

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



Dissertação

Caracterização e avaliação de vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícolas familiares nos municípios de Pelotas e Morro Redondo – RS

Ana Paula Rosso Balbinotti

Pelotas, 2024

Ana Paula Rosso Balbinotti

Caracterização e avaliação de vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícolas familiares nos municípios de Pelotas e Morro Redondo - RS

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.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Vanessa Sacramento Cerqueira

Co-orientador: Pesq. Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva

AGRADECIMENTOS

A Deus por guiar meus passos com suas divinas bênçãos ao longo de minha jornada.

Aos meus pais Elizete Rosso e Paulo Reinhardt Balbinotti a base, os alicerces de minha vida, a quem dedico cada vitória alcançada e todo meu amor.

A minha tia Giovana Reinhardt Balbinotti pelo apoio e carinho.

A meu amigo Jorge Antonio Barbosa Dias pelo carinho, companheirismo, dedicação e auxílio em todos os momentos.

Aos meus amigos que sempre me incentivaram a continuar essa caminhada.

A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Vanessa Sacramento Cerqueira pela oportunidade de aprendizagem me orientando e transmitindo seus conhecimentos.

Ao meu Co-orientador Dr. Sérgio Delmar dos Anjos e Silva pelas orientações e ajuda prestada.

A todos os professores do programa de pós-graduação em Sistemas Produção Agrícola Familiar.

Aos colegas do programa de pós-graduação em Sistemas Produção Agrícola Familiar.

Ao laboratório Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia Ambiental da UFPEL e laboratório de solos da UFPEL que me auxiliaram na pesquisa.

A Embrapa Clima Temperado pela infraestrutura cedida para a realização deste trabalho.

Ao CAPES pela bolsa concedida.

A Prof^a. Dra. Patrícia Martins da Silva e Prof^a. Dra. Tânia Beatriz Morselli por aceitarem o convite de fazer parte da minha banca.

A todos que embora não tenha citado o nome, estiveram junto a mim acreditando na minha capacidade de vencer mais esta etapa de minha formação. Muito obrigada.

RESUMO

BALBINOTTI, Ana Paula Rosso. Caracterização e avaliação de vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícolas familiares nos municípios de Pelotas e Morro Redondo – RS. 2024. 117f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas - RS, 2024.

O aumento da produção agrícola e agroindustrial gera maior volume de resíduos sólidos e a necessidade de dar um destino correto a estes resíduos. A vermicompostagem é uma alternativa para a valorização de resíduos orgânicos, cujo produto é um vermicomposto utilizado em substituição ao adubo químico. Assim, se faz importante avaliar a qualidade dos vermicompostos para aplicação na produção agrícola. O objetivo geral foi caracterizar e avaliar a qualidade dos vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícola familiares, bem como o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nos municípios de Pelotas e Morro Redondo (RS), duas de produção convencional (P1 e P3) e duas orgânica (P2 e P4). Foi aplicada entrevista para coletar informações a respeito de cada propriedade rural, atividades desenvolvidas, da geração e gerenciamento dos resíduos sólidos, e da técnica de vermicompostagem. Foram coletadas amostras dos vermicompostos e submetidas a análises químicas, fitotoxicológicas, e microbiológicas, com o objetivo de avaliar a estabilização dos vermicompostos produzidos nas propriedades. Foram formulados substratos adicionando diferentes proporções de casca de arroz carbonizada (CAC) aos vermicompostos da P2 (VCPO) e P3 (VCPC) e a um vermicomposto comercial resultando em 16 diferentes substratos, e avaliado o desempenho agrônomo utilizando mudas de alface. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Embrapa Clima Temperado, localizada em Pelotas-RS. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com quatro repetições e 17 tratamentos com diferentes dosagens de CAC, vermicompostos P2 (orgânica) e P3 (convencional), vermicomposto comercial e substrato comercial. As variáveis agrônomicas avaliadas foram germinação, número de folhas (NF), altura da planta (cm), torrão, comprimento de raiz (cm), massa fresca (g) e seca da parte aérea (g). Os resultados mostraram que o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados nas propriedades ocorre de forma parcial, algumas categorias são destinadas de forma correta e outras necessitam de adequações. As P1, P2 e P4 são abrangidas pelo sistema de coleta convencional e a P4 também possui coleta seletiva e a P3 não possui coleta. Os proprietários das P1 e P4 realizam entrega de resíduos contaminantes em PEV's. Apenas a P1 e P2 utilizam os resíduos da produção agrícola na vermicompostagem. As análises laboratoriais mostraram que todos os vermicompostos apresentaram relação C/N dentro dos padrões recomendados pela legislação brasileira e resultados satisfatórios para a população microbiana. O vermicomposto produzido na P4 obteve melhores resultados para a maioria dos parâmetros químicos analisados, entretanto, apresentou fitotoxicidade para todos organismos-teste, indicando a falta de maturidade, diferente do VCP1 que apresentou ausência de fitotoxicidade, mostrando estar maturado. Os substratos T9 (40%VCPO + 60%CAC), T15 (60%VCPC + 40%CAC) e T16 (80%VCPC + 20%CAC) apresentaram melhores resultados, sendo indicados para alface Regina de Verão.

Palavras-chave: Agricultura Familiar, Zona rural, Resíduos agrícolas, Vermicompostagem.

ABSTRACT

BALBINOTTI, Ana Paula Rosso. **Characterization and evaluation of vermicomposts produced on rural family farms in the municipalities of Pelotas and Morro Redondo – RS.** 2024. 117f. Dissertation (Master degree in agronomy). - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas - RS, 2024.

The increase in agricultural and agro-industrial production generates a greater volume of solid waste and the need to correctly dispose of this waste. Vermicomposting is an alternative for the recovery of organic waste, the product of which is vermicompost used to replace chemical fertilizer. Therefore, it is important to evaluate the quality of vermicomposts for application in agricultural production. The general objective was to characterize and evaluate the quality of vermicomposts produced on rural family farms, as well as the management of solid waste generated in the municipalities of Pelotas and Morro Redondo (RS), two of conventional production (P1 and P3) and two organic (P2 and P4). An interview was applied to collect information about each rural property, activities carried out, the generation and management of solid waste, and the vermicomposting technique. Samples of vermicomposts were collected and subjected to chemical, phytotoxicological and microbiological analyses, with the aim of evaluating the stabilization of vermicomposts produced on the properties. Substrates were formulated by adding different proportions of carbonized rice husk (CAC) to vermicomposts from P2 (VCPO) and P3 (VCPC) and to a commercial vermicompost resulting in 16 different substrates, and agronomic performance was evaluated using lettuce seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse at Embrapa Clima Temperado, located in Pelotas-RS. The experimental design was in randomized blocks with four replications and 17 treatments with different dosages of CAC, P2 (organic) and P3 (conventional) vermicomposts, commercial vermicompost and commercial substrate. The agronomic variables evaluated were germination, number of leaves (NF), plant height (cm), root ball, root length (cm), fresh mass (g) and shoot dryness (g). The results showed that the management of solid waste generated on properties occurs partially, some categories are allocated correctly and others require adjustments. P1, P2 and P4 are covered by the conventional collection system and P4 also has selective collection and P3 does not have collection. The owners of P1 and P4 deliver contaminating waste to PEVs. Only P1 and P2 use agricultural production residues in vermicomposting. Laboratory analyzes showed that all vermicomposts presented a C/N ratio within the standards recommended by Brazilian legislation and satisfactory results for the microbial population. The vermicompost produced in P4 obtained better results for most of the chemical parameters analyzed, however, it showed phytotoxicity for all test organisms, indicating a lack of maturity, unlike VCP1 which showed no phytotoxicity, showing that it was mature. Substrates T9 (40%VCPO + 60%CAC), T15 (60%VCPC + 40%CAC) and T16 (80%VCPC + 20%CAC) showed better results, being recommended for Regina de Verão lettuce.

Keywords: Family Farming, Rural area, Agricultural residues, Vermicomposting.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1- Processo de vermicompostagem..... | 22 |
| Figura 2- Localização das quatro propriedades agrícolas familiares avaliadas..... | 33 |
| Figura 3- Resíduos gerados nas propriedades..... | 41 |
| Figura 4- Processo de vermicompostagem das quatro propriedades..... | 50 |
| Figura 5- Amostras dos vermicompostos e substrato comercial..... | 60 |
| Figura 6- Filtragem das amostras e placas de petri de plástico..... | 61 |
| Figura 7- BOD e avaliação com paquímetro digital..... | 62 |
| Figura 8- Amostras analisadas..... | 63 |
| Figura 9- Tubos de ensaio com solução salina 0,85% e LST..... | 63 |
| Figura 10- Placas de petri..... | 64 |
| Figura 11- Experimento nos dias 1 e 23 dias..... | 83 |
| Figura 12- Mudas de Alface Regina de Verão em diferentes substratos..... | 92 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1- Atividades desenvolvidas nas propriedades rurais avaliadas. Pelotas 2022. | 34 |
| Tabela 2- Produção agrícola e pecuária de cada propriedade avaliada. Pelotas, 2022. | 35 |
| Tabela 3- Resíduos utilizados na vermicompostagem das quatro propriedades. Pelotas, 2023..... | 49 |
| Tabela 4- Denominação das amostras analisadas. Pelotas, 2022..... | 59 |
| Tabela 5- Caracterização química dos vermicompostos. Pelotas, 2023. | 65 |
| Tabela 6- Índice de Germinação para testes utilizando alface americana, alface Regina de verão, rúcula e pepino. Pelotas, 2023..... | 71 |
| Tabela 7- Resultados da análise da população de bactérias heterotróficas (UFC/g) e de coliformes totais e termotolerante (NMP/g). Pelotas, 2023. | 76 |
| Tabela 8- Formulações dos substratos estudados. Pelotas, 2023. | 81 |
| Tabela 9- Altura da planta (AP), número de folhas (NF), Torrão, raízes, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), Germinação (GER). Pelotas, 2023. | 87 |

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO GERAL..... | 10 |
| 1.1. OBJETIVOS | 12 |
| 1.1.1 Objetivo geral..... | 12 |
| 1.1.2 Objetivo específicos..... | 12 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 13 |
| 2.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e NBR 10.004 | 13 |
| 2.2. Geração de Resíduos sólidos | 17 |
| 2.3. Gerenciamento dos resíduos sólidos | 19 |
| 2.4. Vermicompostagem..... | 21 |
| 2.4.1. Fatores que influenciam o processo de vermicompostagem..... | 22 |
| 2.4.1.1 Umidade | 22 |
| 2.4.1.2 Aeração | 23 |
| 2.4.1.3 Temperatura | 23 |
| 2.4.1.4 Relação C/N | 23 |
| 2.4.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH) | 24 |
| 2.5 Minhocas | 24 |
| 2.6 Avaliação da qualidade do vermicomposto | 25 |
| 2.6.1. Análises químicas | 25 |
| 2.6.2. Análises de fitotoxicidade | 27 |
| 2.6.3. Análises microbiológicas | 28 |
| 2.7. Desempenho agronômico | 29 |
| 3. CAPÍTULO I. Caracterização de propriedades rurais agrícolas familiares quanto à geração e ao gerenciamento dos resíduos sólidos gerados..... | 30 |
| 3.1. Introdução | 30 |
| 3.2. Material e Métodos..... | 32 |
| 3.2.1. Área de estudo | 32 |
| 3.2.2. Coleta de informações..... | 33 |
| 3.3. Resultados e discussão..... | 34 |
| 3.2.1. Caracterização das propriedades rurais | 34 |
| 3.3.2 Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos gerados | 38 |
| 3.3.3. Vermicompostagem nas propriedades rurais agrícolas familiares | 49 |
| 3.4. Conclusões..... | 56 |

| | |
|--|-----------|
| 4. Capítulo II. Avaliação dos vermicompostos produzidos nas propriedades rurais agrícolas familiares..... | 57 |
| 4.1. Introdução | 57 |
| 4.2. Material e métodos | 59 |
| 4.2.1 Análises químicas | 60 |
| 4.2.2 Análises fitotoxicológicas | 61 |
| 4.2.3 Análises microbiológicas | 62 |
| 4.3. Resultados e discussão | 64 |
| 4.3.1. Análises químicas | 64 |
| 4.3.2. Análises fitotoxicológicas | 71 |
| 4.3.3 Análises microbiológicas..... | 76 |
| 4.4 Conclusões..... | 78 |
| 5. Capítulo III. Desempenho agrônômico de mudas de alface utilizando substratos formulados com vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícolas familiares..... | 79 |
| 5.1 Introdução | 79 |
| 5.2 Material e métodos | 81 |
| 5.3 Resultados e discussão..... | 84 |
| 5.4 Conclusões..... | 93 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 94 |
| REFERÊNCIAS..... | 95 |

1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção agrícola está crescendo cada vez mais nos últimos anos devido a necessidade de maior produção de alimentos para suprir as necessidades da população mundial (BUAINAIN, GARCIA, VIEIRA, 2016; MACEDO & JÚNIOR, 2017, SILVEIRA, BEDÊ, NICOMEDES, 2021).

A agricultura familiar é a maior responsável pela produção de alimentos no Brasil e representa 76,8% dos estabelecimentos rurais (IBGE, 2017a; NETO, SILVA, & ARAÚJO, 2020). Em relação à sua extensão, apresenta aproximadamente 80,9 milhões de hectares, o que corresponde a 23% da área total de estabelecimentos agropecuários no país, conforme dados do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (IBGE, 2017b). Segundo dados da Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, o meio rural representa cerca de 15,28% da população no Brasil (IBGE, 2015 citado por SOUZA & NETO, 2023).

Aspectos econômicos e sociais, como o potencial econômico para o consumo, e valores e hábitos de vida da população são fatores que tem contribuído significativamente para o aumento na geração de resíduos sólidos em todo o mundo (GODECKE, NAIME, FIGUEIREDO, 2012; LINO, ISMAIL & CASTAÑEDA-AYARZA, 2023).

Entende-se por resíduos sólidos como todo:

“[...] material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010) ”.

A falta do gerenciamento e tratamentos adequados a esses resíduos podem acarretar em diversos problemas ambientais, como a contaminação do solo, de águas superficiais e subterrânea além da poluição atmosférica, e causar graves problemas de saúde (SILVA *et al*, 2014; LIMA & PAULO, 2018). Por consequência, tem sido observada crescente preocupação por parte da população e da gestão em busca de tecnologias que visam o gerenciamento adequado, razões que justificam a promulgação no ano de 2010 da lei federal nº 12.305/2010, que Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que dispõe sobre seus princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao

gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis.

Dentre os resíduos gerados na área rural pode-se citar restos vegetais, dejetos animais, resíduos domiciliares, entre outros. De acordo com estudo realizado por Rocha *et al.* (2012), foi detectada diversas formas de destinos dados aos resíduos gerados na área rural estudada podendo citar a ação de enterrar, queimar, dispor a céu aberto, reaproveitamento para alimentação animal e utilização como adubo.

A gestão ambiental inadequada no meio rural pode acarretar em impactos ambientais negativos, e por esta razão existe a necessidade de proporcionar o acesso aos agricultores de práticas de gestão ambientalmente corretas com políticas públicas voltadas a essa finalidade como coleta de resíduos perigosos, educação ambiental e infraestruturas de extensão rural que possibilitem a prática de agriculturas alternativas (MATOS, 2019).

A vermicompostagem é uma técnica de degradação e estabilização biológica da matéria orgânica, após a ingestão de resíduos orgânicos por minhocas, sendo o produto da vermicompostagem denominado vermicomposto, sendo que seu uso na agricultura reduz o uso de fertilizantes inorgânicos, favorecendo a sustentabilidade (LIMA *et al.*, 2019). Assim, a utilização de compostos orgânicos pode reduzir custos de produção bem como minimizar impactos ambientais, através do destino final ambientalmente correto dos resíduos (SÁNCHEZ; OSPINA; MONTOYA, 2017).

Para o uso seguro e eficiente, o composto produzido deve estar estabilizado, conter percentuais mínimos de componentes fitotóxicos e contaminantes, além de não possuir patógenos (MASSUKADO, 2008).

A utilização de substratos alternativos na produção de mudas de hortaliças tem aumentado, podendo proporcionar aumento substancial na qualidade das mudas (LIMA *et al.*, 2019).

Considerando que alguns agricultores desenvolvem metodologias próprias de vermicompostagem dos resíduos de suas propriedades, e o fato de não existirem registros de que utilizem técnicas onde cientificamente existe comprovação de terem como produto final um vermicomposto de elevado desempenho agrônômico, existe a necessidade de caracterizar, analisar os vermicompostos produzidos nessas propriedades com o objetivo de comparar suas propriedades químicas e seu valor agrônômico com vermicompostos comerciais existentes no mercado, e com o

resultado obtido avaliar o desempenho da tecnologia utilizada e a necessidade ou não de que sejam aprimoradas as técnicas utilizadas visando melhorar a qualidade e desempenho agrônômico destes vermicompostos.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. Objetivo geral

Caracterizar e avaliar a qualidade dos vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícola familiares, bem como o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados.

1.1.2. Objetivo específicos

- Caracterizar qualitativamente os resíduos sólidos gerados em quatro unidades de agricultura familiar na região que abrange os municípios de Pelotas e Morro Redondo e avaliar o gerenciamento destes nas propriedades rurais;
- Avaliar a estabilização dos vermicompostos através de análises químicas, fitotoxicológicas e microbiológicas;
- Avaliar o desempenho agrônômico de mudas de alface utilizando vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícolas familiares e comparar com um vermicomposto comercial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) e NBR 10.004

A Lei Federal nº 12.305 de 02 de agosto de 2010 institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) que dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis (BRASIL, 2010).

No capítulo II, artigo 3º da PNRS, tem-se conceitos importantes para a gestão e o gerenciamento dos resíduos, onde pode-se destacar a diferenciação entre resíduos e rejeitos, como segue:

XV - rejeitos: resíduos sólidos que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada.

XVI - resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível.

De acordo com a PNRS, os resíduos sólidos são classificados quanto à sua origem e quanto à periculosidade. Quanto à origem, os resíduos são classificados em: domiciliares, de limpeza urbana, sólidos urbanos, de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, de serviços públicos de saneamento básico, industriais, de serviços de saúde, construção civil, agrossilvopastoris, serviços de transportes e mineração. Quanto à periculosidade são classificados em resíduos perigosos e não perigosos (BRASIL, 2010).

Já a NBR 10.004 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) de 2004, classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública podendo estes ser enquadrados nas seguintes classes:

Resíduos classe I- Perigosos: são aqueles que apresentam periculosidade ou características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade.

Resíduos classe II- Não perigosos: subdividem-se em classe IIA e classe II B.

Resíduos II A- não inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I - Perigosos ou de resíduos classe II B - Inertes. Podem ter propriedades, tais como: biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

Resíduos classe II B- inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.

Segundo a NBR 10.004/2004 (ABNT, 2004), a classificação de resíduos envolve a identificação do processo ou atividade de origem aos resíduos assim como de seus constituintes e suas características, comparando com listagens de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente sejam conhecidos.

Outros conceitos, no capítulo II, artigo 3º da PNRS a destacar, são:

VII - destinação final ambientalmente adequada: destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

VIII - disposição final ambientalmente adequada: distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos.

X - gerenciamento de resíduos sólidos: conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei.

O gerenciamento dos resíduos sólidos se caracteriza por uma série de ações a serem desenvolvidas para a destinação final segura dos resíduos que, em função das suas características, considerados os aspectos políticos, sociais e econômicos locais, demandam manejos diferenciados visando a minimização dos impactos ambientais (FIORE, 2013).

Dentre os objetivos da PNRS destacam-se a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; a ordem de prioridade para gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos que deve seguir a sequência de não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como

forma de minimizar impactos ambientais e estímulo à adoção de padrões sustentáveis de produção e consumo de bens e serviços (BRASIL, 2010).

O objetivo central da PNRS não se baseia simplesmente na reutilização ou na reciclagem, mas na busca pelo menor consumo de energia e dos recursos materiais na produção destacando, conforme a PNRS, que somente os rejeitos poderão ser encaminhados aos aterros sanitários e não resíduos com potencial de reaproveitamento (ABRAMOVAY, SPERANZA & PETITGAND, 2013).

O gerenciamento incorreto dos resíduos sólidos pode causar diferentes impactos ao meio ambiente o que indica a necessidade de uma abordagem integrada da gestão destes resíduos (MAIELLO, BRITTO & VALLE, 2018).

São princípios da PNRS: a prevenção e precaução, o poluidor-pagador e protetor-recebedor, visão sistêmica, o desenvolvimento sustentável, a ecoeficiência, a cooperação, a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, o reconhecimento do valor econômico e social dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis, respeito às diversidades locais e regionais, direito à informação e ao controle social, razoabilidade e proporcionalidade (BRASIL, 2010). O princípio de poluidor-pagador oferece bases para que no ambiente legislativo os atores, sejam eles públicos, privados e associativos, devam atuar de forma responsável e compartilhada em direção ao cumprimento das metas da política nacional dos resíduos sólidos buscando a redução do uso de recursos, valorização dos elementos materiais gerados após o consumo, sendo este princípio quem vai definir o significado das responsabilidades pós consumo bem como o alcance da logística reversa em consonância com os fundamentos da atual política brasileira (ABRAMOVAY, SPERANZA & PETITGAND, 2013).

Destacam-se como instrumentos da PNRS a coleta seletiva, os sistemas de logística reversa e outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; a pesquisa científica e tecnológica e a cooperação técnica e financeira entre os setores público e privado para o desenvolvimento de pesquisas de novos produtos, métodos, processos e tecnologias de gestão, reciclagem, reutilização, tratamento de resíduos e disposição final ambientalmente adequada de rejeitos.

No capítulo II, artigo 3º, da PNRS, define-se:

V- coleta seletiva: coleta de resíduos sólidos previamente segregados conforme sua constituição ou composição.

XII - logística reversa: instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento, em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

XVII - responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos: conjunto de atribuições individualizadas e encadeadas dos fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, dos consumidores e dos titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, para minimizar o volume de resíduos sólidos e rejeitos gerados, bem como para reduzir os impactos causados à saúde humana e à qualidade ambiental decorrentes do ciclo de vida dos produtos, nos termos desta Lei.

No âmbito da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, cabe ao titular dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, observado, se houver, o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos estabelecer sistema de coleta seletiva; articular com os agentes econômicos e sociais medidas para viabilizar o retorno ao ciclo produtivo dos resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis oriundos dos serviços de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos; implantar sistema de compostagem para resíduos sólidos orgânicos e articular com os agentes econômicos e sociais formas de utilização do composto produzido (Artigo 36, PNRS).

Segundo o artigo 35 da PNRS sempre que estabelecido sistema de coleta seletiva pelo plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos e na aplicação do art. 33, os consumidores são obrigados a acondicionar adequadamente e de forma diferenciada os resíduos sólidos gerados e disponibilizar adequadamente os resíduos sólidos reutilizáveis e recicláveis para coleta ou devolução (BRASIL, 2010).

De acordo com a PNRS, em seu art. 33, são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens; lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista; produtos eletroeletrônicos e seus componentes. Em seu artigo 25, a PNRS cita que o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das

diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento (BRASIL, 2010).

2.2. Geração de Resíduos sólidos

Segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais – ABRELPE, em 2022, o Brasil gerou aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de RSU, correspondendo a 224 mil toneladas diárias. Embora 61% dos resíduos coletados sejam encaminhados para aterros sanitários, destinação ambientalmente adequada, ainda tem-se volume considerável sendo destinado inadequadamente para lixões e aterros controlados, correspondendo a 39% (ABRELPE, 2022).

Uma pesquisa realizada pela Organização das Nações Unidas, estima que cerca 14% dos alimentos produzidos é perdido entre a colheita e venda, sendo que no caso de frutas e vegetais a perda é ainda maior chegando a cerca de 20% (UNEP, 2021).

O crescimento populacional, o desenvolvimento econômico e tecnológico, consumo e produção de bens, são fatores que tem contribuído no aumento da geração de resíduos (MAROTTI, PEREIRA, PUGLIESI, 2017).

Segundo Gouveia (2012) é necessário reduzir a quantidade de resíduos gerados, educando quanto a melhor forma de descarte e/ou reutilização e impulsionando a implantação da coleta seletiva por parte dos municípios que em sua maioria não a possuem.

Para Gerber, Pasquali e Bechara (2015) há pouca informação compartilhada entre a sociedade e os gestores públicos versando sobre destinação de resíduos sólidos gerados ou seu ciclo de vida, especialmente políticas públicas abrangendo as áreas rurais, o que tende a aumentar o passivo em relação a área rural.

O descarte incorreto de resíduos pode causar proliferação de pragas e doenças além da formação de gases tóxicos que colaboram com o aquecimento atmosférico e chorume que contamina o solo, causando grave dano ambiental (CONDE, STACHIW & FERREIRA, 2014). Os moradores das áreas rurais que não contam com atendimento adequado para o descarte correto dos resíduos, têm como principais

formas de destino à queima e o aterramento dos resíduos gerados nas residências e na produção agrícola, conforme citado por Silva *et al.* (2014).

De todas as cidades consultadas para a Ciclosoft 2023 (total de 1356 cidades), foram feitas análises de forma mais aprofundada nas cidades que responderam ao questionário completo da pesquisa (335 cidades), reduzindo o foco de análise aos 232 municípios que atendem acima de 50% de sua população com coleta seletiva porta a porta. Observou-se que 21,4 milhões de habitantes, o que corresponde a 90,7% da amostra Ciclosoft 2023, são atendidos com coleta seletiva porta a porta pela prefeitura ou agentes vinculados.

A grande quantidade de resíduos gerados das atividades agropecuárias e agroindustriais em função do aumento da produção, causam problemas tanto de ordem econômica e social como ambiental (GASPAR, 2018).

Conforme dados publicados no INPEV (2020) foram gerados 49.980 toneladas de embalagens vazias ou com sobras pós-consumo, o Sistema aumentou em 9,4% o volume destinado em comparação com 2019 e 21,9% no acumulado desde 2018. Desse total, 7% foi incinerado e os 93% ganharam como destino a reciclagem.

Segundo Britzke (2021), em sua pesquisa em relação à geração de resíduos sólidos no meio rural, foi verificado através de entrevistas, que na percepção dos entrevistados os resíduos mais gerados entre os domésticos são o inorgânico plástico e o orgânico, e os resíduos de logística reversa mais gerados são de embalagens de agrotóxicos e de lâmpadas fluorescentes.

Os resíduos domésticos gerados na área rural se assemelham aos gerados no meio urbano, uma vez que os consumos são semelhantes, como exemplo resíduos de embalagens plásticas, de metal, de vidro, papelão, entre outros (GOMES, SILVA & SILVA, 2021).

É necessário conscientizar os moradores da área rural sobre a necessidade de dar um destino ambientalmente correto aos resíduos que produzem, que mesmo sendo em menor quantidade se comparados com o produzido na área urbana são da mesma forma agressivos ao meio ambiente, portanto é necessário que recebam um destino final ambientalmente correto (ROCHA *et al.*, 2012).

2.3. Gerenciamento dos resíduos sólidos

Segundo a PNRS, o gerenciamento de Resíduos Sólidos consiste no conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

O gerenciamento integrado de resíduos sólidos urbanos deve envolver diferentes órgãos da administração pública e da sociedade civil, que devem se envolver em um processo de responsabilidade conjunta, com o intuito de alcançar efetiva redução da geração de resíduos e realizar de forma adequada a coleta, a destinação dos resíduos sólidos de acordo com sua tipologia, e a disposição final dos rejeitos (SILVA *et al.*, 2020).

Para o gerenciamento de resíduos deve ser considerada, inicialmente, a caracterização dos resíduos sólidos gerados a fim de obter um melhor entendimento quanto a quantidade e qualidade dos mesmos, possibilitando propostas mais eficientes de gerenciamento, possibilitando a avaliação de possibilidade de aproveitamento comercial da fração reciclável, e da fração orgânica, por exemplo, para produção de composto orgânico (MENEZES *et al.*, 2019).

A correta destinação destes resíduos torna-se cada vez mais importante e necessária, sendo a vermicompostagem e compostagem excelentes práticas para o tratamento de resíduos orgânicos, que representa a maior quantidade de resíduos produzidos no meio rural (DAL BOSCO *et al.*, 2017). Todos os resíduos orgânicos podem ser compostados como forma de diminuir sua capacidade de poluir ou contaminar o meio ambiente e no final do processo de compostagem repor nutrientes no solo (DOMÍNGUEZ & GÓMEZ- BRANDÓN, 2010).

O estímulo à coleta seletiva é importante, uma vez que o desenvolvimento de novos hábitos contribui na construção de uma sociedade mais consciente e mais comprometida com o meio ambiente (ROCHA *et al.*, 2012).

Segundo o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS) de Pelotas, no ano de 2014, somente 45% dos domicílios rurais são abrangidos pela coleta domiciliar (PMGIRS, 2014). O município de Morro Redondo deixou de apresentar uma taxa de recolhimento de resíduos domiciliares de sua zona

rural, informando apenas que a área urbana tem 100% dos resíduos gerados recolhidos pela coleta domiciliar (SINIR, 2020), já o SINIR (2021), aponta que a zona rural de Pelotas teve 69,85% dos resíduos gerados coletados pela coleta domiciliar enquanto na Zona Urbana o percentual foi de 99,68%.

Uma das formas de os administradores municipais contribuírem com a promoção do desenvolvimento sustentável seria a implementação de políticas no sistema de logística reversa envolvendo lâmpadas fluorescentes, óleos lubrificantes, pilhas, baterias e insumos veterinários, bem como buscar eliminar hábitos incorretos de destinação final dos resíduos domésticos (BRITZKE, 2021).

Segundo o relatório de sustentabilidade do INPEV (2022) 700mil toneladas de embalagens vazias tiveram um destino ambientalmente correto e seu programa de gestão integrada tem novo projeto que estima reciclar 100% das embalagens de produtos agrícolas. Segundo dados do INPEV (2023), cerca 93% das embalagens plásticas comercializadas tem destino ambiental correto, retornando ao ciclo produtivo como matéria prima de outros produtos.

Segundo Godecke & Toledo (2015) na pesquisa realizada sobre a Logística Reversa de embalagens de agrotóxicos em Pelotas, foi encontrado o seguinte resultado:

A pesquisa mostra um sistema de logística reversa organizado e operante, porém percebe-se problemas como: (i) número considerável de embalagens que não retornam para logística reversa; (ii) significativo percentual de embalagens contaminadas recebidas pelas unidades de recolhimento; (iii) entrada de produtos agrotóxicos de forma ilegal no País; (iv) entrada e comercialização de produtos proibidos; (v) comercialização de produtos agrotóxicos sem receituário agrônomo e sem nota fiscal.

Em pesquisa realizada por Bernardi *et al.* (2019), os entrevistados quando questionados sobre separação de resíduos orgânicos e destino dados a estes, em sua maioria responderam que fazem a separação, 65,7% responderam que se utilizam da coleta seletiva para o descarte, o que não corresponde ao esperado uma vez que 57,1% alegaram não dispor de coleta seletiva em seus municípios e que cedem os resíduos gerados a catadores de recicláveis pertencentes a cooperativas especializadas, 17,1% responderam que queimam os resíduos e 8,6 % enterram no solo (BERNARDI *et al.*, 2019).

São diversos os métodos que podem ser utilizados para o tratamento e a destinação ambientalmente correta dos resíduos domiciliares, como a compostagem, vermicompostagem, biodigestão anaeróbica, reciclagem, cada um com custos e

especificidades diferentes sendo necessário a quem utilizá-los avaliar qual se adequa melhor (BALBUENO *et al.*, 2021; PIMENTEL *et al.*, 2020).

Se faz necessária a execução de pesquisas nas áreas rurais tanto com abordagem quantitativa quanto qualitativa dos resíduos gerados para embasados nestes resultados ter a percepção quanto à gestão de resíduos sólidos (BRITZKE, 2021).

2.4. Vermicompostagem

A vermicompostagem é um processo de bio-estabilização de resíduos orgânicos decorrente de ação combinada de minhocas e microrganismos, em um processo rápido e de baixo custo (YUVARAJ *et al.*, 2021; DOMÍNGUEZ & EDWARDS, 2010).

O uso da vermicompostagem tem como vantagem diminuição de custos com o aproveitamento dos resíduos gerados nas propriedades ou adjacências, propiciando uma combinação de resultados positivos não só econômicos como também resultando em uma gestão sustentável dos resíduos produzidos promovendo desta forma a saúde dos ecossistemas e do meio ambiente (OLIVEIRA & SANTOS, 2023). A minhoca vermelha-da-califórnia (*Eisenia foetida* e *Eisenia andrei*) e a noturna africana (*Eudrilus eugeniae*) são as mais utilizadas em processos de vermicompostagem dependentes de um elevado teor de matéria orgânica em sua dieta (AQUINO, OLIVEIRA & LOUREIRO, 2005). As minhocas efetuam a fragmentação e condicionamento de um vermicomposto (DAL BOSCO *et al.*, 2017).

O intestino das minhocas pode secretar diferentes enzimas as quais aumentam o processo de degradação e estabilizam diferentes componentes dos compostos orgânicos (YUVARAJ *et al.*, 2021).

Os excrementos das minhocas são ricos em nutrientes e possuem alta concentração de material orgânico resultante da homogeneização efetuada de fragmentos de matérias orgânica e bactérias que se misturam ao passar por seu sistema digestivo, o que facilita a fácil absorção pelas plantas (MARTÍN & SCHIEDECK, 2015).

O húmus de minhoca favorece maior porosidade, melhor aeração e melhor retenção de água ao solo, e a presença de ácidos húmicos, hormônios ou reguladores

de crescimento favorecem também o aumento do crescimento das plantas (LIM *et al.*, 2015). Os compostos orgânicos quando aplicados ao solo, podem provocar alterações nos atributos físico, químico e biológico, sendo interessante seu uso na produção agrícola pois proporciona o aumento da qualidade do solo e aumento de produtividade, reduzindo também custos de produção (OLIVEIRA *et al.*, 2014).

A Figura 1 mostra o processo de vermicompostagem.



Figura 1- Processo de vermicompostagem
Fonte: Balbinotti, 2023.

2.4.1. Fatores que influenciam o processo de vermicompostagem

2.4.1.1 Umidade

A umidade é um parâmetro que é considerado de grande importância, devendo ser monitorado, pois a água é fundamental para a atividade microbológica. As minhocas das espécies *Eisenia andrei* e *Eisenia fetida*, as mais usadas em vermicompostagem, são resistentes ao manuseio, bastante tolerantes a variação de temperatura e conseguem sobreviver em resíduos orgânicos de diferentes percentuais de umidade (EDWARDS, 1998 citado por MAYER, 2009).

Para Dal Bosco *et al.* (2017), tanto a escassez como o excesso de umidade podem causar a morte das minhocas, devendo estar entre 75 e 90% de umidade. Já para Morselli (2009) citado por Almeida (2011) esta variação deve se situar entre 40 e 50%.

Os excrementos de bovinos e suínos contêm maior umidade em sua composição e demoram mais a entrar em decomposição com relação aos de ovinos, equinos, aves, coelhos e cabras que entram em decomposição mais rapidamente

devido à menor umidade em sua composição, sendo que todos podem ser utilizados em vermicompostagem (MORSELLI, 2001 citado por MACIEL, 2017).

Ao final do processo de vermicompostagem a umidade ideal do vermicomposto é de no máximo de 50% (MAPA, 2020).

2.4.1.2 Aeração

Na compostagem existe a necessidade de aeração do material que está sendo compostado. Já na vermicompostagem não existe esta necessidade uma vez que as minhocas exercem esta função (GUERMANDI, 2015).

De acordo com Bidone e Povinelli (1999) citado por Guermandi (2015) a oxigenação deve ser de no mínimo de 3mg/L, o que é possível com leiras de 30 cm.

2.4.1.3. Temperatura

As minhocas necessitam de que durante processo de vermicompostagem a temperatura se mantenha dentro de uma faixa ideal para sua sobrevivência e reprodução, o que torna a temperatura um parâmetro dos mais importantes dentro do processo. A faixa ideal de temperatura é entre 20 e 25°C, temperaturas inferiores a 10°C tendem a diminuir não só as atividades digestivas mas também as atividades reprodutivas das minhocas causando prejuízo ao processo (ARAÚJO, 2016; LOURENÇO, 2014 citado por DAL BOSCO *et al.*, 2017).

Na vermicompostagem tanto a biooxidação como a estabilização da matéria orgânica se dá por ação das minhocas e de microrganismos sem envolver um estágio termofílico (LIRA-DURAND, 2021).

2.4.1.4 Relação C/N

A relação C/N é um índice utilizado para avaliar os níveis de maturação de substâncias orgânicas e seus efeitos no crescimento de microrganismos heterotróficos (VALENTE *et al.*, 2009). Carbono e nitrogênio são dois elementos fundamentais, onde os microrganismos utilizam o carbono como fonte de energia e o nitrogênio para síntese de proteínas (FOURTI, 2013).

Segundo Lourenço (2010) citado por Pereira (2021), a relação C/N que mais se adapta para a atuação das minhocas no processo de vermicompostagem é de 30/1.

Para carbono inicial disponível de difícil ataque, o uso de uma relação C/N maior é aconselhável. Quando há decréscimo da relação C/N inicial de 35 a 40/1 para 18 a 20/1 no final, caracteriza um avanço no grau de maturação (ALMEIDA, 2011).

Relação C/N, umidade, pH, aeração, granulometria devem estar dentro dos parâmetros adequados para o bom andamento do processo de compostagem (COTTA *et al.*, 2015). Para adequar a umidade e proporcionar uma adequada relação C/N, Guermandi (2015) orienta o uso de materiais estruturantes como palha, capim, serragem e afins.

Segundo a Instrução Normativa nº 61 de 08 de julho de 2020 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, a relação C/N final do vermicomposto deve ser de, no máximo, 20/1 (MAPA, 2020).

2.4.1.5 Potencial hidrogeniônico (pH)

O crescimento das minhocas e em consequência o processo de vermicompostagem podem ser afetados em função do pH (SINGH *et al.*, 2011).

As minhocas toleram ampla variação de pH dos resíduos orgânicos, mas a faixa para melhor desenvolvimento ocorre entre 5,0 e 8,0 (ECKHARDT *et al.*, 2016). Já para Garcia e Zidko (2006) citado por Schubert (2017), o pH deve estar próximo de 7,0, embora as minhocas toleram ambientes com pH entre 5,0 e 9,0.

A normativa nº 61 do MAPA indica que o pH ideal do vermicomposto pronto deve ser de igual ou superior a 6,0 (MAPA, 2020).

2.5. Minhocas

Minhocas são anelídeos e hermafroditas que possuem uma glândula externa (clitelo) onde ocorre a produção dos casulos que abrigam os óvulos fecundados cuja reprodução se dá por meio de cópula e fertilização cruzada, em que cada indivíduo acasalado produz casulos contendo até 20 óvulos fertilizados (DOMINGUEZ & EDWARDS, 2011).

Em virtude de possuírem capacidade natural para colonizar resíduos orgânicos, serem tolerantes a diversos fatores ambientais, possuírem ciclos de vida curto, altas taxas de reprodução, resistência ao manejo e consumirem elevadas taxas de resíduos orgânicos, as minhocas das espécies epígeas apresentam um bom potencial para serem utilizadas em processos de vermicompostagem. Poucas espécies de minhocas

possuem todas estas qualidades, sendo as mais utilizadas no processo de vermicompostagem, as espécies *Eisenia andrei* (Savigny), *Eisenia fetida* (Bouché), *Dendrobaena veneta* (Savigny), e em menor grau *Perionyx excavatus* (Perrier) e *Eudrilus eugeniae* (Kinberg) (DOMINGUEZ & EDWARDS, 2011).

As minhocas, *Eisenia fetida* e *Eisenia andrei* podem viver de 4,5 a 5 anos com um peso médio de 0,55 g na fase adulta podendo alcançar até 2,5 g (SCHIEDECK *et al.*, 2019).

A cada dois ou três dias a minhoca vermelha da Califórnia produz um casulo contendo de 3 a 4 minhocas, o seu ciclo de vida até entrar na fase adulta é de 45 a 50 dias, podendo variar conforme as condições do meio e da criação (SCHIEDECK *et al.*, 2014). Para Dominguez & Edwards (2011) a minhoca atinge maturidade sexual 21 a 30 dias após o nascimento.

A minhoca *Eisenia fetida* comumente chamada de minhocas vermelha da Califórnia ou minhoca do esterco é a mais utilizada para a produção de vermicomposto (GUERMANDI, 2015).

Algumas espécies de minhoca só transformam resíduos orgânicos em material estabilizado se já encontrarem estes resíduos em estágios adiantados de decomposição enquanto que a espécie *Eisenia fetida* tem habilidade de converter os resíduos em estágios menos avançados (COTTA *et al.*, 2015). De acordo com Gunadi *et al.* (2002) citado por Cotta *et al.* (2015) muitos estudos têm sido feitos com resíduos frescos, no entanto o grau de estabilização e a pré-compostagem dos resíduos são fatores importantes para melhorar a qualidade e adequação dos resíduos para a vermicompostagem.

2.6. Avaliação da qualidade do vermicomposto

2.6.1. Análises químicas

A Instrução Normativa nº 61 do MAPA determina regras sobre definições exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura (MAPA, 2020). O capítulo II desta versa sobre a classificação, exigências, especificações e garantias, do registro de produto, isenções de registro de produto e autorizações e

traz em seu artigo 3º a forma como os fertilizantes orgânicos simples, compostos e organominerais são classificados conforme a matéria-prima utilizadas na sua produção, como segue:

I - Classe “A”: produto que utiliza, em sua produção, matéria-prima gerada nas atividades extrativas, agropecuárias, industriais, agroindustriais e comerciais, incluindo aquelas de origem mineral, vegetal, animal, lodos industriais e agroindustriais de sistema de tratamento de águas residuárias com uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resíduos de frutas, legumes, verduras e restos de alimentos gerados em pré e pós-consumo, segregados na fonte geradora e recolhidos por coleta diferenciada, todos isentos de despejos ou contaminantes sanitários, resultando em produto de utilização segura na agricultura; e,

II - Classe “B”: produto que utiliza, em sua produção, quaisquer quantidades de matérias-primas orgânicas geradas nas atividades urbanas, industriais e agroindustriais, incluindo a fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos da coleta convencional, lodos gerados em estações de tratamento de esgotos, lodos industriais e agroindustriais gerados em sistemas de tratamento de águas residuárias contendo qualquer quantidade de despejos ou contaminantes sanitários, todos com seu uso autorizado pelo Órgão Ambiental, resultando em produto de utilização segura na agricultura.

Conforme artigo 5º desta normativa, os teores de macronutrientes primários, macronutrientes secundários e micronutrientes dos fertilizantes orgânicos e biofertilizantes devem ser expressos como:

I - Macronutrientes primários: Nitrogênio (N), Fósforo (P₂O₅) e Potássio (K₂O);

II - Macronutrientes secundários: Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e Enxofre (S); e, III - micronutrientes: Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Molibdênio (Mo), Níquel (Ni), Selênio (Se), Silício (Si) e Zinco (Zn).

De acordo com o Art. 8º, os fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos para aplicação no solo devem atender as características:

I - Para os fertilizantes orgânicos simples sólidos; Húmus de minhoca, umidade máxima (%) 50%, pH ≥ 6, Carbono (mínimo %) 10%, nitrogênio total (mínimo %) 0,5%.

II - Para os fertilizantes orgânico misto e orgânico composto sólidos;

III - Para os fertilizantes orgânicos simples, mistos e compostos fluídos:

a) carbono orgânico: mínimo de 3% (três por cento), b) macronutrientes primários, conforme declarado no processo de registro pelo fabricante ou importador; c) macronutrientes secundários e micronutrientes, quando garantidos no produto, seus teores mínimos devem atender o disposto na alínea “a” do Inciso IV do art. 9º desta Instrução Normativa; § 1º Os produtos de que trata esse artigo, para serem comercializados ou expostos à venda, devem estar estabilizados. § 2º Para o caso da vinhaça não se aplica a umidade máxima e é obrigatória a declaração do teor de potássio.

A qualidade e maturidade de um composto e/ou vermicomposto é conhecida através das análises químicas (VIONE *et al.*, 2018).

2.6.2. Análises de fitotoxicidade

Segundo Campitelli & Ceppi (2008) para a determinação da qualidade de compostos e vermicompostos, todos os parâmetros referentes a qualidade devem ser avaliados, considerando características físicas, químicas e biológicas, pois sua qualidade não depende de apenas um único parâmetro.

A avaliação da fitotoxicidade de compostos é importante a fim de evitar riscos ambientais, uma vez que a aplicação de compostos não maturados no solo mostraram efeitos negativos na germinação de sementes e no crescimento e desenvolvimento de plantas (TIQUIA, TAM & HODGKISS, 1996).

A medida do índice de germinação (IG) em testes de fitotoxicidade indicam a presença ou não de compostos fitotóxicos (DEVESA-REY *et al.*, 2008). Espécies bioindicadoras são organismos que apresentam sensibilidade a mudanças no meio e respondem a estes estímulos antropogênicos (SANTOS *et al.*, 2021).

Conforme Santos (2011) é mais fácil mensurar efeito de vários estressores em plantas, que tendem a restringir seu desenvolvimento e sobrevivência, do que em animais já que as plantas possuem maiores níveis de plasticidade fenotípica.

Sementes de Alface (*Lactuca Sativa L.*), cenoura (*Daucus carota L.*), tomate (*Solanum lycopersicum L.*), pepino (*Cucumis sativus L.*), rabanete (*Raphanus sativus L.*), pimentão (*Capsicum annuum L.*), entre outros tem sido usadas para testes de fitotoxicidade, apresentam vantagens como dar uma resposta rápida sobre a toxicidade para a avaliação dos efeitos causados por substâncias tóxicas presentes em diversos compostos sobre outros organismos utilizados como teste, além de serem de simples e confiáveis (KOMILIS & TZIOUVARAS, 2009; BELO, 2011).

O teste de fitotoxicidade são de simples realização e trazem como vantagem o seu baixo custo além de sua sensibilidade para indicarem a existência de substâncias tóxicas (PEDUTO, JESUS & KOHATSU, 2019).

Diversos experimentos vem sendo feitos utilizando como bioindicadores diversas espécies de hortaliças, cereais e flores como por exemplo: *Allium cepa*, *Lactuca sativa*, *Lepidium sativum*, *Eruca sativa*, *Cucumis sativus*, *Nasturtium officinale L.*, *Armeria maritima*, *Lolium perene*, *Sinapis alba*, *Solanum lycopersicum*, e outras, vem sendo usado em experimentos com o uso de variadas metodologias (BEDELL *et al.*, 2014; BELO 2011; KOHATSU *et al.*, 2018; KOMILIS & TZIOUVARAS, 2009; NASCIMENTO *et al.*, 2022; PEDUTO, JESUS & KOHATSU, 2019).

Os vegetais que apresentarem germinação em grau superior a 80% em compostos orgânicos, indicam que estes se encontram maturados e livres de fitotoxicidade (TIQUIA, 2010).

2.6.3. Análises microbiológicas

Para o uso seguro do composto, este deve apresentar critérios de sanitização relacionados a patógenos humanos como *Salmonella* e coliformes fecais (CAMPITELLI & CEPPI, 2008).

A Instrução Normativa SDA nº 27, 05 de junho de 2006, alterada pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016 e republicada em 02/05/2016, apresenta os valores máximos permitidos quanto a presença de microrganismos potencialmente patogênicos tais como *Escherichia coli* e *Salmonella sp.*, sendo o máximo permitido para coliformes termotolerantes de 1.000,00 NMP/g e para *Salmonella sp.*, ausência em 10g de matéria seca (BRASIL, 2016).

Escherichia coli é uma bactéria presente no trato de animais, em seus dejetos, comumente encontrada como contaminante do solo, água e plantas, e a *Salmonella spp* é também uma bactéria encontrada largamente no solo, água, esterco de animais com capacidade de causar desde intoxicações alimentares, infecções e em alguns casos a morte do indivíduo (BASTOS, 2006).

Estercos de animais, como de bovinos e ovinos, concentram número significativo de microrganismos patogênicos, os quais podem ser reduzido até o final do processo de vermicompostagem (SILVA *et al.*, 2011b).

A *Escherichia coli* é uma bactéria da família *Enterobacteriaceae*, encontrada no trato intestinal de muitos animais que por suas características tem capacidade de causar a fermentação da glicose cuja fermentação produzindo ácido e gás, podendo na maioria dos casos também fermentar a lactose (KASNOWSKI, 2004). A presença de *E. coli* pode ser usada como indicador no monitoramento da redução de patógenos em esterco animais submetidos a processo de degradação (AMARAL *et al.*, 2004).

A salmonelose é uma doença causada pela *Salmonella spp* que afeta a população mundial e é transmitida pela ingestão de alimentos contaminados, especialmente carne de aves e produtos avícolas (FILHO *et al.*, 2014a).

Segundo Maffei *et al.* (2016) pode existir contaminação microbiológica de vegetais produzidos pelos sistemas de cultivo convencional e orgânico, embora

estudos tenham indicado que produtos orgânicos podem representar um risco maior em relação aos produtos cultivados convencionalmente, isto não é universal entre os estudos. Diversos estudos realizados em diferentes países comparando a qualidade microbiológica de amostras produzidas em sistema orgânico e convencional tem mostrado resultados contraditórios, enquanto uns mostram maiores contaminações da produção orgânica, outros estudos não (MAFFEI *et al.*, 2016).

2.7. Desempenho agrônômico

A alface (*Lactuca sativa L.*) é uma hortaliça folhosa de elevado consumo no Brasil (ECHER *et al.*, 2016; DEMARTELAERE *et al.*, 2020). A alface é originária de regiões de clima temperado, as cultivares existentes, apresentam bom desenvolvimento vegetativo em temperaturas amenas, porém se submetidas a temperaturas elevadas o pendoamento pode ocorrer de forma precoce produzindo plantas menores (HENZ & SUINAGA, 2009).

Segundo Sala e Costa (2012) citado por Oliveira (2022), a alface (*Lactuca sativa*) é uma herbácea de pequeno porte com folhas que se prendem ao caule podendo ser lisas ou crespas, formar ou não cabeças além de se apresentar em cores diversas em tons verde amarelados ou roxo.

O desempenho final das plantas em canteiros de produção é influenciado pelo uso de mudas de qualidade e que pode ser obtido pelo uso de compostos orgânicos como base para a formulação de substratos, que melhoram as características físicas, químicas e biológicas do solo, e influem na manutenção do sistema radicular da planta e fornecimento de água e nutrientes (TESSARO *et al.*, 2013).

Para Lima *et al.*, (2019) substratos obtidos através da mistura de vermicomposto com serragem e casca de arroz podem ser usados em substituição ao substrato comercial para a produção de mudas de rúcula e alface.

Os substratos devem apresentar características físicas, químicas e biológicas adequadas para promover o pleno crescimento das raízes e da parte aérea, onde pode-se citar, dentre as características desejáveis, o teor e a disponibilidade de nutrientes, retenção de umidade, boa agregação às raízes e uniformidade, sendo vermicomposto um material com potencial a ser usado como substrato para o desenvolvimento de plantas (FAVARIN, UENO & OLIVEIRA, 2015).

3. CAPÍTULO I. Caracterização de propriedades rurais agrícolas familiares quanto à geração e ao gerenciamento dos resíduos sólidos gerados

3.1. Introdução

A produção agrícola vem crescendo nos últimos anos, sendo produzidos 258,9 milhões de toneladas de cereais, leguminosas e oleaginosas no ano de 2022, representando um acréscimo de 2,3% em comparação ao ano anterior (IBGE, 2022a). De acordo com o Censo agropecuário, realizado em 2017, existem no Brasil cerca de 365.094 estabelecimentos agropecuários ocupando uma área de 21,7 milhões de hectares, sendo que no Rio Grande do Sul a agricultura familiar é desenvolvida em cerca de 25% da sua área agricultável (IBGE, 2017 citado por FEIX, JÚNIOR & BORGES, 2021).

A cidade de Pelotas, no Estado do Rio Grande do Sul, possui população rural de aproximadamente 23.235 habitantes, e conta com aproximadamente 2.697 propriedades rurais, sendo as principais culturas agrícolas a soja, milho, arroz, fumo e pêsego (SEBRAE, 2020). Já no município de Morro Redondo, localizado a 46 Km de Pelotas, tem-se aproximadamente 3.789 habitantes no meio rural, 485 propriedades rurais, sendo as principais culturas a soja, milho, pêsego, batata-inglesa e feijão (SEBRAE, 2020).

A crescente demanda por alimentos e conseqüentemente o aumento das atividades agropecuárias, acarreta na geração de resíduos sólidos, que se não manejados de forma correta podem causar impactos negativos ao meio ambiente e à saúde humana (ANDREAZZI, SANTOS & LAZARETTI, 2015; VINTI *et al.*, 2023). Diversos fatores influenciam a exposição humana e em vista disto, é importante considerar a relação entre as potenciais fontes de exposição e as diferentes práticas de tratamento e disposição adotadas (VINTI *et al.*, 2023).

Na zona rural são gerados diversos tipos de resíduos, como os orgânicos, os recicláveis como plásticos, metais, vidros, papéis, embalagens de insumos agropecuários, têxtil, de higiene pessoal, entre outros (ANWAR *et al.*, 2018; LIMA & PAULO, 2018; FREIRE *et al.*, 2016). Importante destacar que muitas localidades apresentam carência de atendimento do sistema de coleta de resíduos que, conforme citado por Lima & Paulo (2018) está disponível a 92,2% da população enquanto que quando considerado somente a área rural este índice cai para 27%, evidenciando a

necessidade de incluir a área rural no planejamento por parte da municipalidade. As zonas rurais tendem a encontrar dificuldades na destinação dos resíduos, uma vez que a coleta seletiva nem sempre é realizada (MÜHL *et al.*, 2016).

Segundo o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2019), a precariedade dos sistemas de coletas nas áreas rurais se dá em função da sua posição geográfica afastada dos centros urbanos que as torna de difícil acesso.

A coleta ineficiente de resíduos nas áreas rurais é um dos fatores que tem levado a práticas inadequadas como a de enterrar ou queimar os resíduos gerados, o que pode causar contaminação do ar, da água, riscos de incêndios, entre outros (CERETTA, SILVA & ROCHA, 2013). Outro fator que pode contribuir para isto é a falta de informações para os moradores rurais das formas corretas de destinação (MÜHL *et al.*, 2016).

Neste sentido, a busca e adoção de melhores técnicas para o adequado gerenciamento destes resíduos se faz necessária visando minimizar impactos ambientais o qual pode ser alcançado através de uma ação interdisciplinar envolvendo aspectos políticos, geográficos, planejamentos locais e regionais, demografia, entre outros (ANWAR *et al.*, 2018; SILVA, TAGLIAFERRO & OLIVEIRA, 2021).

Para Bernardi *et al.* (2019) as ações ambientais, sociais e de saúde, bem como de conscientização da população rural devem ser alvo de atenção especial por parte das autoridades responsáveis por estas questões.

A Gestão integrada de resíduos sólidos é o conjunto de ações que busca encontrar soluções para os resíduos sólidos, de maneira que considere as dimensões econômica, política, ambiental, cultural e social, com o objetivo de alcançar o desenvolvimento sustentável (BRASIL, 2010). Neste sentido, no ano de 2010 foi instituída no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) norteando princípios, objetivos, instrumentos econômicos aplicáveis e diretrizes a serem seguidos para o gerenciamento dos resíduos sólidos no País, em todas as suas etapas, desde a geração até a disposição ambientalmente correta, estipulando ainda responsabilidades aos geradores e ao poder público (BRASIL 2010).

Para planejar e otimizar a gestão dos resíduos sólidos se faz necessário conhecer quais são os resíduos gerados através do estudo de caracterização destes resíduos (VILLALBA *et al.* 2019).

O sistema ideal de gestão e gerenciamento dos resíduos deve buscar a minimização de impactos ambientais, a recuperação de materiais e energia, através da otimização de processos em termos de tecnologia e de redução de custos a fim de alcançar a sustentabilidade (ANWAR *et al.*, 2018).

O baixo custo para tratamento de resíduos e o fato de não ser poluente faz da vermicompostagem uma técnica favorável para ser usada na redução dos impactos ambientais (SCHUBERT, 2017). E buscando diminuir este custo vem sendo investido a pesquisa de métodos de aproveitamento de restos de culturas oriundos da propriedade para a produção de um fertilizante que além de diminuir custos tenha um bom desempenho agrônômico atuando ainda na melhora da qualidade do solo.

Embora a educação ambiental contribua favoravelmente para o desenvolvimento sustentável, possibilitando a valorização dos recursos naturais sem degradá-los, este é um recurso que carece ser melhor difundido (TOLFO, 2011).

Conforme Amoah *et al.* (2023) existe carência de pesquisas em temas que envolvam preferencialmente o gerenciamento de resíduos sólidos no meio rural.

O estudo a nível de município em função de sua geração de resíduos sólidos rurais, se faz necessário, para que se tenha um bom planejamento para com estes resultados contribuir de forma eficaz para a preservação das fontes de matéria prima, economia de energia, vida útil dos aterros sanitários, e desta forma reduzindo custos na disposição final dos resíduos gerados (ALAN & KÖKER, 2023; GERBER, PASQUALI, BECHARA, 2015).

Em vista disto, o presente estudo teve como objetivo caracterizar qualitativamente os resíduos sólidos gerados em quatro unidades de agricultura familiar na região que abrange os municípios de Pelotas e Morro Redondo e avaliar o gerenciamento destes nas propriedades rurais.

3.2. Material e Métodos

3.2.1. Área de estudo

O estudo foi realizado em quatro propriedades rurais agrícolas familiares sendo três localizadas no interior do município de Pelotas - RS e uma no município de Morro Redondo – RS (Figura 2). Foram escolhidas duas propriedades de produção orgânica e duas de produção convencional de hortaliças, denominadas:

- P1: localizada na Cascatinha com área de 2 hectares (agricultura convencional);
 P2: localizada no Monte Bonito com área de 6 hectares (agricultura orgânica);
 P3: localizada na Sanga Funda com 6,5 hectares (agricultura convencional);
 P4: localizada no Morro Redondo com área 35,5 hectares (agricultura orgânica).

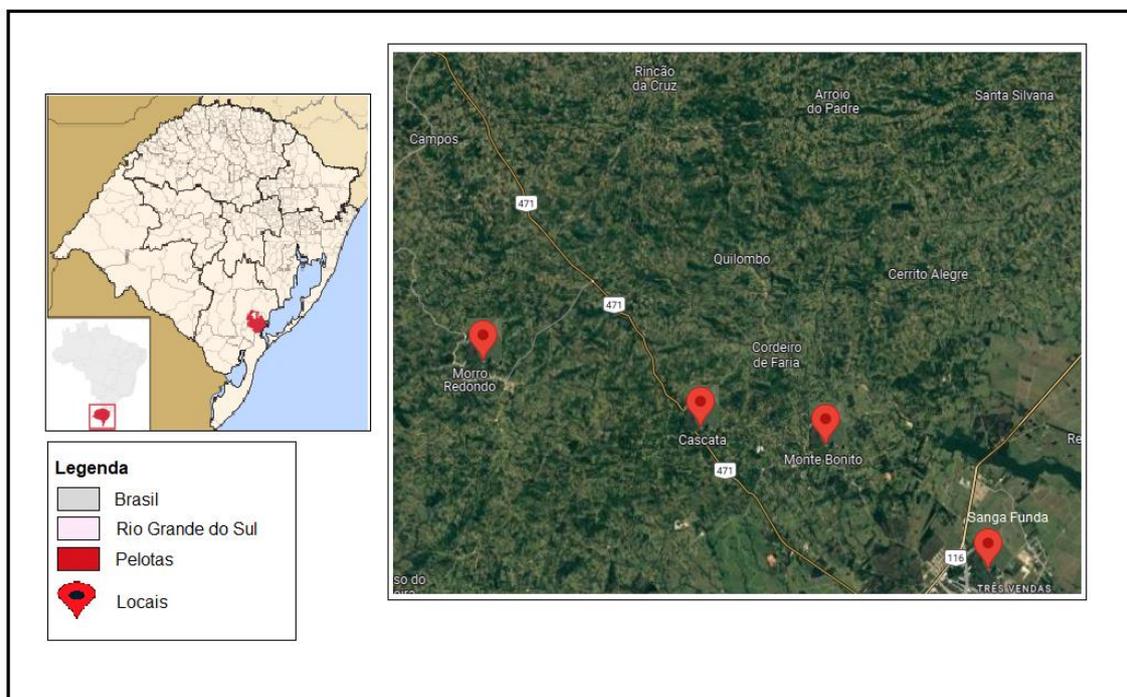


Figura 2- Localização das quatro propriedades agrícolas familiares avaliadas.
 Fonte: Balbinotti, 2022.

3.2.2. Coleta de informações

As propriedades avaliadas foram escolhidas de acordo com a disponibilidade de produção de vermicompostos. Para a composição do estudo foi inicialmente realizado o levantamento da produção agrícola nas quatro propriedades rurais familiares.

Para a elaboração do diagnóstico, foram agendadas e realizadas visitas nas propriedades, de acordo com a disponibilidade dos agricultores, e realizadas entrevistas com aplicação de questionário para coleta de informações. O questionário do tipo semiestruturado, com perguntas abertas e fechadas, foi elaborado contendo 55 perguntas e estruturado em diferentes tópicos, a fim de obter informações a respeito dos dados gerais da propriedade, tipos de resíduos gerados na propriedade, formas adotadas de destinação dos resíduos, e práticas e resíduos utilizados no processo de vermicompostagem.

Durante a aplicação do questionário aos agricultores, solicitamos permissão para realizar uma visita a propriedade com a finalidade de observar, os resíduos gerados, a forma de acondicionamento dos resíduos em geral e dos resíduos de embalagens de agrotóxicos, suas produções e local onde é realizada a vermicompostagem. Nas visitas, também observamos as formas de gerenciamento dos resíduos sólidos gerados tanto na área agrícola quanto domiciliar. Foram feitos alguns registros fotográficos, quando permitidos pelos agricultores, e anotações com relação ao que estava sendo visualizado durante a visita.

3.3. Resultados e discussão

3.3.1. Caracterização das propriedades rurais

A caracterização das propriedades é de fundamental importância para que se tenha uma dimensão da capacidade de produção, geração de trabalho para uma família de agricultores, do benefício econômico, dos tipos de resíduos gerados, das formas de utilização e/ou descarte e sobretudo para obter um parâmetro para análise da metodologia a ser utilizada no estudo que se propõe a ser realizado nas propriedades.

As propriedades rurais visitadas além da agricultura convencional ou orgânica ainda exploram outras atividades como a criação de animais, produção de leite, agroindústrias de produção de panificados, rapadura e sucos, turismo rural e atividades esportivas, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1- Atividades desenvolvidas nas propriedades rurais avaliadas. Pelotas 2022.

| Propriedades rurais | Produção | Atividades |
|----------------------------|-----------------|--|
| P1 | Convencional | Produção convencional de frutíferas, Agroindústria de produção de sucos e turismo rural. |
| P2 | Orgânica | Produção orgânica de hortaliças, temporária de milho, feijão e criação de animais. |
| P3 | Convencional | Produção convencional de hortaliças, temporária de milho, criação de animais, turismo rural e esporte. |
| P4 | Orgânica | Produção orgânica de hortaliças, criação de animais, inseminação, leiteira, Agroindústria de produção de pães e rapaduras, e fruticultura. |

Abreviações: P1: Propriedade 1; P2: Propriedade 2; P3: Propriedade 3 e P4: Propriedade 4.

Fonte: Balbinotti, 2022.

Em relação as atividades desenvolvidas, as propriedades possuem produção agrícola e pecuária, com exceção da P1 que não investe no setor pecuário (Tabela 2). Na produção agrícola são utilizados pela P1 mudas, adubos orgânicos e caldas, a P2 utiliza sementes, mudas e adubos orgânicos, a P3 utiliza mudas, fungicidas, herbicidas, agrotóxicos e fertilizantes orgânicos e a P4 utiliza sementes, mudas, fertilizantes orgânicos e caldas naturais.

Tabela 2- Produção agrícola e pecuária de cada propriedade avaliada. Pelotas, 2022.

| Propriedade rural | Agrícola | Pecuária |
|--------------------------|---|--|
| P1 | Abacaxi, araçá amarelo e vermelho, amora, bergamota, butiá, caqui, figo goiaba, guabiju ingá, jabuticaba, laranja, limão, pêssego, pitanga, romã, Uva e uvaia. | - |
| P2 | Abóbora Madura, Alface, alho, batata, batata-doce, beterraba, brócolis, cebola, cenoura, chuchu, couve, couve-flor, ervilha, espinafre, feijão-vagem, feijão melancia, melão, milho-verde, moranga, morango, mostarda, pepino, pimentão, rabanete, rúcula, tempero verde, tomate, feijão e milho | Bovino, suíno, aves, abelhas. |
| P3 | Espinafre, cebolinha, salsa, couve e milho. | Bovino, equino, aves, peixes, abelhas. |
| P4 | Abóbora madura, abobrinha, alface, alho, alho-porró, almeirão, amora, batata, batata-doce, bergamota, berinjela, beterraba, brócolis, cebola, cenoura, cheiro-verde, chicória, chuchu, couve, couve-flor, ervilha, espinafre, feijão-vagem, laranja, maçã, melão, milho-verde, moranga, morango, mostarda, nabo, pepino, pimenta dedo-de-moça, pimentão, quiabo e rabanete. | Bovino, suíno, ovino, caprino e aves. |

Abreviações: P1: Propriedade 1; P2: Propriedade 2; P3: Propriedade 3 e P4: Propriedade 4.

Fonte: Balbinotti, 2022.

Conforme citado por Vieira *et al.* (2014) além da alimentação ser uma necessidade básica dos humanos, cujos nutrientes propiciam um desenvolvimento saudável, a alimentação também representa a cultura e a identidade de um povo, e, portanto, identificam a história de um povo. Segundo a Food and Agriculture Organization (FAO), a agricultura familiar é a forma de agricultura que mais prevalece no mundo, estimando a ocupação de cerca de 70-80% das terras agrícolas com uma produção equivalente a 80% dos alimentos em termos de valor (FAO, 2014).

Em relação as áreas das propriedades que são utilizadas economicamente, a P1 e P3 consideram que toda propriedade é aproveitada economicamente, a P1 explora agrofloresta, pomar e agroindústria, a P3 considera toda pois o turismo rural e esporte também fazem parte da área aproveitada economicamente, já a P2 e P4 não consideram toda propriedade aproveitada economicamente devido a mata nativa. As propriedades P2, P3 e P4 possuem bovinos de leite, de corte, aviários, suínos, ovinos, caprinos, peixes e a exploração de apiários. Segundo Soares *et al.* (2018) a criação de animais pode ser uma fonte de renda complementar para os agricultores familiares.

A comercialização dos produtos oriundos das atividades agrícolas e pecuárias das propriedades é realizado principalmente em eventos, feiras, cooperativas e supermercados. A P1 comercializa seus produtos agroindustriais em eventos e pontos comerciais no município de Pelotas; a P2 comercializa em feiras e cooperativas agroecológicas; P3 em um supermercado de Pelotas, e a P4 em feiras agroecológicas. Os agricultores buscam se organizar baseados em um sistema de cooperação para melhor comercialização de sua produção (PINTO *et al.* 2012).

As propriedades são gerenciadas e trabalhadas pelo núcleo familiar, buscando o serviço de terceiros em épocas de safra. Observou-se que nas propriedades avaliadas a liderança é exercida pelo chefe da família, assessorado por sua esposa ou esposa e filhos, utilizando mão de obra de terceiros somente nas propriedades P1 que possui uma agroindústria e além da família, contrata de duas a três pessoas em período de safra e a P4 que possui leiteira e setor de panificação onde contrata o serviço de duas pessoas não pertencentes ao núcleo familiar.

Vale salientar que as propriedades são administradas pelos mesmos proprietários há mais de quinze anos. Conforme Bittencourt (2020) o agricultor

mantém um vínculo moradia e local de trabalho com suas terras e outros meios de produção, buscando conquistar o bem-estar da sua família e participar do mercado de oferta de alimentos.

Quanto a estrutura física das propriedades, casas de moradias e galpões, a P1 é dotada de uma casa de alvenaria e um galpão geral, a P2 possui uma casa de alvenaria, cocheira/estrebria, aviário, galpão de máquinas, galpão geral, galpão para grãos e feno, P3 possui uma casa de alvenaria/madeira, aviário, galpão de máquinas, galpão geral e galpão para lazer, e a P4, possui uma casa de alvenaria, cocheira/estrebria, aviário, galpão de máquinas e galpão geral.

Todos os proprietários responderam que possuem energia elétrica, fossa séptica, instalações sanitárias, telefone e internet. Segundo o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2020) a internet facilita o acesso às informações, bem como a transmissão de informações que facilitam a comunicação mais rápida dos produtores rurais. Para Silva *et al.* (2011a) através da sua pesquisa em uma comunidade rural foi obtido como resultado de que televisão, telefone celular, liquidificador, geladeira, ventilador e aparelho de DVD foram os eletroeletrônicos mais encontrados nas famílias avaliadas.

Já em relação a disponibilidade de água a P1 possui fonte natural (vertente), a P2 também possui fonte natural, a P3 fonte natural da mesma forma (cacimba) e P4 possui fonte natural (açude), além disso todas as propriedades possuem sistema de irrigação. A água é de fundamental importância para o abastecimento público, dessedentação dos animais, irrigação, higienização, entre outros (SANTOS, 2022).

Quanto a disponibilidade de máquinas e implementos utilizado nas propriedades foi constatado que a P1 possui roçadeira, gerador e aquecedor de água, a P2 tratores, plantadeiras tração animal, arado tração mecânica, arado tração animal, grade rotativa e roçadeira, a P3 possui tratores, pulverizador, arado tração mecânica, grade trator e disco nivelador, e a P4 tratores, plantadeiras tração mecânica, pulverizador manual, arado tração mecânica, capinadeira mecânica, capinadeira rotativa e ensiladeira. A presença de maquinários é um dos aspectos positivos que se apresentam quando se analisa uma lavoura, sendo a modernização e aquisição de equipamentos viabilizada pelos sistemas de créditos agrícolas, o que possibilita melhor produção (MORAES & BEZZI, 2011).

3.3.2. Diagnóstico do gerenciamento dos resíduos gerados

Em relação aos resíduos sólidos gerados nas quatro propriedades rurais, considerando os domiciliares e nas áreas de produção agrícola, pecuária e agroindústrias, verificou-se a geração de diversas tipologias de resíduos, entre eles orgânicos e inorgânicos (papéis/papelão, vidros, metais e plástico), resíduos da logística reversa como pilhas e baterias, lâmpadas e embalagens de agrotóxicos, óleo lubrificante, medicamentos, insumos veterinários, entre outros (Quadro 1).

A fim de avaliar a percepção quanto aos resíduos, os agricultores foram questionados sobre quais resíduos eles acreditavam que eram gerados em maior quantidade na sua propriedade, os quais responderam ser os resíduos orgânicos provenientes da agroindústria (P1), orgânicos em geral (P2), orgânicos provenientes da produção agrícola (P3), e orgânicos e embalagens provenientes da residência e da fabricação de pães (P4).

Em relação a segregação, foi constatado que somente a P1 e a P4 realizam a separação dos resíduos em diferentes categorias. Na P1 os resíduos são segregados em orgânicos, recicláveis e demais resíduos, sendo os recicláveis acondicionados separadamente (papel, vidro, plástico e metal), em sacos plásticos, bombonas e caixas plásticas. Estes são armazenados em área coberta até o momento da disponibilização para a coleta. A P4 utiliza sacos plásticos e tambores como forma de acondicionamento, sendo os resíduos armazenados em galpão. A P2 e P3 não realizam a segregação, descartando os resíduos de forma misturada em sacolas plásticas armazenadas dentro das residências ou em galpões ou simplesmente descartando a campo aberto antes de serem queimados ou enterrados.

Quadro 1- Resíduos gerados e formas de destinação. Pelotas, 2022.

| Resíduos gerados | Destinação | | | |
|--|------------------|---------------------------------------|--------------------------|--|
| | P1 | P2 | P3 | P4 |
| Restos de alimentos do preparo das refeições | Vermicompostagem | Alimentação animal e vermicompostagem | Alimentação animal | Alimentação animal |
| Resíduos orgânicos da atividade agrícola | Vermicompostagem | Vermicompostagem | Aplicação direta no solo | Alimentação animal |
| Estercos animais | Não gera | Vermicompostagem | Vermicompostagem | Vermicompostagem |
| Folhas, galhos e grama | Vermicompostagem | Vermicompostagem | Aplicação no solo | Aplicação no solo |
| Óleo de cozinha | Não gera | Alimentação animal | Não gera | Alimentação animal |
| Vidro | PEV | Doação | Queima | Doação |
| Plástico | PEV | Coleta Convencional | Queima | Coleta Seletiva ou convencional |
| Metal | PEV | Venda | Venda | Doação |
| Papel/Papelão | PEV | Coleta Convencional | Queima | Coleta Seletiva ou convencional |
| Eletrônicos | PEV | Coleta convencional | Queima | PEV |
| Pneus | PEV | Artesanato | Artesanato | Não gera |
| Pilhas e baterias | PEV | Coleta Convencional | Queima | PEV |
| Lâmpadas | PEV | Coleta Convencional | Queima | PEV |
| Óleo lubrificante | Não gera | Pintura em madeira ou enterra | Pintura em madeira | Armazenamento em Galpão acondicionado em galão |
| Embalagens de agrotóxicos | Não gera | Não gera | Logística reversa | Não gera |

| | | | | |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|----------|--------------------------------|
| Medicamentos | Doação | Enterra | Queima | Doação |
| Medicamentos veterinário | Não gera | Enterra | Queima | Armazenamento em Galpão |
| Resíduos de produtos de higiene | Coleta Convencional | Coleta Convencional | Queima | Coleta Seletiva e convencional |
| Peças descartadas | Não gera | Venda | Doação | Armazenamento em Galpão |
| Panos | Não gera | Coleta Convencional | Não gera | Armazenamento em Galpão |

Abreviações: PEV: ponto de entrega voluntária.

P1: Propriedade 1; P2: Propriedade 2; P3: Propriedade 3; e P4: Propriedade 4.

Fonte: Balbinotti, 2022.

A Figura 3 mostra alguns dos resíduos gerados e formas de acondicionamento, armazenamento e descarte deste nas propriedades.



Figura 3- Resíduos gerados nas propriedades
Fonte: Balbinotti, 2022.

Em relação ao atendimento quanto ao serviço de coleta municipal dos resíduos, foi constatado que as propriedades P1 e P2 contam com coleta convencional e apenas a P4 dispõe de coleta convencional e seletiva. A coleta ocorre normalmente uma vez na semana. A P3 é a única não atendida com a coleta, e por esse motivo conforme relatado pelo agricultor não realiza a separação dos resíduos na propriedade, e como consequência queimam esses resíduos. Pesquisas mostram que a maioria dos entrevistados alegam não haver coleta que favoreçam suas propriedades, o que é fator preocupante no meio rural e deve existir uma maior preocupação do poder público no tocante ao gerenciamento destes resíduos (SILVA *et al.*, 2014 ARAÚJO *et al.*, 2016). Dados do IBGE apontam que 59,6% dos resíduos do meio rural são queimados pela falta de coleta pública (IBGE, 2010 citado por KOMATSU, SANTOS & SOUSA, 2019). Cerca de 15,7 milhões de habitantes sem coleta domiciliar na área rural correspondem a 48,9% da população rural do país (SNIS, 2019). O sistema de coleta rural é ineficiente, os resíduos são descartados de forma incorreta no meio ambiente, são queimados ou enterrados (NXUMALO *et al.*, 2020; HAN *et al.*, 2018).

Embora a coleta convencional ainda não abranja todas as áreas rurais, mesmo as que abrangem ainda praticam descarte de forma incorreta como é o caso da P2 que tem acesso a coleta convencional, mas mesmo assim enterra parte de seus resíduos, que difere da P3 que queima por não ser beneficiada pela coleta convencional. A coleta em áreas rurais é importante para que se mantenha um meio ambiente saudável, mas para que atinja bons resultados é

necessário que exista uma educação ambiental com o intuito de sensibilizar as pessoas o quanto estarão contribuindo positivamente para sanar as questões ambientais, e é de suma importância a educação ambiental como ferramenta que viabilize o exercício dessas ações, conscientizando que o ato de realizar o gerenciamento dos resíduos sólidos contribui para o bom desempenho ambiental, social e econômico, garantindo para o futuro um equilíbrio dos sistemas naturais (SIMIONATTO, ESTURARO & RAGASSI, 2020). É importante sensibilizar os produtores do quão a classificação de resíduos é importante para a proteção ambiental, melhoria de qualidade de vida e manutenção dos recursos naturais existentes (LIU *et al.*, 2020).

As queimadas emitem gases nocivos ao meio ambiente altamente combatido em função de serem elementos que potencializam o efeito estufa, como é praticado por exemplo na P3 em razão de não ser favorecida com um sistema de coleta convencional. A queima de resíduos causa um grande impacto ao meio ambiente, serve como fonte de material particulado negro com potencial de efeito estufa ainda maior que o CO₂, além destas partículas serem altamente prejudiciais à saúde das pessoas que residem nos arredores do local onde são feitas as queimadas, que são bastante comuns nas áreas rurais e periferias urbanas que tem ausência de serviços de coleta de resíduo (RAMADAN *et al.*, 2023).

A Política Nacional de Resíduos sólidos (PNRS) implantada em 2010 muito tem colaborado para o uso de ações que enalteçam a importância da coleta seletiva e sua relevância para a sustentabilidade do meio ambiente, a economia e a sociedade. Os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de: agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, pilhas e baterias, pneus, óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens, lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista, produtos eletroeletrônicos e seus componentes são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos (BRASIL, 2010).

Em relação as embalagens de agrotóxicos, na propriedade convencional P3 é feita a tríplice lavagem das embalagens, as quais são armazenadas em um galpão até o momento da devolução aos pontos de entrega de embalagem

vazias de agrotóxicos. A P1 está em fase de transição da adubação química para a orgânica, e, portanto, no momento da entrevista não possuía embalagens de agrotóxicos. Conforme o INPEV (2022), seus processos garantem que 100% das embalagens primárias plásticas rígidas (lavadas e não lavadas) e 93% das embalagens plásticas (primárias e secundárias) recebidas pelo Sistema são recicladas, 80% das embalagens de defensivos comercializados anualmente no Brasil retornam ao Sistema e têm a destinação ambientalmente correta assegurada. A logística reversa é uma das formas de prevenir/mitigar os impactos causados ao meio ambiente pelas embalagens de agrotóxicos, devendo existir uma conscientização da importância desta ação como forma de incentivar a devolução destas embalagens (PANTA, 2023).

Em relação ao manejo dos resíduos eletrônicos gerados, a P1 e P4 armazenam em galpão e após destinam a Pontos de Entrega Voluntária (PEVs). A P2 acondiciona em sacolas plásticas mantidos na própria residência e encaminha para a coleta convencional realizada pela prefeitura. Já a P3 não separa esses resíduos por classe optando por queimá-los.

Os pneus gerados na P2 e P3 são reaproveitados, sendo pintados e usados como vasos para flores. Na P1 é feito o armazenamento em galpões para posterior entrega nos PEV's. A P4, segundo relato do agricultor, não é gerado. Bernardes & Günther (2014) observaram em sua pesquisa ser comum a queima, enterro ou disposição em locais abertos dos resíduos de difícil degradação. Desde a publicação da PNRS (Lei 12.305/10) o Brasil tem feito uma abordagem a nível nacional, tendo em 2019 implementado um acordo setorial para operacionalizar a LR. Pesquisa desenvolvida por Oyola-Cervantes e Amaya-Mier (2019), sugere um projeto de logística reversa de pneus OTR (fora de estrada) descartados pela indústria de mineração, os quais após passar pelo processo de trituração, sejam usados em plantas de recuperação energética.

Em relação a pilhas, baterias e lâmpadas nas P1 e P4 são separadas e armazenadas em galpões até a entrega em pontos de entrega voluntário (PEV's), a P2 não separa os resíduos por classe, apenas acondiciona em sacolas plásticas e armazenam em casa até serem recolhidos pelo serviço de entrega convencional enquanto que a P3 não realiza a separação dos resíduos, apenas queima-os. Conforme Castro *et al.* (2022) concluiu em suas pesquisas, embora a PNRS determine a logística reversa de resíduos de baterias, existem

alguns obstáculos para que se realize, principalmente a falta de informação não só dos consumidores como dos varejistas, além da existência de poucos pontos de coleta na região avaliada e a falta de planos de gestão de resíduos. Para Viana & Saint’Pierre (2023) existe escassez de estudos avaliativos do impacto ambiental causado pelas lâmpadas fluorescentes, bem como sobre a redução destes impactos através da reciclagem cujo programa é recente no Brasil ficando bem distante da necessidade do país. Já para Leopoldino *et al.* (2019) nas entrevistas realizadas em sua pesquisa ficou evidente que o tema logística reversa é desconhecido para muitos dos entrevistados, por desconhecerem a legislação ambiental, o poder público não implantou uma gestão de resíduos sólidos nas regiões onde se localizam as propriedades, o que também dificulta o cumprimento da legislação por parte das indústrias.

A P1 não utiliza óleo lubrificante, as P2 e P3 e utilizam o óleo queimado preservar madeiras, o excedente é enterrado ou acondicionado em galões e armazenado em galpões e a P4 acondicionado em galão e deixa armazenado em galpão. O óleo lubrificante usado ou contaminado assim como suas embalagens quando descartados de forma inadequada causa impacto não só ao meio ambiente como na saúde humana (FORTES & ALFÂNDEGA, 2022).

Medicamentos de uso humano nas P1 e P4 são armazenados em gavetas e armários para posterior doação antes de alcançarem os prazos de validade, na P2 os medicamentos vencidos são enterrados e na P3 queimados. Medicamentos veterinários não são gerados pela P1, na P2 são enterrados, na P3 queimado enquanto a P4 mantém armazenados em galpão. Segundo Nogueira *et al.* (2015) constatou em sua pesquisa cerca de 28% dos proprietários rurais entrevistados armazenam os resíduos de serviços de saúde veterinário em galpões enquanto 60% nunca receberam informações de como fazer um descarte de forma correta. Conforme Oliveira & Senna (2012) 38% dos agricultores entrevistados em seus estudos alegaram que as embalagens dos medicamentos de uso veterinário são misturadas aos demais resíduos o que deixa claro desconhecerem o impacto que esta pratica pode vir a causar à saúde humana, aos animais e ao meio ambiente.

Para Silva *et al.* (2022) o Brasil ainda é incipiente em LR de resíduos de medicamentos, sendo fortalecido pela elaboração de leis que incentivem as indústrias a buscarem boas práticas na produção e gestão destes resíduos, que

quando implementadas podem diminuir em 12% o volume gerado destes resíduos por ano.

Os resíduos de produtos de higiene, da P1 e P2 são coletados pela prefeitura através da coleta convencional, permanecendo armazenados nas suas residências até o momento da coleta convencional, a P3 queima e a P4 entrega na coleta seletiva e convencional, antes da coleta fica armazenado na residência ou no galpão. Conforme Rocha *et al.* (2012) constatou nas propriedades rurais pesquisadas que quase todos resíduos de material de higiene são destinados de forma incorreta.

Embalagens vazias de produtos de limpeza (detergente, desinfetante e outros), são acondicionados em sacos plásticos ou tambores e posterior armazenados. A P1 mantém acondicionado em tambor ou caixa plástica e armazenados na agroindústria até o momento da entrega nos PEV'S, a P2 acondiciona em sacos plásticos, mantém armazenado em casa até serem entregues para a coleta convencional, a P3 queima e a P4 acondiciona em sacolas e armazena em casa até a entrega para a coleta convencional/seletiva. Segundo Ferigollo *et al.* (2019) existem diversas áreas rurais que devido a incorreta gestão os resíduos gerados nelas estão sendo descartados de forma inadequada, o que leva a graves impactos ao meio ambiente.

As peças de máquinas obsoletas geradas pela P2, P3 e P4 são armazenadas em galpão, e posteriormente são vendidas ou doadas.

Observou-se que vários resíduos gerados são armazenados em galpões e não tem um destino adequado.

Nas propriedades P1 e P3 não são gerados resíduos de óleo de cozinha. Já na P2 e P4 o resíduo de óleo de cozinha gerado é usado no preparo de alimentos para os animais domésticos. Entre os diversos destinos considerados ambientalmente corretos a serem dados ao óleo de cozinha estão o reaproveitamento e a reciclagem na produção de sabões e detergentes, biodiesel, rações para animais entre outras utilidades (OLIVEIRA & SOMMERLATTE, 2009; RODRIGUES *et al.*, 2021).

Os resíduos recicláveis como papel/papelão, vidro, plástico, metal, são doados, vendidos, queimados, entregue a PEV's ou através de coleta seletiva e/ou convencional realizadas pela prefeitura. Segundo Matos (2019) uma das formas de evitar que resíduos como, embalagens sejam dispostos diretamente

no solo ou descartados em redes de esgoto ou corpos hídricos é adotar alternativas de descarte ambientalmente correto para esses resíduos.

Os resíduos coletados nas propriedades pela coleta convencional municipal têm como destino o aterro sanitário. Importante destacar que estes resíduos poderiam ser melhor aproveitados se recebessem a coleta seletiva e fossem encaminhadas a cooperativas de catadores para seleção, ou PEV's, o que proporcionaria geração de emprego, renda e menor impacto ambiental.

Com relação aos resíduos domésticos orgânicos gerados como restos do preparo de alimentos, talos, folhas e frutas, parte são utilizados na alimentação animal e parte na vermicompostagem.

Os resíduos orgânicos (restos de frutas, casca, talos, entre outros), gerados pela P1 são utilizados no processo de vermicompostagem, a P2 utiliza os resíduos de hortaliças para alimentação de animais (suínos) e para vermicompostagem, a P3 descarta os resíduos da agricultura no campo ou na própria estufa para decomposição natural, a P4 não utiliza os resíduos da agricultura para alimentação de animais. Os demais resíduos orgânicos gerados nas propriedades exceto os acima citados são utilizados para vermicompostagem.

A relação dos resíduos agropecuários gerados nas propriedades é apresentada no quadro 2.

Quadro 2- Resíduos gerados na produção agropecuária. Pelotas, 2023.

| Propriedades | Resíduos agropecuários gerados |
|---------------------|---|
| P1 | Resíduos de polpa das frutas, abacaxi (folhas, polpa), araçá amarelo e vermelho (sementes, folhas), amora (talo, folha, polpa), bergamota (semente, casca), butiá (casca, polpa, sementes), caqui (folhas, casca), figo (polpa, casca), goiaba (folhas, sementes, polpa), guabiju (polpa, semente), ingá (casca, semente), jabuticaba (talo, polpa), laranja (casca, sementes, polpa), limão (sementes e polpa), pêssago (casca, semente), pitanga (talo e semente), romã (sementes e polpa), Uva (semente e polpa, engaço) e uvaia (semente e polpa). |
| P2 | Resíduos da Abóbora madura (folhas casca, talo, semente), Alface (talo, folhas), Alho (cascas, raízes), Batata (folhas, casca, raízes), Batata-doce (folhas, casca, raízes), Beterraba (folhas, casca, talo, raízes), Brócolis (folhas, talo, raízes), Cebola (casca, talo, raízes), Cenoura (folhas, talo, raízes), Chuchu (folhas, sementes, raízes), Couve (folhas, talo, raízes), Couve-flor (folhas, talo, raízes), Ervilha (casca-vagem, talo, sementes, raízes), Espinafre (folhas, talo, raízes), Feijão-vagem (vagem, semente, folhas, raízes), Melancia (polpa, casca, semente, folhas, talos, raízes), Melão (polpa, casca, semente, folhas, talo, raízes), Milho-verde (espiga, folhas, casca, talo, raízes, palha), Moranga (polpa, semente, talo, folhas, raízes), Morango (folhas, polpa, semente, raízes), Mostarda (folhas, flores, talo, raízes), Pepino (folhas, talo, raízes), Pimentão (folhas, semente, raízes), Rabanete (folhas, talo, raízes), Rúcula (folhas, talo, raízes), tempero verde (folhas, raízes), tomate (fruto, semente, folhas, talo, raízes), |

| | |
|----|--|
| | feijão (palha, sementes, flores, raízes, folhas), esterco bovino, Suíno e aves (galinha e ganso). |
| P3 | Resíduos do Espinafre (folhas, talo, raízes), cebolinha (folhas, talo, raízes), salsa (folhas, talo, raízes), couve (folhas, talo, raízes), milho (espiga, folhas, casca, talo, raízes, palha), esterco bovino, aves (galinha) e equinos. |
| P4 | Resíduos da abóbora madura (folhas casca, talo, semente), Abobrinha (flores, semente, folhas, talo, raízes), Alface (talo, folhas), Alho, Alho-Porró, Almeirão (folhas, talo, raízes), amora (talo, folha, polpa), Batata (folhas, casca, raízes), Batata-doce (folhas, casca, raízes), bergamota (semente, casca), Berinjela (folhas, talo, semente, raízes), Beterraba (folhas, casca, talo, raízes), Brócolis (folhas, talo, raízes), Cebola (casca, talo, raízes), Cenoura (folhas, talo, raízes), Cheiro-verde (folhas, talo, raízes), Chicória (folhas, talo, raízes), Chuchu (folhas, sementes, raízes), Couve (folhas, talo, raízes), Couve-flor (folhas, talo, raízes), Ervilha (casca-vagem, talo, sementes, raízes), Espinafre (folhas, talo, raízes), Feijão-vagem (vagem, semente, folhas, raízes), laranja(semente, casca), Maçã (semente, casca), Melão (polpa, casca, semente, folhas, talo, raízes), Milho-verde (espiga, folhas, casca, talo, raízes, palha), Moranga (polpa, semente, talo, folhas, raízes), Morango (folhas, polpa, semente, raízes), Mostarda (folhas, flores, talo, raízes), Nabo (flor, folhas, talo, raízes), Pepino (folhas, talo, raízes), Pimenta dedo-de-moça (folhas, sementes, talo, raízes), Pimentão (folhas, semente, raízes), Quiabo (talo, flor, folhas, raízes), Rabanete (folhas, talo, raízes), bovino, Suínos, Ovinos, Caprino, aves (galinha, pato e ganso). |

P1: Propriedade 1; P2: Propriedade 2; P3: Propriedade 3 e P4: Propriedade 4.

Fonte: Balbinotti, 2023.

A matéria orgânica estabilizada é denominada vermicomposto quando obtido através de um processo de vermicompostagem que é um processo ambientalmente correto que converte resíduos de alimentos que são ricos em matéria orgânica em composto orgânico (SCHUBER, 2017).

O descarte inadequado dos resíduos gerados nas atividades agropecuárias assim como o aumento das áreas urbanas consumidoras gera um alto potencial contaminante do meio ambiente (TROMBETTA *et al.*, 2020).

Os agricultores foram também questionados sobre o conhecimento sobre logística reversa e somente a P1 mostrou saber a respeito, sua importância, e locais de pontos de entrega. A P2 relatou não saber, que nunca ninguém falou a respeito, mas sabe que existem ecopontos, entretanto não sabe a localização. A P3 mesmo entregando as embalagens de agrotóxicos aos revendedores não sabe a importância da entrega, existe falta de informação e explicações ao agricultor o que é logística reversa, o que agricultor só comentou entrega pois o revendedor vai na propriedade e coleta as embalagens, mas não sabe a finalidade e local que é destinado. A P4 reconhece a importância de selecionar os resíduos, utiliza os PEV's e a coleta seletiva.

Ainda há muito a ser melhorado no sentido de levar informações e explicações aos agricultores abordando o tema impacto ambiental e a importância da seleção, classificação e descarte de resíduos. Quando questionados sobre a questão da contaminação do solo e água todos responderam se preocupar e tentam gerar menos resíduos possível, mas ainda dependem de um interesse maior do poder público para sanar a necessidade de enterrar ou queimar os resíduos que geram.

Conforme estudo de Severo, Matos & Moschin (2020), foi possível identificar que muitos produtores analisados na pesquisa desconhecem a PNRS, e a falta de conhecimento e de divulgação de orientações para o descarte correto dos resíduos são questões que devem ser abordadas de forma a preservar a saúde das populações bem como a busca pelo desenvolvimento sustentável.

Nas P1 e P4 observa-se que os agricultores têm um conhecimento maior sobre o manejo adequado dos resíduos que geram se comparados as demais propriedades.

Na P2 embora o agricultor tenha disponível a coleta convencional deixa de dispor parte do resíduo gerado enterrando na propriedade.

Na P3 não existe nem um tipo de coleta e o agricultor acaba destinando a maioria dos resíduos gerados para a queima.

Estas observações indicam a necessidade de uma maior difusão de conhecimentos quanto ao correto manejo dos resíduos sólidos, a fim de evitar e minimizar a geração de resíduos e rejeitos, e de práticas inadequadas como a de queimar e enterrar os resíduos, reduzindo possíveis impactos ambientais negativos. Verifica-se a necessidade de que as áreas rurais sejam atendidas, em sua totalidade, pelo sistema de coleta de resíduos, em especial a coleta seletiva, devendo estas necessidades serem levadas à administração pública através de seus representantes.

Vale salientar que a EMATER, Embrapa e UFPEL buscam orientar os agricultores de um modo geral com técnicas que podem ser utilizadas para melhorar a produtividade e qualidade de seus produtos e dão orientações de como proceder para um destino ambientalmente correto dos resíduos gerados, e dos demais resíduos que não são objetos de seus estudos mas estão impactando o ambiente pela forma como são descartados.

A UFPEL através de seus alunos de pós-graduação, mestrado e doutorado, busca conscientizar os agricultores parceiros de suas pesquisas para o acondicionamento e armazenamento temporário em local e forma adequada dos resíduos gerados até o correto descarte.

Destaca-se que mesmo sob orientação ainda existem resíduos nocivos ao meio ambiente sendo descartados de forma incorreta talvez por falta de atenção do poder público que muitas vezes dá uma atenção maior aos resíduos urbanos em função de talvez acreditar que dado a ser uma população mais reduzida gere menos resíduos e tenha outra opção de descarte que não a coleta seletiva.

3.3.3. Vermicompostagem nas propriedades rurais agrícolas familiares

A Tabela 3 apresenta os resíduos sólidos submetidos a vermicompostagem nas propriedades rurais agrícolas familiares estudadas.

Tabela 3- Resíduos utilizados na vermicompostagem das quatro propriedades. Pelotas, 2023.

| Propriedades | Resíduos utilizados |
|--------------|---|
| P1 | Resíduos de polpa das frutas, abacaxi (folhas, polpa), araçá amarelo e vermelho (sementes, folhas), amora (talo, folha, polpa), bergamota (semente, casca), butiá (casca, polpa, sementes), caqui (folhas, casca), figo (polpa, casca), goiaba (folhas, sementes, polpa), guabiju (polpa, semente), ingá (casca, semente), jaboticaba (talo, polpa), laranja (casca, sementes, polpa), limão (sementes e polpa), pêssigo (casca, semente), pitanga (talo e semente), romã (sementes e polpa), Uva (semente e polpa) e uvaia (semente e polpa, engaço), restos de alimentos da casa, casca de banana, casca de ovo, borra de café, podas de árvores, gramas, folhas, esterco bovino. |
| P2 | Resíduos da Abóbora madura (folhas casca, talo, semente), Alface (talo, folhas), Alho (cascas, raízes), Batata (folhas, casca, raízes), Batata-doce (folhas, casca, raízes), Beterraba (folhas, casca, talo, raízes), Brócolis (folhas, talo, raízes), Cebola (casca, talo, raízes), Cenoura (folhas, talo, raízes), Chuchu (folhas, sementes, raízes), Couve (folhas, talo, raízes), Couve-flor (folhas, talo, raízes), Ervilha (casca-vagem, talo, sementes, raízes), Espinafre (folhas, talo, raízes), Feijão-vagem (vagem, semente, folhas, raízes), Melancia (polpa, casca, semente, folhas, talos, raízes), |

| | |
|----|--|
| | Melão (polpa, casca, semente, folhas, talo, raízes), Milho-verde (espiga, folhas, casca, talo, raízes, palha), Moranga (polpa, semente, talo, folhas, raízes), Morango (folhas, polpa, semente, raízes), Mostarda (folhas, flores, talo, raízes), Pepino (folhas, talo, raízes), Pimentão (folhas, semente, raízes), Rabanete (folhas, talo, raízes), Rúcula (folhas, talo, raízes), tempero verde (folhas, raízes), tomate (fruto, semente, folhas, talo, raízes), feijão (palha, sementes, flores, raízes, folhas), resíduos orgânicos domésticos (restos de alimentos), cascas de frutas, laranja (sementes casca), bergamota (sementes casca), limão (sementes casca), folha e grama, casca de ovos, banana (casca) e borra de café, Cama de aviário e casca de arroz, esterco de bovino, esterco suíno, e folhas. |
| P3 | Esterco de bovino e equino gerado na propriedade e esterco gerado em um frigorífico. |
| P4 | Esterco bovino, animais mortos na propriedade penas de animais, patas, vísceras (galinha), e também resto de silagem. |

Abreviações: P1: Propriedade 1; P2: Propriedade 2; P3: Propriedade 3 e P4: Propriedade 4.

A Figura 4 apresenta as vermicomposteiras nas propriedades P1, P2, P3 e P4.



Figura 4- Processo de vermicompostagem das quatro propriedades
Fonte: Balbinotti, 2022.

Na propriedade 1 (P1), o proprietário informou durante a entrevista que produz vermicomposto há cerca de 15 anos. A vermicomposteira foi instalada em área distante da residência e da agroindústria, próximo a árvores, e conta

com duas seções, em estrutura de alvenaria nas laterais, piso cimentado e cobertura móvel de telha e lona plástica (3,8 metros de comprimento, largura de 1,80 metros e 0,30 de altura).

Utiliza resíduos gerados na agroindústria como sementes, cascas, talos de frutas, resíduos gerados na residência como restos de alimentos, resíduos provenientes da poda de árvores, grama e folhas e também utiliza esterco bovino que obtém de um vizinho.

Segundo o agricultor, para o preparo da mistura de resíduos não faz uso de medidas pré-determinadas e não tem uma base exata de tempo para ter o vermicomposto pronto para uso, levando em média cerca de 60 a 70 dias a depender do material utilizado. O fato de dispor apenas da força de trabalho familiar e as inúmeras tarefas para manter a produção da propriedade e agroindústria economicamente viável não permite o tempo que gostaria de ter para investir em melhores técnicas para processamento da vermicompostagem. Com o uso do vermicomposto produzido na propriedade além do benefício econômico de não necessitar utilizar fertilizantes comerciais sejam químicos ou orgânicos, consegue ainda dar um destino ambientalmente correto aos resíduos gerados na propriedade. Conforme Melo, Silva & Dias (2008) o uso de resíduos orgânicos na agricultura além de ser mais viável economicamente favorece a ciclagem de carbono e nutrientes. Para Antunes *et al.* (2015) com a evolução do processo de vermicompostagem de resíduos agroindustriais ocorreu redução significativa dos teores de carbono orgânico total.

Não são utilizadas técnicas que mantenham a umidade e temperatura satisfatórios, assim como não são feitas análises físico-químicas que poderiam lhe gerar dados que embasassem tecnicamente para a obtenção de um melhor vermicomposto em menor tempo. Alega não dispor de tempo para manter este controle em função das atividades da propriedade.

Também informou que a propriedade não gera excedentes de resíduos, ao contrário faltam resíduos em determinadas épocas e todo o resíduo gerado é usado na propriedade. Afirmou não ter interesse de trabalhar com compostagem uma vez que a vermicompostagem lhe oferece um bom vermicomposto em menor tempo. Por esta razão, pretende construir um local para realizar o processo com o uso de canaletas, drenagem, iluminação correta, barreiras, tubulações e proteção para controle de animais, pretendendo com isso obter um

vermicomposto de melhor qualidade, diminuindo a necessidade do uso de adubos minerais, além de obter um produto de melhor qualidade, uma maior produtividade e melhor preço de mercado, inclusive vem recebendo algumas orientações a respeito de como proceder através da Embrapa e Emater.

Na propriedade 2 (P2) são utilizados na vermicompostagem esterco de bovino, suíno, palha de milho e feijão, casca de arroz, restos da produção de hortaliças, conforme disponibilidade, e as sobras não comercializadas nas feiras, sendo que parte destes resíduos são utilizados como alimentação para os suínos existentes na propriedade. São utilizados ainda resíduos domésticos como casca de ovos, laranja, limão, banana e borra de café, além da cama de aves e casca de arroz adquiridos fora da propriedade.

Para a montagem da vermicomposteira usa como medida uma mistura aproximada de 50% de esterco bovino, restos de culturas hortaliças e restos de alimentos e os outros 50% aproximadamente usa cama de aviário e/ou casca de arroz, obtendo um vermicomposto maturado com cerca de 60 a 90 dias. Dependendo dos resíduos utilizados este tempo varia, por exemplo com o uso da casca de arroz consegue um vermicomposto de melhor qualidade em menor tempo, segundo o agricultor, sem utilizar nenhuma orientação. Tanto a compostagem como a vermicompostagem são tecnologias adequadas para o gerenciamento de resíduos, sendo a vermicompostagem altamente recomendada visto a maior oferta de nutrientes e menos tempo de preparo (PATRA *et al.*, 2022).

Salientou o proprietário que seus antepassados utilizavam somente esterco e que começou a melhorar a técnica nos anos 90, quando começou a utilizar minhocas no processo. Fez a instalação de sua vermicompostagem próximo aos estábulos de onde retira o esterco a ser utilizado no processo. Na propriedade, a vermicompostagem é feita em duas etapas, uma denominada pré-vermicompostagem somente com o esterco bovino e após 30 dias faz o restante da mistura, em duas estruturas, onde uma das estruturas é feita de tijolos na lateral e na parte de baixo com cobertura de telha e a outra estrutura feita de madeira com cobertura de lona.

As instalações onde é feita a vermicompostagem possuem 3,30 metros de comprimento, largura de 2 metros e 1 metros altura, a outra possui 2,61 metros de comprimento, largura de 1,15 metros e 0,45 metros de altura, onde

segundo o agricultor consegue manter um nível satisfatório de umidade fazendo um revolvimento após 40 dias do início do processo de vermicompostagem. Segundo Melo *et al.* (2020) pelo fato de a vermicompostagem ser de simples manejo e não necessitar de grandes espaços físicos, esta é uma técnica que vem sendo impulsionada para o uso pela agricultura familiar e pelos produtores agroecológicos.

Conforme analisou o agricultor este revolvimento melhora a circulação de ar no interior das vermicomposteiras, e embora saiba das vantagens da utilização de medidas e parâmetros não os utiliza por falta de tempo em função das demais atividades da propriedade, sendo que até mesmo para fazer o revolvimento aos 40 dias encontra dificuldades e como não produz vermicomposto suficiente para suprir suas necessidades precisa comprar substrato comercial. Alega que recebe assistência unicamente da Emater e UFPEL e não possui interesse em iniciar outro tipo de tratamento de resíduos, mas sim de melhorar as técnicas de vermicompostagem. Acredita que sabendo da real composição de seu vermicomposto poderá obter mudas de melhor qualidade e baseado nos resultados buscar cada vez mais utilizar técnicas que o levem a um melhor aproveitamento de seus resíduos, aumentando a qualidade de seus produtos, além de dar um destino ambientalmente correto a todos os resíduos orgânicos gerados em sua propriedade. É notável a necessidade de pesquisas aprofundadas visando o aumento da eficiência do processo de compostagem, a fim de produzir compostos de melhor qualidade em relação ao fornecimento de nutrientes às plantas e como condicionadores do solo (VALENTE *et al.*, 2009).

Na P3 existem três estruturas próximas ao galpão geral das instalações, duas abrigam duas vermicomposteiras cada uma e a terceira abriga 24 caixas com vermicompostagem.

As três estruturas são de madeira com lonas nas laterais e em cima ocupando uma área total de 4x4 metros. As vermicomposteiras possuem 1,5 metros de comprimento por 1 metro de largura e altura aproximada de 0,30 metros, onde são utilizados esterco de bovinos e equinos gerados na propriedade acrescidos de esterco de bovino gerados em um frigorífico.

Os demais resíduos existentes na propriedade são utilizados na alimentação de animais (aves).

Na montagem da vermicompostagem não faz uso de medidas pré-determinadas somente é realizado a mistura do esterco bovino e equino. Os resíduos vindos de fora da propriedade ficam 30 dias a campo para após serem adicionados aos demais resíduos formando as vermicomposteiras que geram o vermicomposto em condições de uso em um período de 30 a 35 dias, perfazendo um período de 60-65 dias. Durante o processo não é realizado revolvimento.

O proprietário informou durante a entrevista que os conhecimentos lhe foram passados por técnicos da Emater. Há cerca de seis anos quando começou apenas com os resíduos da propriedade e posterior passou a utilizar os do frigorífico em função da necessidade de mais vermicomposto em sua propriedade, que produz e comercializa hortaliças e milho.

Da mesma forma que os demais agricultores, falou da dificuldade em controlar a temperatura e umidade em função das demais atividades, mas que pretende buscar junto ao PRONAF linha de investimento do governo a compra de um trator que lhe propiciará mais tempo para se dedicar na produção de um vermicomposto de melhor qualidade, o que irá agregar valor à sua produção e uma melhor comercialização.

A propriedade 4 (P4) o processo de vermicompostagem é realizado na parte rebaixada aproximadamente um degrau em um galpão onde na parte elevada é feita a ordenha e alimentação dos animais da propriedade.

A parte onde se realiza a vermicompostagem, é separada com estrutura nas laterais para impedir o acesso de animais, a estrutura total possui 21 metros comprimento e 2 metros largura, onde é dividido em duas partes, o primeiro espaço possui 5 metros de comprimento e 2 metros de largura onde é colocado o esterco in natura e após 30 dias será utilizado para o processo de vermicompostagem em uma vermicomposteira que possui 16 metros de comprimento, 2 metros de largura, e 0,50 metros de altura.

No preparo do processo de vermicompostagem são misturados esterco bovino anteriormente separado dentro do galpão, restos de carcaças de aves, penas de animais (principalmente galinhas) e restos de silagem, que são os resíduos existentes na propriedade (não utiliza resíduos externos). Os resíduos são adicionados conforme disponibilidade na propriedade, apenas tomando o cuidado de mantê-los separados até o momento de montar a vermicompostagem. O agricultor tem consciência de que os resíduos dispostos

ao ar livre perdem suas propriedades e qualidades. A qualidade final do vermicomposto obtido depende de diferentes fatores como características físico químicas do substrato, práticas de manejo e espécie de minhoca envolvida. (SANTANA *et al.* 2020).

Os agricultores não utilizam parâmetros de controle de umidade e temperatura, apenas fazem revolvimento quando julgarem necessário obtendo o vermicomposto maturado em um período aproximado de 40-50 dias, quando é utilizado nos viveiros de mudas e produção de hortaliças. Demonstrou ter interesse em realizar o processo de vermicompostagem utilizando de todos os parâmetros necessários para que, com as respostas obtidas através de análises químicas, possa melhorar sua produção, melhor aproveitar os resíduos gerados na propriedade, oferecer hortaliças e mudas de melhor qualidade a seus clientes, mas encontra dificuldade em manter todo o processo devido a outras atividades que exerce na propriedade. Também recebe orientações da Embrapa, pesquisadores da UFPEL, estudantes de pós-graduação (mestrado e doutorado) há cerca de 7 a 8 anos.

A vermicompostagem é uma ótima técnica de reciclagem de resíduos, onde além de se dar um destino ambientalmente adequado é uma ótima alternativa para diminuir ou até mesmo eliminar a utilização de agrotóxicos nas propriedades. Vários estudos indicam que transformar resíduos em materiais estabilizados usando as técnicas de compostagem e vermicompostagem são uma das melhores opções para uma gestão sustentável de resíduos (NIGUSSIE *et al.* 2016).

Em relação as minhocas utilizadas no processo de vermicompostagem, as 4 propriedades utilizam a espécie *Eisenia fetida*.

Considerados os dados coletados durante entrevista, de um modo geral, todos os proprietários embora afirmem deixar de utilizar técnicas mais aprimoradas para a feitura de seus vermicompostos como o uso de um padrão para as misturas, controle de umidade e temperatura e análises químicas, justificados por falta de tempo para tais práticas, são unânimes em alegar que desejam melhorar a qualidade e resultado de seus processos.

O processo de vermicompostagem nas propriedades ocorre com resultado, embora inferior do desejado, que se conduzidos de forma adequada poderiam trazer um retorno sócio econômico bastante razoável. Nota-se que a

orientação existe, mas falta incentivo e a vontade de colocar em prática os conhecimentos adquiridos, sempre justificado pelo fator tempo. Neste sentido, importante buscar formas de incentivos e o desenvolvimento de ações que busquem otimizar o processo.

3.4. Conclusões

Os resíduos orgânicos gerados nas propriedades têm de um modo geral um destino ambientalmente correto. Com relação aos demais resíduos os proprietários têm noção dos impactos que pode causar seu incorreto gerenciamento, apenas se limitam a usar dos serviços públicos disponíveis.

Conclui-se que existe a necessidade de orientação dos agricultores com relação a legislação ambiental a fim de que adquiram conhecimento da forma ambientalmente correta de manejo e destino dos resíduos sólidos, com a finalidade de minimizar impactos ambientais negativos e de obterem melhor aproveitamento através do uso das tecnologias ambientais existentes, além da necessidade de ampliação do sistema de coleta municipal nas áreas rurais, em especial a coleta seletiva.

4. Capítulo II. Avaliação dos vermicompostos produzidos nas propriedades rurais agrícolas familiares.

4.1. Introdução

Mesmo que possa se pensar que por serem resíduos de matéria orgânica os resíduos podem ser simplesmente dispostos no ambiente, isto não é viável pois se não tratados adequadamente antes desta disposição podem contaminar o solo bem como lençóis freáticos, rios e mananciais de abastecimento de público, sendo que o aumento da população acarreta um aumento proporcional de energia seja residencial, industrial, além da produção de alimentos que em consequência geram um aumento na geração de resíduos sólidos destas e áreas e dos resíduos dos insumos utilizados na produção (LINS *et al.*, 2022).

As práticas insustentáveis de gestão dos resíduos sólidos, resultantes da rápida urbanização e das limitações financeiras e institucionais, ocasionam impactos negativos tanto na saúde como no meio ambiente, podendo incluir nestes impactos: a poluição do ar, da água, degradação do solo, emissões de gases tóxicos e outros, sendo que somente uma gestão de resíduos sólidos eficaz pode mitigar estes efeitos adversos (ABUBAKAR *et al.*, 2022).

O aumento da população gera a necessidade do aumento na produção de alimentos e em consequência eleva o nível de resíduos gerados (JOSÉ, OLIVEIRA & CARVALHO, 2021).

Se faz necessário considerar ações a serem executadas com seriedade para evitar o inadequado destino dado aos resíduos sólidos gerados, que são de ampla variedade incluindo resíduos de indústrias, agrícolas, urbanos e outros (ADNAN, JHA & KUMAR, 2020).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), publicada no ano de 2010, tem dentre seus objetivos a gestão integrada dos resíduos sólidos, a destinação ambientalmente correta dos resíduos, e a adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de minimizar impactos ambientais (BRASIL, 2010).

A vermicompostagem é um processo de baixo custo que utiliza minhocas para transformar resíduos orgânicos em fertilizantes ricos em nutrientes para as plantas e para a produção de mudas (MELO JÚNIOR *et al.*, 2012).

A vermicompostagem é uma alternativa sustentável aos fertilizantes químicos com a geração do vermicomposto, um fertilizante orgânico rico em N, P e K, micronutrientes e microrganismos benéficos ao solo, que fornece excelentes propriedades físico-químicas e microbiológicas, usado para fertilidade de solos, crescimento de plantas e proteção de sementes, aumentando a produtividade agrícola (LIÉGUI *et al.*, 2021). A vermicompostagem apresenta diversas vantagens tais como a eliminação de resíduos que poderiam causar sérios problemas ao meio ambiente e a saúde humana e a capacidade de reduzir ou inativar efetivamente os patógenos como coliformes fecais, *Salmonella sp.*, *Escherichia coli* e *Shigella* (SOOBHANY, 2018).

De acordo com Campitelli & Ceppi (2008) para determinar a qualidade do vermicomposto, devem ser considerados todos os parâmetros referentes à qualidade global, especialmente, características físicas, químicas e biológicas, que poderiam ser utilizadas como critérios para decisão para a aplicação segura do produto final no solo.

Os resultados da avaliação de fitotoxicidade indicam se as substâncias consideradas nocivas ao cultivo de espécies de plantas não estão presentes no produto final, impedindo que o produto não maturado venha a causar impactos negativos se aplicado ao solo (NASCIMENTO *et al.*, 2022; TIQUIA, TAM & HODGKISS, 1996)

Portanto, para aplicação segura no solo, além da qualidade do produto, o vermicomposto deve também apresentar maturidade, que indica o nível de substâncias fitotóxicas e a adequação para o crescimento de plantas. Os efeitos de fitotoxicidade produzidos são resultado de diversos fatores como a presença de metais pesados, amônia, sais e ácidos orgânicos de baixo peso molecular (MAJLESSI *et al.*, 2012).

A obtenção de um composto ou vermicomposto de excelente qualidade além de realizar a eliminação microrganismos patogênicos e tóxicos para solo e as plantas, nos indica que houve um bom aproveitamento dos resíduos que lhe deram origem e seu uso trará como consequência plantas de qualidade do nível ao qual os consumidores buscam para satisfazer suas necessidades alimentares, o que propiciará ainda um bom preço de venda, ou seja, um retorno econômico satisfatório ao produtor, ao contrário de um vermicomposto fora dos

padrões de qualidade.

Considerando que os agricultores, de um modo geral, cada um aplica seu próprio método de produção do vermicomposto e, na maioria das vezes, sem um controle de qualidade, estas análises são de real importância para que se conheça a qualidade do vermicomposto produzido e através dos resultados obtidos verificar se os métodos utilizados nos processos de vermicompostagem por eles empregados necessitam ser adequados ou melhorados.

Neste sentido, o objetivo do presente estudo foi avaliar a estabilização dos vermicompostos através de análises químicas, fitotoxológicas e microbiológicas.

4.2. Material e métodos

Foram coletadas amostras de vermicompostos produzidos em quatro propriedades rurais agrícolas familiares, denominadas conforme apresentado na Tabela 4. Foram retiradas amostras em três diferentes pontos da vermicomposteira, as quais foram encaminhadas ao laboratório, homogeneizadas e submetidas às análises químicas, fitotoxológicas e microbiológicas. Os resultados foram avaliados de acordo com os padrões estabelecidos pelo MAPA na normativa nº 61 de julho de 2020.

Tabela 4- Denominação das amostras analisadas. Pelotas, 2022.

| Vermicomposto | Local | Produção |
|----------------------|-------------------------|-----------------|
| VCP1 | Propriedade rural 1 | Convencional |
| VCP2 | Propriedade rural 2 | Orgânica |
| VCP3 | Propriedade rural 3 | Convencional |
| VCP4 | Propriedade rural 4 | Orgânica |
| VCC | Vermicomposto Comercial | - |
| SC | Substrato Comercial | - |

Abreviações: VCP1: Vermicomposto Propriedade 1; VCP2: Vermicomposto Propriedade 2; VCP3: Vermicomposto Propriedade 3; VCP4: Vermicomposto Propriedade 4; VCC: Vermicomposto comercial e SC: Substrato comercial.

Foi realizada a comparação entre as análises químicas, fitotoxológicas, microbiológicas dos vermicompostos produzidos nas propriedades rurais com

um vermicomposto comercial e um substrato comercial, ambos adquiridos em uma agropecuária no município de Pelotas/RS.

Na Figura 5 são apresentadas as amostras dos vermicompostos produzidos nas propriedades rurais agrícolas familiares, do vermicomposto comercial e do substrato comercial.



Figura 5- Amostras dos vermicompostos e substrato comercial.

Fonte: Balbinotti, 2022.

4.2.1 Análises químicas

As análises químicas foram realizadas no laboratório de Análises de Solos da Universidade Federal de Pelotas/ UFPEL. Foram realizadas as análises de Carbono orgânico, Nitrogênio total, Relação C/N, Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), enxofre (S), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), zinco (Zn), teor de umidade e pH.

O carbono orgânico foi determinado pelo Walkley-Black, o nitrogênio total por destilação e a relação C/N: carbono/nitrogênio calculada pela divisão dos níveis de carbono pelos de nitrogênio (TEDESCO *et al.*, 1995 adaptado por TRECHA, 2017).

Os macronutrientes foram determinados com uma única digestão por H₂SO₄ e H₂O₂ com mistura digestora. O fósforo por espectrofotometria, o potássio no fotômetro de chama, o cálcio, magnésio na absorção atômica e para determinar o pH foram feitas em um extrato aquoso do substrato medido com o uso de um potenciômetro (TEDESCO *et al.*, 1995 adaptado por TRECHA, 2017).

4.2.2 Análises fitotoxicológicas

As análises fitotoxicológicas foram realizadas no laboratório de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia Ambiental da UFPEL. Foi avaliado o índice de germinação (IG), segundo metodologia adaptada de Tiquia, Tam & Hodgkiss (1996), Gao *et al.* (2010) e De Conti & Franco (2011). Foram pesadas 10g de amostra e colocadas em um erlenmeyer contendo 100 mL de água destilada, os quais foram submetidos a agitação durante 1 hora. Após este tempo, a amostra foi filtrada utilizando papel filtro e funil de vidro. Foram colocados 5 mL do filtrado em placas de petri, previamente forradas com papel filtro, contendo dez sementes do organismo-teste (Figura 6). Foram utilizados três organismos-teste: *Lactuca sativa L.* (alface), variedade delicia americana e Regina de verão, *Eruca sativa L.* (rúcula) variedade Donatella e *Cucumis sativus L.* (pepino) variedade pioneiro, obtidos comercialmente (Safra 2021/2022, com 100% de pureza e 99,99% de germinação). A análise foi feita em quintuplicata.

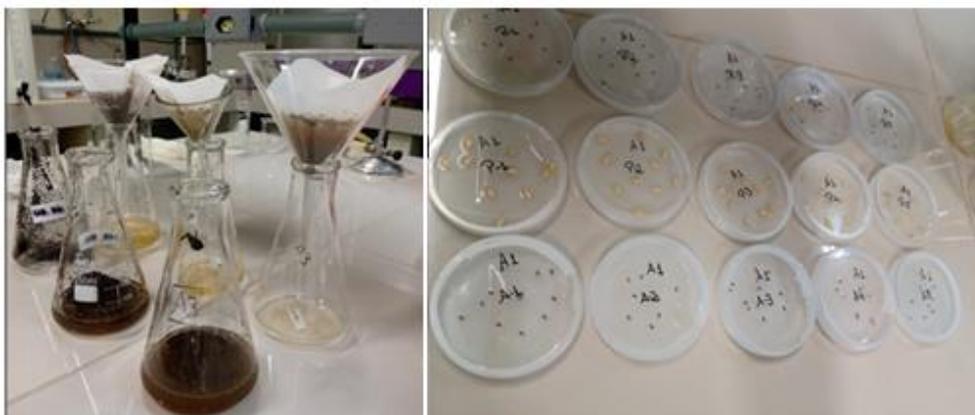


Figura 6- Filtragem das amostras e placas de petri de plástico.

Fonte: Balbinotti, 2022.

Foi realizado um controle denominado “branco” usando água destilada, cujos parâmetros formaram a base comparativa para índice de germinação (IG). Após as placas foram mantidas em uma estufa durante 120 horas à 23°C sem iluminação, e posteriormente avaliadas as medidas das raízes com o auxílio de um paquímetro digital (Figura 7).



Figura 7- BOD e avaliação com paquímetro digital.

Fonte: Balbinotti, 2022.

O índice de germinação (IG) foi obtido utilizando-se a fórmula: $IG = (G \cdot Lm / Lc)$, onde IG corresponde ao índice de germinação, G corresponde ao número de sementes germinadas na amostra dividido pelo número de sementes germinadas no controle (branco), Lm corresponde a longitude média das raízes da amostra (mm) e Lc corresponde a longitude média das raízes do controle (mm).

4.2.3 Análises microbiológicas

As análises microbiológicas foram realizadas no laboratório de Engenharia de Bioprocessos e Biotecnologia Ambiental da UFPEL. Foram feitas análises de coliformes totais e termotolerantes e contagem da população heterotrófica.

A determinação de coliformes totais e termotolerantes foi realizada utilizando a técnica de tubos múltiplos utilizando uma série de 3 tubos. Inicialmente as amostras foram submetidas às diluições decimais sucessivas utilizando solução salina (NaCl) a 0,85%.

Para o teste presuntivo, alíquotas das diluições foram inoculadas em tubos de ensaio contendo caldo Lauril Sulfato Triptose (LST) e tubo de duhrum invertido. Os tubos foram incubados em estufa por 48 horas a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$. Após este período, de cada tubo positivo (produção de gás) foi transferido uma alçada para um tubo de ensaio contendo caldo VB (Verde Brilhante) para determinação

dos coliformes totais, os quais foram incubados por 48 h a $35 \pm 0,5^\circ\text{C}$, e em caldo EC (*Escherichia coli*) os quais foram incubados em banho-maria por 24 horas a $44,5 \pm 0,2^\circ\text{C}$ para determinação de termotolerantes. Para avaliação dos resultados, dados pela combinação de tubos positivos, foram consultadas tabelas estatísticas e os resultados expressos em NMP/g (número mais provável de coliformes por grama da amostra). A Figura 8 apresenta amostras dos vermicompostos avaliados.



Figura 8- Amostras analisadas

Fonte: Balbinotti, 2022.



Figura 9- Tubos de ensaio com solução salina 0,85% e LST.

Fonte: Balbinotti, 2022.

Para a contagem de bactérias heterotróficas foi utilizado o método de contagem em placas através da técnica de *Spread plate*. As metodologias adaptadas utilizadas foram de acordo com SOUZA *et al.*, 2017; e HECK *et al.*, 2013.

Inicialmente as amostras foram submetidas às diluições decimais sucessivas utilizando solução salina (NaCl) a 0,85%. Foi inoculado 0,1 mL de cada diluição em placas de petri contendo Ágar PCA (Plate Count Ágar) e feito

o espalhamento utilizando alça de Drigalsky. As placas foram incubadas em estufa a 37°C durante 24-48 horas. A análise foi feita em triplicata e os resultados expressos em unidades formadoras de colônias por grama de amostra (UFC/g).

A Figura 10 mostra as placas de petri com a formação das colônias para as amostras dos vermicompostos e substrato comercial.

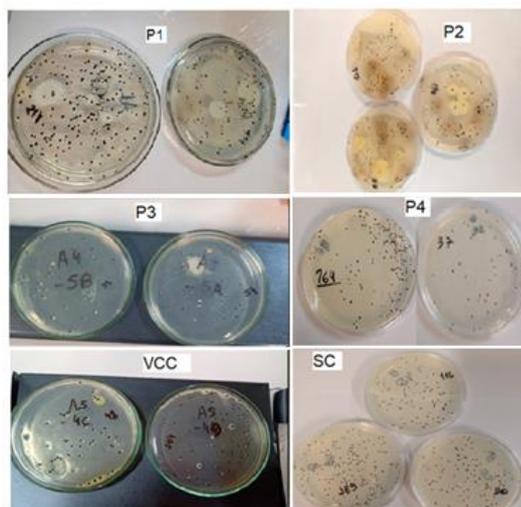


Figura 10- Placas de petri

Fonte: Balbinotti, 2022.

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade através do software GENES (CRUZ, 1997).

4.3 Resultados e discussão

4.3.1. Análises químicas

Os resultados obtidos para as análises químicas dos vermicompostos das propriedades, vermicomposto comercial e o substrato comercial Turfa são apresentados na Tabela 5.

A Instrução Normativa nº 61 do MAPA (MAPA, 2020) que estabelece regras sobre definições, exigências, especificações, garantias, tolerâncias, registro, embalagem e rotulagem dos fertilizantes orgânicos e dos biofertilizantes, destinados à agricultura, apresenta valores a serem atendidos pelos vermicompostos/húmus de minhoca para aplicação no solo somente em relação à umidade, pH, carbono e nitrogênio. Para a avaliação dos demais teores de nutrientes foram utilizados os valores referência para compostos orgânicos.

Tabela 5- Caracterização química dos vermicompostos. Pelotas, 2023.

| Parâmetros | Unidade | VCP1 | VCP2 | VCP3 | VCP4 | VCC | SC | IN 61 MAPA | |
|--------------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|-----------|-------------------|--------|
| pH | | 5,7 | 5,9 | 5,0 | 7,08 | 6,15 | 4,11 | ≥ 6 | |
| Relação C/N | | 16/1 | 14/1 | 16/1 | 10/1 | 16/1 | 18/1 | 20/1 | Máximo |
| Umidade (%) | | 43,16 | 36,66 | 66,16 | 70,94 | 29,18 | 55,17 | 50% | Máximo |
| Carbono | g/kg | 385,7 | 215,7 | 345,4 | 241,4 | 175,7 | 350,8 | 10% | Mínimo |
| Nitrogênio | g/kg | 23,51 | 14,56 | 21,68 | 22,40 | 11,11 | 19,35 | 0,5% | Mínimo |
| Fósforo | g/kg | 2,58 | 6,76 | 3,79 | 10,46 | 5,35 | 2,50 | 1% | Mínimo |
| Potássio | g/kg | 4,52 | 7,14 | 5,74 | 45,26 | 3,72 | 2,48 | 1% | Mínimo |
| Cálcio | g/kg | 82,41 | 108,10 | 20,86 | 11,86 | 6,58 | 12,46 | 1% | Mínimo |
| Magnésio | g/kg | 2,78 | 4,88 | 2,67 | 0,95 | 2,87 | 2,78 | 1% | Mínimo |
| Enxofre | g/kg | 0,29 | 0,19 | 2,27 | 0,43 | 0,57 | 2,19 | 1% | Mínimo |
| Cobre | mg/kg | 2,63 | 2,63 | 22,85 | 14,57 | 44,69 | 19,91 | 0,02% | Mínimo |
| Ferro | mg/kg | 305,36 | 391,02 | 1269,44 | 347,66 | 218,46 | 194,48 | 0,02% | Mínimo |
| Manganês | mg/kg | 72,64 | 117,58 | 941,14 | 161,36 | 198,06 | 407,55 | 0,02% | Mínimo |
| Zinco | mg/kg | 4,89 | 12,0 | 149,58 | 39,22 | 69,54 | 33,39 | 0,1% | Mínimo |

Abreviações: VCP1 vermicomposto propriedade 1, VCP2 Vermicomposto propriedade 2, VCP3 vermicomposto da propriedade 3 e VCP4 vermicomposto propriedade 4; VCC: vermicomposto comercial; SC: substrato comercial.
IN 61 MAPA: Instrução Normativa N° 61 , DE 08 DE JULHO DE 2020.

Em relação ao pH, verifica-se que somente o VCP4 (7,08) e o VCC (6,15) apresentaram o valor mínimo estabelecido pela IN 61, que determina que o pH para húmus de minhoca deve ser igual ou superior a 6,0. Os vermicompostos VCP1 e VCP2 apresentaram valores próximos ao ideal, sendo de 5,7 e 5,9, respectivamente. Já o SC apresentou pH de 4,11 e a VCP3 de 5,0. Para Kiehl (2004) citado por Primo (2009), o pH abaixo de 6,0 não é considerado aceito como composto maturado.

Segundo a IN 61, a umidade ideal deve ser igual ou inferior a 50%, mostrando que os vermicompostos VCP1 (43,16%), VCP2 (36,66%) e VCC (29,11%) apresentaram valores dentro do estabelecido. A P1 utiliza na vermicomposteira resíduos da agroindústria, frutíferas, domiciliares e esterco, e a P2 utiliza resíduos de hortaliças, frutíferas, palhas, esterco, entre outros.

Os maiores conteúdos de umidade foram encontrados no VCP4 (70,94%) e no VCP3 (66,16%), que utilizam predominância de esterco animal no processo de vermicompostagem. A P3 utiliza esterco de bovinos e equinos, que são deixados a campo por um período de 30 dias antes da vermicompostagem, ficando exposto a intempéries e a P4 utiliza carcaça de aves, esterco bovino e silagem. Souza *et al.* (2017) observaram em seus estudos usando lodo biológico de uma estação de tratamento de laticínios e poda de árvores que todos os tratamentos apresentaram umidade acima da faixa considerada ideal. A umidade máxima aceita nos vermicompostos Classe A é de 50% (MAPA, 2020).

Verificou-se que todas as amostras analisadas apresentaram valores de relação C/N dentro dos padrões estabelecidos pelo MAPA, que é de no máximo 20/1, sendo P4 a que apresentou a menor relação C/N (10/1). Os vermicompostos obtidos nas propriedades agrícolas orgânicas foram os que apresentaram melhores relações C/N. Já a P1 e P3, produção convencional, apresentaram a mesma relação obtida no vermicomposto comercial (16/1).

Conforme, Dores-Silva, Landgraf & Rezende (2011) a aceleração do processo de humificação, resultante da ação das minhocas resulta em uma diminuição da razão C/N, que é um dos indicativos do grau de maturidade do composto ou vermicomposto. Durante o processo de vermicompostagem, o carbono orgânico total diminui porque as minhocas utilizam parte do carbono para seu crescimento, e a outra parte é transformada em CO₂ e perdida para o

meio externo, formando ao final do processo um material mais estabilizado (DORES-SILVA, LANDGRAF & REZENDE, 2011). Segundo Atiyeh (2001) citado por Dores-Silva, Landgraf e Rezende *et al.* (2011) o aumento do teor de nutrientes, como o nitrogênio, está diretamente relacionado com a mineralização da matéria orgânica pelas minhocas. Menor relação C/N reflete em alta humificação oferecendo maior quantidade de ácido húmicos que são conhecidos ter alta capacidade de trocas catiônicas (ALBANELL, PLAIXATS & CABRENO, 1988).

Todas as amostras provenientes das propriedades agrícolas analisadas foram consideradas satisfatórias quanto ao conteúdo de carbono orgânico total, que deve ter valor mínimo de 10% para húmus de minhoca, conforme a IN 61. Os valores encontrados nos vermicompostos obtidos nas propriedades variaram de 21,57% (VCP2) a 38,57% (VCP1).

Em relação ao Nitrogênio (N), todas as amostras analisadas apresentaram valores acima de 0,5%, valor recomendado pelo MAPA para vermicompostos. Observa-se que os vermicompostos da P1, P2, P3, P4 e o SC mostraram valores superiores ao comercial (VCC), assim como o percentual de carbono. O nitrogênio é um elemento importante por auxiliar o crescimento vegetativo e no aumento do rendimento das plantas (GHATAS, 2020). O aumento do conteúdo de nitrogênio aumenta a capacidade fertilizante do vermicomposto, já que o nitrogênio é um dos nutrientes essenciais para o crescimento e desenvolvimento das plantas (DORES-SILVA, LANDGRAF & REZENDE, 2011).

Para o Fósforo (P), o único vermicomposto que apresentou valor superior a 1%, valor mínimo preconizado pela IN 61 para composto orgânico, foi o da propriedade P4. Um dos fatores que pode ter contribuído para que o VCP4 obtivesse este índice foi o uso de dejetos e carcaça de aves na composição inicial da vermicompostagem. Conforme Vione (2016) concluiu em seus experimentos avaliando vermicompostos produzidos com dejetos de suínos, aves poedeiras e bovinos leiteiros, misturados com casca de arroz, os maiores teores de P e Ca foram encontrados em vermicompostos onde foi utilizado o esterco de aves poedeiras, provavelmente pelo fato das rações recebidas por estas aves conterem muitos elementos minerais. O fósforo (P) é um

macronutriente importante para o metabolismo e crescimento das plantas, tendo papel central em processos metabólicos como a fotossíntese e respiração (VASCONCELOS *et al.*, 2022). As minhocas ao ingerirem os resíduos, ricos em matéria orgânica, quebram as estruturas destes compostos e disponibilizam o fósforo (SILVA *et al.*, 2002).

O potássio (K) é o nutriente mais exigido pelas plantas depois do nitrogênio. O VCP4 apresentou teor de potássio de 4,52%, superior ao valor de 1% recomendado pela IN 61. Quando a matéria orgânica passa pelo intestino das minhocas ocorre a transformação do potássio em formas mais solúveis, dada a produção de produtos ácidos provenientes da decomposição do material orgânico pelos microrganismos (JOSEPH, 2019).

Nos demais vermicompostos foram encontrados valores abaixo do recomendado pelo MAPA, o que pode estar relacionado com a lixiviação do potássio durante o processo de vermicompostagem.

Em estudo realizado por Nascimento *et al* (2015) usando uma mistura de 50% de palha de café com 50% de esterco bovino em uma vermicompostagem foi possível concluir que esta mistura aumentou a disponibilidade de nitrogênio (N), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e Cobre (Cu).

Como apresentado anteriormente o VCP4 apresentou valores superiores de fósforo e potássio, e a menor relação C/N quando comparados aos demais vermicompostos e substrato comercial, o que pode estar relacionado com a maior ação das minhocas durante o processo de vermicompostagem. A rápida humificação durante o processo de vermicompostagem faz com que haja um declínio da relação C/N e o aumento na taxa de concentração de nutrientes minerais como nitrogênio, fósforo e potássio (ATIYEH, 2001 citado COTTA *et al.*, 2015).

Em relação ao cálcio (Ca), os vermicompostos das P1, P2, P3, P4 e SC apresentaram valores de 1,18% a 10,80%, valores estes superiores a 1%, recomendado pelo MAPA. Destaca-se que os maiores valores foram encontrados no VCP1 (8,24%) e no VCP2 (10,80%), o que pode estar relacionado a utilização de casca de ovos nas vermicomposteiras. Segundo Magalhães *et al.* (2011) em sua pesquisa avaliando diferentes tratamentos de compostagem concluíram que o alto teor de cálcio em todas as misturas testadas

estava relacionado com a quantidade de casca de ovos existente na mistura que variou entre 20 a 33%, obtendo nos resultados uma variação no percentual de cálcio de 13,4% a 24,4%. Já para Swarnam *et al.* (2016) utilizando resíduos de casca de coco com esterco de aves e dejetos suínos se produziu um vermicomposto mais rico em cálcio (Ca) do que um vermicomposto que utilizou somente casca de coco, assim como o conteúdo de Ca foi maior quando se utilizou esterco de aves do que o uso de dejetos suínos .

Para magnésio (Mg) e enxofre (S) foram encontrados valores inferiores a 1% em todos os vermicompostos e substrato comercial. Os resultados corroboram com o encontrado no estudo realizado por Pereira *et al.* (2023) que em sua pesquisa utilizando resíduos do RU tais como alface, beterraba, cenoura e outros, obteve resultados abaixo de 1% para estes elementos.

Metais pesados essenciais como cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) são requeridos para funções bioquímicas e físico-químicas em plantas, sendo constituintes de diversas proteínas e enzimas (cofatores), sendo necessário estar dentro da faixa de concentração ideal, uma vez que o excesso destes metais acarreta em efeitos adversos a nível celular (SWATI & HAIT, 2017).

Em relação ao cobre (Cu), micronutriente essencial para o desenvolvimento das plantas, todos os vermicompostos das propriedades assim como os substratos apresentaram índice inferior a 0,02% recomendado pelo MAPA. Segundo pesquisa realizada por Sena *et al.* (2019) em experimento em vermicompostagem e compostagem a base de resíduos orgânicos alimentares, esterco bovino e folhas secas, houve aumento da disponibilidade de cobre até os 63 dias de processo, sendo que observou máxima concentração aos 95 dias de processo.

O cobre é um elemento importante no metabolismo de carboidratos e nitrogênio, sendo que níveis inadequados resultam em plantas atrofiadas, e também necessário na síntese de lignina para o fortalecimento das paredes celulares e prevenção ao murchamento (SENA *et al.*, 2019). Conforme Winck *et al.* (2022) o cobre atua praticamente em todas as vias metabólicas da planta, se tornando indispensável a seu desenvolvimento, podendo, entretanto, se tornar tóxico aos tecidos da planta em concentrações elevadas.

O SC foi o único que apresentou valor inferior a 0,02% do micronutriente Ferro (Fe), valor preconizado pelo IN 61, enquanto o VCP3 apresentou mais alto teor (1269,44 mg/Kg) quando comparado aos demais vermicompostos e SC. Esse resultado pode estar relacionado com a predominância de esterco bovino e equino utilizados no processo de vermicompostagem. Dados próximos a este foram encontrados em pesquisa realizada por Soares, Souza & Cavalheiro (2004) ao caracterizar diferentes amostras de vermicompostos comerciais obtidos a partir de esterco bovino, os quais encontraram concentração relativamente alta de ferro (1700 mg/Kg) em uma das amostras.

Em relação ao Manganês (Mn), o SC apresentou o valor (0,04%) acima do mínimo estabelecido pela IN 61, que determina que o manganês para compostos orgânicos deve ser igual ou superior a 0,02%. O VCP3 (0,09%) apresentou valor superior a IN 61, o que pode estar relacionado com a utilização de esterco bovino e equino no processo de vermicompostagem. Este resultado foi superior ao encontrado em estudo realizado por Rodrigues *et al.* (2003) onde foram encontrados teores médios de 0,04% de manganês nos vermicompostos obtidos em tratamentos utilizando as minhocas Africanas e Vermelhas da Califórnia em esterco de búfalos e esterco de bovinos.

Para o Zinco (Zn), todas as amostras analisadas apresentaram valores inferiores a 0,1%, valor mínimo recomendado pela IN 61 para compostos orgânicos. A adsorção, fixação e precipitação do zinco (Zn) adicionado ao solo dependem da presença de minerais como argila, carbonatos e matéria orgânica (SOARES, SOUZA & CAVALHEIRO, 2004). Segundo Suszek *et al.* (2007) citados por Nuernberg (2014) ao realizar compostagem em pilhas por 72 dias e após vermicompostagem usando esterco bovinos, os experimentos não alcançaram o mínimo necessário para ser utilizado na agricultura. Rodrigues *et al.* (2003) em sua pesquisa, citam que o alto teor de ferro e zinco encontrados estavam correlacionados ao alto teor destes elementos encontrados nas análises feitas do esterco fresco bovino utilizado na vermicompostagem.

Na presente pesquisa, foram encontrados valores de cobre e zinco, abaixo do indicado pela IN 61 para todas amostras analisadas.

O vermicomposto produzido na P4 obteve melhores resultados para a maioria dos parâmetros analisados, apresentando valores acima do

recomendado pela IN 61, com exceção da umidade, magnésio, enxofre, cobre e zinco.

Em estudo realizado por Grazik, Reis & Korf (2022) em pesquisa de vermicompostagem utilizando esterco de aves, caprinos e ovinos, capim elefante, palha seca de milho e microrganismos, foi verificado aumento nos teores dos micronutrientes manganês, ferro, cobre e zinco nos tratamentos, entretanto não suficientes para enquadrá-los aos limites mínimos recomendados pela legislação com exceção do manganês e ferro.

4.3.2. Análises fitotóxicológicas

Para que um composto possa ser utilizado com segurança na agricultura é necessário que esse esteja maturado, o que implica no teor de matéria orgânica estável (GRIGATTI, CAVANI & CIOVATTA, 2011).

A aplicação de compostos não maturados no solo causa efeitos negativos na germinação de sementes, no crescimento e desenvolvimento das plantas, devido a estes induzirem alta atividade microbiana o que reduz a concentração de oxigênio no solo e bloqueia o nitrogênio disponível no solo, causando deficiência de N nas culturas, além de introduzirem compostos fitotóxicos como metais pesados, compostos fenólicos, etileno e amônia, acúmulo excessivo de sais e ácidos orgânicos que poderiam retardar a germinação e o crescimento das sementes (TIQUIA, TAM & HODGKISS, 1996)

O índice de germinação de sementes (IG) é o indicador da maturidade de um composto, índice exigido em muitos padrões nacionais, salientando que sementes de diferentes espécies tem variados padrões de sensibilidade considerando a toxicidade biológica do composto, razão que deve ser feita adequada seleção do tipo de semente que vai ser utilizada para fazer esta avaliação (IG) (YANG et al., 2021).

A Tabela 6 mostra o Índice de Germinação (IG) para os diferentes vermicompostos e substrato comercial, para cada organismo-teste (alface americana, alface Regina de verão, rúcula Donatella e pepino pioneiro) avaliado.

Tabela 6- Índice de Germinação para testes utilizando alface americana, alface Regina de verão, rúcula e pepino. Pelotas, 2023.

| Amostra | IG | | | |
|---------|------------------|------------------------|----------|---------|
| | Alface Americana | Alface Regina de verão | Rúcula | Pepino |
| VCP1 | 91,36 a | 109,75 a | 126,79 a | 82,02 a |
| VCP2 | 71,15 b | 83,76 ab | 80,51 b | 59,13 a |
| VCP3 | 68,14 bc | 80,43 ab | 76,47 b | 64,56 a |
| VCP4 | 54,39 c | 63,39 b | 63,44 b | 45,79 a |
| VCC | 69,62 bc | 20,16 c | 75,39 b | 79,31 a |
| SC | 68,86 bc | 19,51 c | 74,91 b | 58,95 a |
| CV (%) | 11,01 | 27,21 | 19,5 | 42,54 |

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade de erro. Letras minúsculas representam diferenças estatísticas entre os tratamentos da mesma coluna.

Abreviações: VCP1: vermicomposto propriedade 1; VCP2: vermicomposto propriedade 2; VCP3 vermicomposto da propriedade 3 e vermicomposto da propriedade 4; VCC: vermicomposto comercial; SC: substrato comercial.

IG: índice de germinação. CV: coeficiente de variação.

O VCP1 apresentou resultados positivos de IG variando de 82,02 (pepino) a 126,79% (rúcula), sendo o único vermicomposto que não apresentou fitotoxicidade para todos os organismos-teste avaliados, indicando que o vermicomposto está maturado e pode ser utilizado. Tiquia, Tam & Hodgkiss (1996) citam que valores de IG acima de 80 a 85% indicam o desaparecimento da fitotoxicidade em compostos orgânicos. Conforme citado por Boruah & Deka (2023), valores de IG abaixo de 50% indicam alta fitotoxicidade, valores entre 50 e 80% indicam moderada fitotoxicidade, valores acima de 80% indicam ausência de fitotoxicidade e quando é superior a 100%, o composto pode ser considerado como um fitonutriente ou fitoestimulante.

Também foi observado que o VCP1 apresentou os maiores valores de IG para todos organismos-teste quando comparados às demais amostras. Os mais altos valores foram obtidos para a rúcula (126,79%), que diferiu estatisticamente das demais amostras, e para a alface Regina de verão (109,75%), o qual diferiu estatisticamente das amostras VCP4, VCC e SC, indicando que o VCP1 é fitoestimulante, dado o IG maior que 100% e seguro para uso considerando a análise de fitotoxicidade. Segundo El Fels, Hafidi & Ouhdouch (2016) a alta porcentagem nos índices de germinação está ligada não só a redução das substâncias fitotóxicas que ocorrem durante o processo de vermicompostagem, como também a matéria orgânica estabilizada rica em substâncias húmicas e nutrientes obtidas durante o processo.

Isso pode estar relacionado aos resíduos utilizados da agroindústria (frutíferas) e domésticos como restos de alimentos, cascas de frutas, borra de café, podas de árvores, grama, folhas e esterco bovino, assim como o tempo do processo de vermicompostagem que é de cerca de 60-70 dias, o que seria suficiente para obter o vermicomposto/húmus de minhoca livre de fitotoxicidade. Respeitar o período de maturação da compostagem e selecionar os resíduos a serem utilizados, para assegurar bom desenvolvimento das minhocas evitando resíduos cítricos, cebola, alho e restos de alimentos cozidos em excesso que causam acidificação do meio (NASCIMENTO *et al.*, 2022). Em estudo realizado por Boruah & Deka (2023) analisando IG de vermicomposto resultante de um processo de vermicompostagem onde foram utilizados resíduos de bagaço de citrônella (CB) e lodo de fábrica de papel por 45 dias, usando como bioindicadores sementes de *Abelmoschus esculentus* (quiabo) e *Solanum melongena* (berinjela) o IG ultrapassou índices acima de 100%, o que pode ser atribuído as minhocas terem favorecido uma melhor mineralização e maturidade do vermicomposto.

O VCP2 mostrou resultados de IG de 59,13 a 83,76%, mostrando moderada fitotoxicidade para a alface Americana e pepino e ausência de fitotoxicidade para alface Regina e rúcula. O VCP2 foi gerado em processo de vermicompostagem utilizando resíduos de hortaliças, restos de alimentos, casca de ovos, borra de café, cama de aviário, casca de arroz, esterco bovino, esterco suíno, folhas, entre outros, o qual durou em média 60-90 dias. Segundo Komilis & Tziouvaras (2009) o resultado de seus testes de fitotoxicidade para compostos orgânicos obtidos de derivados de esterco de vaca, algas marinhas, polpa de azeitona, esterco de aves e resíduos sólidos urbanos cujo IG variou de 0% a 262%, dependeram do tipo de semente utilizada nos bioensaios de germinação, e o composto de esterco de aves foi altamente tóxico para todas as sementes utilizadas.

O VCP3, obtido na vermicompostagem utilizando esterco bovino e equino, mostrou moderada fitotoxicidade para a alface Americana, rúcula e pepino, apresentando valores entre 64,56 e 76,47% e ausência de fitotoxicidade para a alface Regina (80,43%). Existe a possibilidade de que o tempo de

vermicompostagem não tenha sido suficiente para obter um vermicomposto livre de toxicidade.

O VCP4 foi o vermicomposto que apresentou maior percentual de fitotoxicidade. O IG para o pepino foi de 45,79%, refletindo alta fitotoxicidade e valores entre 54,39 e 63,44%, mostrando moderada toxicidade para as alfaces Americana e Regina e rúcula. Ao relacionar o tempo de vermicompostagem com as demais propriedades, o VCP4 foi o vermicomposto obtido com menor tempo de processo, o que ficou em torno 40-50 dias. Os resultados de IG obtidos com o VCP4 indicam falta de maturação do vermicomposto. Os resíduos utilizados, como carcaça de animais, esterco bovino e silagem, podem ter afetado a qualidade do produto final, assim como pode estar indicando que o tempo de vermicompostagem é insuficiente para que se obtenha um vermicomposto maturado dentro dos padrões indicados, tanto com relação a humificação quanto a fitotoxicidade. O tempo de maturação do vermicomposto vai depender do resíduo utilizado (AQUINO; OLIVEIRA; LOUREIRO, 2005).

O vermicomposto comercial (VCC) e o substrato comercial (SC) apresentaram alta fitotoxicidade para a alface Regina de verão, sendo os valores de IG inferior a 30%, e moderada fitotoxicidade para os demais organismos-testes.

O VCC, SC e VCP4 foram os que apresentaram fitotoxicidade para todos organismos-teste, provavelmente devido à falta de maturação, o pode estar relacionado com a matéria orgânica utilizada e tempo de vermicompostagem que não foram suficientes para obter vermicomposto e substrato sem a presença de substâncias tóxicas. Conforme Vione (2016) em sua pesquisa utilizando resíduos de casca de arroz com dejetos de aves ou dejetos suíno os vermicompostos atingiram IG inferiores a 50% para sementes de alface, e superiores a 50 e 100% para cevada e azevém, respectivamente, indicando que para alcançar a estabilidade e maturidade, podem ser necessários tempos diferenciados dependentes dos resíduos utilizados.

O VCC, SC e VCP3 apresentaram resultados acima de 70% para a rúcula, porém insuficiente para obter um substrato livre toxicidade.

Conforme Oliveira (2011) ao adicionar torta de mamona ao substrato orgânico, constituído de vermicomposto e “fino de carvão vegetal”, teve como

resultado maior desenvolvimento de mudas de alface, rúcula, berinjela e beterraba, na comparação com o substrato orgânico.

Conforme citado anteriormente, todos os vermicompostos apresentaram adequada relação C/N final uma vez que os valores obtidos encontraram-se entre 10/1 e 18/1, valores estes dentro do preconizado pela IN 61, que é de no máximo 20/1 para vermicompostos maturados. No entanto, o uso da relação C/N como único critério para avaliar a estabilização de resíduos nos processos de compostagem é deficiente, visto que varia muito em função do tipo de material que é compostado (NIEDZIALKOSKI, 2020). Segundo Majlessi *et al.* (2012) mesmo que os parâmetros físico-químicos forneçam indicação da estabilidade dos vermicompostos, é importante avaliar a maturidade que pode ser avaliada através de um teste de fitotoxicidade, sendo importante realizar os testes simultaneamente. Para experimento utilizando semente de agrião foi encontrado índice de germinação de 58,4%, o que faz considerar o vermicomposto moderadamente fitotóxico, portanto, com ausência de maturidade, mas como apresentou baixa relação C/N foi considerado estável.

Conforme Mendes *et al.* (2016) mesmo que um composto tenha alto valor agrônômico, quem vai indicar se o composto pode ou não ser indicado será o resultado do teste de fitotoxicidade. Segundo Belo (2011) o crescimento das plantas cultivadas pode ser prejudicado em função de mudanças contínuas na estabilidade e maturação do composto.

De acordo com as análises químicas, o SC e os vermicompostos VCP3 e VCP4 apresentaram percentual de umidade de 55%, 66 e 70%, o que pode estar relacionado ao IG ter apresentado alta índice de fitotoxicidade para as sementes testadas.

Em suma, pode-se evidenciar que o vermicomposto VCP1 não apresentou fitotoxicidade para alface americana, alface Regina de verão, pepino e rúcula, obtendo destaque para a alface Regina de verão e rúcula. No VCP2 o vermicomposto avaliado não apresentou fitotoxicidade para alface Regina de verão e para rúcula, porém não sendo indicada para alface americana e pepino. Já o vermicomposto avaliado no VCP3 obteve resultado positivo somente para a alface Regina de Verão. O VCP4 apresentou fitotoxicidade para todos organismos-testes.

4.3.3. Análises microbiológicas

Na Tabela 7 são apresentados dados obtidos das análises microbiológicas em relação a quantificação de bactérias heterotróficas, coliformes totais e termotolerantes (*Escherichia Coli*).

Tabela 7- Resultados da análise da população de bactérias heterotróficas (UFC/g) e de coliformes totais e termotolerante (NMP/g). Pelotas, 2023.

| Amostra | Bactérias heterotróficas UFC/g | Coliformes Totais NMP/g | <i>Escherichia Coli</i> NMP/g |
|---------|--------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| VCP1 | $1,0 \times 10^7$ | 3,6 | 3,6 |
| VCP2 | $9,63 \times 10^6$ | 20 | 3,6 |
| VCP3 | $5,25 \times 10^7$ | 9,2 | 3,6 |
| VCP4 | $1,6 \times 10^7$ | 23 | 3,6 |
| VCC | $7,6 \times 10^6$ | 23 | 3,6 |
| SC | $1,46 \times 10^6$ | 9,2 | 7,4 |

Abreviações: UFC/g: Unidade formadora de colônias/ grama. NMP/g: número mais provável/ grama.

VCP1: vermicomposto propriedade 1; VCP2: vermicomposto propriedade 2; VCP3 vermicomposto da propriedade 3 e vermicomposto da propriedade 4; VCC: vermicomposto comercial; SC: substrato comercial.

Os resultados encontrados mostraram maiores populações de bactérias heterotróficas nos vermicompostos obtidos nas propriedades quando comparado aos comerciais.

Os valores mais elevados obtidos nos vermicompostos VCP3 e VCP4 podem estar relacionados aos esterco empregados em maior quantidade. A P3 utiliza esterco equino e bovino e a P4 esterco bovino, carcaça de aves e silagem, uma vez que o esterco bovino possui grande quantidade de microrganismos presentes.

Segundo os resultados obtidos na pesquisa de Tiago, Melz & Schiedeck (2008) as maiores quantidades de microrganismos totais (fungos e bactérias) foram encontradas na análise de esterco bovino e em uma mistura de esterco (50% bovino, 25% equino e 25% aves), possivelmente devido à alta porcentagem de esterco bovino.

De acordo com Rebolledo *et al.* (2008) o número de bactérias é geralmente muito maior do que o número de outros microrganismos, como por exemplo os fungos, sendo em sua pesquisa encontrado no composto analisado, obtido de resíduos sólidos orgânicos municipais, maior proporção de bactérias que é o

grupo mais diversificado na compostagem, usando uma ampla faixa de enzimas na degradação de diversos materiais orgânicos. Ainda conforme estes autores os microrganismos com alta atividade hidrolisante prevaleceram no composto. Em estudo de vermicompostagem em ambiente coberto realizado por Souza *et al.* (2017) avaliando a qualidade de vermicompostos a partir de diferentes resíduos, foram obtidos valores de $2,16 \times 10^8$ (Lodo biológico de laticínio e casca de café) a $1,15 \times 10^9$ UFC/g (lodo, poda de árvore e cinzas) ao final de 100 dias de processo.

No presente estudo, foi encontrado um dos mais altos valores ($1,4 \times 10^7$ UFC/g) no VCP4, o que pode estar relacionado com a menor relação C/N obtida que foi de 10/1 em comparação com os demais vermicompostos. Souza *et al.* (2017) obtiveram em sua pesquisa resultados de $3,67 \times 10^7$ UFC e $1,15 \times 10^9$ com vermicompostos, e segundo os autores, o maior pico populacional ao final da vermicompostagem coincidiu em ser o tratamento que obteve a maior redução da relação C/N ou seja, a alta concentração microbiana de bactérias heterotróficas foi positiva no aumento da atividade da microbiota para redução da matéria orgânica do vermicomposto final.

Em relação aos coliformes totais, obteve-se valores de 3,6 a 23 NMP. O menor valor foi encontrado no VCP1 com 3,6 NMP/g, seguido do VCP3 e SC com 9,2 NMP/g. O VCP2 apresentou o valor de 20 NMP/g e o VCP4 e VCC apresentaram 23 NMP/g, sendo os mais elevados valores. Os valores obtidos foram menores ou iguais ao obtido com o vermicomposto comercial. Este resultado pode ser atribuído à ação das minhocas durante a vermicompostagem.

Silva *et al.* (2011b) observaram que quando do uso de esterco bovino e suíno em um processo de vermicompostagem, a eficiência das minhocas na redução de coliformes totais se torna bastante significativa em função da quantidade de bactérias atuando na vermicompostagem. Procházková *et al.* (2018) que em sua pesquisa utilizando minhocas *Eisenia andrei* constatou a eficiência para a redução de bactérias termotolerantes *Escherichia coli* e *Enterococci*.

Para Panisson (2017) o processo de vermicompostagem possui uma série de microrganismos capazes de apresentarem redução de população ao interagirem com microrganismos antagonistas às colônias de *E. coli*. Segundo

Monroy, Aira & Domínguez (2009) em seu experimento com *Eisenia fetida* houve uma redução de 98% de coliformes totais devido a função das minhocas e microrganismos presentes no processo.

Conforme os dados apresentados na Tabela 7, foi encontrado para todas amostras o valor de 3,6NMP/g, com exceção do SC que apresentou 7,4 NMP/g, estando todos estes dentro dos valores estabelecidos pela Instrução Normativa nº 27 de 2006, alterada pela normativa nº 7 de 2016, que apresenta a tolerância máxima de 1.000 NMP/g de coliformes termotolerantes (BRASIL, 2016).

Conforme Czapela *et al.* (2020) em pesquisa de compostagem de resíduos orgânicos (restos de alimentos, dejetos de aves, suínos e bovinos) observou através de análises microbiológicas reduções de *E. coli* após 120 dias de processo. Para Silva *et al.* (2011b) a vermicompostagem é um processo mais eficiente que a compostagem no que tange a redução de coliformes fecais.

De acordo com a IN nº 27 do MAPA 2006, a presença de *E. coli* nas amostras analisadas das quatro propriedades, vermicomposto comercial e substrato comercial foi considerada adequada, portanto, dentro do limite estabelecido pela legislação.

4.4. Conclusões

Nas análises químicas o vermicomposto da VCP4 apresentou melhor resultado que os vermicompostos das VCP1 e VCP2, VCP3, VCC e SC, porém alguns macronutrientes e micronutrientes foram inferiores para todos vermicompostos e SC.

Todas as amostras mostraram resultados satisfatórios para a população microbiana, estando dentro dos valores permitidos pela legislação para coliformes fecais e totais.

O VCP1 foi o que apresentou melhor resultado na análise de fitotoxicidade para alface americana, Regina de verão, rúcula e pepino, sendo o único que se apresentou maturado.

5. Capítulo III. Desempenho agrônômico de mudas de alface utilizando substratos formulados com vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícolas familiares

5.1. Introdução

O Brasil produz anualmente grandes quantidades de produtos agrícolas, e de acordo com o IBGE, há estimativa que o valor bruto da atividade Agropecuária tenha crescido 15,1% de 2022 para 2023 (IBGE, 2024).

A alface se destaca pela sua importância econômica no Brasil, além dos benefícios provenientes de suas propriedades nutricionais (MACHADO *et al.*, 2023).

A alface a hortaliça folhosa mais consumida in natura no mundo (HERNANDEZ *et al.*, 2013). Existe uma preferência dos agricultores pela produção de espécies de vegetais de uso diário por parte dos consumidores (MATTEUCCI, 2023).

A agricultura orgânica se utiliza de sistemas de produção baseados em tecnologias, que envolvem a planta, o solo e as condições climáticas buscando a produção de um alimento sadio, com características e sabores originais que tenha as qualidades exigidas pelo consumidor (HERNANDEZ *et al.*, 2013).

A alface se destaca na preferência de cultivo nas produções orgânicas, por ser de grande consumo pela população, possuidora de valores nutricionais benéficos a saúde e ser obtida no mercado por um valor acessível. De consumo in natura existe a preocupação do agricultor em obter um produto de qualidade, sem que o ambiente de cultivo seja afetado (SILVA *et al.* 2017).

A alface por ser de ciclo curto e oferecer bons resultados ao manejo orgânico é uma cultura que pode onde se pode obter elevada produção por unidade de área, bastante adequada para o pequeno agricultor que tem garantia de retorno econômico em prazo curto (FIORINI *et al.*, 2016).

Segundo dados da Ceasa/ RS citado pelo Governo do Rio Grande do Sul (2022), as principais hortaliças comercializadas são cerca de 23, entre elas tomate, batata, repolho, cebolo cenoura, alface, entre outros. Já em relação a pecuária, o Brasil registrou um rebanho bovino de 234,4 milhões de cabeças. O rebanho de suínos cresceu 4,3%, chegando ao recorde de 44,4 milhões de animais (IBGE, 2022b). Essa cadeia produtiva gera grandes quantidades de

resíduos orgânicos tais como, esterco bovino, suíno e equino, cama de aviário, entre outros.

A grande geração de resíduos sólidos gerados causa impactos ao meio ambiente como poluição do solo, ar e água devido a seu acúmulo e descarte incorreto (BALEM & DUPONT, 2023).

A redução dos impactos causadas por descartes incorretos e reduzida através de uma gestão de resíduos que potencialize o processo de tratamento e o destino final dos resíduos (CORDEIRO *et al.*, 2020).

A compostagem e a vermicompostagem são alternativas eficientes no tratamento de resíduos orgânicos oferecendo vantagens técnicas e econômicas que geram como produto final o composto orgânico de grande importância para a melhoria das propriedades do solo, como aumento da fertilidade, aumento da capacidade de troca catiônica e retenção de água (AWASTHI *et al.*, 2020; SAER, *et al.*, 2013; TIENEN *et al.*, 2020, YURI *et al.*, 2004).

O vermicomposto, produto da vermicompostagem, quando adicionado ao solo acelera crescimento e produtividade das culturas (VIONE *et al.*, 2018).

O solo manejado de forma incorreta é um fator que além do empobrecimento do solo causa danos sociais e econômicos, é necessário a busca de soluções eficazes para garantir a preservação de um meio ambiente equilibrado (RAMALHO & CAVICHIOLI, 2023).

O sucesso na produção de hortaliças depende da nutrição recebida pela planta, fato este que torna interessante a utilização de compostos orgânicos na produção (FREITAS *et al.*, 2009). A agricultura orgânica reduz efeitos adversos ao meio ambiente além de contribuir para a produção de alimentos de melhor qualidade (GAMAGE *et al.*, 2023).

O uso de adubo orgânico expressa efeitos nas características produtivas como massa fresca total e comercial, circunferência da planta e circunferência da cabeça, conforme pesquisas com relação a produção e a características comerciais de cultivares de alface (SANTI *et al.*, 2010; YURI *et al.*, 2004).

A busca por produtos de melhor qualidade, em destaque a alface que é de grande aceitação e consumo, se faz importante, e o uso de adubos orgânicos na formulação de substratos pode trazer os benefícios desejados.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho agrônômico de mudas de alface utilizando vermicompostos produzidos em propriedades rurais agrícolas familiares e comparar com um vermicomposto comercial.

5.2. Material e métodos

O experimento foi instalado no dia 04 de janeiro de 2023 em casa de vegetação na Embrapa Clima Temperado, localizada no município de Pelotas/RS e avaliado em 27 de janeiro de 2023. A temperatura foi monitorada diariamente, tendo esta variado, neste período, de 19°C a 37°C.

Foi estudado o desempenho agrônômico de mudas de alface em diferentes substratos utilizando dois vermicompostos (VCP2 e VCP3), produzidos em propriedades rurais familiares, sendo uma de produção orgânica (VCPO) e a outra convencional (VCPC). Foi também utilizado um vermicomposto comercial e o substrato comercial Turfa, ambos adquiridos em uma agropecuária de Pelotas.

Para formulação dos substratos, foram utilizados três diferentes vermicompostos (VCs), combinados com cascas de arroz carbonizada (CAC) em diferentes proporções usando como testemunha um substrato comercial (Tabela 8).

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com dezessete tratamentos e quatro repetições, com 11 plantas por parcela.

Foi utilizada a metodologia adaptada de Watthier *et al.* (2019) e Maia (2020).

Tabela 8- Formulações dos substratos estudados. Pelotas, 2023.

| Tratamento | VCC | VCPO | VCPC | SC | CAC |
|------------|------|------|------|-------|-------|
| | % | | | | |
| T1 | -- | -- | -- | -- | 100,0 |
| T2 | -- | -- | -- | 100,0 | -- |
| T3 | 20,0 | -- | -- | -- | 80,0 |
| T4 | 40,0 | -- | -- | -- | 60,0 |
| T5 | 60,0 | -- | -- | -- | 40,0 |
| T6 | 80,0 | -- | -- | -- | 20,0 |

| | | | | | |
|-----|-------|-------|-------|----|------|
| T7 | 100,0 | -- | -- | -- | -- |
| T8 | -- | 20,0 | -- | -- | 80,0 |
| T9 | -- | 40,0 | -- | -- | 60,0 |
| T10 | -- | 60,0 | -- | -- | 40,0 |
| T11 | -- | 80,0 | -- | -- | 20,0 |
| T12 | -- | 100,0 | -- | -- | -- |
| T13 | -- | -- | 20,0 | -- | 80,0 |
| T14 | -- | -- | 40,0 | -- | 60,0 |
| T15 | -- | -- | 60,0 | -- | 40,0 |
| T16 | -- | -- | 80,0 | -- | 20,0 |
| T17 | -- | -- | 100,0 | -- | -- |

*Dosagem de cada tratamento. VCC: vermicomposto comercial; VCPO: vermicomposto da propriedade orgânica; VCPC: vermicomposto da propriedade convencional; SC: substrato comercial; CAC: Casca de arroz carbonizada.

Para produção das mudas de alface, foram utilizadas sementes de alface (*Lactuca Sativa L.*) variedade Regina de Verão, as quais foram semeadas em bandejas de poliestireno expandido de 242 células, com duas sementes por célula. Aos 9 dias da semeadura foi realizado o desbaste, deixando uma planta por célula. A irrigação foi realizada através de capilaridade, observando que não foi adicionado nenhum tipo de fertilizante aos substratos testados.

A Figura 11 apresenta imagens do início e final dos experimentos.



Figura 11- Experimento nos dias 1 e 23 dias.
Fonte: Balbinotti, 2023.

Ao final do experimento (23 dias após a semeadura), foram determinados:

- Percentagem de germinação: após a implantação do experimento foi efetuada diariamente a contagem das sementes germinadas, calculando-se ao final a percentagem de germinação total da parcela;
- Altura de planta (cm);
- Número de folhas (NF): contagem das folhas definitivas abertas;
- Comprimento das raízes (cm);
- Matéria fresca da parte aérea (MFPA) (g);
- Matéria seca da parte aérea (MSPA) (g);
- Estabilidade do torrão ao retirar a planta do recipiente (EST): avaliada conforme escala de notas adaptada de Gruszynski (2002) onde a escala de 1 a 5 considerando-se a coesão do torrão, sendo o valor 1 considerado péssimo e o valor 5 considerado ótimo.

Os resultados obtidos nesses experimentos foram submetidos à análise de variância, e quando diferenças significativas foram observadas, as médias foram comparadas pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade através do software GENES (CRUZ, 1997).

5.3. Resultados e discussão

Foi realizado o ensaio de desempenho agrônômico dos substratos a base de vermicompostos, onde foram avaliadas a altura das plantas, número de folhas, torrão, raízes, massa fresca da parte área, massa seca da parte aérea e germinação, sendo os resultados apresentados na Tabela 9.

As variáveis analisadas apresentaram diferença estatística entre os tratamentos testados, exceto para a germinação.

A formação de mudas é uma das fases de maior importância para o ciclo das hortaliças influenciando diretamente no desempenho final da planta. (RODRIGUES *et al.* 2010).

Para a altura das plantas, os mais altos valores encontrados foram com os substratos T9 (6,44 cm), T11(5,34 cm), T15 (5,53 cm) e T16 (5,48 cm), entretanto estes não diferiram estatisticamente dos tratamentos T1, T4, T8, T10, T12, T14 e T17. Ao comparar com o substrato comercial (T2), usado como testemunha, estes apresentaram melhores resultados ($p < 0,05$). Os tratamentos T2 (Substrato comercial), T3 (20% VCC + 80% CAC) e T7 (100% VCC) foram os tratamentos que apresentaram valores mais baixos. Os substratos formulados a partir dos vermicompostos VCPO e VCPC, em média, apresentaram valores mais altos quando comparado ao VCC e substrato comercial.

Estudando o uso de diferentes vermicompostos e substratos comerciais para produção de brócolis sem o uso de adubo mineral avaliando as variáveis altura das mudas, peso fresco e seco da parte aérea , diâmetro caule e peso fresco e seco da raiz foi possível concluir que os resultados para substratos a base de vermicomposto apresentaram resultados semelhantes comparados ao substrato comercial podendo ser indicados para a produção de mudas de brócolis em substituição ao substrato comercial (MILEC *et al.*, 2007).

Segundo Menezes Júnior *et al.* (2000) citado por Lima *et al.* (2019) ao obterem melhores mudas utilizando substrato obtido usando 50% turfa e 50% de vermicomposto, concluíram ser viável para o agricultor o uso de formulação própria de substratos. Estudo realizado por Silva *et al.* (2018) mostrou que o uso de composto orgânico produzido a partir de resíduos vegetais, esterco bovino assim como composto resultante da vermicompostagem de resíduos do restaurante universitário, legumes, frutas e verduras impróprias para

comercialização mais esterco bovino, podem ser utilizados em substituição ao substrato comercial vermiculita. Mudanças de alface da cultivar Regina produzidas em substrato composto por 25% de solo e 75% de húmus constituído à base de 50% de casca de arroz carbonizada e 50% de solo e turfa como testemunha atingiram padrões comercialmente aceitos (STEFFEN *et al.* 2010a).

Segundo Alves *et al.* (2012) o consumidor avalia o número de folhas no momento da compra, fator que deve ser avaliado quando da produção.

Em relação ao número de folhas, observa-se que os tratamentos utilizando substratos formulados com os vermicompostos das propriedades rurais, com exceção do T13 (20% VCPC + 80% CAC), apresentaram melhores resultados quando comparado ao SC ($p < 0,05$), sendo obtido o maior valor para T9 (40% VCPO + 60% CAC). A maioria dos tratamentos apresentaram mais de 4 folhas nas mudas o que é indicado para o transplante. Madeira, Silva e Nascimento (2016) citam que o momento ideal de transplante de mudas de alface é de 4 a 5 folhas após o semeio, considerando temperaturas de 20 a 25°C.

O tratamento T7 (100% VCC) foi o que obteve o menor resultado entre todos os tratamentos em relação a variável número de folhas. O T7 obteve resultado inferior ao substrato obtido a partir de VCPO e VCPC ($p < 0,05$). O T2 (substrato comercial) também apresentou resultados mais baixos que o VCPO e VCPC, com exceção do T13. Os resultados podem estar relacionados a maturação do vermicomposto comercial e substrato comercial utilizados, que na análise fitotoxicidade apresentaram elevado índice de fitotoxicidade. Em estudo realizado por Morales (2011) onde foram avaliados diferentes vermicompostos obtidos de diferentes misturas de resíduo verde ou vermelho com casca de arroz in natura ou carbonizada, foi observado que os tratamentos utilizando casca de arroz carbonizada e in natura em quantidades acima de 25%, não favoreceram o desenvolvimento das mudas mesmo junto com os substratos verde e vermelho, e também que quanto maior a quantidade de casca de arroz presente no substrato menor foi o número de folhas.

Durante o experimento ocorreram mortes de mudas com 10 a 19 dias de experimento, nos T2 (SC) e T7 (100% VCC) foram os que apresentaram maior número de mortes, também ocorreu mortes nos tratamentos com outras dosagens do vermicomposto comercial, o que pode estar relacionado ao alto

índice de fitotoxicidade. Sementes de hortaliças que apresentam índice de germinação superior a 80% em compostos orgânicos indicam que esses estão livres de fitotoxicidade (TIQUIA, 2010). Na presente pesquisa foram encontrados valores bem abaixo para IG, sendo VCC (20,16%) e SC (19,51%) para alface Regina de Verão.

Tabela 9- Altura da planta (AP), número de folhas (NF), Torrão, raízes, massa fresca da parte aérea (MFPA), massa seca da parte aérea (MSPA), Germinação (GER). Pelotas, 2023.

| TRAT | AP (cm) | NF | Torrão | Raízes (cm) | MFPA (g) | MSPA (g) | GER |
|--------|---------|--------|--------|-------------|----------|----------|---------------------|
| T1 | 3,94 a | 4,70 a | 2,20 a | 5,48 b | 4,11 c | 0,38 c | 57,95 ^{sn} |
| T2 | 1,36 c | 2,45 b | 1,09 b | 1,20 d | 2,28 d | 0,19 c | 39,77 |
| T3 | 1,42 c | 2,45 b | 1,38 b | 4,36 c | 1,2 d | 0,13 c | 45,45 |
| T4 | 3,93 a | 4,59 a | 3,22 a | 10,39 a | 5,59 b | 0,52 c | 72,72 |
| T5 | 3,08 b | 3,5 b | 2,20 a | 4,58 c | 3,67 c | 0,34 c | 45,45 |
| T6 | 3,4 b | 3,29 b | 1,70 b | 3,74 c | 4,45 c | 0,35 c | 44,32 |
| T7 | 0,19 c | 0,34 c | 1,00 b | 0,23 d | 0,19 d | 0,06 c | 19,31 |
| T8 | 5,10 a | 5,15 a | 3,24 a | 9,14 a | 7,7 b | 0,74 b | 63,63 |
| T9 | 6,44 a | 6,13 a | 3,31 a | 7,71 b | 11,00 a | 0,97 a | 61,36 |
| T10 | 4,74 a | 5,06 a | 3,00 a | 6,71 b | 7,32 b | 0,66 b | 61,36 |
| T11 | 5,34 a | 5,40 a | 3,11 a | 7,37 b | 7,5 b | 0,76 b | 67,04 |
| T12 | 4,85 a | 5,68 a | 2,68 a | 6,22 b | 7,13 b | 0,97 a | 53,41 |
| T13 | 2,87 b | 3,5 b | 2,32 a | 5,83 b | 3,32 c | 0,36 c | 44,31 |
| T14 | 5,27 a | 4,81 a | 2,43 a | 7,18 b | 6,80 b | 0,67 b | 49,99 |
| T15 | 5,53 a | 5,47 a | 3,13 a | 7,82 b | 9,66 a | 1,01 a | 60,23 |
| T16 | 5,48 a | 5,16 a | 3,36 a | 6,82 b | 9,84 a | 0,90 a | 77,27 |
| T17 | 4,97 a | 5,34 a | 2,88 a | 5,28 b | 5,84 b | 0,57 b | 52,27 |
| CV (%) | 32,02 | 22,81 | 44,91 | 25,23 | 23,54 | 27,57 | 20,23 |

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott e Knott a 5% de probabilidade de erro. ^{sn} não significativo a 5% de probabilidade. T1: 100% CAC; T2: Substrato comercial turfa; T3: 20% VCC + 80% CAC; T4: 40% VCC + 60% CAC; T5: 60% VCC + 40% CAC; T6: 80% VCC + 20% CAC; T7: 100% VCC; T8: 20% VCPO + 80% CAC; T9: 40% VCPO + 60% CAC; T10: 60% VCPO + 40% CAC; T11: 80% VCPO + 20% CAC; T12: 100% VCPO; T13: 20% VCPC + 80% CAC; T14: 40% VCPC + 60% CAC; T15: 60% VCPC + 40% CAC; T16: 80% VCPC + 20% CAC; T17: 100% VCPC.

Quanto melhor a estabilidade do torrão, melhor será o desempenho da muda no campo, visto sofrer menor impacto e exposição do sistema radicular (ANTUNES *et al.*, 2020).

Em relação a estabilidade do Torrão, os melhores valores encontrados variaram entre 2,20 a 3,36 EST, sendo o melhor (3,36 EST) para o T16 (80% VCPC + 20% CAC). Observa-se que os valores encontrados para os tratamentos utilizando o VCPO e VCPC foram maiores que o encontrado para o substrato comercial (1,09 EST) e para o T7 (1,00 EST) utilizando 100% de vermicomposto comercial ($p < 0,05$). Os tratamentos T3, T6 e T7 foram inferiores aos demais tratamentos e não diferiram estatisticamente do T2. Os tratamentos T2 e T7 foram os que apresentaram pouca aderência do substrato ao sistema radicular das plantas, para estes verificou-se dificuldade para serem retirados do recipiente com o torrão inteiro e coeso. Na Figura 12 podemos observar as diferenças visuais entre as mudas produzidas nos diferentes substratos. Para Schmidt *et al.* (2012) um torrão coeso pode promover o melhor pegamento da muda no local definitivo, sendo a não coesão uma desvantagem com relação a este fator.

Em relação ao comprimento de raízes, os tratamentos T4 (40% VCC + 60% CAC) e T8 (20% VCPO + 80% CAC) apresentaram os maiores resultados entre os substratos avaliados, alcançando 10,39 cm e 9,14 cm respectivamente.

A estabilidade do torrão pode estar relacionada ao maior crescimento de sistema radicular das mudas o que aumentou a aderência do substrato as raízes. Para Steffen *et al.* (2010b) utilizando a formulação de substratos com 100% húmus (H100), casca de arroz carbonizada 100% (CAC100), casca de arroz carbonizada 20% e húmus 80% CAC20H80 apresentou as menores notas para estabilidade de torrão, o que possivelmente esteja relacionado ao menor crescimento do sistema radicular das mudas, o que dificulta a aderência do substrato às raízes.

No T2 (Substrato comercial turfa) e T7 (100% VCC), as mudas apresentaram-se muito pequenas e as raízes com aspecto apodrecidas, havendo dificuldade no momento da retirada ficando retidas no recipiente, isso pode ter ocorrido devido à grande quantidade de água retida no substrato e menor espaço de aeração. Déficit temporal de oxigênio pode acarretar na

redução do crescimento de raízes e quando em condições anaeróbicas mantidas por poucos dias pode causar a morte de algumas raízes (WATTHIER, 2014).

O teor e a capacidade de retenção de água no substrato indicam o volume de ar existente no seu interior (SCHMITZ, SOUZA & KÄMPF, 2002). Os substratos devem ter capacidade de proporcionar água disponível, nutrientes, oxigênio que garantam ambientes estáveis às mudas (FREITAS *et al.*, 2013; PAIVA *et al.*, 2011).

É importante considerar o potencial de comercialização de hortaliças folhosas quando se trabalha a massa fresca da parte aérea (FERREIRA, 2018).

Para a variável matéria fresca da parte aérea (MFPA) os tratamentos T9 (40% VCPO + 60% CAC), T15 (60% VCPC + 40% CAC) e T16 (80% VCPC + 20% CAC), foram os que apresentaram os maiores resultados, sendo de 11,00, 9,66 e 9,84 g respectivamente. Estes valores foram superiores aos encontrados nos demais tratamentos ($p < 0,05$). Os resultados satisfatórios podem estar relacionados com a maior disponibilidade de nutrientes encontrados no VCPO e VCPC utilizado para a formulação dos substratos. Em experimentos realizado por Maia (2020) usando Composto orgânico + casca de arroz carbonizada (90 + 10 %); composto + casca carbonizada: cama de aves (98 + 2 %); composto + casca carbonizada: cama de aves (96 + 4 %); composto + casca carbonizada: cama de aves (92: 8 %); composto + casca carbonizada: cama de aves (84 + 16 %), confeccionado a partir de capim elefante e esterco bovino, combinados à casca carbonizada de arroz o resultado foi favorável a produção de mudas de brócolis, beterraba e tomate em sistema orgânico, uma vez que verificou-se características fitotécnicas superiores à testemunha substrato comercial.

Segundo Taiz & Zieger (2006) citado por Lima (2019) a massa seca por ser um parâmetro muito sensível às oscilações hídricas, se tornam uma das melhores formas de avaliar uma planta uma vez que a maior parte dos vegetais é formada por água. Segundo Brandão (2000) citado por Diniz, Guimarães & Luz (2006) através da massa da matéria seca é possível verificar qual dos substratos testados forneceram nutrientes em maior quantidade para as mudas.

Em relação a variável matéria seca parte aérea (MSPA), os tratamentos T9, T12, T15 e T16 não diferiram estatisticamente entre si, apresentando os melhores resultados quando comparado aos demais tratamentos ($p < 0,05$). Estes

resultados foram obtidos utilizando VCPO T9 (40% VCPO + 60% CAC) e T12 (100% VCPO) e VCPC T15 (60% VCPC + 40% CAC) e T16 (80% VCPC + 20% CAC), possivelmente estejam relacionados aos vermicompostos utilizados na formulação dos substratos que forneceram nutrientes para as mudas. Em experimentos realizados por Cabral *et al.* (2011) o uso de composto de esterco bovino 50% + palhada de feijão 50%, mostrou valor superior (0,051g) quando comparado ao substrato comercial Plantmax® (0,019g).

Alves *et al.*, (2011) em seu experimento utilizando composto orgânico obtido usando substratos esterco bovino + húmus de minhoca e esterco bovino + esterco de galinha considerando comprimento da parte aérea, massa seca da parte aérea e formação de raízes produziu mudas de alface de qualidade superior se comparado com o substrato comercial utilizado.

Não foi observado diferença significativa entre os tratamentos em relação à germinação da cultivar avaliada (Regina de Verão), o que evidencia que o vermicomposto teve comportamento semelhante ao substrato comercial para este parâmetro, com a vantagem de ter o menor custo.

Os resultados obtidos na presente pesquisa podem estar relacionados com os resíduos utilizados para produzir os vermicompostos, sendo que o VCP2 (VCPO), utiliza resíduos de hortaliças, resíduos domésticos, casca de ovo, borra de café, esterco bovino, suíno, folhas, cama de aviário e casca de arroz e VCP3 (VCPC), utiliza resíduos de esterco bovino e equino, razão pela qual nas análises químicas os nutrientes de cálcio e ferro encontrados obtiveram valores superiores em relação ao SC e VCC. O Cálcio (Ca) tem função de regulador enzimático e responsabilidade pela estabilidade estrutural e fisiológica dos tecidos das plantas (FILHO, 2014b). O Ferro (Fe) é vital para a realização da fotossíntese atuando na respiração das plantas (ALEXANDRE, *et al.*, 2012; SAHRAWAT, 2004).

Os resultados apresentados indicam o potencial agrônomo na utilização dos vermicompostos das propriedades rurais estudadas, nas composições dos substratos para a produção de mudas de alface. Em pesquisa realizada por Medeiros *et al.* (2008) os resultados indicam que é possível substituir com sucesso os substratos comerciais pelos compostos orgânicos na produção de mudas de alface, com maior eficiência e menores custos. Substratos formulados

com húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada nas quantidades de 60% Húmus + 40%CAC e 80%Húmus + 20%CAC se mostraram eficientes na produção de mudas de alface em sistema orgânico (WATTHIER, *et al.*, 2019).

Dos resultados do desempenho agrônômico os tratamentos T9 (40% VCPO + 60% CAC), T15 (60% VCPC + 40% CAC) e T16 (80% VCPC + 20% CAC) foram os que apresentaram melhores resultados na pesquisa para as variáveis analisadas, sendo melhor indicados para alface Regina de Verão, exceto em relação raízes (cm), em que os melhores resultados foram T4 (40% VCC + 60% CAC) e T8 (20% VCPO + 80% CAC).

Portanto, os substratos desenvolvidos a partir da utilização dos vermicompostos produzidos nas propriedades possuem qualidades capazes de substituir o uso de vermicomposto comercial e substrato comercial na produção de alface, com isso os proprietários darão um destino ambientalmente correto aos resíduos gerados nas propriedades, propiciando ainda um menor custo de produção e maior benefício econômico. O uso de vermicomposto para a adubação de plantio, é uma prática viável para produção de alface em sistemas orgânicos de plantio (TEODORO *et al.*, 2016).

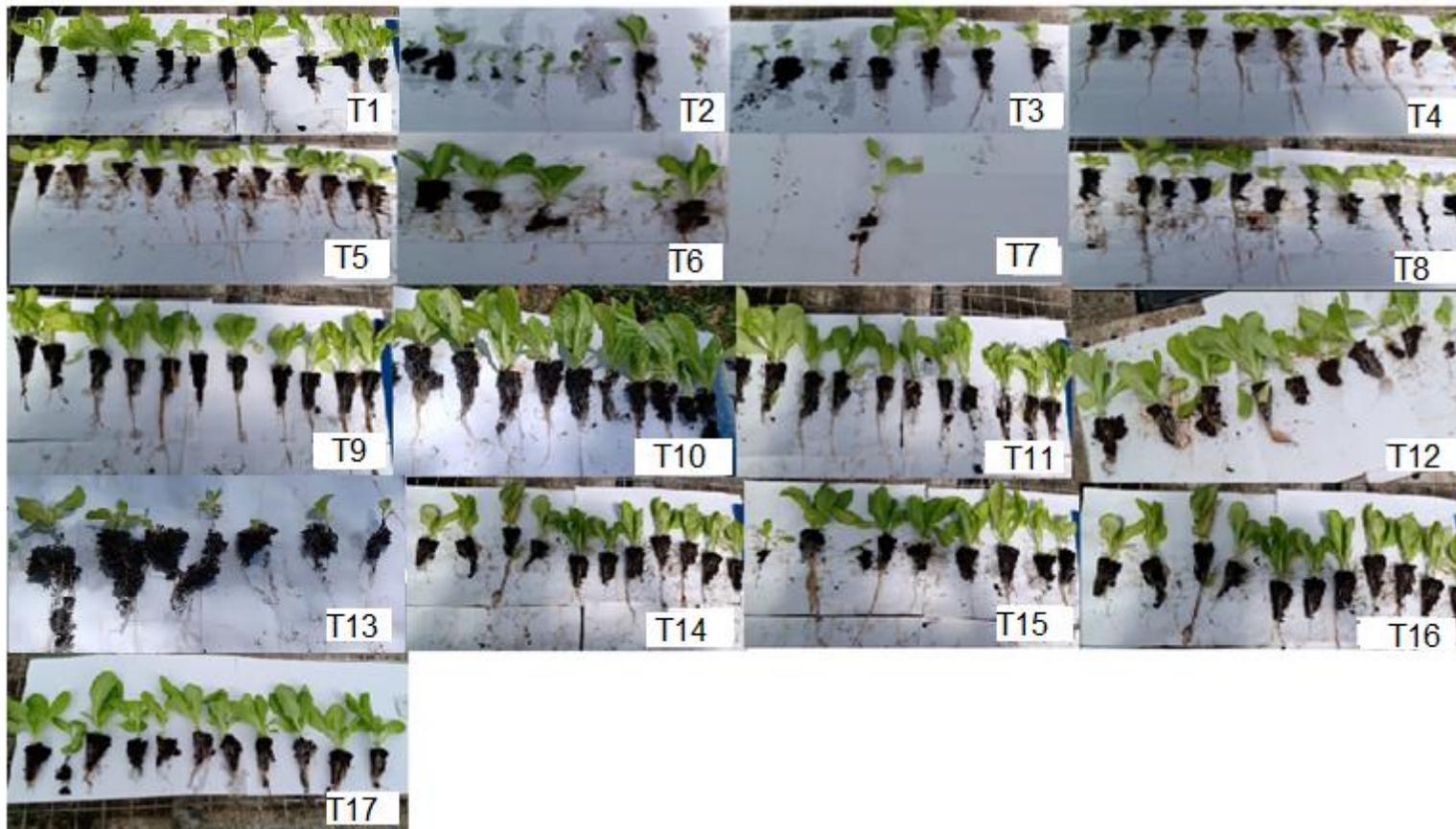


Figura 12- Mudanças de Alface Regina de Verão em diferentes substratos. T1: 100% CAC; T2: Substrato comercial turfa; T3: 20% VCC + 80% CAC; T4: 40% VCC + 60% CAC; T5: 60% VCC + 40% CAC; T6: 80% VCC + 20% CAC; T7: 100% VCC; T8: 20% VCPO + 80% CAC; T9: 40% VCPO + 60% CAC; T10: 60% VCPO + 40% CAC; T11: 80% VCPO + 20% CAC; T12: 100% VCPO; T13: 20% VCPC + 80% CAC; T14: 40% VCPC + 60% CAC; T15: 60% VCPC + 40% CAC; T16: 80% VCPC + 20% CAC; T17: 100% VCPC.

Fonte: Balbinotti, 2023.

5.4. Conclusões

Conforme esta pesquisa, podem ser utilizadas na produção de mudas de alface 'Regina' de verão, em ambiente protegido, as seguintes misturas de vermicompostos e casca de arroz carbonizada: vermicomposto P2 (40% VCPO +60%CAC) e vermicomposto P3 (60% VCPC+40%CAC) (80%VCPC+20%CAC).

O substrato comercial utilizado como testemunha e o vermicomposto comercial (100%), foram os que obtiveram os menores resultados apresentando nas condições de estudos toxicidade para a Alface Regina de Verão (*Lactuca sativa L.*), o que indica que o uso dos vermicompostos estudados não é indicado para alface Regina de Verão.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As propriedades avaliadas, em parte conseguem dar um destino ambientalmente correto aos resíduos gerados, mas existe a possibilidade de melhorar os processos de gerenciamento destes resíduos, o que talvez possa ser feito utilizando alunos de graduação para estas práticas e monitoramento, monitoramento este que pode ser feito a distância se houver disponibilidade técnica para tal. Buscar instruir os agricultores quanto ao gerenciamento dos resíduos gerados, legislação ambiental, impactos de incorreto gerenciamento e disponibilizar através do poder público acesso a coleta convencional e seletiva.

O vermicomposto da P4 ofereceu os melhores resultados. Para as análises químicas a maioria dos vermicompostos apresentaram resultados positivos, embora alguns macronutrientes e micronutrientes estejam abaixo do recomendado pela normativa nº 61 do MAPA.

Na análise fitotóxica o melhor índice de germinação (IG) foi o da P1. Os vermicompostos das P2, 3 e 4 necessitariam de maior tempo de vermicompostagem, os resultados indicam falta de maturação.

Os resultados microbiológicos encontrados concluíram que o tempo de processo da vermicompostagem das 4 propriedades foi suficiente para eliminação dos microrganismos patogênicos.

Em relação ao desempenho agrônomico os tratamentos T9 (40% VCPO + 60% CAC) da propriedade orgânica, e T15 (60% VCPC + 40% CAC) e T16 (80% VCPC + 20% CAC) da propriedade convencional foram os que apresentaram melhores resultados na pesquisa, sendo indicados para alface Regina de Verão.

Novos estudos são importantes com os vermicompostos das propriedades em questão, trabalhando com o tempo do processo, o que vai trazer melhor resultado aos que não foram satisfatórios e se conclui não estarem maturados.

Como proposta a ser levada em conta é que os mesmos substratos sejam testados em outras culturas e condições climáticas em complemento aos estudos que já realizados.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Resíduos Sólidos - Classificação - NBR 10.004**, 2004.
- ABRAMOVAY, R; SPERANZA, J. S; PETITGAND, C. **Lixo Zero: Gestão de resíduos sólidos para uma sociedade mais próspera**. Planeta Sustentável, Instituto Ethos, p.77, São Paulo- SP, 2013.
- ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama de resíduos sólidos do Brasil**, 2022. Disponível em: < Panorama_Abrelpe_2022.pdf (usp.br) >. Acesso 05 abr. 2023.
- ABUBAKAR, I. R; MANIRUZZAMAN, K. M; DANO, U. L; ALSHIHIRI, F. S; ALSHAMMARI, M. S; AHMED, S. M. S; AL-GEHLANI, W. A. G; ALRAWAF, T. I. Environmental Sustainability Impacts of Solid Waste Management Practices in the Global South. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 19, n. 19, 2022.
- ADNAN, M; JHA, A; KUMAR, S. Municipal solid waste management and its impact: a review. **International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology (IJARET)**, v. 11, p. 685-693, 2020.
- ALAN, H; KÖKER, A. R. Analyzing and mapping agricultural waste recycling research: An integrative review for conceptual framework and future directions. **Resources Policy**, v. 85, 2023.
- ALBANELL, E; PLAIXATS, J; CABRERO, T. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia foetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. **Biology and Fertility of Soils**, v.6, pp. 266-269, 1988.
- ALEXANDRE, J. R. A; OLIVEIRA, M. L. F; SANTOS, T. C; VATON, G. C; CONCEIÇÃO, J. M; EUTRÓPIO, F. J; CRUZ, Z. M. A; BOBBS, L. B; RAMOS, A. C. Zinco e ferro: de micronutrientes a contaminantes do solo. **Natureza On Line**, v. 10, n.1, p. 23-28, 2012.
- ALMEIDA, G. R. **Tratamento de resíduos agropecuários através do processo de vermicompostagem**. 2011. 81f. Dissertação mestrado (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia), Universidade Federal de Pelotas, 2011.
- ALVES, F. Q. G; SILVA, F. C; ALVES, F. G; RESENDE, J. C. F; CUNHA, L. M. V. Avaliação de diferentes substratos alternativos na qualidade de produção de mudas de alface. **VII Congresso Brasileiro de Agroecologia**, v, 6, n. 2, Fortaleza- CE, 2011.
- ALVES, R. F; L/MHARES, P. C. F; PEREIRA, M. F. S; FILHO, J. L; SOUSA, A. J. P; PAIVA, A. C. C. Desempenho agrônomo da Rúcula sob diferentes proporções de jirirana e Flor-de-seda em sistema orgânico. **ACSA-agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n. 4, p. 107-112, 2012.

AMARAL, C. M. C; AMARAL, L. A; JÚNIOR, J. de L.; NASCIMENTO, A. A; FERREIRA, D. de S; MACHADO, M. R. F. Biodigestão anaeróbia de dejetos de bovinos leiteiros submetidos a diferentes tempos de retenção hidráulica. **Revista Ciência Rural**, v.34, n.6, p.1897-1902, 2004.

AMOAHAH, J. O; VRITWUM, A; ASSAW, D; MENSAH, J. Solid waste management and gender dynamics: Evidence from rural Ghana. **Research in Globalization**, v. 6, 2023.

ANDREAZZI, M. A; SANTOS, J. M. G; LAZARETTI, R. M. J. Destinação dos resíduos da suinocultura em granjas das regiões noroeste e sudoeste do Paraná. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental Santa Maria**, v. 19, n. 3, p. 744-751, 2015.

ANJOS, J. L; AQUINO, A. M; SCHIEDECK, G. Minhocultura e vermicompostagem- Interface com sistemas de produção, meio ambiente e agricultura de base familiar. **Editores Técnicos**, Embrapa Brasília - DF, 2015.

ANTUNES, L. F. de S; VAZ, A. F. de S; OLIVEIRA, B. de A. F; SOUZA, C. A. dos S; SANTOS, J. da C; CORREIA, M. E; F. Eficiência do gongocomposto na produção de mudas de alface americana. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

ANTUNES, R. M; CASTINHOS, R. M. V; CASTILHOS, D. D; LEAL, O. A; DICK, D. P; ANDREZZA, R. Transformações químicas dos ácidos húmicos durante o processo de vermicompostagem de resíduos orgânicos. **Engenharia Ambiental e Sanitária**, v. 20, n. 4, 2015.

ANWAR, S; ELAGRIUDY, S; RAZIK, M. A; GABER, A; BONG, C. P; HO, W. S. Optimization of solid waste management in rural villages of developing countries. **Clean Technologies and Environmental Policy**, v. 20, p. 489-502, 2018.

AQUINO, A. M; OLIVEIRA, A. M. G; LOUREIRO, D. C. Integrando Compostagem e Vermicompostagem na Reciclagem de Resíduos Orgânicos Domésticos. Circular Técnica 12, **Embrapa Agrobiologia**, Seropédica RJ, 2005.

ARAÚJO, S. C. **Vermicompostagem de resíduos agroindustriais: influência da proporção do substrato de sobrevivência**. 2016. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (curso de Engenharia Ambiental), Universidade Federal de Campina Grande centro de ciências e tecnologia agroalimentar unidade acadêmica de ciências e tecnologia ambiental, Pombal- PB, 2016.

ARAÚJO, S. C; FILHO, J. A. da S; SILVA, G. M. de S; SOBRINHO, L. G. de A; NOGUEIRA, V. de F. B. Espacialização dos serviços básicos de saneamento na zona rural do município de Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Paraíba, v.11, n. 3, p. 122-130, 2016.

AWASTHI, S.K, SARSAIYA, S; AWASTHI, M.K; LIU, T; ZHOA, J; KUMAR, S; ZHANH, Z. Changes in global trends in food waste composting: Research challenges and opportunities. **Bioresource Technology**, v.299, p.1-53, 2020.

BALBUENO, L. R; TIBURTINO-SILVA, L. A; NOGUEIRA, M. L; MACIEL, J. de C; COSTA, R. B. Tratamento de resíduos sólidos no município de Bonito, Mato Grosso do Sul, Brasil, correlacionado com dados externos. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local- Interações**, Campo Grande- MS, v. 22, n. 3, p. 883-905, 2021.

BALEM, M.de L; DUPONT, G. K. Compostagem domiciliar: uma alternativa para reduzir o descarte de resíduos orgânicos em aterro sanitário. **Caderno Intersaberes**, Curitiba-PR, v. 12, n. 44, p. 108-114, 2023.

BASTOS, M. Do S. R. Frutas Minimamente Processadas: Aspectos de Qualidade e Segurança. **Embrapa Agroindústria Tropical**, Fortaleza- CE 2006.

BEDELL, J. P; FERRO, Y; BAZIN, C; PERRODIN, Y. Evaluation of phytotoxicity of seaport sediments aged artificially by rotary leaching in the framework of a quarry deposit scenario. **Marine Pollution Bulletin**, v. 86, p. 48-58, 2014.

BELO, S. R. S. **Avaliação de fitotoxicidade através de *Lepidium sativum* no âmbito de processos de compostagem**. 2011. 79 f. Dissertação (Mestre em Engenharia do Ambiente) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Coimbra, Coimbra, 2011.

BERNARDES, C; GÜNTHER, W. M. R. Generation of Domestic Solid Waste in Rural Areas: Case Study of Remote Communities in the Brazilian Amazon. **Human Ecology**, v. 42, n. 4, p. 617–623, 2014.

BERNARDI, D; MUNARETTO, D; CORDEIRO, N. K; SANTOS, C. O. Gestão de resíduos sólidos no meio rural: um levantamento em municípios do oeste catarinense. **Revista brasileira de educação ambiental**, v.14, n.2, p.119-132, 2019.

BITTENCOURT, D. M. de C. Estratégias para a Agricultura Familiar Visão de futuro rumo à inovação. **Embrapa, Editora técnica**, Brasília- DF, 2020.

BORUAH, T; DEKA, H. Biological indicators for assessing the maturity of the vermicomposted products of citronella bagasse and paper mill sludge mixture. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 13, p. 1999-2005, 2023.

BRASIL. **INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 27, 05 DE JUNHO DE 2006 (Alterada pela IN SDA nº 7, de 12/04/2016, republicada em 02/05/2016)**, 2016.

BRASIL. Lei nº 12.305 de 02 de agosto de 2010. **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**, altera a Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, 2010.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **VBP – Valor Bruto da Produção Agropecuária**. 2023. Disponível: < Valor Bruto da Produção atinge R\$ 1,151 trilhão em 2023 — Ministério da Agricultura e Pecuária (www.gov.br)>. Acesso em: 06 abr. 2024.

BRITZKE, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos rurais no município de Cerro Largo/RS**. 2021. 180f. Dissertação (mestrado em Desenvolvimento e Políticas Públicas), Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS), Cerro Largo-RS, 2021.

BUAINAIN, A. M; GARCIA, J. R; VIEIRA, P. A. O desafio alimentar no século XXI. **Estudos sociedade e agricultura**, v.2, p. 498 – 522, 2016.

CABRAL, M. B. G; SANTOS, G. A; SANCHEZ, S. B; LIMA, W. L; RODRIGUES, W. N. Avaliação de substratos alternativos para produção de mudas de alface utilizadas no sul do estado do Espírito Santo. **Revista Verde**, v. 5, n. 1, p. 43-48, 2011.

CAMPITELLI, P; CEPPI, S. Chemical, physical and biological compost and vermicompost characterization: A chemometric study. **Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems**, v.90, p.64-71, 2008.

CASTRO, F. D; XAVIER, B. G; CARDEAL, J. A. do C; PERPÉTUO, B. M. P; LOPES, L. G; SILVA, J. L; COSTA, R. F. F; CUTAIA, L; VACARRI, M. The (un)shared responsibility in the reverse logistics of portable batteries: A Brazilian case. **Waste Management**, v. 154, p. 49-63, 2022.

CEMPRE. Compromisso Empresarial para Reciclagem. **Panorama da coleta seletiva no Brasil- Ciclosoft 2023**. p. 1-66, 2023. Disponível em: < CEMPRE - Pesquisa sobre coleta seletiva (2023).pdf (usp.br) >. Acesso em: 07 abr. 2024.

CERETTA, G. F; SILVA, F. K; ROCHA, A. C. Gestão e a problemática dos resíduos sólidos domésticos na área rural do município de São João-PR. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, Ponta Grossa-PR, v. 6, n. 1, p. 17-25, 2013.

CONDE, T. T; STACIWI, R; FERREIRA, E. Aterro sanitário como alternativa para a preservação ambiental. **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 3, n. 1, p. 69-80, 2014.

CORDEIRO, N. K; CARDOSO, K. O. S; MATA, T. C; BARBOSA, J, de A; GONÇAVES JR; A; C. Gestão de resíduos agrícolas como forma de redução dos impactos ambientais. **Revista de Ciências Ambientais – RCA**, v. 14, n. 2, 2020.

COTTA, J. A. de O; CARVALHO, N. L. C; BRUM, da S; REZENDE, M. O. de O. Compostagem versus vermicompostagem: comparação das técnicas utilizando resíduos vegetais, esterco bovino e serragem. **Revista Engenharia Ambiental e Sanitária**, v.20, n.1, p. 65-78, 2015.

- CRUZ, C. D. **Programa GENES**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, MG: UFV, 390f, 1997.
- CZAPELA, F. F; RODRIGUES, C. Da S; GOLUSKI, S. M; KORF, E. P; TREICHEL, H. Avaliação microbiológica em processos de compostagem de resíduos agroindustriais visando a produção de composto orgânico de qualidade. **Revista de estudos ambientais**, v.22, n.1, p.24-34, 2020.
- DAL BOSCO, T. C; GONÇALVES, F; ANDRADE, F. C; JUNIOR, I.V; SILVA, J. Dos S; SBIZZARO, M. Contextualização teórica: compostagem e vermicompostagem. Capítulo I. **Blucher Open Access**, São Paulo- SP, 2017.
- DE CONTI, D; FRANCO, E. T. H. Efeito alelopático de extratos aquosos de *Casearia sylvestris Sw.* na germinação e no crescimento de *Lactuca sativa L.* **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas-RS, v.17, n.2-4, p.193-203, 2011.
- DEMARTELAERE, A. C. F; PRESTON, H. A. F; FEITOSA, S. dos S; PRESTON, W; SILVA, R. M; ROSADO, A. K. H. B; MEDEIROS, D. C; FERREIRA, M. dos S; RODRIGUES, A. L. dos S; BENJAMIN, R. F. A influência dos fatores climáticos sob as variedades de alface cultivadas no Rio Grande do Norte. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p. 90363-90378, 2020.
- DEVESA-REY, R, MOLDES, A. B, DIÁZ-FIERROS, F, BARRAL, M. T. Toxicity of Anllóns River Sediment Extracts Using Microtox and the Zucconi Phytotoxicity Test. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 80, p. 225–230, 2008.
- DINIZ, K. A.; GUIMARÃES, S. T. M. R. LUZ, J. M. Q. Húmus como substrato para a produção de mudas de tomate, pimentão e alface. **Bioscience Journal**, v.22, n.3, p.63-70, 2006.
- DOMÍNGUEZ, J, EDWARDS; C. A. Relationships between composting and vermicomposting. **Em Edwards CA, Arancon NQ, Sherman RL (Eds.) Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Waste and Environmental Management. CRC Press.** Boca Raton, FL, EEUU. pp. 1-14, 2010.
- DOMINGUEZ, J; EDWARDS, C. A. Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. **by Taylor & Francis Group- LLC**, Chapter 3, 2011.
- DOMÍNGUEZ, J; GÓMEZ- BRANDÓN, M. Ciclos de vida de las lombrices de tierra aptas para el vermicompostaje. **Acta Zoológica Mexicana**, Cidade do México, v 26, n.2, p.309-320, 2010.
- DORES-SILVA, P. R; LANDGRAF, M. D; REZENDE, M. O. O. Acompanhamento químico da vermicompostagem de lodo de esgoto doméstico. **Química Nova**, v.34, n.6, p. 956-961, 2011.

ECHER, R; LOVATTO, P. B; TRECHA, C. O; SCHIEDECK, G. Alface à mesa: implicações sócio-econômicas e ambientais da semente ao prato. **Revista Thema**, v.13, n. 3, p. 17-29, 2016.

ECKHARDT, D. P; ANTONIOLLI, Z. I; SCHIEDECK, G; SANTANA, N. A. Vermicompostagem como alternativa para o tratamento de resíduos nas propriedades rurais do sul do Brasil. In book. Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. **ResearchGate**, UFRGS, Porto Alegre-RS, p.87-99, 2016.

EL FELS, L; HAFIDI, M; OUHDOUCH, Y. Artemia salina as a new index for assessment of acute cytotoxicity during co-composting of sewage sludge and lignocellulose waste. **Waste Management**, v. 50, p. 194 - 200, 2016.

FAO. Food And Agriculture Organization of the United Nations. **The State of Food and Agriculture - Innovation in family farming**. Rome - Italy, 2014.

FAVARIN, J. A; UENO, V. G; OLIVEIRA, N. M. dos S. Produção de mudas de hortaliças orgânicas utilizando diferentes substratos. **Periódico eletrônico- Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v.11, n.2, 2015.

FEIX, R. D; JÚNIOR, S. L; BORGES, B. K. **Painel do agronegócio do Rio Grande do Sul -2021 departamento de Economia e Estatística (DEE/SPGG)**. Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão Subsecretaria de Planejamento Departamento de Economia e Estatística. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, p. 1-63, 2021.

FERIGOLLO, I; PASSINI, A. F. C; CADORE, J. S; DEMARCO, J. de O. Environmental education applied to solid waste management in Frederico Westphalen, RS. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 23, n. 21, p.01-09, 2019.

FERRAZZA, S. R; AGUIAR, E. B; BONO, J. A. M; MATIAS, R; OLIVEIRA, A. Da S; CORRÊA, B. O; SAUER, A. V; PEDRINHO, D. R. Cultivo de Alface Americana com o Uso de Biofertilizantes Sobre Coberturas Vegetais. **Ensaios e Ciências**, v.28, n.1, p.138-143, 2024.

FERREIRA, J. de A. M. **Avaliação de variedades da alface (*Lactuca Sativa L.*) submetidas a doses de urina de vaca**. 2018. 36f. TCC (Trabalho de Conclusão de Curso), Universidade Federal de Alagoas, 2018.

FILHO, O. F. de L. Guia de Diagnose Visual de Deficiências Nutricionais em Sorgo-Sacarino. **Embrapa**, 2014b.

FILHO, V. J. R. G; TEXEIRA, R. S. de C; LOPES, E. de S; ALBUQUERQUE, A. H. de; LIMA, S. V. G.; HORN, R. V; ROCHA-E-SILVA, R. C; CARDOSO, W. M. Investigation of *Salmonella spp.* in backyard chickens (*Gallus gallus domesticus*) and eggs sold in free markets in the city of Fortaleza, Ceará. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 1855-1864, 2014a.

FIGLIORE, F. A. **A gestão de resíduos sólidos por meio de redes técnicas**. 2013. 198f. Tese - (doutorado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas- Unicamp, 2013.

FIORINI, C. V. A; FERNANDES, M. do D. A; DUARTE, F. E. V. de O; DIAS, A; SALMI, A. P. Cultivares de alface sob manejo orgânico no inverno e na primavera na Baixada Fluminense. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v. 11, n. 4, p. 335-342, 2016.

FORTES, A. G; ALFÂNDEGA, M. Gestão de óleo lubrificante usado e suas embalagens na cidade de Nampula –Moçambique. **Revista de educação, ciência e tecnologia do IFG**, v. 7, n.1, 2022.

FOURTI, O. The maturity tests during the composting of municipal solid wastes. **Resources, Conservation and Recycling**, v.72, p.43-49, 2013.

FREIRE, E. A; ROLIM, F. de S; LUSTOSA, J. P. G; SOUSA, F. J. D. A problemática da destinação dos resíduos sólidos no território rural: o caso do Sítio Boi Morto. **Ciência e sustentabilidade -CeS**, v. 2, n. 2, p. 51-62, 2016.

FREITAS, A; SILVA, R. R; BARROS, H. B; VAZ-DE-MELO, A; ABRAHÃO, W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 1, p. 159-166, 2013.

FREITAS, M. E; BONO, J. A. M; PEDRINHO, D. R; CHERMOUTH, K. da S; YAMOMOTO, X. R; VIDIS, R. Y. Utilização de compostos orgânicos para adubação na cultura da alface. **Revista Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 41-52, 2009.

GAMAGE, A; GANGAHAGEDARA, R; GAMAGE, J; JAYASINGHE, N; KODIKARA, N. SURAWEERA, P; MERAH, O. Role of organic farming for achieving sustainability in agriculture, **Farming System**, v. 1, 2023.

GAO, M; LI, B.; YU, A; LIANG, F; YANG, L; SUN, Y. The effect of aeration rate on forced- aeration composting of chicken manure and sawdust. **Bioresource Technology**, v. 101, p. 1899- 1903, 2010.

GASPAR, S. da S. **Dinâmica microbiana sob ação de inoculantes em compostagem de resíduos orgânicos**. 2018. 120f. Dissertação (mestrado em microbiologia agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, 2018.

GERBER, D; PASQUALI, L; BECHARA, F.C. Gerenciamento de resíduos sólidos domiciliares em áreas urbanas e rurais. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.6, n.1, 2015.

GHATAS, Y. A. A. Impacts of using some fertilization treatments in presence of salicylic acid foliar spray on growth and productivity of *Coriandrum sativum L.* Plant. **Journal of plant production**, v.11, n. 2, p.119-125, 2020.

GODECKE, M. V; NAIME, R. H; FIGUEIREDO, J. A. S. O consumismo e a geração de resíduos urbanos no Brasil. **Revista eletrônica em gestão, educação e tecnologia ambiental**, v. 8, n. 8, p.1700 - 1712, 2012.

GODECKE, M. V; TOLETO, E. R. M. dos S. Logística reversa de embalagens de agrotóxicos: estudo do caso de Pelotas/RS. **Revista Meio Ambiente e Sustentabilidade**, v. 9, n. 4, 2015.

GOMES, M. da S; SILVA, G. C; SILVA, C. de O. Resíduos sólidos no espaço rural: uma análise do assentamento Pindoba I em União dos Palmares. **Diversitas Journal**, v. 6, n. 1, p. 352-375, 2021.

GOUVEIA, N. Solid urban waste: socio-environmental impacts and prospects for sustainable management with social inclusion. **Ciência & Saúde Coletiva**, V.17, Ed.6, 2012.

GRAZIK, H; REIS, J. B; KORF, E. P. Vermicompostagem melhorada como ferramenta para a gestão sustentável de resíduos agroindustriais. **Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 1, p. 21-41, 2022.

GRIGATTI, M; CAVANI, L; CIATTA, C. The evaluation of stability the composting of different starting materials: Comparison of chemical and biological parameters. **Chemosphere**, v. 83, p. 41-48, 2011.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial “casca de tungue” como componente de substrato para plantas**. 2009. 115f. Dissertação - (Mestrado em Fitotecnia.), Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.

GUERMANDI, J. I. **Avaliação dos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos fertilizantes orgânicos produzidos pelas técnicas de compostagem e vermicompostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos urbanos coletados em estabelecimentos alimentícios de São Paulo/SP**. 2015. 181f. Dissertação - (Mestrado em ciências: Engenharia Hídrica e saneamento), Universidade de São Paulo – (Escola De Engenharia de São Carlos Departamento de Hidráulica e Saneamento, 2015.

HAN, Z; LIU. Y; ZHONG, M; SHI. G; LI. Q; ZENG. D; ZHANG. Y; FEI. Y; XIE. Y. Influencing factors of domestic waste characteristics in rural areas of developing countries. **Waste Management**, v. 72, p. 45- 54, 2018.

HECK, K; MARCO, E. C; HAHN, A. B. B; KLUGE, M; SPILKI, F. R; SANDI, S. T. V. Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.1, p. 54 - 59, 2013.

HENZ, P. G; SUINAGA, F. Tipos de alface cultivados no Brasil. **Embrapa Hortaliças-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2009.

HERNANDEZ, O.L; HUELVA, R; GURIDI, F; OLIVARES, F. L; CANELLAS, L. P. Humatos isolados de vermicomposto como promotores de crescimento em cultivo orgânico de alface. **Revista Ciências Técnicas Agropecuárias**. V. 22 n. 1, 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2017**. 2017b. Disponível em: < Censo Agro 2017: população ocupada nos estabelecimentos agropecuários cai 8,8% | Agência de Notícias (ibge.gov.br)>. Acesso em: 07 abr. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Perfil demográfico e socioeconômico do produtor**. 2017a. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/apps/atlasrural/pdfs/01_00_Texto.pdf. Acesso em: 07 abr. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Dados produção agrícola em 2022**. 2022a. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/33421-em-marco-ibge-preve-safra-recorde-de-258-9-milhoes-de-toneladas-para-2022>>. Acesso em 07 de abr. 2022.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Com alta recorde da Agropecuária, PIB fecha 2023 em 2,9%**. Disponível em: < Com alta recorde da Agropecuária, PIB fecha 2023 em 2,9% | Agência de Notícias (ibge.gov.br)>. Acesso em: 21 mar 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rebanhos e valor dos principais produtos de origem animal foram recordes em 2022**. 2022b. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/37937-rebanhos-e-valor-dos-principais-produto-de-origem-animal-foram-recordes-em-2022>>. Acesso em 20 de mar 2024.b.

IPEA. Instituto de Pesquisa Economia Aplicada. Uma jornada de contrastes do Brasil: cem anos de censo agropecuário. **Capítulo 23- assistência técnica extensão rural: grandes deficiências ainda persistem**, 2020.

INPEV. Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. **Logística reversa das embalagens**, 2023. Disponível em: <<https://www.inpev.org.br/sistema-campo-limpo/sobre-sistema/#:~:text=Cerca%20de%2093%25%20do%20material,de%20papel%C3%A3o%20e%20as%20met%C3%A1licas>>. Acesso em: 20 jul 2023.

INPEV. Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. **Relatório Sustentável**, 2022. Disponível em: < <https://inpev.org.br/relatorio-sustentabilidade/2022/assets/download/inpev-RS2022.pdf>>. Acesso em: 21 jul 2023.

INPEV. Instituto Nacional de Processamento de Embalagens Vazias. **Relatório Sustentável**, 2020. p. 1-92. Disponível em: < [inpev-RS2020.pdf](https://www.inpev.org.br/relatorio-sustentabilidade/2020/assets/download/inpev-RS2020.pdf)>. Acesso em: 05 abr. 2024.

JOSÉ, J. F. B. S; OLIVEIRA, J. S; CARVALHO, J. S. Reflexões sobre embalagens de alimentos e sustentabilidade. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.3, p.586-597, 2021.

JOSEPH, P. V. Efficacy of Different Substrates on Vermicompost Production: A Biochemical Analysis. **InterchOpen**. Organic Fertilizers – History, Production and Applications, 2019.

KASNOWSKI, M. C. **Listeria spp. Escherichia Coli: Isolamento identificação, estudo sorológico e antimicrobiano em corte de carne bovina (alcatra) inteira e moída**. 2004. 111f. Dissertação (Pós-graduação em Medicina Veterinária), Universidade Federal Fluminense, 2004.

KOHATSU, M. Y; JESUS, T. A; COELHO, L. H. G; PEIXOTO, D. C; POCCIA, G. T; HUNTER, C. Fitotoxicidade de água superficial da Região Metropolitana de São Paulo utilizando bioensaio com *Sinapis alba*. **Acta Brasiliensis**, v. 2, p. 58-62, 2018.

KOMATSU, R. K; SANTOS, C. H. P; SOUSA. Gestão de Resíduos: Hábitos de descarte de Resíduos derivados da Produção Agrícola das propriedades em Assentamentos Rurais. **Revista Multidisciplinar e de Psicologia**, v. 13, n.44, p. 700-722, 2019.

KOMILIS, D. P; TZIOUVARAS, I. S. A statistical analysis to assess the maturity and stability of six composts. **Waste Management**, v. 29, p. 1504-1513, 2009.

LEOPOLDINO, C. C. L; MENDONÇA, F. M; SIQUEIRA, P. H. De I; BORBA, É. L. The disposal of fluorescent lamps of industries of the metropolitan region of Belo Horizonte – MG. **Journal of Cleaner Production**, v.233, p. 1486-1493, 2019.

LIÉGUI, G. S; COGNET, S; DJUMYOM, G. V. W; ATABONG, P. A; NOUTADIÉ, J. P. F; CHAMEDJEU, R. R; TEMEGNE, C. N; KENGNE, I. M. N. An effective organic waste recycling through vermicomposting technology for sustainable agriculture in tropics. **International Journal of Recycling of Organic In Agriculture**, v. 10, p. 203-214, 2021.

LIM, S. L; WU, T. Y; LIM, P. N; SHAK, K. P. Y. The use of vermicompost in organic farming: overview, effects on soil and economics. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.95, n.6, p. 1143- 1156, 2015.

LIMA, M. V. G; FILHO, C. A dos S; FERREIRA, J. V. V. SOUZA, K. G; SHOCKNESS, L. dos S, F; BENTO, G. F. Vermicompostos como substratos no desempenho de mudas de alface e rúcula. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v.14, n.3, p.374-381, 2019.

LIMA, P. M; PAULO, P. L. Solid-waste management in the rural area of BRAZIL: a case study in Quilombola communities. **Journal of material cycles and waste management**, v.20, p.1583-1593, 2018.

LINO, F. A.M; ISMAIL, K. A. R; CASTAÑEDA-AYARZA, J. A. Municipal solid waste treatment in Brazil: A comprehensive review. **Energy Nexus**, v. 11, 2023.

LINS, L. P; FURTADO, A. C; MITO, J, Y de L; PADILHA, J. C. O aproveitamento energético do biogás como ferramenta para os objetivos do desenvolvimento sustentável. **Revista Internacional de Desenvolvimento Local – Interações (Campo Grande)**, v. 23, n. 4, p. 1275-1286, 2022.

LIRA-DURAND, E. H. A. **Plantas espontâneas de pastagens naturais: aspectos fitossociológicos, dispersão e métodos de controle**. 2021. 111f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente), Universidade Federal da Paraíba-UFPB, João Pessoa-PB, 2021.

LIU, A; OSEWE, M; WANG, H; XIONG, H. Rural Residents' Awareness of Environmental Protection and Waste Classification Behavior in Jiangsu, China: An Empirical Analysis. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 23, 2020.

MACEDO, E. F. S; JÚNIOR, N. N. A importância do planejamento logístico com foco no crescimento da demanda da cadeia produtiva de alimentos até 2050. **Revista FATEC Sul**, v.3, n.3, 2017.

MACHADO, D. D; QUARESMA, I. V. R; SOARES, J. C; OLIVEIRA, I. A; FREITAS, L; ARAÚJO, H. F; MACHADO, A. R; CAMPOS, M. C. C; SANTOS, R. V; ALMEIDA, R. G. Desempenho agrônômico de cultivares de alface em casa de vegetação no município de Breves – PA. **Revista Valore**, v. 8, p. 103-112, 2023.

MACIEL, M. R, da S. **Produção de alface a partir de sementes orgânicas e convencionais sob adubação orgânica com vermicomposto bovino em ambiente protegido**. 2017. 27f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar), Universidade Federal de Pelotas-RS, 2017.

MADEIRA, N. R; SILVA, P, P; NASCIMENTO, W, M. N. Cuidados no transplante de mudas. In: NASCIMENTO, W. M; PEREIRA, R. B. Produção de Mudas de Hortaliças. **Embrapa**, Brasília, DF, p.177- 194, 2016.

MAFFEI, F.F, BATALHA, E.Y; FANDGRAF, M; SCHAFFNER, D.W, FRANCO, B.D.G.M. Microbiology of organic and conventionally grown fresh produce. **Brazilian Journal of microbiology**, v.47, p.99-105, 2016.

MAGALHÃES, M. C.; RIBEIRO, A.; QUINA, M.; CAMEIRA, C.; SOARES, M. Tratamento e valorização agrícola da casca de ovo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 191-204, 2011.

MAIA, A. A. **Desenvolvimento de Substrato Formulado com Composto Orgânico e Casca de Arroz para a Produção de Mudas de Hortaliças**. 56f. Dissertação (Mestrado em agricultura orgânica), Universidade Federal Rural do

Rio de Janeiro- instituto de agronomia programa de pós-graduação em agricultura orgânica, Seropédica-RJ, 2020.

MAIELLO, A; BRITTO, A. L; N. de P; VALLE, T. F. Implementação da Política Nacional de Resíduos Sólidos. **Revista de administração pública – RAP**, FGV EBAPE, v. 52, n.1, p.24-51, 2018.

MAJLESSI, M; ESLAMI, A; SALEH, H. N; MIRSHAFIEEAN, S; BABAIL, S. Vermicomposting of food waste: assessing the stability and maturity. **Iranian Journal of Environmental Health Science & Engineering**, v. 9, n. 25 p. 2-6, 2012.

MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº61, DE 8 DE JULHO DE 2020**. Disponível em: <<https://www.gov.br/agricultura/pt-br-1>>. Acesso em 17 ago. 2020.

MARTÍN, J. M, SCHIEDECK, G. Nível de desenvolvimento e potencial da minhocultura e da vermicompostagem. Capítulo 1. **Researchgate**, 2015.

MAROTTI, A. C. B; PEREIRA, G. S. A. F; PUGLIESI, E. Questões contemporâneas na gestão pública de resíduos sólidos: análise dos princípios da política nacional de resíduos sólidos a partir de seus objetivos e instrumentos. **Revista Políticas Públicas**. v. 21, n.1, p. 339-364, 2017.

MASSUKADO, L. M. **Desenvolvimento do processo de compostagem em unidade descentralizada e proposta de software livre para o gerenciamento municipal dos resíduos sólidos domiciliares**. 2008. 204f. Tese Doutorado - (Doutor em Ciências da Engenharia Ambiental). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo - SP, 2008.

MATTEUCCI, M. B. de A. Diversidade de produtos da agricultura familiar e urbana em Trindade-GO: um estudo de caso. Estudos e tendências atuais em Ciências Ambientais e Agrárias, **Editora Licuri**, capítulo 15, p. 165-173, 2023.

MATOS, L. R. Uso de agrotóxicos e gestão de resíduos sólidos em propriedades de agricultura familiar em Rondônia. **Revista Presença Geográfica**, v. 06, n. 02, 2019.

MAYER, F. A. **Produção e qualidade biológica e química de diferentes vermicompostos para a produção de cenouras rumo à sustentabilidade dos agroecossistemas**. 2009. 65f. Mestrado dissertação (Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar), Universidade Federal de Pelotas-RS, 2009.

MEDEIROS, D. C; FREITAS, K. C de S; VERAS, F. da S; ANJOS, S. B. dos A; BORGES, R. D; NETO, J. G, C; NUNES, G. H. de S; FERREIRA, H. A. Qualidade de mudas de alface em função de substratos com e sem biofertilizantes. **Horta Brasileira**, v.26, n.2, p. 186-189, 2008.

MELO JÚNIOR, H. B; BORGES, M. V; DOMINGUES, M. A; BORGES, E. N. Efeito da ação decompositora da minhoca californiana (*Lumbricus rubellus*) na composição química de um fertilizante organomineral. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 1, p. 170-178, 2012.

MELO, L. C. A; SILVA, C. A; DIAS, B.O. Caracterização da matriz orgânica de resíduos de origens diversificadas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. JDJDJDDD32, p.101-110, 2008.

MELO, M. F; SILVA, E. F; COSTA, F. C. L; SANTANA, E. A; VASCONCELOS, A. da S; FERREIRA, E. de A; FREITAS, D. F; DIAS, N. da S; MORAIS, F. M. da S; SILVA, L. F. Vermicompostagem: Conversão de resíduos orgânicos em benefícios para solo e plantas. **Tópicos em ciências agrárias- Editora Pauson**, Capítulo 4, v.6, p.35, 2020.

MENDES, P. M; BECKER, R; CORRÊA, L. B; BIANCHI, I; DAI PRÁ, M. A; LUCIA JR, T; CORRÊA, E. K. Phytotoxicity as an indicator of stability of broiler production residues. **Journal of Environmental Management**. v. 167, p. 156-159, 2016.

MENEZES, R. O; CASTRO, S.R; SILVA, J.B.G; TEIXEIRA, G.P; SILVA, M.A.M. Análise estatística da caracterização gravimétrica de resíduos sólidos domiciliares: estudo de caso do município de Juiz de Fora, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24 n. 2, p. 271-282, 2019.

MILEC, A. T; MORAES, R. M. D; XAVIER, V. C; CONCEIÇÃO, D. C; MAUCH, C. R; MORSELLI, T. B. G. A. Produção de mudas de couve brócolis em dois sistemas de irrigação utilizando substratos orgânicos. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n. 1, p.1483-1486, 2007.

MONROY, F; AIRA, M; DOMÍNGUEZ, J. Reduction of total coliform numbers during vermicomposting is caused by short-term direct effects of earthworms on microorganisms and depends on the dose of application of pig slurry, **Science of the Total Environment**, n. 407, p. 5411-5416, 2009.

MORAES, F. D; BEZZI, M. L. A organização do espaço rural de Mata/RS: reestruturação das cadeias produtivas de arroz e do fumo, **Revista Geografia**, v. 36, n. 2, p. 265-281, 2011.

MORALES, D. S. A. **Resíduos sólidos de bovinos proveniente da estação de tratamento de efluentes de frigorífico pelo processo de compostagem e vermicompostagem na produção de mudas de alface**. 2011. 82f. Dissertação de mestrado - (Pós-graduação em ciência do solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2011.

MÜHL, D. D; FAVIN, A. D; LAZAROTTI, M. L; ÁVILA, L. V; SOMMER, A. T. Sustentabilidade no agronegócio: uma análise do grau de conscientização dos gestores de propriedades rurais. **Revista GESTO - Revista de Gestão Estratégica de Organizações**, v.4, n.1, p. 99-115, 2016.

NASCIMENTO, A. C. M; ARAÚJO, A. O; BATISTA, B. M; SILVA, K. K. F; BARBOSA, L. N; SILVA, L. de M; LEITÃO, M. M; ARAÚJO, A. S. A. Avaliação de composto orgânico obtido por compostagem na produção de mudas de hortaliças. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 11, p. 76368-76383, 2022.

NASCIMENTO, A. F; PIRES, F. R; CZEPAK, M. P; FERNANDES, A. A; RODRIGUES, J. De O. Caracterização de vermicompostos produzidos com palha de café e esterco bovino. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.1-9, 2015.

NETO, C. R; SILVA, F. de A. C; ARAÚJO, L. V. Qual é a participação da agricultura familiar na produção de alimentos no Brasil e em Rondônia?. **EMBRAPA**, 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/55609579/artigo---qual-e-a-participacao-da-agricultura-familiar-na-producao-de-alimentos-no-brasil-e-em-rondonia#:~:text=Ventura%20de%20Ara%C3%BAjo-,Analistas%20da%20Embrapa%20Rond%C3%B4nia.,dados%20consistentes%20que%20confirmem%20isso>> Acesso em: 06 abr. 2024.

NIEDZIALKOSKI, R. K. **Integração de bioprocessos para a estabilização de resíduos agroindustriais**. 2020. 81f. Doutorado (Pós-graduação em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), Cascavel-PR, 2020.

NIGUSSIE, A. KUYPER, W. T; BRUUN, S; NEERGAARD, A. Vermicomposting as a technology for reducing nitrogen losses and greenhouse gas emissions from small -scale composting. **Journal of Cleaner Production**, v.139, p.429-439, 2016.

NOGUEIRA, R. E. G; DAMIN, S; MAGGI, M. F; LIMA, A. dos S; JADOSKI, S.O. Destinação dos resíduos sólidos de atividade agropecuária e riscos de poluição ambiental em comunidade do município de Cascavel – Paraná. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, Guarapuava-PR, v. 8, n. 3, p. 93-101, 2015.

NUERNBERG, A. C. **Vermicompostagem: estudo de caso utilizando resíduo orgânico do restaurante Universitário da UTFPR Câmpus Curitiba - Sede Ecoville**. 2014. 63f. Trabalho de Conclusão de Curso (trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Tecnologia em Processos Ambientais), Departamento Acadêmico de Química e Biologia – DAQBI – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2014.

NXUMALO, S. M; MABASO, S. D; MAMBA, S. F; SINGWANE, S. S. Plastic waste management practices in the rural areas of Eswatini. **Social Sciences & Humanities Open**. v. 2, 2020.

OLIVEIRA, A. G. **Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido**. 2011. 79f. Dissertação (Mestrado em ciências), UFRRJ Instituto de Agronomia, 2011.

OLIVEIRA, B. M. G; SOMMERLATTE, B. R; PENIDO, R. C. S. **Plano de Gerenciamento Integrado do Resíduo óleo de cozinha**, Minas sem lixões, Belo Horizonte, p. 1-24, 2009.

OLIVEIRA, G. M. **Avaliação de Esterco de Aves Poedeiras Compostado e Desidratado no Desempenho Agrônômico de Alface**. 2022. 49f. Dissertação (mestrado em agricultura orgânica), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, Rio de Janeiro-RJ, 2022.

OLIVEIRA, K; SENNA, A. J. T. Análise das práticas de gestão ambiental em propriedades rurais do município de Santa Margarida do Sul-RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.7, n.7, p. 1283-1290, 2012.

OLIVEIRA, L. B; ACCIOLY, A. M. A; SANTOS, C. L. R; FLORES, R. A; BARBOSA, F. S. Características Químicas do Solo e Produção de Biomassa de Alface Adubada com Compostos Orgânicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v. 18, n. 2, p.157-164, 2014.

OLIVEIRA, R. L; SANTOS, G. M. de M. Viabilidade econômica e ambiental da vermicompostagem como alternativa para o aproveitamento do esterco de equinos. **Revista Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 9, n. 1, 2023.

OYOLA-CERVANTES, J; AMAYA-MIER, R. Reverse logistics network design for large off-the-road scrap tires from mining sites with a single shredding resource scheduling application. **Waste Management**, v. 100, p. 219-229, 2019.

PAIVA, E. P; MAIA, S. S. S; CUNHA, C. S. de M; COELHO, M. de F. B; SILVA, F. N. Composição do substrato para o desenvolvimento de mudas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.). **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 62-67, 2011.

PANISSON, R. **Avaliação de diferentes processos de compostagem em pequena escala com adição de microrganismos eficientes**. 2017. 52f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental, Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, 2017.

PANTA, A. M. dos S; LIMA, R. G; BARROSO, M. L. A; FERREIRA, C. V. Logística reversa das embalagens de agrotóxicos no município de Frutal/MG no contexto nacional. **Acta Ambiental Catarinense – Unochapecó**, v. 20, n. 1, 2023.

PATRA, R. K; BEHERA, D; MOHAPATRA, SETHIL, D; MANDAL, M; PATRA, A. K; RAVINDRAN, B. Juxtaposing the quality of compost and vermicompost produced from organic wastes amended with cow dung, **Environmental**

Research, v. 214, 2022.

PEDUTO, T. de A. G; JESUS, T. A; KOHATSU, M. Y. Sensibilidade de diferentes sementes em ensaio de fitotoxicidade. **Revista Brasileira de Ciências, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 2, p. 200-2012, 2019.

PEREIRA, M. M. A; MORAES, L. C. MOGOLLÓN, M. C. T; BORJA, C. J. F. B; DUARTE, M; BUTTRÓS, V. H. T; LUZ, J. M. Q; PASQUAL, M; DÓRIA, J. Cultivating Biodiversity to Harvest Sustainability: Vermicomposting and Inoculation of Microorganisms for Soil Preservation and Resilience. **Agronomy**, v.13, n.103, 2023.

PEREIRA, W. A. **Caracterização e comparação do húmus produzido por vermicompostagem a partir de diferentes fontes**. 2021. 35f. Trabalho de Conclusão de curso (Curso de Química), Universidade de Brasília – Instituto de Química, Brasília-DF, 2021.

PIMENTEL, C. H. L; NOBREGA. C. C; JÚCA, J. F. T; PIMENTEL, U. H. O; MARTINS, W. A. A gestão das rotas tecnológicas de tratamento e destinação final dos resíduos sólidos urbanos no município de João Pessoa/PB. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 2, p. 7063-7088, 2020.

PINTO, L. de B; LOURENZANI, A. E. B. S; LOURENZANI, W. L; MOCHIUTI, J. C. Aspectos Históricos e Organizacionais da Agricultura Familiar no Desenvolvimento da Região Nova Alta Paulista. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 8, n. 2, p. 130-150, 2012.

PMGIRS. Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. **Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos- Município de Pelotas (RS)**, Pelotas-RS, 2014.

PROCHÁZKOVÁ, P; HANC, A; DVORÁK, J; ROUBALOVÁ, R; DRESLOVÁ, M; CÁSTKOVÁ, C; SUSTR, V; SKANTA, F; PACHECO, N. I. N; BILEJ, M. Contribution of Eisenia andrei earthworms in pathogen reduction during vermicomposting. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, p. p.26267-26278, 2018.

PRIMO. D. C. **Compostagem do resíduo sólido gerado na cultura do fumo (*nicotiana tabacum L.*) e sua utilização para produção de mudas arbóreas**. 2009. 74f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias), Universidade Federal de Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas-Ba, 2009.

RAMADAN, B. S; ROSMALINA, R. T; SYAFRUDIN; MUNAWIR, KHAIR, H; RACHMAN, I; MATSUMATO, T. Potential Risks of Open Waste Burning at the Household Level: A Case Study of Semarang, Indonesia. **Aerosol and Air Quality Research**, v. 23, p. 1-17, 2023.

RAMALHO, N. T. C; CAVICHIOLI, F. A. Técnicas de preparo do solo e sua importância na produção agrícola. **Interface Tecnológica**, v. 20, n. 2, 2023.

REBOLLIDO, R; MARTINEZ, J; AGUILERA, Y; MELCHOR, K; KOERNER, I; STEGMENN, R. Microbial populations during composting process of organic fraction of municipal solid waste. **Higher Institute of Technologies and Applied Sciences**, University of Havana, Cuba; Uamburg University of Technology, 2008.

Rio Grande Do Sul. Secretaria da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento Rural. **Radiografia da agropecuária gaúcha 2022**. p. 28. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202209/01082325-rag-2022.pdf>>. Acesso em: 04 de abr. 2024.

ROCHA, A. C; CERETTA, G. F; BATTON, J. S; BARUFFI, L; ZAMBERLAN, J. F. Gestão de resíduos domésticos na zona rural: a realidade do município de Pranchita - PR. **Revista de administração UFSM**, v. 5, n.4, p. 699 - 714, 2012.

RODRIGUES, E. T; LEAL, P. A. M; COSTA, E.; PAULA, T. S; GOMES, V. A. Produção de mudas de tomateiro em diferentes substratos e recipientes em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.28, n.4, p.483-488, 2010.

RODRIGUES, P. C. de S; VERCÍLIO, O. E; SOUZA, B. M. P; ANJOS, L. E. F; SÁ, P. E. Técnicas de reciclagem de óleo residual de fritura: ressignificando a produção de sabão e vela. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, p. 64187-64197, 2021.

RODRIGUES, V. C; THEODORO, V. C. de A; ANDRADE, I. F; NETO, A. I; RODRIGUES, V. do N; ALVES, F. V. Produção de minhocas e composição mineral do vermicomposto e das fezes procedentes de bubalinos e bovinos. **Ciência Agrotecnológica**, v. 27, n. 6, p. 1409-1418, 2003.

SAER, A; LAMSING, S; DAVITT, N.H; GRAVES, R.E. Life cycle assessment of a food waste composting system: environmental impact hotspots. **Journal of Cleaner Production**, v.52, p.234-244, 2013.

SAHRAWAT, K. L. Iron toxicity in wetland rice and the role of other nutrients. **Journal Plant Nutrition**, v. 27, p. 1471-1504, 2004.

SÁNCHEZ, Ó. J; OSPINA, D. A; MONTOYA, S. Composting supplementation with nutrients and microorganisms in composting process. **Waste management**, v.69, 136-153, 2017.

SANTANA, N. A; JACQUES, R. J. S; ANTONIOLLI, Z. I; MARTÍNEZ-CORDEIRO, H; DOMÍNGUEZ, J. Changes in the chemical and biological characteristics of grape marc vermicompost during a two-year production period. **Applied Soil Ecology**, v. 154, 2020.

SANTI, A; CARVALHO, M. A. C; CAMPOS, O. R; SILVA, A. F; ALMEIDA, J. L. de; MONTEIRO, S. Ação de Material Orgânico Sobre a Produção e Características Comerciais de Cultivares de Alface. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p.87-90, 2010.

SANTOS, B. G dos S. Árvores de estuário apresentam assimetria flutuante foliar em resposta a estresse por salinidade?. **Ecologia da Mata Atlântica**, Universidade de São Paulo 2011.

SANTOS, J. A. **A barragem da ribeira em campo do brito: um olhar a partir do abastecimento de água**. 2022. 96f. Dissertação - (Mestrado em Geografia, área de concentração: Produção do Espaço Agrário e Dinâmicas Territoriais). Universidade Federal de Sergipe, São Cristovão – SE, 2022.

SANTOS, J. P. de O; LOPES, G. N; GONZAGA, K. S; ABREU, K. G; MUNIZ, L. E. S; CARTOXO, P. H. de A. Insetos como bioindicador de qualidade ambiental em ambientes aquáticos. **Revista Thema**, v. 19, n. 2, p. 356-366, 2021.

SCHIEDECK, G; PASINI, A; ALVES, P. R. L; NIVA, C; C; CANTELLI, K; BUCH, A. C; BROWN, A. C; MARTIN, J. D. Criação e manutenção dos organismos. **Embrapa Clima Temperado**, capítulo 4, 2019.

SCHIEDECK, G; SCHWENGBER, J. E; SCHIAVON, G. de A; GONÇALVES, M. de M. Minhocultura Produção de húmus. 2ª edição revista e ampliada, **ABC Agricultura Familiar, Embrapa**, 2014.

SCHMIDT, M. A. H; ECHER, M. de M; GUIMARÃES, V. F; HACHMANN, T. L. Efeito do substrato e do biofertilizante na produção de mudas de Brassica oleraceae var. *Acephala*. **Cultivando o Saber**. Cascavel, v.5, n.2, p.1- 8, 2012.

SCHMITZ, J. A. K; SOUZA, P. V. D; KÄMPF, A. N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 6, p.937-944, 2002.

SCHUBERT, R. N. **Estudo da fauna edáfica na vermicompostagem de resíduos orgânicos**. 2017. 119f. Tese doutorado (Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas – UFPEL, 2017.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Perfil das cidades gaúchas- Pelotas**, 2020. Disponível em: <<https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Pelotas.pdf>>. Acesso em: 20 de dez. 2022.

SEBRAE. Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. **Perfil das cidades gaúchas- Morro Redondo**, 2020. Disponível em: https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Morro_Redondo.pdf >. Acesso em: 10 de abr. 2022.

SENA, L. M; ARRUDA, J. F; COSTA, F. R. Da S; ALMEIDA, B. B; BRITO, P. O. B; GONDIM, F. A. Compostagem e vermicompostagem como alternativa para tratamento e destinação de resíduos orgânicos. **Revista verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n.2, 2019.

SEVERO, F. E; MATOS, M. C. P; MASCHIN, A. Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS: um estudo sobre logística reversa, agrotóxicos e desenvolvimento sustentável em municípios do Vale do Ribeira/SP. **Brazilian Applied Science Review**, v. 4, n. 1, p. 112-117, 2020.

SILVA, C. D; COSTA, L. M; MATOS, A. T; CECON, P. R; SILVA, D. D. Vermicompostagem de lodo de esgoto urbano e bagaço de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 3, p. 487-491, 2002.

SILVA, C, de S; BOLL, N; ZANIN, G. B; PERETTI, G; SOUZA, D. S. Análise histórica da geração, coleta e destinação dos resíduos sólidos urbanos no Brasil. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 16, n. 41, 2020.

SILVA, D. V; LACERDA, A. A. V; BARBOSA, F. M; GOMES, A. C; SANTOS, N. M. S; SILVA, A. D. B. Características socioeconômicas dos mantenedores de quintais agroflorestais na comunidade Olho D'água Branca, região semiárida na Paraíba. **VII Congresso de agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011a.

SILVA, I. de O; TAGLIAFERRO, E. R; OLIVEIRA, A. J. Gerenciamento dos resíduos sólidos domiciliares no município de Jales –SP e sua relação para com a política nacional de resíduos sólidos (PNRS). **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n.1, p. 11475-11499, 2021.

SILVA, J. dos S; SOUZA, A. V. D; PRESUMIDO, P. H; MARQUES, A. F. P; PIMENTA, A. F; MARQUES, K. V; PRATES, C; DAL BOSCO, T. C; ANAMI, M. H. Riscos biológicos e desempenho agrícola do uso de compostos e vermicompostos no solo. Capítulo 7. In book. Compostagem e vermicompostagem de resíduos sólidos. **Editores Edgar Blucher Ltda**, p.1-267, 2017.

SILVA, R. A; FELIX, K. K. F; SOUZA, M. J. J. B; SIQUEIRA, E. S. Gestão dos resíduos sólidos no meio rural: o estudo de um assentamento da região nordeste do Brasil. **Revista eletrônica Gestão e sociedade**, v. 8, n. 20, p. 593-613, 2014.

SILVA, R. C; AZEVEDO, A. R. G; CECCHIN, D; CARMO, D; MARVILA, M. T; ADESINA, A. Study on the implementation of reverse logistics in medicines from health centers in Brazil. **Cleaner Waste Systems**, v. 2, 2022.

SILVA, R. F; VASCONCELLOS, N. J. A; STEFFEN, G. P. K; DOTTO, R. B; GRUTKA, L. Caracterizações microbiológicas e químicas em resíduos orgânicos submetidos à vermicompostagem. **Revista Brasileira Agrociência**, v.17, n.1-4, p.108-115, Pelotas-RS, 2011b.

SILVA, S. de S; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z; DUTRA, D. F. de S; BRITO, L. P. da S. Uso de resíduos orgânicos decompostos como substrato para produção de mudas de alface: efeito no sistema radicular. **Revista de la Facultad de Agronomía, La Planta**, v. 117, n. 2, p. 245-252, 2018.

SILVEIRA, M. S; BEDÊ, T, P; NICOMEDES, W. H. dos S. Aproveitamento Integral de Alimentos: Uma possível ferramenta de consumo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, v.7, n.8, p. 80729-80738, 2021.

SIMIONATTO, H. H; ESTURARO, L. M. C; RAGASSI, B. Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Capacitação em Propriedades Rurais no Município de Tupi Paulista – SP. **Revista Científica ANAP Brasil**, v. 13, n. 29, 2020.

SINGH, R. P; EMBRANDIRI, A; IBRAHIM, M. H; ESA, N. Management of biomass residues generated from palm oil mill: vermicomposting a sustainable option. **Resources, Conservation and Recycling**, v.55, p.423-434, 2011.

SINIR. Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. **Cidade de Pelotas - RS, 2021**. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>>. 2 ago 2023.

SINIR. Sistema Nacional de Informações Sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos. **Cidade de Morro Redondo - RS, 2020**. Disponível em: <<https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis>>. 2 ago 2023.

SNIS. Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento. **Diagnostico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos. 18º Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**, 2019.

SOARES, K. R; FERREIRA, E. E. da S; JUNIOR, S. S; NEVES, S. M. A. da S. Extrativismo e Produção de Alimentos como Estratégia de Reprodução de Agricultores Familiares do Assentamento Seringal, Amazônia Meridional. **Revista Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 04, p. 645-662, 2018.

SOARES, P. Da P. S; SOUZA, J. A; CAVALHEIRO, É. T. G. Caracterização de amostras comerciais de vermicomposto de esterco bovino e avaliação da influência do pH e do tempo na adsorção de Co (II), Zn (II) and Cu (II). **Química nova**, v.27, n.1, p.5-9, 2004.

SOOBHANY, N. Preliminary evaluation of pathogenic bacteria loading on organic Municipal Solid Waste compost and vermicompost. **Journal of Environmental Management**, v. 206, p. 763-767, 2018.

SOUZA, A. V. D; PIMENTA, A. F; MARQUES, V. da C; PRESUMIDO, P. H; SILVA, J. dos S; BETIO, M. M; DAL BOSCO, T. C; MARQUES, K. V; PRATES, C. Pré-compostagem e vermicompostagem de lodo biológico de laticínio. **Resultados de pesquisas acadêmicas-Bluecher Open Acess**, capítulo 6, p. 160-191, 2017.

SOUZA, S. S; NETO, A. J. C. Diagnóstico do saneamento rural na microrregião de Governador Valadares – Minas Gerais. **Revista Mineira de Recursos Hídricos - RMRH**, v. 4, 2023.

TIAGO, P. V; MELZ, E. M; SCHIEDECK, G. Comunidade de bactérias e fungos de esterco antes e após vermicompostagem e no substrato hortícola após uso de vermicomposto. **Revista Ciência Agronômica**, v.39, n.2, p.187-192, 2008.

STEFFEN, G. P. K; ANTONIOLLI, Z. I; STEFFEN, R. B; BELLÉ, B. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substratos para a produção de mudas de boca-de-leão. **Acta Zoológica Mexicana**, n. 2, p. 345-357, 2010b.

STEFFEN, G. P. K; ANTONIOLLI, Z. I; STEFFEN, R. B; MACHADO, R. G. Casca de arroz e esterco bovino como substratos para a multiplicação de minhocas e produção de mudas de tomate e alface. **Acta Zoológica Mexicana**, V.26, n.2, p.333-343, 2010a.

SWARNAM, T. P; VELMURUGAN. A; PANDEY, S. K; ROY S. D. Enhancing nutrient recovery and compost maturity of coconut husk by vermicomposting technology. **Bioresource Technology**, v.207, p.76-84, 2016.

SWATI, A; HAIT, S. Fate and bioavailability of heavy metals during vermicomposting of various organic wastes - A review. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 109, p. 30-45, 2017.

TEODORO, M. S; SEIXAS, F. J. S; LACERDA, M. N; ARAÚJO, L. M. S. Produção de alface (*Lactuca sativa L.*) sob diferentes doses de vermicomposto. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.11, n.1, p.18- 22, 2016.

TESSARO, D; MATTER, J. M; KUCZMAN, O; FURTADO, L. de F; COSTA, L. A. de M; COSTA, M. S; de M. Produção agroecológica de mudas e desenvolvimento a campo de couve-chinesa, **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.43, n.5, p.831-837, 2013.

TIENEN, Y. M. da S; VICAKAS, O. M; BARCIA, M. K; FONSECA, S; VEIGA, T. B; UKAN, D. Avaliação da compostagem e vermicompostagem para biodegradação da matéria orgânica. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n.7, p. 46833-48639, Curitiba-PR, 2020.

TIQUIA, S. M; TAM, N. F. Y; HODGKISS, I. J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. **Environmental Pollution**, v. 93, n. 3, p. 249-256, 1996.

TIQUIA, S. Reduction of compost phytotoxicity during the process of decomposition. **Chemosphere**, n.79, p. 506-512, 2010.

TOLFO, V. N. B. Educação ambiental na zona rural: Uma análise a partir de uma Escola no interior do município de Vitória das Missões/RS. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. V. 4, n.4, p. 434-440, 2011.

TRECHA, R. D. **Produção de mudas de alface em substratos alternativos a partir de sementes peletizadas com vermicomposto bovino, peletizadas**

comerciais e não peletizadas. 2017. 116f. Tese (Doutorado em Programa de PósGraduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar), Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel - Universidade Federal de Pelotas, 2017.

TROMBETTA, L. J; TURCHETTO, R; ROSA, G. M; VOLPI, G. B; BARROS, S; SILVA, V. R. Resíduos orgânicos e suas implicações com o carbono orgânico e microbiota do solo e seus potenciais poderes poluentes. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 7, p. 43996-44005, 2020.

UNEP. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Movimento no Brasil para reduzir perdas e desperdício de alimentos, 2021**. Disponível em: < <https://www.unep.org/pt-br/noticias-e-reportagens/comunicado-de-imprensa/pnuma-e-fao-convocam-movimento-no-brasil-para-reduzir> >. Acesso em: 02 abr. 2022.

VALENTE, B. S; XAVIER, E. G; MORSELLI, T. B. G. A; JAHNKE, D. S; BRUM JR. B; CABRENA, B. R; MORAES, P; LOPES, D. C. N. Fatores que afetam o desenvolvimento da compostagem de resíduos orgânicos. **Archivos de Zootecnia**, v.58, p.59-85, 2009.

VASCONCELOS, M. J. V; FIGUEIREDO, J. E. F; OLIVEIRA, M. F; SCHAFFERT, R. E; RAGHOTHAMA, K. G. Plant phosphorus use efficiency in acid tropical soil. **Brazilian Journal of Maize and Sorghum**, v. 21, 2022.

VIANA, L. N; SAINT'PIERRE, T. D. Environmental impact assessment of end-of-life fluorescent lamps in Rio de Janeiro, Brazil, under different recycling rate scenarios. **Chemosphere**, v. 340, 2023.

VIEIRA, L; SILVA, F. B; LIMA, R. F. F; LIMA, M. S; MACHADO, A; PEREIRA, V. S. Hortaliças tradicionais: divulgação de alimentos “desconhecidos” pelo Núcleo de Estudo em Agroecologia e Agricultura Familiar do Campus Planaltina – IFB, **Revista de agroecologia**, v. 9, n.3, 2014.

VILLALBA, L; NÓGUEIRA, R; POLANCO, M. D. C; RAMÍREZ, E; LLOVERA, J. R. Importancia de caracterizar residuos domésticos en la fuente: caso de una comunidad de el consejo, venezuela. **Revista Gestion I+D**, v. 4, n. 1, 2019.

VINTI, G; BAUZA, V; CLASEN, T; TUDOR, T; ZURBRÜGG, C; VACANNI, M. Health risks of solid waste management practices in rural Ghana: A semi-quantitative approach toward a solid waste safety plan. **Environmental Research**, v. 216, 2023.

VIONE, E. L. B. **Caracterização química e liberação de nitrogênio de compostos e vermicompostos de casca de arroz e dejetos animais**. 2016. 191f. Tese (doutorado), Pós-graduação em ciências do solo, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2016.

VIONE, E. L. B; SILVA, L. S; FILHO, A. C; AITA, N. T; MORAIS, A. de F; SILVA, A. A. K. Caracterização química de compostos e vermicompostos

produzidos com casca de arroz e dejetos animais. **Revista Ceres**, v. 65, n.1, 2018.

WATTHIER, M. **Substratos orgânicos: caracterização, produção de mudas e desenvolvimento à campo de alface e beterraba e influência na atividade enzimática**. 2014. 125f. Dissertação - (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

WATTHIER, M; SCHWENGBER, J. E; FONSECA, F. D; SILVA, M. A. S. Húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada como substratos para produção de mudas de alface. **Brazilian Applied Science Review**, V.3, N.5, P.2065-2071, 2019.

WINCK, M. F; FROEHLICH, C; SCHEREIBER, D; JAHNO, V. D. Vermicompostagem para o gerenciamento de resíduos sólidos orgânicos domiciliares. **Revista em agronegócio e meio ambiente-RAMA**, v.15, n.3, 2022.

YANG, Y; WANG, G; LI, G; MA, R; KONG, Y. Selection of sensitive seeds for evaluation of compost maturity with the seed germination index. **Waste Management**, v. 136, p. 238-243, 2021.

YURI, J. E; RESENDE, G. M.; R; JÚNIOR, J. C. R; MOTA, J. H.; SOUZA, R. J. Efeito de Composto Orgânico Sobre a Produção e Características Comerciais de Alface Americana. **Horticultura Brasileira, Brasília**, v. 22, n. 1, p.127-130, 2004.

YUVARAJ, A; THANGARAJ, R; RAVINDRAN, B; CHANG, S. W; KARMEGAM, N. Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology - A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability. **Environmental Pollution**, v. 268, 2021.