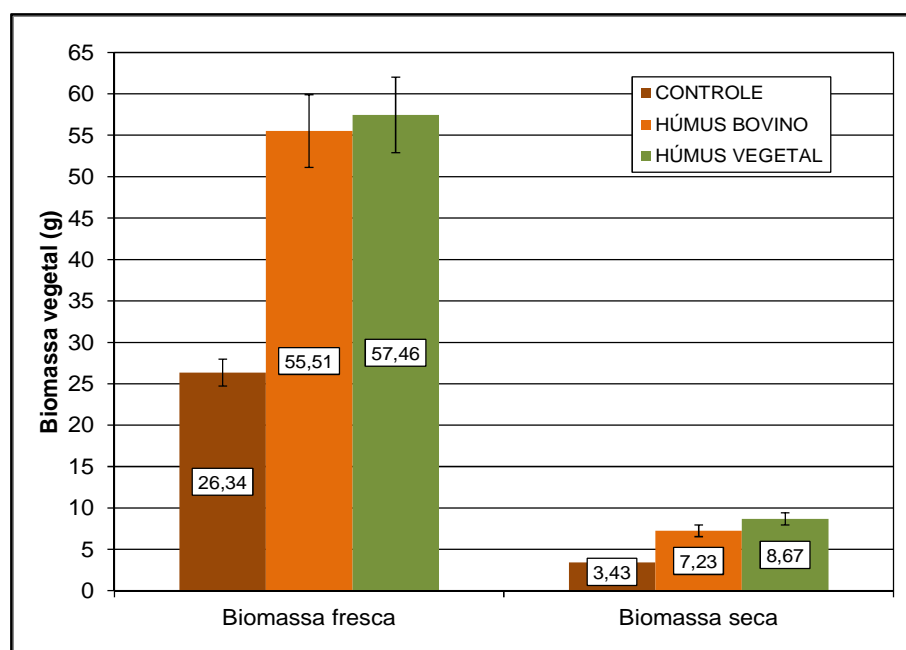


Figura 32 - Biomassa vegetal fresca e seca das plantas espontâneas em relação a adubação utilizada ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Embora com índices de produtividade superiores tanto de massa fresca, Figura 33, quanto em massa seca, Figura 34, a cobertura com palhada não afetou a biomassa fresca e seca do tratamento HV nem a seca de HB pelo teste de Kruskal-

Wallis ($p < 0.05$), porém para massa fresca de HB, Figura 33, a cobertura com palhada teve influência significativa.

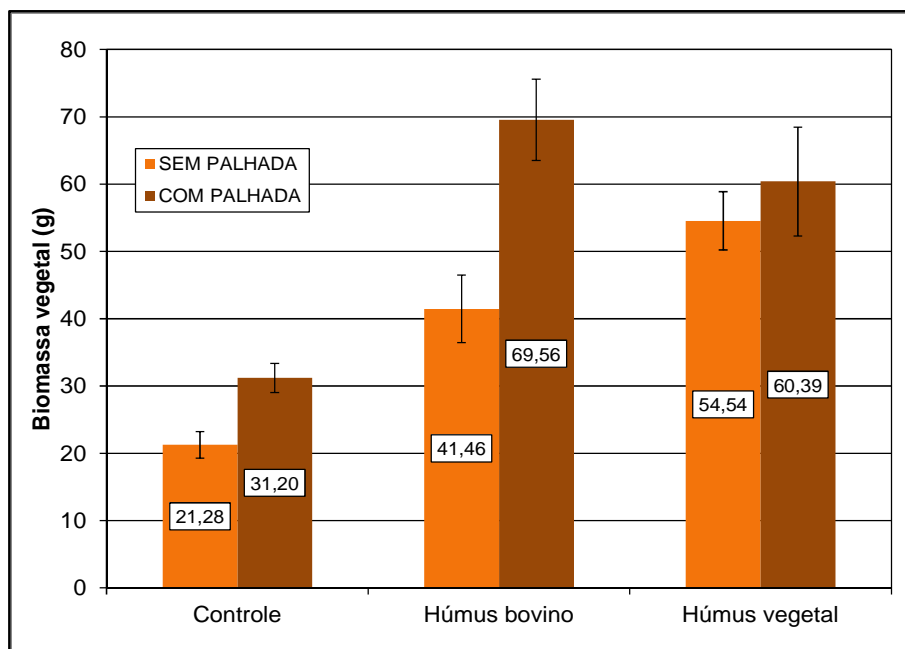


Figura 33 - Biomassa vegetal fresca das plantas espontâneas em relação aos tratamentos e a cobertura utilizados ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

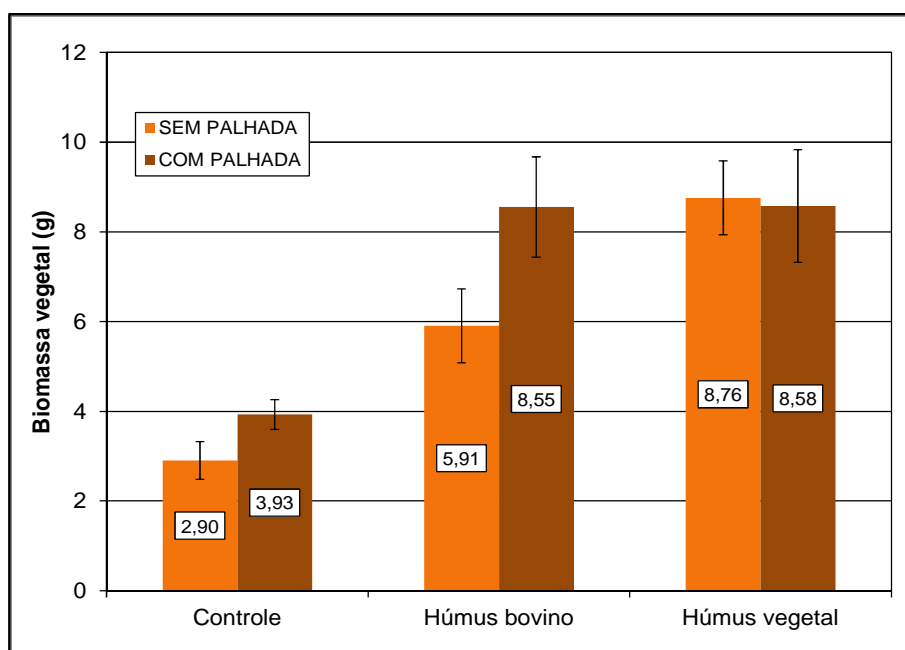


Figura 34 - Biomassa vegetal seca das plantas espontâneas em relação aos tratamentos e a cobertura utilizados ao longo do período do ensaio em casa de vegetação. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015. As barras sobre os pontos indicam o desvio padrão da média.

Conforme Figura 32, os valores de produtividade da biomassa vegetal fresca e seca demonstraram-se superiores nos tratamentos HB e BV em relação a controle, dados de acordo com Kim et al. (2015) que obtiveram maior massa fresca e seca em mudas de alface, soja e milho doce com a aplicação do composto a partir de chá aerado usando a mistura de composto de palhada de arroz e casca de cipreste, juntamente com vermicomposto, obteve aumentou no desenvolvimento da parte aérea e raízes das plantas de alface vermelha milho doce, e soja. Já Masciandaro et al. (2014), em cultivo de melão a campo obteve melhores resultados na incorporação de húmus ao solo e com irrigação com água de estação de tratamento de efluentes.

A utilização do húmus líquido, ou sólido é um excelente técnica para melhorar propriedades biológicas do solo além das características físicas e químicas. Além disso, o uso do vermicomposto, seja ele líquido ou sólido, promove o aumento da germinação, da floração e aumenta os rendimentos de culturas hortícolas, tais como tomates, pimentas, morangos, culturas de folhagem, plantas aromáticas e ornamentais e espécies florestais (Lazcano et al., 2011; Kim et al., 2015). Já Ingham, (2005) e Scheuerell et al. (2002) afirmam que as comunidades microbianas presentes no húmus líquido também podem induzir a resistência a doenças bem como estimular a absorção de nutrientes e conseqüentemente o crescimento das plantas.

A influência da cobertura de palhada foi pesquisada no desenvolvimento das cenouras em estudo de Santos (2008) utilizando palhadas de diferentes espécies. A melhor produtividade foi alcançada onde a palhada era composta por espécies leguminosas, sendo 15% superior a testemunha. Quando foram utilizadas espécies gramíneas da família poaceae, os índices de produtividade foram apenas 4,5% superiores a testemunha sem cobertura do solo. Já Lima (2009) obteve maior produtividade de alface consorciando a utilização de cobertura de palhada juntamente com adequado manejo de irrigação comparado a produção sem a utilização de cobertura morta.

Nos valores absolutos nota-se a maior produtividade de massa fresca na combinação de aplicação de HB com palhada, já para massa seca os valores de HB com palhada e HV com e sem palhada se assemelham nos índices de produtividade, tornando assim opções interessantes e de fácil acesso para a agricultura familiar.

5 Considerações finais

Para o experimento 1 que avaliou a evolução das propriedades químicas durante o processo de produção de húmus líquido aerado de origem animal e vegetal, podemos afirmar que há diferença de propriedades entre os resíduos orgânicos avaliados quanto a sua composição e que a evolução dos parâmetros de nutrição, pH e condutividade elétrica estabilizaram-se com 6 horas de aeração. A disponibilidade de nitrato NO_3^- em húmus líquido bovino é superior a disponibilizada pelo húmus líquido vegetal o qual disponibiliza maiores quantidades de amônio N-NH_4^+ , entretanto as quantidade de nitrogênio extraível inorgânico (NEI) são iguais nos dois tratamentos. Desta forma o HL bovino disponibiliza mais rapidamente nitrogênio assimilável às plantas, já HL vegetal necessita da transformação do amônio para nitrato até a sua disponibilização para as plantas. O potencial hidrogeniônico manteve a tendência do material de origem e condutividade elétrica apresentou elevação.

No experimento 2 conduzido em casa de vegetação e que avaliou o efeito da aplicação do húmus líquido produzido no experimento 1 tendo a inclusão de duas condições de cobertura, com e sem palhada, apontou que volume e frequência de aplicação de húmus líquido influenciou no aumento de pH e condutividade elétrica do solo, principalmente em relação a terceira e quarta aplicação de húmus líquido bovino, porém aplicação do húmus líquido não afetou a concentração do nitrogênio no solo. A cobertura com palhada influenciou positivamente na tendência de estabilização dos valores de NO_3^- nos tratamentos ao final do experimento e no desenvolvimento da biomassa vegetal de plantas espontâneas nos vasos, assim como os tratamentos HB e HV, indicando que outros fatores não nutricionais podem estar envolvidos na germinação e estabelecimento das plântulas.

Referências

ANSARI, A. A.; ISMAIL S. A. **Earthworms and Vermiculture Biotechnology**, In: Management of Organic Waste, Dr. Sunil Kumar (Ed.), InTech. 198p. 2012.

AIRA, M.; DOMÍNGUEZ, J. **Earthworm Effects without Earthworms**: Inoculation of Raw Organic Matter with Worm-Worked Substrates Alters Microbial Community Functioning. Plos One 6: e16354. Journal. Pone, 2011.

ALTIERI, M. **Agroecologia**: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável. 4.ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2004. 120p.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; HINRICHES, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um cambissolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 28, p. 359-367. 2004.

AQUINO, A.M.; OLIVEIRA, A.M.G.; LOUREIRO, D.C. **Integrando compostagem e vermicompostagem na reciclagem de resíduos orgânicos domésticos**. Seropédica: Embrapa, 2005. (Circular Técnica 12).

ARAUJO, R.C.; SOUZA, R.J.; SILVA, A.M.; ALVARENGA, M.A.R. Efeitos da cobertura morta do solo sobre a cultura do alho (*Allium sativum* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v.17, n.3, p.228-233, 1993.

ARTEAGA, M; GARCÉS, N.; NOVO, R.; GURIDI, F.; PINO, J.A.; ACOSTA, M.; PASOS, M.; BESÚ, D. Influencia de la aplicación foliar del bioestimulante Liplant sobre algunos indicadores biológicos del suelo. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 22, n. 2, p. 110-117, 2007.

ASSIS, R. L. de. **Agroecologia no Brasil**: análise do processo de difusão e perspectivas. 2002. 150 p. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ASSIS, R.L. de; ROMEIRO, A.R. Agroecologia e Agricultura Familiar na Região Centro-Sul do Estado do Paraná. **Revista de Economia e Sociologia Rural** - Rio de Janeiro, v. 43, n. 1, p. 155-177, 2005.

ATIYEH, R.M.; DOMÍNGUEZ, J., SUBLER, S., EDWARDS, C.A.; Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*, Bouché) and the effects on seedling growth. **Pedobiologia**.v 44, p. 709–724, 2000.

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, 2002.

BETTIOL, W. GHINI, R. Proteção de plantas em sistemas agrícolas alternativos em: Michereff, S. J. Barros, R. eds. Proteção de plantas na agricultura sustentável, Recife : UFRPE, Imprensa Universitária, 2001. 368 p.: il.

BITTENCOURT, G.A.; BIANCHINI, V. **Agricultura familiar na região sul do Brasil**. Consultoria UTF/036-FAO/INCRA, 1996.

BOTELHO FILHO, F.B. - Agricultura Familiar e Desenvolvimento Territorial - Universidade de Brasília, Centro de Estudos Avançados Multidisciplinares, **Núcleo de Estudos Avançados**. Brasília: v. 5, n.17, 2005.168 p.

BROWN, G.G.; DOMÍNGUEZ, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas –3º encontro latino americano de ecologia e taxonomia de oligoquetas (ELAETA 3) **Acta Zoológica Mexicana** (n.s.) Número Especial 2: p. 1-18, 2010.

BROWN, G.G.; JAMES, S.W. Earthworm biodiversity in São Paulo state, Brasil. **European Journal of Soil Biology**, Montrouge, v.42, supplements1, p.145 149, 2006.

BUAINAIN, A.M.; FILHO, H.M. DE S. **Agricultura familiar, agroecologica e desenvolvimento sustentável**: questões para debate. Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura – IICA - Brasília, 2006.

BURG, I.C.; LOVATO, P.E. Agricultura familiar, agroecologia e relações de gênero. **Rev. Bras. Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

CAISAN - Câmara Interministerial de Segurança Alimentar e Nutricional. **Plano Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional**: 2012/2015. Brasília, DF:, 2011. 132 p.

CAIXETA, L.S.; NEVES, R.A.; LIMA, C.E.P.; ZANDONADI, D.B. Vermicompost Biostimulants: Nutrients And Auxin For Root Growth - **XVI World Fertilizer Congress Of CIEC - Technological Innovation For A Sustainable Tropical Agriculture**. Rio de Janeiro 2014.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P.J. A agricultura orgânica e seu potencial para o pequeno agricultor. **Cadernos De Ciência & Tecnologia**, Brasília - DF, n. , p.69-101, 09/2001. Quadrimestral. 2001.

CAMPOS, A.D. et al. Avaliação do efeito de produtos orgânicos na produção de compostos fenólicos envolvidos na indução de resistência às doenças do morangueiro. In: **Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação da Embrapa Clima Temperado**. Pelotas, 2006.

CANELLAS, L.P.; SANTOS, G.A. **Humosfera**: Tratado preliminar sobre a química das substâncias húmicas. Campos dos Goytacazes: 2005. 309 p.: il.

CARMO, M.S. do. A Produção Familiar como *Locus* Ideal da Agricultura Sustentável. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.45, n.1, p.1-15, 1998.

CARMO, M.S. do. Agroecologia: novos caminhos para a agricultura familiar. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária** v.1, n.2, 2008.

CASTELLANE, P.D.; ARAÚJO, J.A. de. Cultivo sem solo. **Hidroponia**. 4. ed. Jaboticabal: Funep, 1995. 43 p.

CORDEIRO, H.M.; CASAS, M.A.; LORES, M.; DOMÍNGUEZ, J. Vermicompostaje del bagazo de uva: fuente de enmienda organica de alta calidad agricola y de polifenoles bioactivos. **Recursos Rurais** ISSN 1885-5547 n. 9, p. 55-63, 2013.

DAUDT, C.E.; DUTRA, L.C.; FOGAÇA, A. Vermicompostagem e compostagem do bagaço de uvas. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v.18, n.118, p.31-37, 2004.

DA SILVA, J.V.H.; BORGES, A.K.P.; MORAIS, P.B. de.; PICANÇO, A.P. Compostagem das macrófitas aquáticas: *Salvinia auriculata* e *Eichhornia crassipes* retiradas do reservatório da UHE Luis Eduardo Magalhães, Tocantins. **Engenharia Ambiental**, v.8, n. 2, p. 74-86, 2011.

EDWARDS, C.A.; BOHLEN, P.J. **Biology and ecology of earthworm**. 3.ed. London: Chapman and Hill, 1996, p.181-195.

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. (Ed.). **Earthworm ecology**. 2.ed. Boca Raton: CRC Press, 2004. p.345-379.

EDWARDS, C.A., DOMINGUEZ, J. Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. In: EDWARDS, C.A.; ARAÇON, N.Q.; SHERMAN, R. (Ed.)

Vermiculture technology: earthworms, organic wastes, and environmental management. Boca Raton: CRC Press, 2010a. p.27-40.

EDWARDS, C.A.; Aracon, N.Q.; Sherman, R. (Ed.). The use and effects of aqueous extracts from vermicomposts or teas on plant growth and yields. In: **Vermiculture technology:** earthworms, organic wastes, and environmental management. Boca Raton: CRC Press, 2010b. p.235-248.

ELANGO, D.; THINAKARAN, N.; PANNEERSELVAM, P.; SIVANESAN, S. Thermophilic composting of municipal solid waste. *Appl. Energy*, v.86, p.663-668, 2009.

EL-HADDAD, M.E.; ZAYED, M.S.; EL-SAYED, G.A.M.; HASSANEIN, M.K.; EL-SATAR, A.M. Evaluation of compost, vermicompost and their teas produced from rice straw as affected by addition of different supplements. **Annals of Agricultural Science**, v. 59, n. 2, p. 243–251, 2014.

EMMERLING, C.; PAULSCH, D. Improvement of earthworm (*Lumbricidae*) community and activity in mine soils from open-cast coal mining by the application of different organic waste materials. **Pedobiologia**, v.45, p.396-407, 2001.

FERREIRA, A.G.; Borba, S.N. de S.; Wizniewsky, J.G. - A prática da compostagem para a adubação orgânica pelos agricultores familiares de Santa Rosa/RS - **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, Santa Maria, RS. 2012.

FROUZ, J., ELHOTTOVÁ, D., PIZL, V., TAJOVSKÝ, K., SOURKOVÁ, M., PICEK, T., MALÝ, S. The effect of litter quality and soil faunal composition on organic matter dynamics in post-mining soil: A laboratory study. **Applied soil ecology**, v.37, p. 72 - 80, 2007.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia:** Processos ecológicos em agricultura sustentável. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, 653p. 2000.

GOMES M.A.F. FILIZOLA, H. F. Indicadores físicos e químicos de qualidade de solo de interesse agrícola. Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna, 2006. disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Gomes_Filizola_indicadoresID-u1keja1HAN.pdf> acesso em 23/01/2016.

GÓMEZ R., B., - **Compostaje de Resíduos Sólidos Orgánicos. Aplicación de técnicas respirométricas em El seguimiento del proceso.** Dpto de Engenharia química Universitat Autònoma de Barcelona Tesis Doctorado – 2006.

GONÇALVES, M.M. et al. Produção e uso de biofertilizantes em sistemas de produção de base ecológica. **Circular Técnica**, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009. 7p. (Circular Técnica, 78).

HERRERA, J.O.; PRADO M.O.R. - **Manual El compostaje y su utilización en agricultura Dirigido a pequeños productores pertenecientes a la Agricultura Familiar Campesina** - Santiago, Chile, Fundación para la Innovación Agraria- Universidad de Las Américas 2007.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA – Sistema IBGE de recuperação automática. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006. Disponível em: <www.ibge.gov.br>.

INGHAM, R. E. **The Compost Tea Brewing Manual**. US Printings, Soil Foodweb Incorporated, Oregon. 2005.

KHWAIRAKPAM, M.; BHARGAVA, R. Vermitechnology for sewage sludge recycling. **Journal of Hazardous Materials**, v.161, p.948-954, 2009.

KIM, M.J.; SHIM, C.K.; KIM, Y.K.; HONG, S.J.; PARK, J.H.; HAN, E.J.; KIM, J.H.; KIM, S.C. Effect of Aerated Compost Tea on the Growth Promotion of Lettuce, Soybean, and Sweet Corn in Organic Cultivation. **Plant Pathol J.**, v. 31, n. 3, p. 259-68, 2015.

LAVELLE, P.; DECAËNS, T.; AUBERT, M.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; BUREAU, F.; MARGERIE, P.; MORA, P.; ROSSI, J.-P. Soil invertebrates and ecosystem services. **European Journal of Soil Biology**, v.42, p. 3-15, 2006.

LAZCANO, C. JORGE DOMÍNGUEZ, J. The use of vermicompost in sustainable agriculture: impact on plant growth and soil fertility. **Nova Science Publishers**, Inc. 2011.

LIMA M.E., et al. - Desempenho da alface em cultivo orgânico com e sem cobertura morta e diferentes lâminas d'água - **Ciência agrotécnica**, Lavras, v. 33, n. 6, p. 1503-1510, 2009.

LÓPEZ, J.A.; LARRONDO, L.V.; HERNÁNDEZ, A.R.; PALACIO, O.V. Evaluación del efecto del humus líquido obtenido por tres métodos, en condiciones de maceta y de campo, utilizando maíz (*Zea mays*.l.) y remolacha azucarera (*Betta vulgaris*, l) respectivamente. **Revista Desarrollo Local Sostenible**, v. 5, n. 15, 2012.

MARTIN, C.C.G. ST.; DORINVIL, W. BRATHWAITE, R.A.I. RAMSUBHAG, A. Effects and relationships of compost type, aeration and brewing time on compost tea properties, efficacy against *Pythium ultimum*, phytotoxicity and potential as a nutrient amendment for seedling production. **Biological Agriculture & Horticulture: An International Journal for Sustainable Production Systems**, V. 28, n.3, p. 185-205, 2012.

MASCIANDARO, G., PERUZZI, E., DONI, S. AND MACCI, C. Fertigation with wastewater and vermicompost: Soil biochemical and agronomic implications. **Pedosphere**, v. 24, n.5, p. 625–634, 2014.

MESQUITA, F. O. CAVALCANTE, L. F. PEREIRA, W. E. REBEQUI, A. M.NETO, A. J. de L. NUNES, J. C. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo submetidas à salinidade em solo com biofertilizante bovino. **Ciencia del Suelo (ARGENTINA)** v. 30, n.1, p. 31-41, 2012.

PANT, A.; RADOVICH, T.J.K.; HUE, N.V.; ARANCON, N.Q. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pakchoi yield, quality, and on soil biological properties. **Compost Science & utilization**, v. 19, n. 4, p. 279-292, 2011.

PAVINATO, P.S.;ROSOLEM C.A. Disponibilidade de nutrientes no solo decomposição e liberação de compostos orgânicos de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 32, p. 911-920, 2008.

PIRES, C.R.F.; LIMA, L.C.O.; VILAS BOAS, E.V.B.; ALVES, R.R. Qualidade textural de tomates cultivados em substratos orgânicos submetidos à aplicação de substâncias húmicas – Revista **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1467-1472, 2009.

PIZZEGHELLO, D.; NICOLINI, G.; NARDI, S. Hormone-like activity of humic substances in *Fagus sylvaticae* forests.**New Phytologist**, v.151, p.647-657, 2001.

RESENDE, F.V.; et al. - **Cultivo de alface em sistema orgânico de produção**. Circular Técnica, Brasília, DF: Embrapa Hortaliças, 2007. 16 p. (Circular Técnica, 56).

RIGHI, G. **Minhocas da América Latina: diversidade, função e valor.** São Paulo: Departamento de Zoologia. Instituto de Biociência. Universidade de São Paulo, 1997.

ROMÁN, P.; MARTÍNEZ, M.M.; PANTOJA, A., **Manual de Compostaje Del Agricultor: Experiencias en América Latina - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - Oficina Regional para América Latina y el Caribe,** Santiago de Chile, 2013. 108 p.

ROSA, E.V.; GIURADELLI, T.M.; CORRÊA, A.X.; RÖRIGAND, L.R.; SCHWINGEL, P.R.; RESGALLA, C. Ecotoxicological evaluation of the short term effects of fresh and stabilized textilesludges before application in forest soil restoration. **Environmental Pollution**, v.146, p.463-469, 2007.

RUPPERT, E.E.; FOX, R.S.; BARNES, R.D. **Zoologia de Invertebrados.** 7.ed. São Paulo: Roca, 2005. 1168p.

SANCHEZ-HERNANDEZ, J.C.; NOTARIO DEL PINO, J.; DOMÍNGUEZ, J. Earthworm-induced carboxylesterase activity in soil: Assessing the potential for detoxification and monitoring organophosphorus pesticides. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 122, p. 303-312, 2015.

SANTOS, C.,A.,B., et al. - Efeito de coberturas mortas vegetais sobre desempenho na cenoura em cultivo orgânico – **Comunicado Técnico**, Seropédica RJ: Embrapa Agrobiologia, 2008. 4 p. (Comunicado Técnico, 112).

SANTOS, M.R. dos; SEDIYAMA, M.A.N.; VIDIGAL, S.M. Desenvolvimento de mudas de quiabeiro em função da qualidade do substrato. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.2, p.2787- 2795, 2010.

SCHEUERELL, S. J. MAHAFFEE, W. F. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. **Phytopathology**, v.94, p. 1156-1163. 2004.

SCHIAVON, G. de A.; SCHIEDECK, G.; ARAÚJO, J.M.G.; SCHWENGBER, J.E. Efeito da casca de arroz no crescimento e reprodução de minhocas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Porto Alegre, v.2, n.2, p.995-999, 2007.

SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M. de M.; SCHWENGBER, J.E. **Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 11p. (Embrapa Clima Temperado. Circular Técnica, 57).

SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER J.E.; GONÇALVES, M. de M.; SCHIAVON, G.A., **Preparo e uso de húmus líquido: opção para adubação orgânica em hortaliças**. Comunicado Técnico, Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 4 p. (Embrapa Clima Temperado. Comunicado Técnico, 195).

SCHIEDECK, G.; JAHNKE, D.S.; ZIBETTI, V.K. **Minhocultura como estratégia tecnológica para a agricultura familiar: a contribuição do Congresso Brasileiro de Agroecologia** em: Propostas agroecológicas ao industrialismo. Recursos compartilhados e respostas colectivas [p 697-1.353]. Simón, D. Copena [Coord.] 2014.

SHANNON, M.C. Adaptation of plants to salinity. **Advances in Agronomy**, Newark, v. 60, n. 1, p. 75-120, 1997.

SILVA, R.C.S.; ALMEIDA, J.C.R.; BATISTA, G.T.; FORTES NETO, P.; **Os indicadores físicos, químicos e biológicos da qualidade do solo e da sustentabilidade dos ambientes naturais**. Repositório Eletrônico Ciências Agrárias, Coleção Ciências Ambientais, p. 1-13, 2011.

SIMS, G.K., T.R. ELLSWORTH, AND R.L. MULVANEY. Microscale determination of inorganic nitrogen in water and soil extracts. **Soil Sci. Plant Anal.** v. 26, p. 303–316, 1995.

SIMS, R.W.; GERARD, B.M. **Earthworms**. London: Field Studies Council, 1999. 172p.

SOARES, I., F., MELO, A., C., DE. CHAVES, A., D. C. G. - A Agricultura familiar: Uma alternativa para o desenvolvimento sustentável no município de Condado PB. **Informativo Técnico do Semi-Árido -INFOTECNARIDO**, Grupo Verde de Agricultura Alternativa, Mossoró – RN – Brasil, v.3, n.1, p.56-63, 2009.

SOUZA, J.L.; PEREIRA, V.A.; PREZOTTI, L.C. Monitoramento da fertilidade de solos no cultivo orgânico de hortaliças durante 20 anos. **Horticultura brasileira**, v. 28, n. 2, p. 2803-2810, 2010.

TEDESCO, M.J; GIANELLO, C; BISSANI, C.A; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análise de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 1995. 174p.

TOGNETTI, C.; LAOS, F.; MAZZARINO, M.J.; HERNANDES, M.T. Composting vs. vermicomposting: a comparison of end product quality. **Compost Science & Utilization**, v.13, p.6-13, 2005.

VERAS, L.R.V.; POVINELLIA, J. Vermicompostagem do lodo de lagoas de tratamento de efluentes industriais consorciada com composto de lixo urbano. **Eng. sanit. ambient.**, v. 9, n. 3, p. 218-224, 2004.

ZANDONADI, D.B.; CANELLAS, L.P.; FAÇANHA, A.R. Indolacetic and humic acids induce lateral root development through a concerted plasmalemma and tonoplast H⁺ pumps activation. **Planta**, v.225, p.1583–1595, 2007.

ZHANG, H.; TAN, S.N.; TEO, C.H.; YEW, Y.R.; GE, L.; CHEN, X.; YONG, J.W.H. Analysis of phytohormones in vermicompost using a novel combinative ample preparation strategy of ultra sound-assisted extraction and solid-phase extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry **Talanta**, v. 139, p. 189–197, 2015.

ZIBETTI, V. K.; NACHTIGAL, G. DE F.; DE LIMA, D. L.; SCHIEDECK, G. Crescimento e reprodução de minhocas em misturas de resíduos orgânicos e efeitos nas propriedades químicas e microbiológicas do húmus. **Interciência**, v. 40, n.1, 2015.

Apêndice

Procedimento para análise de amônio, nitrato e nitrogênio extraível inorgânico em leitor de microplacas

Amônio (N-NH₄⁺)

Para a análise de amônio presente nas amostras as células da microplaca foram preenchidas da seguinte forma:

- a) A1, B1 e C1: prova em branco, 275µL de água destilada.
- b) D1 até E3: 175µL das soluções-padrão de N-NH₄⁺ em triplicata, nas concentrações 0,625ppm, 1,25ppm, 2,5ppm, 5ppm, 10ppm e 20ppm.
- c) F3 até H12: 175µL do extrato das amostras extraídas com K₂SO₄0,5M.

Após, em cada célula de solução padrão e de extrato foram adicionados na mesma sequência, 25µL de citrato, deixando reagir por um minuto; 50µL de salicilato e por fim 25µL de reagente hipoclorito. A placa foi coberta por 45 minutos e a leitura de absorbância realizada com o filtro 655nm.

Para as leituras de húmus líquido e húmus sólido, os extratos foram diluídos a 20% (35µL) em 140µL de K₂SO₄0,5M. Os padrões mantiveram-se inalterados e, ao final, os resultados da leitura de absorbância das amostras foram multiplicados por cinco.

Nitrato (N-NO₃⁻)

Para as análises de nitrato das amostras de solo foram colocados cerca de 25mg de liga devarda em cada célula da microplaca onde seriam adicionados os extratos das amostras. A liga devarda é um oxidante que reduz todo o nitrato a amônio, possibilitando assim a medida do nitrato reduzido a amônio pela subtração do amônio já existente na amostra.

Para a leitura do nitrato foram pipetados 250µL dos padrões de nitrato (3,125ppm, 6,25ppm, 12,5ppm, 25ppm, 50ppm e 100ppm) e dos extratos em cada célula e, imediatamente após, adicionado aos extratos 25µL de H₂SO₄0,1M. A função do H₂SO₄ é reter o gás amônio na solução. As microplacas foram fechadas e incubadas durante a noite à temperatura ambiente. No dia seguinte, uma nova microplaca era utilizada, com a seguinte disposição das células:

- a) A1, B1 e C1: prova em branco, 275µL de água destilada.
- b) D1 até E3: 175µL das soluções-padrão de N-NH₄⁺ em triplicata, nas concentrações 0,625ppm, 1,25ppm, 2,5ppm, 5ppm, 10ppm e 20ppm.
- c) F3 até G5: 175µL de soluções-padrão de N-NO₃⁻ incubado e reduzido a N-NH₄⁺ em triplicata, nas concentrações 3,125ppm, 6,25ppm, 12,5ppm, 25ppm, 50ppm e 100ppm.
- d) H5 até H12: 50µL das amostras incubadas e 125µL de K₂SO₄ 0,5M.

O preenchimento final das células foi igual ao realizado para a leitura de N-NH₄⁺: 25µL de citrato, deixando reagir por um minuto; 50µL de salicilato e por fim 25µL de reagente hipoclorito. A placa foi coberta por 45 minutos e a leitura de absorbância realizada com o filtro 655nm.

Para a leitura das amostras de húmus líquido e húmus sólido, os extratos incubados na liga devarda foram diluídos a 20% (10µL) em 165µL de K₂SO₄0,5M. Os padrões mantiveram-se inalterados e, ao final, os resultados da leitura de absorbância das amostras foram multiplicados por cinco.

Nitrogênio extraível inorgânico (NEI)

A determinação do NEI das amostras de solo foi realizada preparando-se padrões de nitrogênio orgânico solúvel a partir de uma solução de D-asparagina, nas concentrações 3,125ppm, 6,25ppm, 12,5ppm, 25ppm, 50ppm e 100ppm. Para tanto foram adicionados 2mL de água destilada em tubos de ensaio de 20mL e acrescentados 2mL dos extratos das amostras em cada tubo numerado. Na sequência, foram adicionados 2mL de persulfato de potássio e imediatamente após fechado o tubo com tampa para evitar perdas de amoníaco. O persulfato é um oxidante forte que oxida o nitrogênio do extrato a nitrato. Após esta etapa, as amostras foram levadas à autoclave a 121°C durante 30 minutos. Depois de resfriadas as amostras autoclavadas contêm todo o nitrogênio na forma de nitrato e estáveis na temperatura ambiente.

O procedimento seguinte segue a mesma sequência da análise descrita para o nitrato, porém utilizando os padrões de D-Asparagina. Como descrito anteriormente na análise de nitrato, para a determinação do NEI em húmus líquido e sólido, os extratos incubados na liga devarda também foram diluídos a 20% (10µL)

em 165µL de K_2SO_4 0,5 M. Os padrões mantiveram-se inalterados e, ao final, os resultados da leitura de absorbância das amostras foram multiplicados por cinco.

O nitrogênio amoniacal ($N-NH_4^+$) das amostras é medido diretamente através do desenvolvimento de cor a partir do teor de amônio do extrato.

Em relação ao teor de NEI nos extratos, o primeiro passo é mineralizá-lo com uma digestão oxidante para nitrato ($N-NO_3^-$), o segundo é transformá-lo para o nitrato de amônio $(NH_4)(NO_3)$ e o terceiro passo é medir o amônio ($N-NH_4^+$) obtido. Esse valor é o conteúdo total de NEI. Para encontrar o valor de nitrato ($N-NO_3^-$) deve subtrair o valor de $N-NH_4^+$ da análise de NEI.

Preparo das soluções padrão para leitura em microplacas

As soluções padrão de $N-NH_4^+$, $N-NO_3^-$ e NEI foram elaboradas na concentração de 1000ppm em um volume de 1L de água ultrafiltrada. Para o padrão de N-Org (Análise de NEI), utilizou-se K_2SO_4 0,5M como diluente. A partir desta solução foram preparados os padrões por diluição seriada.

Tabela 15 - Padrões utilizados nos procedimentos analíticos para quantificação do Nitrogênio em húmus líquido e solo. Embrapa Clima Temperado – Estação Experimental Cascata, Pelotas, RS. Mai/2014 a Dez/2015.

| Padrão | Produto | Peso molecular (g) | N por unidade | g para 1L de 1000 ppm |
|------------|----------------------|--------------------|---------------|-----------------------|
| NEI | D-Asparagina* | 150,00 | 0,186 | 5,5357 |
| $N-NO_3^-$ | Nitrato de sódio** | 84,99 | 0,165 | 6,0707 |
| $N-NH_4^+$ | Cloreto de amônio*** | 53,49 | 0,262 | 3,8209 |

*D-Asparagina - $C_4H_8N_2O_3H_2O$; **Nitrato de sódio - NO_3Na ; ***Cloreto de amônio - NH_4Cl .

Preparo dos reagentes para leitura em microplacas

Reagente oxidante persulfato

Preparado por adição de 3,12g de ácido bórico, 5,2g de potássio peroxidosulfato(qualidade PA), 10mL de NaOH 3,75N (15g de NaOH em 100mL de H_2O) e cerca de 80mL de água destilada em um balão de 100mL. Agitar e aquecer

suavemente até dissolver. Esfriar e armazenar em frasco de 100mL. O reagente é estável durante uma semana ou mais à temperatura ambiente.

Reagente citrato

Dissolve-se 5,0g de citratotrisódico e 2,0g de NaOH em pastilhas em frasco de 100mL. É um reagente estável, mas deve ser renovado a cada duas semanas.

Reagente salicilato nitroprusside

Dissolve-se 7,813g de salicilato de sódio e 0,125g de nitroprussiato de sódio em 100mL. O pH deverá situar-se entre 6 e 7 e pode ser ajustada com soda diluída. Normalmente, não é necessário modificar o pH inicial. O reagente deve ser mantido num recipiente protegido da luz, e é estável até 4 semanas.

Reagente hipoclorito

Dissolve-se 1,0g de fosfato de sódio (NaPO_4), 2mL de NaOH 2M e 10,0mL de hipoclorito de sódio num balão de 100mL com água destilada. Ajustar o pH entre 12 e 13 com NaOH diluído. Normalmente não é necessário uma vez que coincide com o pH da solução obtida. Este reagente deve ser preparado diariamente, ou utilizado em menos de uma semana.

Ácido sulfúrico 0,1M

Adiciona-se 1,25mL de H_2SO_4 concentrado em 200mL de balão. Normalmente se faz um litro se armazena.