

UFRRJ
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
AGRICULTURA ORGÂNICA

DISSERTAÇÃO

Desenvolvimento de Substrato Formulado com
Composto Orgânico e Casca de Arroz para a
Produção de Mudanças de Hortaliças

Antonio Alfredo Maia

2020



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

**DESENVOLVIMENTO DE SUBSTRATO FORMULADO COM
COMPOSTO ORGÂNICO E CASCA DE ARROZ PARA A PRODUÇÃO
DE MUDAS DE HORTALIÇAS**

ANTONIO ALFREDO MAIA

Sob a orientação do Pesquisador
José Guilherme Marinho Guerra

e

Coorientação do Pesquisador
Marco Antônio de Almeida Leal

Dissertação submetida como
requisito parcial para obtenção do
grau de **Mestre em Agricultura
Orgânica**, no Programa de Pós-
Graduação em Agricultura
Orgânica.

Seropédica, RJ
Agosto de 2020

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

“This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001”.

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

M217d Maia, Antonio Alfredo, 1962. -
Desenvolvimento de substrato formulado com composto orgânico e casca de arroz para a produção de mudas de hortaliças / Antonio Alfredo Maia. - Seropédica-RJ, 2020. 44 f.: il.

Orientador: José Guilherme Marinho Guerra.
Coorientador: Marco Antonio de Almeida Leal.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica, 2020.

1. Agroecologia. 2. Olericultura orgânica. 3. Mudas de qualidade. I. Guerra, José Guilherme Marinho, 1958-, orient. II. Leal, Marco Antonio de Almeida, 1966 -, coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Programa de Pós Graduação em Agricultura Orgânica. IV. Título.

É permitida a cópia parcial ou total desta dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA ORGÂNICA**

ANTONIO ALFREDO MAIA

Dissertação submetida como requisito para obtenção do grau de **Mestre em Agricultura Orgânica**, no Programa de Pós-Graduação em Agricultura Orgânica.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 14/08/2020.

José Guilherme Marinho Guerra. Dr. Embrapa Agrobiologia
(Orientador)

Maria do Carmo de Araújo Fernandes. Dra. Pesagro-Rio

Ednaldo da Silva Araújo. Dr. Embrapa Agrobiologia

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador primeiro, Professor Raul de Lucena (*in memoriam*). Um idealista.

Ao meu orientador, pesquisador Dr. José Guilherme Marinho Guerra. Um excelente orientador e, descobri com o passar do tempo, um amigo.

Ao meu coorientador, pesquisador Dr. Marco Antônio de Almeida Leal, o grande responsável pela organização dos experimentos, pelas análises laboratoriais e sistematização dos dados da pesquisa.

Aos professores e professoras do Programa e, em particular, à professora Anelise.

Aos pesquisadores da Pesagro-Rio, pelo seu exemplo de perseverança e na defesa de uma pesquisa agropecuária independente.

À Jarlane, secretaria do PPGAO, sempre disponível, pela sua ajuda.

À Embrapa Agrobiologia e à Embrapa Agricultura Familiar, pela possibilidade de utilizar seus laboratórios.

À Fazendinha Agroecológica do km 47, local de aulas que serão sempre lembradas e relembradas.

Aos agricultores orgânicos dos estados de São Paulo e Rio de Janeiro que nos receberam nas suas propriedades, e me inspiraram com o seu exemplo.

Aos colegas, todos, da turma PPGAO 2018, pela possibilidade de convivência que nos permitiu construir durante o Programa uma identidade de turma.

À Escola Técnica Estadual de Canguçu – ETEC, ao Centro de Treinamento de canguçu - CETAC.

À Escola Família Agrícola – Efasul, pelo uso das instalações; e aos alunos de ambas que participaram de o processo de pesquisa.

Aos meus colegas de Curso, Miqueli e Josuan, companheiros de viagens cruzando uma parte do Brasil a caminho das aulas, pelas conversas sérias ou nem tanto, mas sempre agradáveis.

Às professoras Geisa e Joicinara, pela revisão das muitas versões deste texto.

Ao Leonir e ao Kelen pela ajuda com a estatística e o design, respectivamente.

À Amanda, pela ajuda efetiva nas análises de laboratório e pelas boas energias.

À Fran, minha companheira, pelo apoio e ajuda na instalação do experimento e anotações de estímulo nos versos das planilhas de controle.

RESUMO

MAIA, Antonio Alfredo. **Desenvolvimento de substrato formulado com composto orgânico e casca de arroz para a produção de mudas de hortaliças.** 2020. 44p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

Na região de atuação da Escola Técnica Estadual de Canguçu, no sul do Rio Grande do Sul a olericultura é uma possibilidade para a diversificação das pequenas propriedades rurais. Nessa atividade, a produção de mudas é uma etapa importante, e a utilização de substratos apropriados proporcionam adequado desenvolvimento das mudas de diferentes espécies de hortaliças. Os substratos comerciais são geralmente confeccionados com turfa obtida por mineração, com impacto ambiental. Contudo, a hipótese formulada no escopo deste trabalho foi de que substratos formulados com resíduos animais e vegetais disponíveis localmente apresentam características favoráveis à produção de mudas de hortaliças, com qualidade compatível à alcançada com substrato comercial. Neste sentido, objetivou-se avaliar as características físicas e químicas de substratos formulados a base de um composto orgânico adicionado de casca de arroz carbonizada e enriquecido com esterco de cama de aves poedeiras, e os efeitos decorrentes dos substratos formulados no desenvolvimento e características fitotécnicas de mudas das hortaliças alface, brócolis, beterraba e tomate. Foram conduzidos quatro ensaios independentes, formados com cada espécie individualmente. Os tratamentos, totalizando seis substratos, constaram das seguintes misturas: composto orgânico + casca de arroz carbonizada, correspondendo à, respectivamente, 90 + 10 % v/v; composto + casca: esterco de cama de aves- 98: 2 % v/v; composto + casca: cama - 96: 4 %; composto + casca: cama 92: 8 %; composto + casca: cama - 84: 16 %, e de um controle para referência formado de um substrato comercial. Os tratamentos foram dispostos no delineamento de blocos casualizados. A adição da casca de arroz carbonizada foi fixada em 10% nos tratamentos representados pelos substratos locais. Destaca-se que o substrato formulado apenas com a mistura de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada conferiu volume de raízes e padrão fitotécnico superior ao alcançado com o substrato comercial. Em adendo, a complementação com cama de aves poedeiras à formulação local testada conferiu aumento no número de folhas emitidas e na produção de matéria fresca da parte aérea das espécies, quando comparado ao substrato sem este enriquecimento e ao substrato comercial testado. Assim, evidenciou-se a viabilidade fitotécnica da produção de mudas de alface, brócolis, beterraba e tomate, em sistema orgânico, com o emprego de substrato formulado a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementado com cama de aves poedeiras nas condições da região sul do Rio Grande do Sul.

Palavras-chave: Agroecologia. Olericultura orgânica. Mudas de qualidade.

ABSTRACT

MAIA, Antonio Alfredo. **Development of substrate formulated with organic compost and rice husk for the production of vegetable seedlings**. 2020. 44p. Dissertation (Master in Organic Agriculture). Institute of Agronomy, Department of Crop Science, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2020.

In the region where the State Technical School of Canguçu operates, in the south of Rio Grande do Sul State, olericulture is a possibility for the diversification of small rural properties. In this activity, the seedlings production is an important step, and the use of appropriate substrates provide adequate development of seedlings of different vegetable species. Commercial substrates are generally made from peat obtained from mining, with an environmental impact. However, the hypothesis formulated in the scope of this work was that substrates formulated with animal and vegetable residues available locally have characteristics favorable to the production of vegetable seedlings, with quality compatible with that achieved with commercial substrate. In this sense, the objective was to evaluate the physical and chemical characteristics of substrates formulated based on an organic compound added with carbonized rice husk and enriched with laying poultry manure, and the effects of the formulated substrates on the development and characteristics phytotechnics of lettuce, broccoli, beet and tomato vegetable seedlings. Four independent tests were conducted, formed with each species individually. The treatments, totaling six substrates, consisted of the mixtures (organic compound + carbonized rice husk - 90 + 10% v/v; compound + husk: poultry bedding - 98: 2%; compost + bark: "bed" - 96: 4%; compost + bark: "bed" (92: 8%; compost + bark: "bed" - 84: 16% v/v) and a control for reference (commercial substrate), being arranged in a randomized block design. The addition of carbonized rice husk was fixed at 10% in the treatments represented by the local substrates. It is noteworthy that the substrate formulated only with the mixture of organic compound combined with carbonized rice husk conferred a higher root volume and phytotechnical pattern than that achieved with the commercial substrate. In addition, the supplementation with "litter" of laying birds to the tested local formulation conferred an increase in the number of leaves emitted and in the production of fresh matter of the part aerial of species, when compared to the substrate without this enrichment and the tested commercial substrate. Thus, the phytotechnical viability of the production of lettuce, broccoli, beet and tomato seedlings, in an organic system, was evidenced, with the use of substrate formulated from organic compost combined with the carbonized rice husk and complemented with poultry "litter", layers in the conditions of the southern region of Rio Grande do Sul.

Keywords: Agroecology. Organic olericulture. Quality seedlings.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Teores totais de N, P, K Ca e Mg de matérias-primas utilizadas para a formulação de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e suplementados com cama de aves poedeiras. 18
- Tabela 2.** Teores disponíveis de N, P, K, Ca e Mg de matérias-primas utilizadas para a formulação de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e suplementados com cama de aves poedeiras. 18
- Tabela 3.** Proporção de N, P, K Ca e Mg disponíveis em relação aos teores totais de matérias-primas utilizadas para a formulação de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e suplementados com cama de aves poedeiras. 18
- Tabela 4.** Valores de pH, condutividade elétrica (CE) e densidade em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. 20
- Tabela 5.** Teores totais de N, P, K, Ca e Mg de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. 20
- Tabela 6.** Teores disponíveis de N, P, K, Ca e Mg de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. 21
- Tabela 7.** Proporção (%) dos teores disponíveis de N, P, K, Ca e Mg em relação aos teores totais de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. 21
- Tabela 8.** Valores de densidade volumétrica e da partícula, porosidade total, micro e macroporosidade de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. 22
- Tabela 9.** Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea de mudas de alface produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020. 24
- Tabela 10.** Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea de mudas de brócolis produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020. 26
- Tabela 11.** Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca de mudas de beterraba produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020. 30
- Tabela 12.** Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea de mudas de tomate produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020. 32

Tabela 13. Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea de mudas de tomate produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.33

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. (A): Capim elefante triturado e esterco de vacas leiteiras; (B): Montagem das leiras; (C): Composto estabilizado; (D): Composto estabilizado sendo coletado.	13
Figura 2. Vista da instalação dos experimentos.	15
Figura 3. Croqui do experimento.....	16
Figura 4. (A): Bandejas semeadas; (B): Formulação das misturas.	17
Figura 5. A: Mudanças de alface cultivadas sobre substrato comercial. B: Mudanças de alface cultivadas sobre substrato com adição cama de aves poedeiras.	23
Figura 6. Valores de pH durante o desenvolvimento de mudas de alface em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casaca carbonizada de arroz e complementados com doses de cama de aves poedeiras, Canguçu/RS, 2020.	25
Figura 7. Valores de condutividade elétrica durante o desenvolvimento de mudas de alface em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.	25
Figura 8. Tratamento S5 na primeira semana; (B): Tratamento S5 na terceira semana;(C): Tratamento S1 na quarta semana; (D): Tratamento S5 na segunda semana.....	27
Figura 9. Valores de pH durante o desenvolvimento de mudas de brócolis em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.	28
Figura 10. Valores de condutividade elétrica durante o desenvolvimento de mudas de brócolis em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020	28
Figura 11. Mudanças de beterraba com 4 semanas cultivadas em substrato comercial (S1); (B): Mudanças de beterraba com 4 semanas cultivadas em substrato formulado com composto orgânico + casca de arroz carbonizada + cama de poedeiras (S5).....	29
Figura 12. Valores de condutividade elétrica durante o desenvolvimento de mudas de beterraba em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.	31
Figura 13. Valores de pH durante o desenvolvimento de mudas de beterraba em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.	31
Figura 14. Mudanças de tomate com 4 semanas, produzidas sobre o substrato comercial (S1), apresentaram os piores índices.	32
Figura 15. Valores de condutividade elétrica durante o desenvolvimento de mudas de tomate em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.	33

Figura 16. Valores de pH durante o desenvolvimento de mudas de tomate em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020. 34

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Compostagem.....	3
2.1.1 Os resíduos vegetais	4
2.1.2 Os resíduos animais.....	4
2.1.3 As bases para neutralizar o excesso de acidez.....	4
2.1.4 A indispensabilidade da água e do ar	4
2.1.5 Escavação do solo.....	4
2.1.6 Formação de leiras.....	5
2.2 Casca de Arroz Carbonizada	6
2.3 Cama de Aves Poedeiras	7
2.3.1 O passivo ambiental de criações industriais de aves	7
2.3.2 O fertilizante orgânico	8
2.4 Substratos para Produção de Mudanças de Hortaliças.....	8
2.4.1 Alguns conceitos	8
2.5 Produção de Mudanças de Hortaliças em Substratos.....	9
3 MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1 Localização.....	11
3.2 Obtenção do Composto	12
3.3 Casca Carbonizada	13
3.4 Obtenção da Cama de Esterco de Aves Poedeiras	13
3.5 Caracterização das Matérias-primas e dos Substratos.....	14
3.6 Desenvolvimento de Mudanças de Hortaliças nos Substratos Formulados.....	14
3.7 Análises Estatísticas	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1 Características Químicas e Físicas das Matérias-Primas e dos Substratos Confeccionados a Partir de Composto Orgânico, Combinado com a Casca de Arroz Carbonizada e Suplementados com Cama de Aves Poedeiras	18
4.2 Caracterização Físico-Química e Química dos Substratos.....	19
4.3 Caracterização física dos Substratos	21
4.4 Caracterização Físico-Química dos Substratos e Desempenho Fitotécnico das Mudanças de Hortaliças.....	22
4.4.1 Alface.....	22
4.4.3 Beterraba.....	28
4.4.4 Tomate.....	31
5 CONCLUSÕES.....	35
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1 INTRODUÇÃO

O município de Canguçu, localizado na zona sul do Rio Grande do Sul tem um comércio e um setor de serviços prósperos, baseados na agricultura praticada nas quase 14 mil propriedades rurais distribuídas nos mais de 3.500 Km² do município. O município ostenta o título de Capital da Agricultura Familiar. De fato, os milhares de empreendimentos rurais familiares, muitos com áreas totais inferiores a 16 hectares, conferem uma feição única ao município, localizado em uma região predominantemente de grandes propriedades rurais. Um enclave de minifúndios no sul do Brasil.

Nos últimos anos, porém, dois fatos começaram a mudar esse cenário. O êxodo rural, o maior do Rio Grande do Sul, segundo levantamento do Censo Agropecuário (IBGE 2017) e, o crescimento das culturas de soja e tabaco com característica de monoculturas. Como resultado, pequenas propriedades estão sendo incorporadas por produtores de grãos, ou então, tornaram-se produtoras de folhas de tabaco, integradas à transnacionais.

O modelo de agricultura implantado pela Revolução Verde leva à simplificação dos agroecossistemas e à monocultura com dependência crescente de insumos externos e sérios problemas de erosão e contaminação dos ambientes naturais. A produção e a produtividade dos cultivos aumentaram, porém, paradoxalmente os problemas da fome e da desigualdade social no mundo, que não diminuíram (GLIESSMAN, 2000). Cabe ressaltar que modelos tecnológicos de produção fortemente dependentes do emprego de recursos finitos, que consomem petróleo de forma irresponsável não considerando o seu valor intrínseco e que mineram jazidas de elementos químicos essenciais às plantas para a confecção de fertilizantes, se usados de forma pouco criteriosas, podem resultar na perda de nutrientes por lixiviação e acarretar na contaminação química e na eutrofização de cursos d'água, são claramente insustentáveis.

O município de Canguçu, com suas fazendas e seus minifúndios, de colonização ibérica e pomerana é um recorte desse cenário desenhado com o aprofundamento da "Revolução Verde" no Brasil: os agricultores cada vez mais integram-se à empresas transnacionais do tabaco ou à produção de *commodities*, a paisagem no campo fica mais uniforme, a população mais rarefeita e envelhecida e a economia mais vulnerável. De encontro com a tendência atual, a Escola Técnica Estadual de Canguçu, local de instalação do experimento relatado neste texto, recebe alunos de vários municípios da região e possui projetos nas áreas de avicultura, ovinocultura, apicultura, bovinos leiteiros (em parceria com a Emater), lavouras de grãos e olericultura. Apoiados pelas disciplinas associadas, esses projetos têm espaço para pesquisas e aulas práticas, além de produzir para o autoconsumo e comercialização dos excedentes. A função principal desses empreendimentos é fomentar a diversificação de atividades nas propriedades rurais da região, fortalecendo a soberania alimentar. A olericultura é uma atividade importante pela sua capacidade de criar postos de trabalho e gerar renda em pequenas áreas. Também as hortas domésticas têm grande importância na segurança alimentar das famílias e podem ser instaladas com poucos recursos materiais, mantidas com pouco esforço e, além disso, possuem suas possibilidades paisagísticas (SEABROOK, 1981).

Em contrapartida, é característica da olericultura convencional o uso intensivo de fertilizantes sintéticos e agrotóxicos, com riscos para o ambiente natural e a saúde de agricultores e consumidores. A tomada de consciência sobre esses riscos vem, gradativamente, gerando a conscientização sobre a necessidade de uma mudança nos sistemas de produção, substituindo as atividades ou práticas de alto risco por empreitadas mais salubres, empregando insumos de menor impacto ambiental. Logrando êxito, este modelo de produção, priorizando a diversificação cultural, favorecerá a sustentabilidade sócio

econômica, ambiental e cultural das propriedades da região, possibilitando a criação de postos de trabalho e geração de renda.

Na formulação de substratos orgânicos tem sido utilizada principalmente a turfa, todavia, restrições de caráter ambiental têm motivado a busca de matérias primas alternativas, que não impliquem em mineração. Os compostos orgânicos aparecem como boas alternativas para a substituição da turfa, como matérias primas predominantes, haja vista possuírem características físicas desejáveis para formulação de substratos, apresentando a capacidade simultânea de reter umidade e drenar o excesso de água (CORTI; CRIPPA, 1988). Tendo em vista que os compostos orgânicos podem apresentar teores de N não plenamente disponíveis, isto suscita a necessidade de enriquecimento com fontes de fertilizantes orgânicos cuja disponibilização deste elemento essencial se dê mais prontamente. Em adendo, os elevados teores de bases e a alta capacidade de troca de cátions do composto orgânico proporcionam a manutenção do pH mais elevado do que o da turfa, (WRAP, 2004).

A compostagem, como processo oxidativo gerando alta temperatura, também dispensa a desinfecção. Além disso, há inúmeras referências na literatura sobre o efeito estimulante do composto no crescimento de microrganismos antagonistas a organismos fitopatogênicos, contribuindo assim no controle de algumas doenças do sistema radicular (DE BRITO; GAGNE, 1995; MANDEBAUM; HADAS, 1997; LIEVENS, 2001). Cumpre salientar que há trabalhos de pesquisa dedicados ao desenvolvimento de substratos voltados à produção de mudas de hortaliças (LEAL, 2005), inclusive para sistemas orgânicos (OLIVEIRA, 2014).

Destaque-se que a casca de arroz carbonizada apresenta grande potencial para utilização como substrato dada as suas propriedades físicas (MEDEIROS *et al.*, 2008). Dentre as características deste resíduo vegetal destacam-se o baixo custo, o fácil manuseio, a grande capacidade de drenagem e a ausência de contaminantes (MINAMI, 1995). Deve-se frisar que há diferenças entre a casca de arroz queimada, utilizada para a produção de energia térmica, e que apresenta granulometria menor e a casca carbonizada. A mistura desses dois materiais em diferentes proporções pode gerar substratos com diferentes propriedades físicas, o que possibilita a identificação de proporções de misturas mais adequadas a cultivos específicos.

A avicultura industrial é um setor importante no agronegócio brasileiro. De acordo com a Associação Gaúcha de Avicultura (ASGAV), o país é hoje o maior exportador de carne de frango e o sétimo maior exportador de ovos do mundo. Estimulados por uma crescente preocupação com o bem-estar animal, também crescem sistemas de criação alternativos, que adotam instalações e manejos que respeitem a etologia da espécie e utilizam, por exemplo, piquetes de pastoreio e criação sobre cama vegetal. Essas criações têm, normalmente, uma economia de escala menor e são apropriadas a sistemas de agricultura familiar, onde geram postos de trabalho e renda pela venda de carne e ovos. Como um subproduto, tem-se o esterco de cama de frangos ou de aves poedeiras. As “camas” podem ser vistas como passivo ambiental, como recurso potencial para a adubação orgânica, ou ainda como matéria prima para a formulação de substratos. A formulação de substratos orgânicos que utilizem esses três materiais, abundantemente disponíveis na região, poderá resultar em condições de semeadura satisfatórias e econômicas para a produção de mudas de hortaliças em sistemas orgânicos.

Diante do exposto, o presente trabalho de dissertação teve como hipótese submetida a testes a asserção de que substratos formulados com resíduos animais e vegetais, disponíveis localmente, apresentam características favoráveis à produção em bandejas de mudas de hortaliças em ambiente protegido, com qualidade compatível à alcançada com substrato comercial. Neste sentido, os objetivos deste trabalho foram avaliar as características físicas e químicas de substratos formulados a base de um composto orgânico adicionado de casca de arroz carbonizada e enriquecido com esterco de cama de aves poedeiras e avaliar os efeitos decorrentes dos substratos formulados no desenvolvimento e características fitotécnicas de mudas das hortaliças alface, brócolis, beterraba e tomate.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No livro "Agroecologia. Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável", Stephen Gliessman compara as unidades de produção agrícola às bacias de um rio: têm características próprias, mas ao mesmo tempo são influenciadas pelo que acontece rio acima e, influenciam ou determinam até o que acontece rio abaixo (GLIESSMAN, 2000). Desta forma, crê-se que a proposição deste projeto relacionado à formulação de substratos orgânicos para a produção de mudas de hortaliças da horta orgânica da Escola Técnica Estadual de Canguçu poderá influenciar, como na metáfora supracitada, positivamente a ideia de um modelo de produção mais sustentável, inspirando pelo seu exemplo a uma consolidação e criação de novos empreendimentos de olericultura orgânica na região onde se desenvolverá o presente estudo.

2.1 Compostagem

Em linguagem impessoal e jurídica, a Instrução Normativa nº 46, de 06/10/2011, que estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como a relação de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção (BRASIL, 2011), define o processo de compostagem como:

“processo físico, químico, físico-químico ou bioquímico, natural ou controlado, a partir de matérias-primas de origem animal ou vegetal, isoladas ou misturadas, podendo o material ser enriquecido com minerais ou agentes capazes de melhorar suas características físicas, químicas ou biológicas e isento de substâncias proibidas pela regulamentação de orgânicos”.

Na origem, porém, a compostagem foi descrita e prescrita com certa liberdade literária pelo agrônomo inglês Albert Howard, depois das suas experiências para produzir de forma mais sistemática um fertilizante orgânico, algo semelhante ao utilizado pelos agricultores indianos. O relato das suas observações e experiências está publicado em dois livros: *The Waste Products of Agriculture* (1931) e *An Agricultural Testament* (1939)¹.

Na então colônia britânica, Howard trabalhou como pesquisador e conheceu a realidade das grandes propriedades que trabalhavam com monoculturas, mas também conviveu com os camponeses, verdadeiros inspiradores do seu método de produção de composto orgânico.²

"Embora tenha demorado somente sete anos para elaborar o procedimento tal como existe hoje, o seu embasamento foi obra que me tomou um quarto de século", escreveu Howard no seu livro *An Agricultural Testament*, que nessa época, trabalhava no Instituto de Plantas Industriais Indore, em Pusa, no estado de Indore, na Índia Central.

As matérias-primas necessárias para produção de composto pelo processo Indore dividem-se essencialmente em:

¹ Publicado em português, em 2007, com tradução do inglês do professor Eli Lino de Jesus, pela editora Expressão Popular.

² O termo inglês *compost* deu origem à palavra composto e, por derivação, compostar e compostagem para denominar, respectivamente, o fertilizante e a ação de preparar esse adubo orgânico.

2.1.1 Os resíduos vegetais

Palhas, feno estragado, restos de poda, folhas caducas, serragem, plantas cultivadas em margens de poteiros e estradas com o objetivo de produzir material a ser decomposto e transformado em húmus.

Um suprimento constante, durante todo o ano, de resíduos vegetais mesclados e secos, devidamente triturados, constitui o principal fator para realização do processo - diz Howard.

O ideal é que esse material tenha sido utilizado como cama para o gado, pisoteado e que fungos e bactérias tenham acesso à celulose e a lignina. Na estação de Indore, materiais como talos de algodão e guandu eram colocados nos caminhos das carretas onde os cascos dos bois e as rodas dos carros os deixavam moídos, além de um pouco misturados com esterco, urina e argila. Depois disso, se espera que a relação carbono: nitrogênio esteja próxima de 33:1.

2.1.2 Os resíduos animais

Esterco e urina do gado, excreções de aves, resíduos de cozinha e, na ausência desses, substitutos como farinha de sangue, de peixe, resíduos de matadouro, etc. Howard sempre defendeu a utilização de esterco produzido por animais na propriedade, sejam grandes ou pequenos rebanhos. Assim, as propriedades sempre deveriam - de forma ideal - associar criações e lavouras. Esse é um princípio básico da Agricultura Orgânica e da maioria das escolas de agricultura alternativa.

2.1.3 As bases para neutralizar o excesso de acidez

Para evitar uma reação muito ácida na pilha do composto é indispensável adicionar algum material de pH mais elevado, carbonato de cálcio ou de potássio, por exemplo, além de cinzas de madeira. Esses materiais podem ser usados isoladamente ou misturados entre si, ou com terra argilosa. E, em locais ou situações onde tais ingredientes não estão disponíveis, pode-se utilizar simplesmente o solo. A cal viva não deve ser utilizada.

2.1.4 A indispensabilidade da água e do ar

A água é necessária durante todo o tempo de elaboração do húmus, bem como o ar também é indispensável. Uma boa aeração é muito importante, principalmente no início do processo quando a ação dos fungos é mais intensa.

Um desafio se apresenta, então: alcançar um equilíbrio entre esses dois elementos, porque não queremos a pilha excessivamente seca e aquecida ou, no outro extremo, muito úmida e anaeróbica. Howard sugere uma saturação média para o início do processo e compara à umidade presente em uma esponja espremida. Pilhas em campo aberto recebem água da chuva, o que seria o ideal porque ela vem saturada de oxigênio.

Depois da ação inicial dos fungos, as bactérias atuam em condições de menos ar, o que torna o processo mais prático porque não temos mesmo muitas possibilidades de aerar a pilha nessa etapa. Existem dois métodos para produção de húmus a partir de resíduos orgânicos: em buracos ou pilhas.

2.1.5 Escavação do solo

Quando existe o risco de que o material se resseque ou resfrie muito rapidamente, a compostagem em espaço escavado no solo é mais apropriada. Nesse sistema há uma notável economia de água e a temperatura do material se mantém uniformemente alta.

Entretanto, há um inconveniente nesse sistema. Em regiões com chuvas fortes, pode ocorrer o encharcamento do material, impedindo a aeração. Nesses casos, algumas medidas poderão ser tomadas para resolver o problema: cercar os buracos com uma pequena valeta coletora para impedir a entrada de água proveniente do escoamento superficial da chuva, cobrir os buracos com material para a proteção contra a chuva, colocar ladrões para o escoamento, além de pisos inclinados.

2.1.6 Formação de leiras

As leiras ou pilhas são apropriadas para regiões de clima temperado. As maiores são desejáveis do ponto de vista da regularidade da fermentação. Uma cobertura auxiliar de palha protege tanto do excesso de chuva quanto do ressecamento excessivo.

Segundo Kiehl (1985), o composto é obtido pelo amontoamento de restos vegetais e animais ricos em substâncias nitrogenadas misturados com outros resíduos vegetais pobres em nitrogênio, mas ricos em carbono. Ocorre então um processo fermentativo devido à ação de microrganismos e que resulta na humificação do material. O composto é, portanto, resultado da decomposição bioquímica dos materiais orgânicos, chegando a um material mais estável, ideal para ser usado como fertilizante. O processo que ocorre na pilha do composto é semelhante ao que acontece na camada superficial de um solo de floresta, só que muito mais rápido.

Kiehl (1985)³, sugere medidas consagradas desde o início do século passado para montagem das pilhas: 2,5 a 3,5 metros de largura e 1,5 a 1,8 metros de altura. O comprimento é variável conforme a quantidade de material disponível e pelas características do terreno. Pilhas muito altas podem alcançar temperaturas indesejavelmente altas, pilhas baixas, por outro lado, perdem calor, e umidade. Quanto à forma, as pilhas devem ser trapezoidais, com um ângulo interno de 40 °C a 60 °C.

Malavolta (1979), brevemente discorre: “composto é o produto da fermentação de todos os produtos vegetais e animais que é possível acumular na fazenda”. Além de resíduos animais e vegetais, sugere a utilização de substâncias minerais como cinzas e fosfatos de rocha.

Em alguns resultados experimentais relatados por Leal *et al.* (2007), ficou evidente que é possível produzir um composto com bons teores de N exclusivamente a partir de ingredientes vegetais. Neste estudo, a palha fragmentada de capim-elefante (*Pennisetum purpureum*) foi enriquecida com a parte aérea, também triturada, de crotalaria (*Crotalaria juncea*).

Inácio e Miller (2009) destacaram a importância do caráter aeróbico e termofílico da compostagem neste processo de biodecomposição da matéria orgânica, portanto, dependente de oxigênio e gerador de calor.

Segundo Wrap (2004), a compostagem é definida como a decomposição biológica de substratos orgânicos mediante as condições ideais, que permitem alcançar temperaturas elevadas como o resultado da produção biológica de calor e que resulta na obtenção de um produto final estável, livre de patógenos e de sementes viáveis. O emprego desse material estabilizado biologicamente beneficia o contínuo formado pelo solo-planta.

Para Oliveira, Aquino e Castro Neto (2005), o processo de compostagem pode proporcionar a transformação de diferentes resíduos de natureza orgânica em adubos que

³ O livro "Fertilizantes Orgânicos", publicado em 1985, é considerado um clássico que descreve os diferentes tipos de adubos orgânicos e tem um capítulo dedicado a compostagem.

possibilitam a melhoria dos atributos físicos, químicos e biológicos, quando adicionados ao solo.

2.2 Casca de Arroz Carbonizada

A casca do grão do arroz representa aproximadamente 20% do peso total do grão e tem potencial para ser utilizada na mistura para formulações de substratos agrícolas (FOLLETO *et al.*, 2005). As cascas, na sua quase totalidade, são rejeitadas pelos produtores locais e muitas vezes, depositadas a céu aberto nas proximidades das indústrias de beneficiamento, criando um passivo ambiental. Às vezes, este resíduo é incinerado na própria indústria, cujos processos de combustão e gaseificação formam partículas de cinzas as quais são tóxicas e prejudiciais ao homem (SOUZA, 1993). Outro destino comum ao resíduo excedente do beneficiamento do arroz é o descarte em lavouras e leito de rios, liberando gás metano em seu processo de decomposição, o qual é prejudicial à camada de ozônio (PEROZZI, 2004 apud STEFFEN, 2008; FOLETTI *et al.*, 2005).

Nos últimos anos, a casca de arroz carbonizada passou a ser intensamente utilizada como substrato para plantas, tanto na forma pura como misturada a outros materiais, em função de suas características favoráveis. Por apresentar baixa densidade e alta porosidade, a casca de arroz carbonizada proporciona melhor escoamento de excesso de água, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular (WATTHIER, 2016). Segundo Watthier (2016), a adição de casca de arroz carbonizada a outros materiais constitui uma possibilidade na melhoria das propriedades físicas de um substrato.

Watthier (2016) avaliou misturas de substratos confeccionados com composto de resíduos de frutos tungue, húmus de minhoca e casca de arroz carbonizada para produção de mudas de alface e beterraba, com resultados satisfatórios.

Klein *et al.* (2012) avaliaram as propriedades físicas e químicas de um substrato aos 14, 21, 28 e 35 dias após a semeadura, bem como as respostas biológicas das mudas por meio de parâmetros fitométricos, concluíram que o uso de casca de arroz carbonizada combinada aos substratos comerciais favoreceu as características físico-químicas destes, sendo vantajoso para o desenvolvimento de mudas de alface. Neste sentido, o uso de casca de arroz carbonizada com o substrato comercial, melhora as características físico-químicas da mistura resultante, o que é benéfico para o desenvolvimento das variedades de alface analisadas. Em adendo, o uso da casca de arroz carbonizada em mistura com substrato comercial diminui os custos ao produtor de mudas, uma vez que é um material extremamente barato, de alta disponibilidade e que quando usado em mistura, melhora consideravelmente a retenção de água do substrato.

Medeiros (1998) aponta a casca de arroz carbonizada como um material passível de utilização na elaboração de substratos destinados à produção de mudas de hortaliças, destacando suas características químicas e físicas e também por seu baixo custo e grande disponibilidade nas regiões onde a orizicultura encontra-se presente.

A baixa densidade desse material é uma característica importante quando se deseja aumentar a porosidade total do substrato, de modo a permitir maior drenagem da água de irrigação e proporcionar melhor aeração para o sistema radicular da muda. Dessa forma, após o substrato ser elaborado, caso o produto final apresente baixa porosidade, dificultando a percolação da água de irrigação e o desenvolvimento radicular, pela deficiente disponibilidade de oxigênio na rizosfera, a adição de casca de arroz carbonizada pode constituir-se em um importante aliado na melhor estruturação física do substrato (MEDEIROS, 1998).

A casca de arroz carbonizada, salvo pequenas oscilações em sua constituição mineral, apresenta composição química relativamente constante, além de valor pH ligeiramente alcalino, riqueza em elementos químicos como o potássio e baixa capacidade de retenção de

água (MEDEIROS, 1998). Adicionalmente, o processo de carbonização, ao atingir elevadas temperaturas, elimina a possibilidade de contaminação da casca de arroz por patógenos, nematoides e plantas espontâneas, dispensando-se, desta forma, qualquer tratamento destinado à sua desinfestação.

2.3 Cama de Aves Poedeiras

A avicultura industrial é um setor importante no agronegócio brasileiro. De acordo com a Associação Gaúcha de Avicultura, o país é hoje um dos maiores exportadores de carne de frango do mundo. Menos expressiva no mercado internacional, é apenas o oitavo maior produtor de ovos do mundo e a sua produção desempenha um papel importante no fornecimento de proteína animal para o consumo local com custo acessível (ASGAV, 2020).

Os sistemas de criação e manejo de galinhas poedeiras, predominantes são intensivos em gaiolas ou sobre o piso, em galpões abertos ou fechados. Em gaiolas, de 350 cm² a 450 cm² por ave, pode-se empilhar até sete gaiolas sobrepostas (FRANÇA; TINOCO, 2014). Esse sistema, porém, tem sido alvo de críticas relacionadas ao bem-estar animal, especialmente por oferecer espaço reduzido à ave, limitando a expressão de seus comportamentos naturais.

A *Council Directive EC/74/1999* – principal norma sobre o bem-estar animal das aves poedeiras – de 19 de julho de 1999, previa que a criação de poedeiras em gaiolas convencionais seria proibida a partir de janeiro de 2012, devendo ser substituídas por gaiolas enriquecidas ou por sistemas alternativos. As gaiolas enriquecidas deveriam ter, entre outras características, um poleiro, um ninho e área de 750 cm² para cada poedeira (OFFICIAL JOURNAL OF EUROPEAN COMMUNITIES, 1999).

No sistema orgânico, a preservação do bem-estar do animal é observada nos protocolos da granja. O manejo deve ser realizado de forma calma, sem agitações e é vedada qualquer prática que possa causar medo ou sofrimento aos animais, por exemplo, a muda forçada e a alimentação forçada. Além disso, a ração é estritamente orgânica, sendo essa a principal diferença entre esse sistema e o sistema de criação extensivo.

No Brasil, a criação orgânica obedece à Instrução Normativa 17/2014 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) (BRASIL, 2014). No sistema orgânico, a preservação do bem-estar do animal é observada nos protocolos da granja. O manejo deve ser realizado de forma calma, sem agitações, e é vedada qualquer prática que possa causar medo ou sofrimento aos animais, por exemplo, a muda forçada e a alimentação forçada. Além disso, a ração é estritamente orgânica, sendo essa a principal diferença entre esse sistema e o sistema de criação extensivo.

A legislação brasileira prevê também o sistema de produção colonial. Nesse sistema, são empregadas as linhagens rústicas que são adaptadas à criação colonial (totalmente extensiva), em que as aves ficam livres ao pastoreio com pelo menos 3 m² de pasto por ave. Assim, há a preservação do bem-estar das aves, refletindo em menor uso de medicamentos quimioterápicos, pois essa prática fortalece o sistema imunológico (EMBRAPA, 2004).

2.3.1 O passivo ambiental de criações industriais de aves

A disposição ecologicamente adequada dos resíduos, sejam eles de animais mortos ou dos dejetos gerado pelas aves, requer estudos sobre alternativas que visem tratamento adequado deste composto, contemplando os aspectos econômico, técnico, social e ambiental. A atividade gera enormes quantidades de resíduos, causando para a população, impactos negativos que são ampliados com o aumento do volume de dejetos eliminados em propriedades diariamente. Os dejetos, dispostos de forma incorreta ou inadequada no ambiente, podem causar problemas de poluição ambiental de diferentes generalidades, pois

seu poder de poluição é determinado pelo número de contaminantes que possuem, cuja ação individual ou combinada representa uma fonte potencial de contaminação do ar, dos recursos hídricos e do solo (GOMES FILHO et al., 1999). Também podem levar à proliferação de microrganismos e vetores que estão associados à transmissão de inúmeras doenças aos seres humanos.

2.3.2 O fertilizante orgânico

Os esterco de cama são geralmente formados com matéria orgânica mais pobre em nutrientes do que as dejeções, visto que as aparas de madeira ou as palhas, usadas para forrar o piso, acarretam na redução dos teores dos elementos químicos essenciais às plantas, quando comparados aos esterco puros. Cumpre salientar que os esterco de galinha são mais ricos em nutrientes do que os de outros animais por várias razões: são mais secos, contendo 5 a 15% de água contra 65 a 85% dos demais; contém as dejeções líquidas e sólidas misturadas e provém de aves criadas com rações, o que melhora a qualidade dos dejetos (ZUBEN, 1985).

De acordo com Steil (2001), os dejetos de poedeiras são constituídos por substratos complexos, contendo matéria orgânica particulada e dissolvida como polissacarídeos, lipídios, proteínas, ácidos graxos voláteis, elevado número de componentes inorgânicos, bem como alta concentração de microrganismos patogênicos. Nas aves, o sistema urinário ou excretor, está intimamente ligado ao sistema de digestão no processo de excreção. Como elas não têm bexiga, portanto, não produzem urina aquosa, excretam os uratos ou metabólitos sólidos, que são adicionados às fezes como uma mancha branca pastosa, composta por ácido úrico (MORENG; EVANS, 1990), em um valor superior a 80% do nitrogênio total presente nos dejetos, além de ser extremamente insolúvel em água (AUSTIC, 1990).

2.4 Substratos para Produção de Mudanças de Hortaliças

2.4.1 Alguns conceitos

O engenheiro José Lutzenberger, pioneiro no tratamento de resíduos no sul do Brasil, apontou para as possibilidades de os resíduos serem utilizados como matérias-primas para produção de adubos orgânicos e substratos (LUTZENBERGER, 1992).

Um substrato pode ser definido como sendo o meio em que as raízes das plantas se desenvolvem quando não cultivadas diretamente no solo e, tem como principal função oferecer suporte às plantas, podendo ainda regular a disponibilidade de água e nutrientes (KÄMPF, 2000). A utilização de substratos em sistemas de produção de mudas comparativamente aos cultivos no solo apresenta algumas vantagens, como o fornecimento de nutrientes em doses e épocas mais adequadas, a diminuição do risco de salinização do meio radicular, a possibilidade de manejar a água mais adequadamente, além da redução da ocorrência de problemas fitossanitários, os quais influenciam diretamente no rendimento e na qualidade final dos produtos (ANDRIOLO *et al.*, 1999 apud STEFFEN *et al.*, 2010).

As características necessárias de um substrato para a produção de mudas com qualidade são: meio adequado para a sustentação e retenção de água, oxigênio, nutrientes, possuir uma faixa ótima do pH e não conter elementos químicos em níveis tóxicos. Quando os substratos possuem resíduos em sua constituição, os diferentes percentuais de combinação devem ter um foco especial pelo fato de atuarem diretamente no crescimento e, conseqüentemente, na qualidade das mudas produzidas (TOLEDO *et al.*, 2013).

Substratos para mudas devem garantir quantidades requeridas de água, oxigênio e nutrientes, além de apresentar pH compatível, ausência de elementos químicos em níveis tóxicos e condutividade elétrica limitada. Devem, ainda, apresentar características físicas adequadas, como elevada capacidade de retenção de água, boa aeração, boa drenagem e baixa densidade, dentre

outras, exercendo influência marcante na arquitetura do sistema radicular e no estado nutricional das plantas (GUERRINI; TRIGUEIRO, 2004). A reunião de todas essas características do substrato irá favorecer a germinação das sementes, o desenvolvimento radicular e o crescimento inicial das plantas, com potencial de reflexos positivos na produtividade das culturas (RAMOS *et al.*, 2002).

De acordo com Milner (2002), as propriedades físicas de um substrato são relativamente mais importantes que as químicas, já que não podem ser facilmente modificadas no viveiro. Entre as propriedades físicas mais relevantes, destacam-se: a densidade, a porosidade, o espaço de aeração e a economia hídrica (volume de água disponível em diferentes potenciais).

Em adendo às propriedades físicas e químicas, essenciais para adequar a relação água/ar e a disponibilidade de nutrientes (FACHINELLO *et al.*, 2005; FERNANDES *et al.*, 2006), o substrato deve estar livre de fitopatógenos, de sementes de plantas indesejáveis e deve ser baseado em materiais de baixo custo e fácil aquisição.

Raramente, um único material apresentará as condições físicas e químicas ideais quanto à composição de um substrato, tornando-se necessária a busca de materiais suplementares que permitam melhorias, sem, contudo, aumentar demasiadamente seu custo (SCHMITZ *et al.*, 2002).

Segundo Kämpf *et al.* (2006), os componentes utilizados na mistura de um substrato podem ser classificados em:

Básicos: aqueles que dão estrutura ao substrato e geralmente correspondem à fração de 50 a 60% do volume da mistura;

Complementos: são os materiais selecionados com a função de melhorar as propriedades dos materiais básicos e normalmente são usados em quantidades de 30 a 40% do volume da mistura;

Aditivos: são os componentes opcionais, adicionados à mistura em pequenas quantidades, mas com funções definidas, como é o caso dos adubos, aceleradores de crescimento e biocontroladores, dentre outros.

O uso de substratos confeccionados pela mistura de composto e outros ingredientes como alguns subprodutos de origem vegetal disponível localmente, tais como a casca de arroz, a serragem, o bagaço da cana-de-açúcar, a fibra de coco, acrescidos de materiais minerais como o pó de rocha e a areia (FERNANDES *et al.*, 2006), confere autonomia às pequenas propriedades rurais. Essas matérias-primas possuem capacidade de suprir completamente a demanda por nutrientes, eliminando a utilização de fertilizantes químicos sintéticos e podem ser obtidos nas propriedades rurais ou na região, simplificando a logística de transporte e diminuindo custos ao agricultor (LEAL *et al.*, 2007; FACTOR *et al.*, 2008).

2.5 Produção de Mudas de Hortaliças em Substratos

A produção de mudas de hortaliças em bandejas é a forma mais recomendada e praticada atualmente pelos agricultores. A facilidade no manuseio e a possibilidade de um maior controle dos aspectos nutricionais e sanitários dessa etapa da produção (FURLAN *et al.*, 2007) favorecem a adesão do uso das bandejas.

Nos pequenos empreendimentos de agricultura familiar, a produção de mudas na propriedade confere autonomia com relação à dependência de insumos. Na prática, porém, há dificuldade em se obter substratos de fontes orgânicas que atendam, ao mesmo tempo, à necessidade das mudas em água, oxigênio e nutrientes, dada às características destes materiais (LEAL *et al.*, 2009). O substrato utilizado na produção de mudas exerce o mesmo papel que o solo teria, portanto, além de promover a estabilidade (fixação) da planta com uniformidade, também deve propiciar pouca resistência física para o desenvolvimento das raízes, suprir as demandas por oxigênio e nutrientes e ainda ser capaz de reter a umidade (SILVA *et al.*, 2009).

Em face do exposto nesta revisão, enfatizando aspectos da produção agrícola vinculados ao desenvolvimento rural sustentável e com vistas à disponibilização social de um substrato que propicie maior autonomia e, simultaneamente, possibilite a obtenção de mudas de hortaliças com qualidades comparáveis àquelas adquiridas comercialmente pelos pequenos agricultores de Canguçu e de localidades próximas, se insere a abordagem construída no presente trabalho de dissertação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

As atividades de pesquisa foram desenvolvidas em três etapas: 1) produção de composto orgânico em leiras utilizando palha picada de capim elefante (*Pennisetum purpureum*) e esterco de vacas leiteiras submetidas ao manejo orgânico; 2) formulação de diferentes misturas de composto orgânico, casca de arroz carbonizada e cama de galinhas poedeiras na confecção de substratos para produção de mudas de hortaliças; 3) produção de mudas de alface (*Lactuca sativa*), brócolis (*Brassica oleracea* var. *botrytis*), beterraba (*Beta vulgaris*) e tomate (*Lycopersicon esculentum*).

Foram semeadas cultivares comerciais de alto desempenho comercial, inclusive híbridos F1, como descrito: alface crespa cv. Soraia; brócolis americano cv. BC 1691; beterraba cv. Cabernet; e tomate tipo pera cv. SM-16. As mudas foram produzidas em ambiente protegido, em bandejas de poliestireno expandido com 128 células, previamente desinfetadas com uma solução de hipoclorito de sódio a 5%. A semeadura foi realizada no dia 24 de dezembro de 2019, utilizando-se três sementes por célula para tomate e brócolis, duas sementes para alface e dois glomérulos para beterraba. As sementes de brócolis e alface eram peletizadas e as de beterraba descortaçadas.

3.1 Localização

O trabalho experimental foi desenvolvido em três locais no município de Canguçu-RS. Na horta da Escola Técnica Estadual de Canguçu, em um sistema orgânico de produção de hortaliças; na Chácara Pau d'Erva e na área do Centro de Treinamento de Agricultores de Canguçu- CETAC, localizados na periferia da sede do município de Canguçu no sul do Rio Grande do Sul.

O CETAC e a horta da Escola Técnica estão localizados nos contrafortes da Serra do Sudeste a 31°23'42"S de latitude e 52°40'33" O de longitude, a 386 metros de altitude, sobre o Escudo Sul Rio-grandense, onde ocorrem os solos mais antigos do estado do Rio Grande do Sul, com formação no período Arqueano.

O Escudo Cristalino denominado Escudo Sul Rio-Grandense representa o embasamento do estado do Rio Grande do Sul, localizado na região centro-sul. A dissecação deste relevo produz uma fisionomia colinosa de baixa altitude, não ultrapassando os 500 m, vertentes suaves e grande concentração de material meteorizado que se desloca para fundos de vales, os quais produzem remoção deste material através da malha hidrográfica representada por arroios e rios até as lagunas costeiras (VIEIRA, 1984).

O escudo possui cerca de 65.000 km² de área no Estado e está delimitado ao norte, oeste e sudoeste pela Bacia do Paraná e, a leste pela Bacia de Pelotas, também conhecida como Província Costeira do Rio Grande do Sul (CPRM, 2007). Apresenta predomínio de rochas ígneas do tipo graníticas, podendo apresentar ainda associações de rochas metamórficas e sedimentares. Este relevo modela-se há mais de dois bilhões de anos através de processos tectônicos e erosivos nas alternâncias climáticas passadas, gerando formas e unidades com características de serras (CUNHA *et al.*, 1997).

De maneira geral podemos considerar que no Escudo Sul Rio-Grandense a ocorrência mais expressiva é da classe Argissolo Vermelho-Amarelos distróficos de textura média/argilosa, frequentemente cascalentos e em terrenos ondulados e suave ondulados (EMBRAPA, 2013). Via de regra, ao sul do Rio Camaquã é comum ocorrer associação deste solo com Argissolos Bruno-acinzentados distróficos nas partes mais elevadas do relevo (IBGE, 1986). Em áreas fortemente dissecadas, em terrenos mais dobrados, os Neossolos litólicos distróficos predominam, podendo estar estes associados com Cambissolos e

Argissolos Vermelho-Amarelos igualmente distróficos (EMBRAPA, 2013). São solos que possuem fertilidade natural de média a baixa, com baixos teores de matéria orgânica. Nos topos de morro e espigões aplainados os solos são mais rasos, a partir das meia-encostas aos fundos de vales os solos são mais profundos.

O processo de antropização destes solos remete a cerca de 120 anos de colonização destas áreas. A remoção de parte da cobertura vegetal original para cultivo anual foi prática de manejo implantada pelos colonos ibéricos e pomeranos em um sistema de derrubada queimada que é característico principalmente do Sistema Agrário Caboclo e do Sistema Agrário Colonial Inicial (MIGUEL, 2009; MAZOYER, 2010).

Na “Horta Doméstica Modelo”, junto ao prédio da Escola Família Agrícola da Zona Sul – EFASul (escola comunitária que oferece formação em Agroecologia, em regime de alternância, situada junto ao CETAC). Este projeto é desenvolvido na disciplina de Agroecologia com apoio de um grupo de professores e alunos da Escola.

A Chácara Pau d’Erva está localizada nas coordenadas geográficas 31°41’14” latitude sul e 52°59’35” longitude oeste, apresentando altitude média de 300 metros, com temperaturas amenas e distribuição de chuvas regulares. A área superficial conta com cinco hectares, topografia ondulada e os solos predominantemente apresentam textura areno-argilosa, contendo baixos teores de matéria orgânica e de fósforo disponível. Na região predominam minifúndios, com áreas médias inferiores a dez hectares e a atividade econômica predominante é a cultura do tabaco. No distrito, o fumo está presente em 90% das propriedades. A Chácara é uma pequena unidade agrícola, cuja gestão é de base familiar, com produção orgânica diversificada, com cultivos de hortaliças, frutíferas e pastagens, além de criações de bovinos leiteiros, ovinos crioulos e aves poedeiras.). A taxa de precipitação pluviométrica média dos últimos cinco anos foi de 1.300 mm (CETAC, 2018).

3.2 Obtenção do Composto

O composto foi produzido no CETAC, utilizando-se capim-elefante triturado, da cultivar Kurumy, em pleno desenvolvimento vegetativo e esterco de vacas leiteiras. O procedimento para confecção preconizado por Leal (2007) foi modificado por meio da substituição do farelo de mamona por esterco de vacas leiteiras, como a principal fonte de N (Figura 1A).

As leiras altas (1,5x 1,2x 1,2 m) foram montadas ao ar livre, e tiveram a temperatura monitorada com o auxílio de um termômetro com sonda. Revolvimento foram feitos aos 30, 60 e 90 dias. Constatou-se que a temperatura no interior da pilha alcançou 64 °C durante a fase termofílica (Figuras 1A e 1B). O composto foi utilizado após oito meses (fase criófila) (Figuras 1C e 1 D) a formulação dos substratos após o peneiramento através de tela metálica com abertura de malha de, 4,0 mm e, posteriormente, através de peneiras com aberturas de 2,5 mm.



Figura 1. (A): Capim elefante triturado e esterco de vacas leiteiras; (B): Montagem das leiras; (C): Composto estabilizado; (D): Composto estabilizado sendo coletado.

Fonte: o autor.

3.3 Casca Carbonizada

As cascas de arroz foram obtidas de cultivos da região, com grãos beneficiados por uma indústria arrozeira de Pelotas. O material estava armazenado a céu aberto, há cerca de dois anos, na própria Chácara. A carbonização das cascas foi feita em um queimador improvisado com dois tonéis com capacidade para 20 litros, perfurados e sobrepostos acoplados a uma chaminé de chapa metálica tipo fogão. A adaptação, na essência, foi a partir do modelo desenvolvido pela Embrapa Clima Temperado. No processo, obtivemos cascas carbonizadas com pouca produção de cinzas, buscamos eliminar patógenos, nematoides e sementes de plantas espontâneas.

3.4 Obtenção da Cama de Esterco de Aves Poedeiras

Como principal fonte de nutrientes para dos substratos estudados, particularmente o nitrogênio, foi utilizado o material formado de excretas de galinhas de postura e resíduos vegetais, denominado cama, em sistema de criação dito colonial pela Escola Técnica Estadual de Canguçu - ETEC. As aves são de linhagens comerciais (Isa Brown e Embrapa 051) alimentadas com ração vegetal, sem o emprego de antibióticos. O componente vegetal da cama é formado por cepilho de madeira, casca de arroz e capim picado. O galpão de coleta deste material alojava um lote com aves com idade de 72 semanas. Durante os invernos, particularmente chuvosos, foi adicionada uma nova camada de cepilho sobre a cama.

3.5 Caracterização das Matérias-primas e dos Substratos

A caracterização química e física dos substratos foi feita nos laboratórios do Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia, em Seropédica - RJ e no Centro Nacional de Clima Temperado, localizado em Pelotas - RS. Foi realizada a caracterização dos substratos utilizados, analisando-se o valor pH, a condutividade elétrica, os teores totais e disponíveis de N, P, K, Ca e Mg, a densidade e a porosidade.

As determinações de pH foram conduzidas em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica foi feita no mesmo extrato aquoso (BRASIL, 2007). As análises elementares foram conduzidas em amostras secas à 65 °C por 48 horas, em estufa com ventilação forçada de ar, sendo os teores totais de N determinados por meio de destilação, após digestão ácida (método Kjeldahl). Os teores totais de P, K, C e Mg foram determinados em extrato aquoso ácido após digestão nitricoperclórica das amostras, conforme descrito por Teixeira *et al.* (2017). Os teores disponíveis dos elementos supracitados foram determinados após extração com KCl 1,0 mol L⁻¹(N, Ca e Mg) e com HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹(P e K), conforme descrito por Teixeira *et al.* (2017).

Os valores dos teores totais e disponíveis dos nutrientes foram apresentados com base no volume. Os teores totais, originalmente calculados com base na massa da amostra, foram convertidos para unidade volumétrica (mg L⁻¹), sendo a conversão feita tendo como base os valores de densidade. A proporção da fração disponível dos elementos químicos nutrientes (em %) foi calculada dividindo-se o teor disponível pelo teor total do respectivo nutriente, multiplicando-se este resultado por 100.

As densidades volumétricas e a densidade das partículas das amostras dos substratos foram calculadas a partir de volumes de 100 cm³. A porosidade total, e a micro e macroporosidade foram determinadas com auxílio de mesa de tensão, utilizando-se anéis metálicos com capacidade para 100 cm³ e tensão de 60 cm, conforme metodologia descrita em Teixeira *et al.* (2017).

3.6 Desenvolvimento de Mudanças de Hortaliças nos Substratos Formulados

Para avaliação da qualidade dos substratos formulados, foram realizados ensaios em uma estufa tipo arco, com laterais abertas, sob a proteção de uma lona tipo sombrite, de cor vermelha (Figuras 2A, 2B e 2C), na Chácara Pau d'Erva, utilizando-se quatro espécies de hortaliças, representativas da olericultura comercial da região.

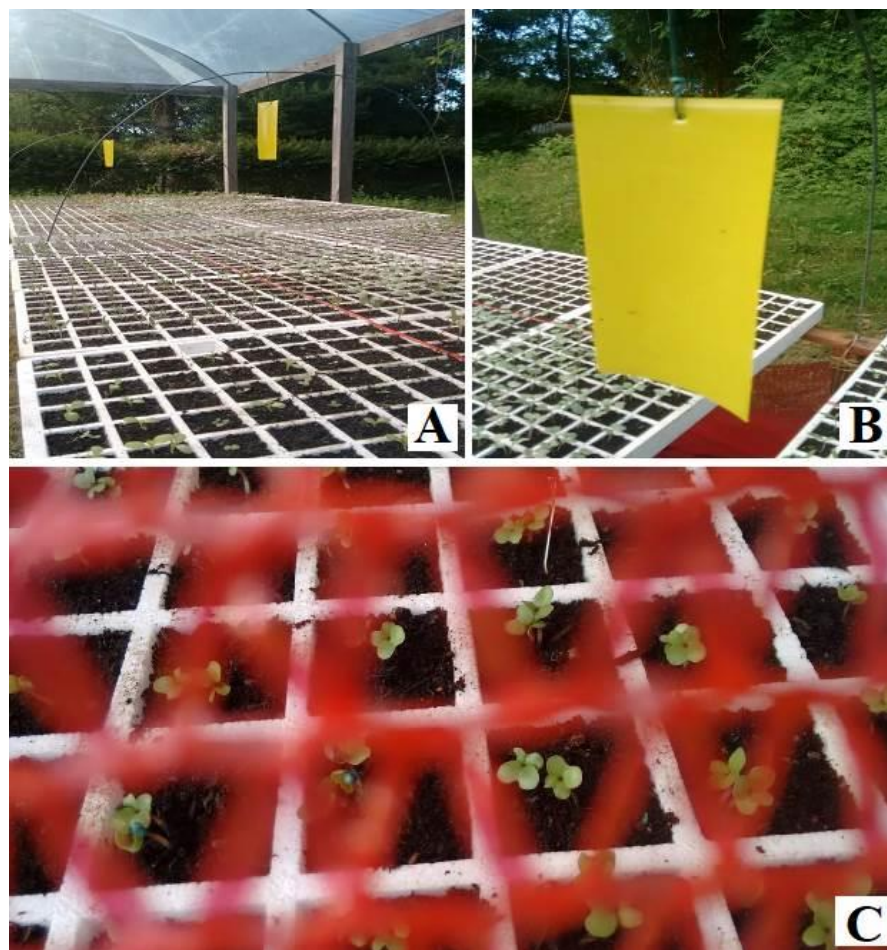


Figura 2. Vista da instalação dos experimentos.

Fonte: o autor.

Os experimentos, totalizando quatro, foram dispostos no delineamento de blocos casualizados com três repetições. A parcela experimental correspondeu a meia bandeja de poliestireno expandido de 128 células (Figura 3). A semeadura ocorreu no dia 24 de novembro de 2019 (Figura 4A), sendo as bandejas irrigadas duas vezes ao dia, até o momento da avaliação das mudas. Os tratamentos foram os mesmos para cada espécie de hortaliça avaliada e consistiram de formulações confeccionadas a partir da combinação de composto orgânico e casca de arroz carbonizada, suplementadas com cama de aviário, de forma a se obter uniformemente proporções com 100 % de mistura (Figura 4B); a estes tratamentos foi acrescido um controle constituído de um substrato comercial (Carolina Soil) recomendado para a produção de mudas de hortaliças em bandejas. A proporção de casca de arroz carbonizada combinada ao composto orgânico foi mantida fixa em 10 %. Desta forma, os tratamentos totalizaram seis, como descritos a seguir: S₁- substrato comercial S₂- composto orgânico + casca de arroz carbonizada (90 + 10 % v/v); S₃- composto + casca carbonizada: cama de aves (98: 2 % v/v); S₄- composto + casca carbonizada: cama de aves (96: 4 % v/v); S₅- composto + casca carbonizada: cama de aves (92: 8 % v/v); S₆- composto + casca carbonizada: cama de aves (84: 16 % v/v).

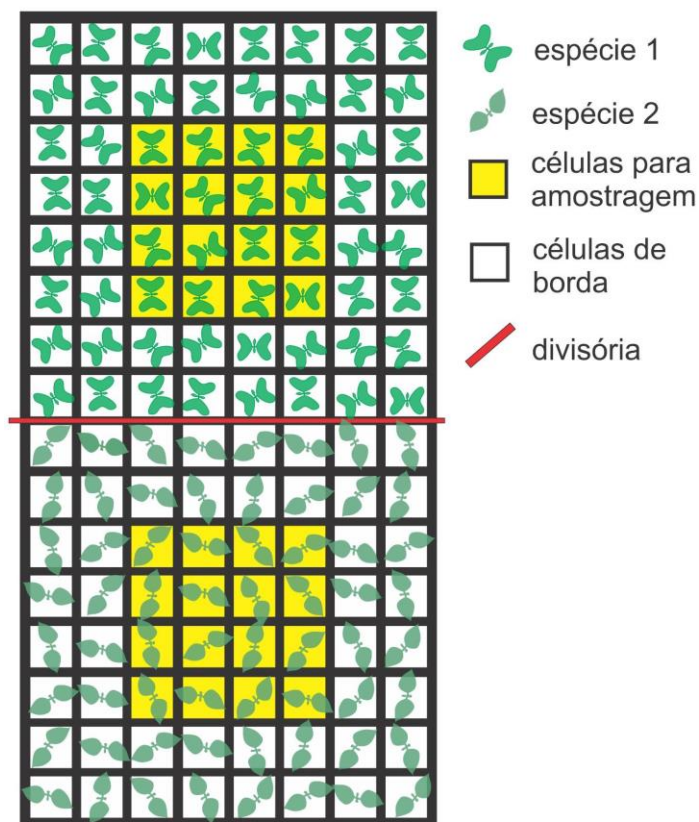


Figura 3. Croqui do experimento.

Fonte: o autor.

Em adendo as análises químicas e físicas descritas anteriormente, a qualidade dos substratos foi caracterizada a partir da avaliação da estabilidade dos torrões por ocasião das coletas das mudas, quando atingiram os respectivos momentos considerados ideais para o transplântio das respectivas espécies. A amostragem foi feita em quatro células de cada parcela experimental, coletadas no centro da bandeja (Figura 3). O grau de estabilidade foi dado por meio da atribuição de notas variáveis de 1 a 4 de acordo com a permanência do torrão no recipiente, como segue: nota 1- baixa estabilidade, quando acima de 50% do torrão fica retido na célula da bandeja e não permanece coeso; nota 2- baixa a média estabilidade, quando entre 10% e 30% do torrão fica retido na célula e não permanece coeso; nota 3- média a alta estabilidade, quando o torrão se destaca do recipiente, porém, não permanece coeso; nota 4- alta estabilidade, quando todo o torrão é destacado do recipiente e acima de 90% permanece coeso.

A eficácia dos substratos foi também estimada por meio do desempenho fitotécnico das mudas, a partir da determinação de: volume de raízes (deslocamento de coluna de água em proveta após a imersão); altura das plântulas; número de folhas; e produção de matéria fresca de parte aérea.

As avaliações foram realizadas em 10 plântulas por parcela. As características avaliadas foram: altura da parte aérea, número de folhas, produção de massa fresca da parte aérea, volume de raízes e estabilidade do torrão. Como medida da altura da muda, foi considerada a distância entre o coleto da planta e a gema apical, mensurada com auxílio de uma régua graduada. Para a determinação da produção de massa fresca da parte aérea, as mudas foram retiradas das células e seccionadas na região do colo da muda, separando a parte aérea das raízes. Para se determinar o volume das raízes, foram separadas quatro plantas por parcela, o sistema radicular das mudas foi lavado em água corrente e limpo de qualquer

resíduo de substrato. Em seguida, inserido em uma proveta de 100 mL, sendo o volume das raízes mesurado por meio do deslocamento da água contida nesta proveta.



Figura 4. (A): Bandejas semeadas; (B): Formulação das misturas.
Fonte: o autor.

3.7 Análises Estatísticas

O teste F foi selecionado para as análises de variância das médias, com o auxílio do *software* Sigmaplot, sendo as diferenças consideradas significativas quando os valores de probabilidade foram iguais ou menores do que 5%. Quando se detectou significância, as médias foram comparadas por meio do teste de Tukey, considerando também como o limite inferior de significância o nível de 5 % de probabilidade. O coeficiente de variação (CV), de acordo com Warrick e Nielsen (1980) foi considerado baixo quando $< 12,0\%$, moderado quando situado na faixa de $12,0 - 60\%$ ou alto quando $> 60\%$.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Características Químicas e Físicas das Matérias-Primas e dos Substratos Confeccionados a Partir de Composto Orgânico, Combinado com a Casca de Arroz Carbonizada e Suplementados com Cama de Aves Poedeiras

Através da análise química das matérias-primas observamos primeiro, a alta concentração em teores totais de Ca na cama de aves poedeiras (Tabela 1). Esses altos teores são explicáveis pela adição de calcário calcítico à formulação da ração das aves poedeiras. A análise dos teores disponíveis, porém, aponta para uma baixa disponibilidade de cálcio (Tabela 3). Essa baixa disponibilidade de Ca sugere que esse elemento se encontra na forma mineral.

Tabela 1. Teores totais de N, P, K Ca e Mg de matérias-primas utilizadas para a formulação de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e suplementados com cama de aves poedeiras.

Matéria-prima	Teor total nutriente				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- mg dm ⁻³ -----				
Cama aves poedeiras	10430,7	5568,0	9367,8	34475,9	2751,7
Casca carbonizada arroz	2278,1	298,2	594,4	911,2	360,3
Composto orgânico	5079,5	1051,7	461,0	3327,4	1152,4

Tabela 2. Teores disponíveis de N, P, K, Ca e Mg de matérias-primas utilizadas para a formulação de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e suplementados com cama de aves poedeiras.

Matéria-prima	N ¹	P ²	K ²	Ca ¹	Mg ¹
	----- mg dm ⁻³ -----				
Cama aves poedeiras	3955,8	5539,8	10247,7	1700,5	1430,3
Casca carbonizada arroz	126,5	227,0	517,7	670,8	226,5
Composto orgânico	648,3	570,6	396,4	1807,4	897,2

¹Extraído com KCl 1,0 mol L⁻¹;

²Extraído com HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Melich 1).

Tabela 3. Proporção de N, P, K Ca e Mg disponíveis em relação aos teores totais de matérias-primas utilizadas para a formulação de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e suplementados com cama de aves poedeiras.

Matéria-prima	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
Cama aves poedeiras	38	99	109	5	52
Casca carbonizada arroz	6	76	87	74	63
Composto orgânico	13	54	86	54	78

4.2 Caracterização Físico-Química e Química dos Substratos

As características físicas, químicas e biológicas em substratos para produção de mudas de hortaliças deve sempre ser observada, pois auxiliam no manejo adequado da fertilização, irrigação e na definição dos componentes para misturas dos substratos (BURÉS, 1997; LIZ; CARRIJO, 2008). Segundo Burés (1997), para entender as propriedades dos substratos e suas repercussões, é necessário considerá-los como um sistema de matriz sólida/matriz porosa, de modo análogo ao que se utiliza em edafologia para definir os solos naturais. A diferença básica a respeito dos solos naturais está na distinta composição da matriz sólida, que por sua vez gera uma configuração de poros diferentes em ambos os casos.

Em relação aos parâmetros químicos analisados nos substratos, observou-se um aumento na condutividade elétrica à medida em que se elevou o percentual de cama de poedeiras. A cama de poedeiras também fez subir o valor nas misturas: os tratamentos, S2, S3, S4, S5 e S6 tiveram leitura de pH crescentes (Tabela 4). A cama de poedeiras não influenciou significativamente a densidade do substrato nas diferentes misturas (Tabela 4).

Observando o comportamento dos substratos formulados a base de composto, casca de arroz carbonizada e cama de poedeiras, observou-se uma curva ascendente para pH e para CE, ou seja, conforme aumenta-se a proporção de cama de poedeiras na mistura do substrato, há um aumento na condutividade elétrica e no pH da mistura.

O pH, como antes comentado, está sobretudo relacionado à disponibilização de nutrientes. Valores inadequados de pH podem afetar o desenvolvimento das plantas, principalmente quando a acidez torna-se excessiva. Nessas condições, reduz-se a absorção de nutrientes e aumentam os riscos de fitotoxicidade por manganês e alumínio (LUDWIG, 2010). A faixa de pH ideal para um substrato varia de acordo com a espécie a ser cultivada. No geral, são considerados os limites entre 5,5 e 6,5 como mais adequados, em termos dessa disponibilização de nutrientes (ANSORENA, 1994).

Quanto aos teores de macronutrientes nos substratos, verificou-se, conforme esperado, incrementos diretamente proporcionais às doses de cama de poedeiras adicionadas. De particular interesse, a maior riqueza em N, K, P e Ca dos substratos orgânicos em relação aos substratos comerciais. Oportuno enfatizar, contudo, que o crescimento de plantas não depende apenas da composição elementar de um substrato, mas também de fatores que interferem na assimilação pelas raízes (CABALLERO *et al.*, 2007).

Em misturas de substratos com materiais orgânicos, considera-se valor ideal de pH o situado entre 5,0 e 5,8 (KÄMPF, 2005). Kämpf, (2005) alerta para o risco de índices de pH abaixo ou muito acima da faixa considerada ideal (5,0 a 5,8), tornarem-se prejudiciais ao desenvolvimento das mudas, podendo causar desequilíbrios fisiológicos e afetar a disponibilidade de nutrientes. Estando o pH abaixo de 5,0 as mudas de hortaliças podem manifestar sintomas de deficiências de alguns nutrientes, entre eles, N, K, Ca, Mg e B; todavia nenhuma das misturas apresentou leitura de pH tão baixa. E permanecendo acima de 6,5 possível, como no tratamento S5, é possível que a assimilação de Fe, Mn, Cu e outros seja menor (SÁNCHEZ-MONEDERO *et al.*, 2004).

Bunt (1973) relata que o intervalo da densidade para o cultivo de hortaliças está entre 400 e 500 Kg m⁻³. Kämpf (2005) propõe que a densidade de substratos para uso em bandejas para produção de mudas de hortaliças varie de 100 a 300 Kg m⁻³.

Tabela 4. Valores de pH, condutividade elétrica (CE) e densidade em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras.

Substrato ¹	Característica Físico-química		
	pH	CE μS cm ⁻¹	Densidade g dm ⁻³
S ₁	6,93	764,8	228,95
S ₂	5,88	1.268,6	190,28
S ₃	5,98	1.494,6	232,78
S ₄	6,05	1.717,6	230,40
S ₅	6,24	1.854,6	215,40
S ₆	7,27	2.392,2	220,54

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

A água também exerce forte influência no crescimento, visto que é elemento essencial para todos os processos bioquímicos das plantas, além de ser responsável pelo transporte de nutrientes para dentro da planta, 96 principalmente nitrogênio, cuja absorção se dá principalmente por fluxo de massa (MALAVOLTA, 2006).

Segundo Kuhn (2007), a alteração no desenvolvimento das plantas não está relacionada somente a processos internos, mas também com sua interação com os efeitos proporcionados pelo ambiente que circunda essa planta. O nitrogênio tem grande participação no crescimento da planta, sendo o macronutriente de maior absorção, visto que participa de todos os processos bioquímicos das plantas como constituinte de enzimas e proteínas e, portanto, um adequado fornecimento desse nutriente é fundamental para o pleno funcionamento dos processos da planta sem interferir no crescimento (MALAVOLTA, 2006).

Tabela 5. Teores totais de N, P, K, Ca e Mg de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras.

Substrato ¹	Nutriente- teor total				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- mg dm ⁻³ -----				
S ₁	870,0	394,3	118,9	3768,8	684,3
S ₂	3824,7	421,3	311,5	1466,7	760,6
S ₃	5517,0	569,2	463,9	2061,5	967,3
S ₄	4884,4	785,0	835,7	1818,4	940,6
S ₅	4631,2	660,0	729,1	1536,7	882,0
S ₆	4697,6	718,5	879,4	1460,3	771,7

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

Tabela 6. Teores disponíveis de N, P, K, Ca e Mg de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras.

Substrato ¹	Nutriente- teor disponível				
	N ²	P ³	K ³	Ca ²	Mg ²
	----- mg dm ⁻³ -----				
S ₁	165,82	394,3	118,9	3768,8	684,3
S ₂	592,91	421,3	311,5	1466,7	760,6
S ₃	729,12	569,2	463,9	2061,5	967,3
S ₄	704,83	785,0	835,7	1818,4	940,6
S ₅	447,65	660,0	729,1	1536,7	882,0
S ₆	334,96	718,5	879,4	1460,3	771,7

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

²Extraído com KCl 1,0 mol L⁻¹.

³Extraído com HCl 0,05 mol L⁻¹ + H₂SO₄ 0,0125 mol L⁻¹ (Melich 1).

Tabela 7. Proporção (%) dos teores disponíveis de N, P, K, Ca e Mg em relação aos teores totais de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras.

Substrato ¹	Nutriente- proporção disponível/total				
	N	P	K	Ca	Mg
	----- % -----				
S ₁	19	121	12	71	5
S ₂	15	57	71	56	77
S ₃	13	69	83	63	91
S ₄	14	67	98	39	81
S ₅	10	78	106	42	89
S ₆	7	71	100	31	66

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

4.3 Caracterização física dos Substratos

Através da análise física dos substratos (Tabela 8), observaram-se alterações promovidas pela adição de cama de poedeiras ao composto, promovendo o aumento de microporos e, por consequência, da capacidade de retenção de água. Com relação à densidade seca, Liz e Carrijo (2008), registraram que substratos para produção de mudas podem variar de 100 a 1000 kg m⁻³. No entanto, em termos mais específicos, Kampf (2000) recomendou valores de densidade, para o sistema de mudas em bandejas multicelulares, entre 100 e 300 kg m⁻³.

Kämpf (2001) considerou que um substrato ideal para mudas desenvolvidas em bandejas multicelulares de poucos centímetros de altura, deve apresentar valores de porosidade total acima de 75%, o que caracterizou todas as formulações presentemente

avaliadas (Tabela 3). A funcionalidade deste parâmetro fica evidente, uma vez que os microporos são responsáveis pela retenção e armazenamento da água, enquanto os macroporos respondem pela aeração e contribuem para infiltração / drenagem do excesso d'água (REINERT; REICHERT, 2006).

No geral, os substratos estudados apresentaram atributos físicos próximos àqueles indicados para semeadura de hortaliças em bandejas. Todavia, Ferraz (2005) diz ser reconhecida a dificuldade de se obter um substrato que ofereça parâmetros físicos ideais para toda e qualquer espécie de planta e recomenda selecionar as características mais importantes do substrato, de acordo com os requisitos da espécie vegetal cultivada.

Tabela 8. Valores de densidade volumétrica e da partícula, porosidade total, micro e macroporosidade de substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras.

Substrato ¹	Característica Física				
	Densidade		Porosidade		
	Volumétrica	Partícula	Total	Micro	Macro
	----- g dm ⁻³ -----		----- % -----		
S ₁	336	1001	66,5	62,8	3,6
S ₂	376	1417	73,3	67,3	5,9
S ₃	412	1451	71,2	64,9	6,3
S ₄	390	1517	74,0	66,8	7,2
S ₅	320	1477	78,2	69,1	9,0
S ₆	300	1574	81,0	70,7	10,2

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

4.4 Caracterização Físico-Química dos Substratos e Desempenho Fitotécnico das Mudanças de Hortaliças

4.4.1 Alface

Pelos resultados da análise de variância, observou-se uma diferença significativa na altura das plântulas, no número de folhas, na massa fresca da parte aérea e no volume das raízes nos diferentes tratamentos. Ainda, conforme pode ser observado na Tabela 9, os tratamentos 2, 3, 4 e 5, constituído por composto + casca de arroz carbonizada + cama de poedeiras em quantidades crescentes resultou em maiores valores para as características altura das mudas comparados com a formulação sem cama de poedeiras e o tratamento S1, com substrato comercial Carolina Orgânico. Os tratamentos 4 e 5 se destacaram por apresentarem um maior número de folhas.

A produção de massa fresca da parte aérea das mudas não pode ser detectada estatisticamente. Os histogramas, porém, permitem uma avaliação positiva que escapa à metodologia do teste de Tukey por conta, neste caso, do pequeno número de amostras coletado. Outra possibilidade é que tenha sido influenciado pelo relativamente baixo teor de N na cama de poedeiras utilizada nas misturas. Os baixos teores de N no material seriam a causa provável.

Gomes *et al.* (2008) testou substratos confeccionados à base de casca de arroz carbonizada e húmus de minhoca, adicionado de fosfato de Arad e obteve resultados que sugerem viabilidade na produção de mudas de alface utilizando substrato alternativo.

Todas as misturas foram superiores ao tratamento controle. A diferença no volume de raízes nas mudas de alface nos diferentes tratamentos não foi notável, exceto para o tratamento S1 que apresentou pequeno desenvolvimento radicular (1,00).

O substrato comercial (S1) mostrou-se incapaz de atender ao desenvolvimento minimamente adequado das mudas, apontando para sua dependência fertilização suplementar. Na produção convencional de mudas de hortaliças em bandejas, a suplementação nutricional é rotineira, comumente utilizando-se fertirrigação com adubos minerais de alta solubilidade, prática que não é admitida na agricultura orgânica. (Figura 5)



Figura 5. A: Mudanças de alface cultivadas sobre substrato comercial. B: Mudanças de alface cultivadas sobre substrato com adição cama de aves poedeiras.

Fonte: o autor.

Em relação ao comprimento da parte aérea e do número de folhas, observa-se que as mudas de alface produzidas em substratos à base de composto, casca carbonizada e enriquecidos com cama de aves de postura tiveram desenvolvimento superior conforme demonstrado pela estatística (Tabela 9). Altura e número de folhas são atributos importantes porque estão relacionados ao desempenho das plantas no campo (YURI *et al.*, 2004).

Os substratos S3, S4, S5 e S6 produziram mudas mais altas e com maior número de folhas comparadas à mudas cultivadas sobre composto de cama de cavalo enriquecida com torta de mamona (SANTOS, 2016).

Todas as misturas formuladas no experimento resultaram, na avaliação do escore do torrão, muito boas, recebendo nota máxima (4) segundo a metodologia utilizada. O tratamento controle (S1) obteve nota inferior (3).

Distinto de Miranda (1998), que avaliou substratos formulados com vermicomposto enriquecido com esterco de cama de aviário, carvão de casca de arroz, adicionado de termofosfato Yoorin para produção de mudas de alface em bandejas, com resultados satisfatórios para produção de mudas de alface em sistemas de produção orgânica, mas registrando a presença de sementes de plantas espontâneas, nas diferentes misturas testadas neste experimento não ocorreu a germinação de sementes de espécies indesejáveis. O processo aeróbico de compostagem e a carbonização da casca de arroz, pelo calor, inviabilizaram a germinação das sementes presentes no esterco, palhas e cama.

Tabela 9. Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea de mudas de alface produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Substrato ¹	Alface- Características Muda			
	Volume raízes (cm ⁻³)	Altura (cm)	Folha (número)	Massa fresca parte aérea (g)
S ₁	1,00 b ²	1,32 c	2,47 c	0,64 b
S ₂	3,00 ab	7,77 b	4,03 b	13,85 a
S ₃	4,67 a	9,20 a	4,43 b	18,49 a
S ₄	4,00 ab	10,00 ab	4,97 a	19,78 a
S ₅	3,00 ab	11,48 a	5,13 a	25,33 a
S ₆	5,33 a	10,15 ab	5,10 a	28,79 a
CV (%)	51,16	42,90	24,70	51,34

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

² Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

O pH oscilou nos substratos S1 (controle) S6, com acidificação do primeiro ao longo das semanas. O tratamento S6 sofreu acidificação entre a segunda e a terceira semana, e retorno para uma faixa alcalina na quarta semana (Figura 6).

A condutividade elétrica (CE) de um substrato é um indicativo da concentração de sais ionizados na solução (WILSON, 1994 apud GRUSZYNSKI, 2002). A sensibilidade à concentração de sais varia conforme a espécie da planta e a idade da planta – quanto mais jovem a muda, mais sensível (KÄMPF, 2005), por isso a importância de se ter um controle rígido da salinidade na fase de mudas de hortaliças. Diversos autores têm indicado sensibilidade da alface a determinados níveis de condutividade elétrica. Andriollo *et al.* (2005), por exemplo, verificaram redução no crescimento de alface ‘Vera’ em níveis de CE superiores a 2,0 dS m⁻¹. Já, Leal (2006) considerou a alface moderadamente sensível à salinidade, tolerando condutividade elétrica até 1,3 dS m⁻¹. Gomes *et al.* (2008), também trabalhando com alface, verificaram que índices elevados de condutividade elétrica prejudicam o desenvolvimento das mudas.

Nas diferentes misturas testadas no presente estudo, a CE apresentou uma curva descendente na linha do tempo. As misturas formuladas com um maior percentual de cama de poedeiras foram também as com maior concentração de sais, o substrato comercial (controle) apresentou a menor concentração de sais (Figura 7) Nas misturas com 8% e 16%, (S5 e S6, respectivamente) houve uma germinação tardia e desuniforme das sementes de alface confirmando Gruszynski (2002) que apresenta interpretação de valores de condutividade elétrica (dS m⁻¹ a 25 °C) determinada por eletrodos mergulhados em extrato de pasta de substrato saturado como: CE entre 0 e 0,75 dS m⁻¹ é considerada muito baixa, podendo não ser suficiente para sustentar um rápido crescimento de mudas de hortaliças; entre 0,76 e 2,0 dS m⁻¹ a CE é baixa, sendo adequada para a produção de mudas de hortaliças; entre 2,0 e 3,5 dS m⁻¹ é normal, considerada faixa padrão para a maioria das hortaliças em crescimento e limite superior para as sensíveis à salinidade; acima de 3,5 dS m⁻¹ não é recomendado à semeadura para obtenção de mudas de hortaliças.

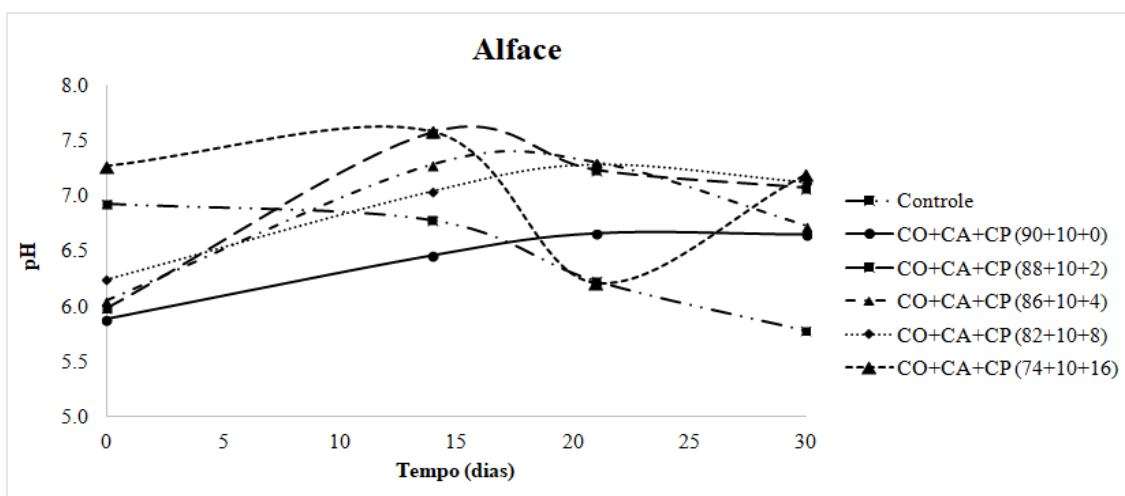


Figura 6. Valores de pH durante o desenvolvimento de mudas de alface em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casaca carbonizada de arroz e complementados com doses de cama de aves poedeiras, Canguçu/RS, 2020.

Fonte: o autor.

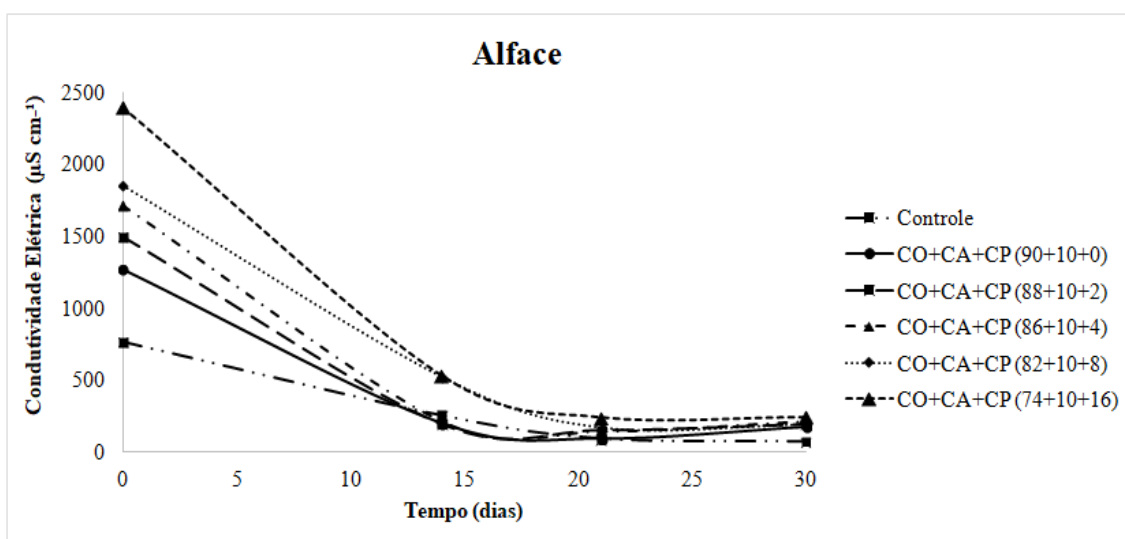


Figura 7. Valores de condutividade elétrica durante o desenvolvimento de mudas de alface em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casaca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Fonte: o autor.

5.4.2 Brócolis

Houve efeito significativo para todas as características estudadas. A adição de cama às misturas influenciou de forma crescente no número de folhas, na altura e na massa fresca, todavia não influenciou significativamente no desenvolvimento das raízes.

O substrato comercial (S1) foi o que apresentou os piores resultados, com desempenho muito inferior aos demais tratamentos. A causa provável foram os reduzidos teores de nutrientes contidos nesse substrato (Figura 8C).

A melhor mistura foi o substrato S5, e todas apresentaram melhor desempenho do que o substrato comercial S1. O substrato S5 teve o melhor desempenho, estatisticamente comprovado, no conjunto de parâmetros avaliados. Na produção do número de folhas, na altura das mudas, na produção de massa fresca e no volume de raízes (Figuras 8A, 8B, 8C e 8D).

A alta condutividade elétrica da mistura S6 (Figura 10) pode ter provocado efeito fitotóxico sobre as mudas de brócolis que nas primeiras duas semanas apresentaram um desenvolvimento inferior as demais misturas formuladas.

Tabela 10. Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea de mudas de brócolis produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Substrato ¹	Brócolis- Característica Muda			
	Volume raízes (cm ⁻³)	Altura (cm)	Folha (número)	Massa fresca parte aérea (g)
S ₁	3,38 a ¹	3,38 d ²	0,67 b	1,00 c
S ₂	3,00 a	11,47 c	2,67 b	7,73 c
S ₃	2,83 a	15,53 bc	3,03 b	12,79 c
S ₄	3,00 a	16,90 b	3,37 ab	18,86 b
S ₅	3,33 a	19,10 a	3,53 a	21,71 a
S ₆	2,67 a	16,93 b	3,83 a	24,47 a
CV (%)	39,41	38,51	34,65	58,48

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

² Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p ≤ 0,05.

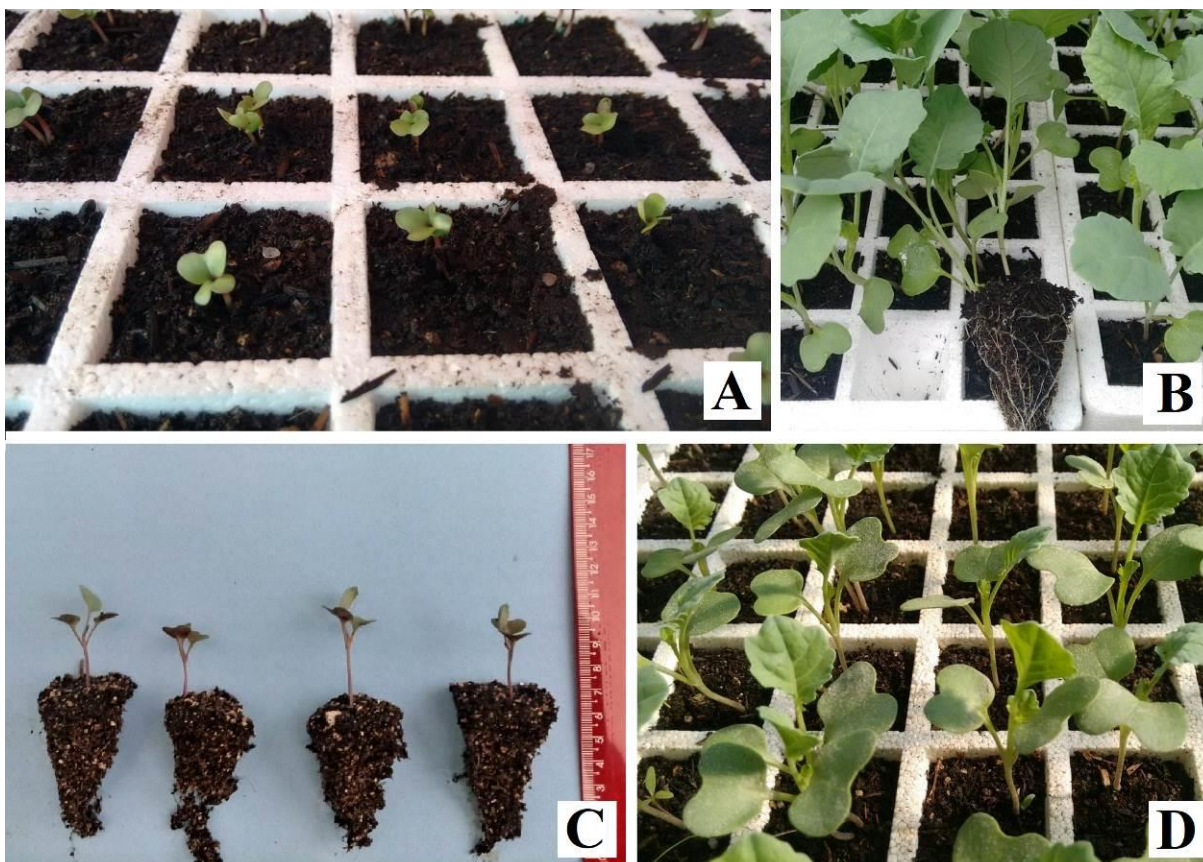


Figura 8. Tratamento S5 na primeira semana; (B): Tratamento S5 na terceira semana;(C): Tratamento S1 na quarta semana; (D): Tratamento S5 na segunda semana.

Fonte: o autor.

Ao longo do desenvolvimento das mudas de brócolis o pH dos substratos testados, o experimento variou com linhas ascendentes para as formulações, chegando a ligeiramente alcalinos. A mistura S1 (controle), ao contrário sofreu perda de bases e se acidificou (Figura 9).

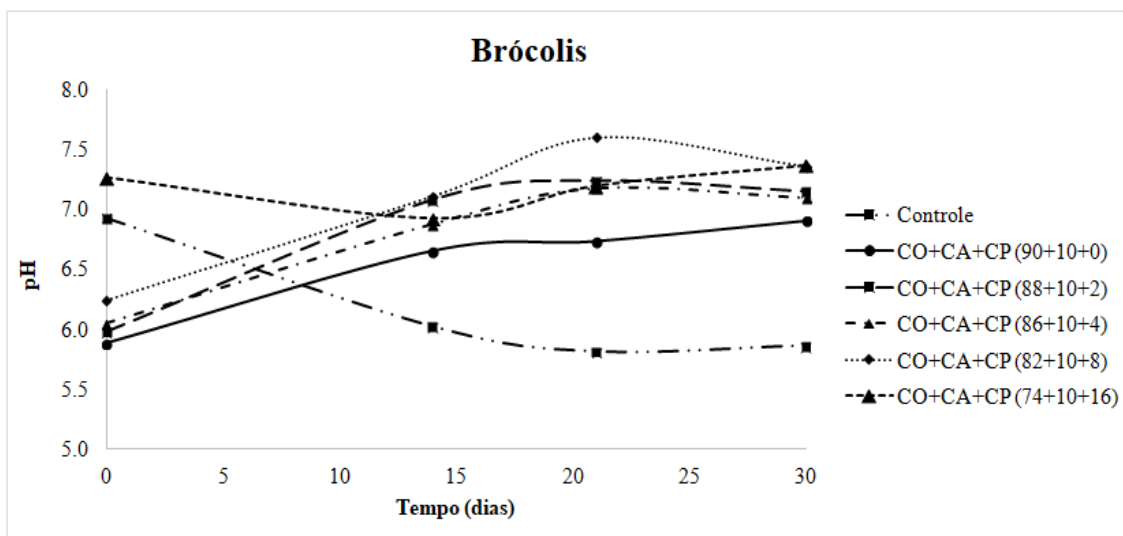


Figura 9. Valores de pH durante o desenvolvimento de mudas de brócolis em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

A disponibilidade de nutrientes nas misturas começou se esgotar entre a segunda e a terceira semana. Na verdade, neste momento, por ser verão as mudas já poderiam ter sido levadas para o campo (Figura 8B). Isso sugere que ara um tempo maior de permanência das mudas nas bandejas seriam necessárias bandejas com células maiores. A Figura também dá uma ideia da baixa disponibilidade de nutrientes no substrato comercial (S1).

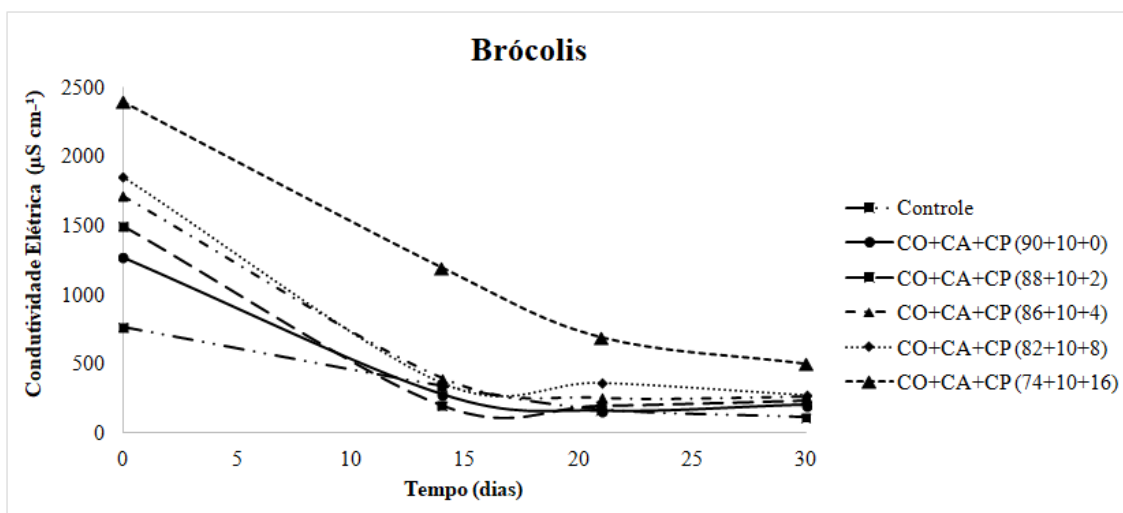


Figura 10. Valores de condutividade elétrica durante o desenvolvimento de mudas de brócolis em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020

Fonte: o autor.

4.4.3 Beterraba

Em relação ao bioensaio com mudas de beterraba, as médias dos tratamentos para as variáveis fitotécnicas analisadas encontram-se na Tabela 11. Pode-se verificar, mais uma vez, ganhos significativos da adição de cama de poedeiras às misturas formuladas com composto

orgânico e casca de arroz carbonizada, no que concerne ao desenvolvimento das mudas dessa hortaliça. Estatisticamente, porém, não diferiu dos tratamentos com doses menores ou sem adição de cama nos quesitos volume de raízes e número de folhas.

Almeida *et al.* (2003) já haviam avaliado o desempenho de substrato constituído de insumos localmente disponíveis (composto ou vermicomposto + cama de aviário + carvão de casca de arroz ou de café) enriquecido com termofosfato sílico-magnésiano e cinza vegetal, que revelou-se tão eficiente quanto o substrato industrial para produção de mudas de alface 'Verônica' e de beterraba Early Wonder Tall Top, em bandejas de isopor com 200 células, sob condições de casa-de-vegetação e, concluído, representar opção viável para a agricultura orgânica.

Na produção de mudas de beterraba, as diferentes misturas formuladas com adição de cama de aves de postura apresentaram altura, número de folhas e massa fresca superiores ao experimento realizado na Embrapa Agrobiologia por Leal *et al* (2007), utilizando diferentes tipos de composto como substrato. Também foram superiores aos alcançados em cultivos sobre substratos confeccionados com composto de cama de cavalos com ou sem adição de farelo de mamona (SANTOS, 2016). Isto provavelmente sucedeu-se por causa de uma maior disponibilização de nutrientes prontamente assimiláveis, reconhecidamente essenciais para otimizar as taxas de crescimento de mudas em bandejas (SANTIN *et al.*, 2005). Também o tamanho das células das bandejas poderia ser apontado como um fator adjuvante no desenvolvimento das mudas. Echer (2007) avaliou o desenvolvimento de mudas de beterraba em bandejas de poliestireno expandido com 200 e com 128 células e obteve mudas maiores e de melhor qualidade em células de maior volume.

Ao contrário do que foi observado nos experimentos anteriores, principalmente naquele envolvendo mudas de alface, a condutividade elétrica do substrato (Figura 12) não interferiu no grau de desenvolvimento das mudas. De acordo com Rosa (1997), citada por Leal (2006), a beterraba é considerada tolerante, com limite máximo para CE estimado em 4,0 dS m⁻¹.

A adição de cama de poedeiras, como fonte de N influenciou a produção de massa fresca da parte aérea, a partir de 4 %. Oliveira (2011) em seu experimento na Fazendinha Agroecológica Km 47 percebeu que a massa fresca da folhagem da beterraba foi marcadamente influenciada pela adição de torta de mamona às misturas formuladas com vermicomposto.

Os resultados permitem inferir a importância da cama de poedeiras com aditivo enriquecedor das misturas, se comparados ao substrato comercial (S1).



Figura 11. Mudanças de beterraba com 4 semanas cultivadas em substrato comercial (S1); (B): Mudanças de beterraba com 4 semanas cultivadas em substrato formulado com composto orgânico + casca de arroz carbonizada + cama de poedeiras (S5).

Fonte: o autor.

Os resultados obtidos nos substratos enriquecidos com cama de aves poedeiras, na produção de massa fresca de mudas de beterraba estão, em média, superiores aos obtidos em substrato formado pela mistura de Plantmax e Argisol que obtiveram valores de 193,2 e 10,3 mg planta⁻¹ (LOPES *et al.*, 2004 apud. LEAL *et al.*, 2007).

Almeida *et al.* (2003) já haviam avaliado o desempenho de substrato constituído de insumos localmente disponíveis (composto ou vermicomposto + cama de aviário + carvão de casca de arroz ou de café) enriquecido com termofosfato sílico-magnésiano e cinza vegetal, revelou-se tão eficiente quanto o substrato industrial para produção de mudas de alface 'Verônica' e de beterraba *Early Wonder Tall Top*, em bandejas de isopor com 200 células, sob condições de casa-de-vegetação, representando uma opção viável para a agricultura orgânica.

Nomura *et al.* (2008) destacaram que substratos, quando oriundos de material único, requerem complementação mineral para suprir as necessidades nutricionais das plantas. Um dos mais relevantes benefícios da utilização de formulações caracterizadas pela liberação lenta e equilibrada de nutrientes, como os substratos orgânicos, diz respeito à redução das perdas por lixiviação nas bandejas de semeadura.

Tabela 11. Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca de mudas de beterraba produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Substrato ¹	Beterraba- Característica Muda			
	Volume raízes (cm ³)	Altura (cm)	Folha (número)	Massa fresca parte aérea (g)
S ₁	0,50 b ¹	2,53 c ²	2,00 c	1,28 c
S ₂	4,00 ab	10,53 b	4,00 b	10,71 b
S ₃	2,33 ab	11,90 b	4,17 ab	16,98 b
S ₄	4,50 ab	13,77 b	4,47 a	23,74 a
S ₅	6,00 a	15,45 ab	4,20 ab	31,28 a
S ₆	5,50 a	17,40 a	4,40 a	28,79 a
CV (%)	63,59	42,05	26,19	55,99

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

²Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

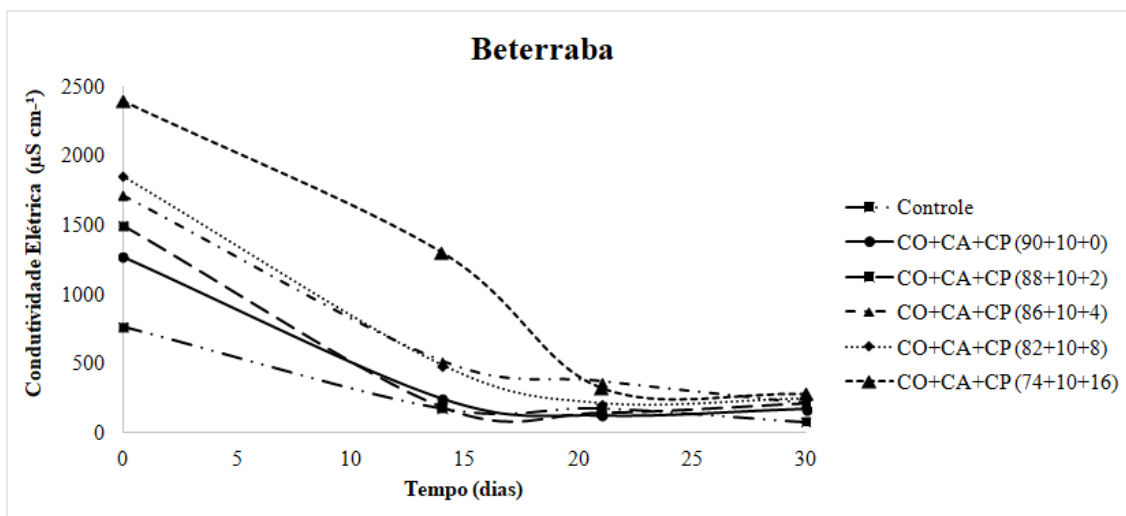


Figura 12. Valores de condutividade elétrica durante o desenvolvimento de mudas de beterraba em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Fonte: o autor.

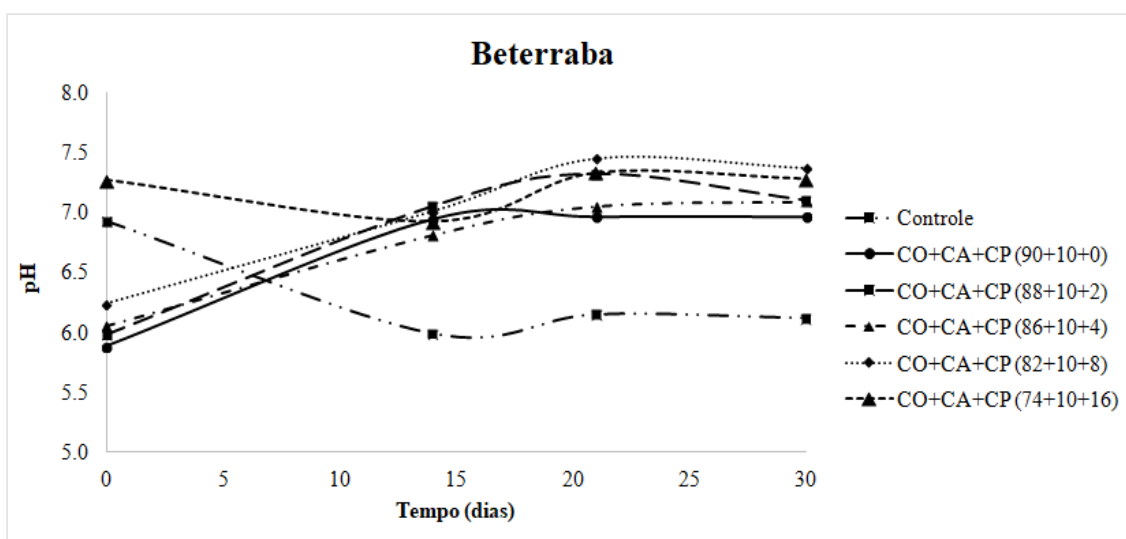


Figura 13. Valores de pH durante o desenvolvimento de mudas de beterraba em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Fonte: o autor.

4.4.4 Tomate

As doses de cama de poedeiras adicionadas ao substrato orgânico à base de composto orgânico e casca de arroz carbonizada, influenciaram significativamente o desenvolvimento das mudas em todas as características avaliadas no experimento (Tabela 12).

Tabela 12. Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea de mudas de tomate produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Substrato ¹	Tomate- Característica Muda			
	Volume raízes (cm ⁻³)	Altura (cm)	Folha (número)	Massa fresca parte aérea (g)
S ₁	1,00 b ¹	4,10 c ²	1,83 c	0,97 b
S ₂	3,67 a	17,58 b	2,67 b	13,83 a
S ₃	4,33 a	17,10 b	2,67 b	14,72 a
S ₄	4,33 a	26,73 a	2,97 ab	28,88 a
S ₅	4,33 a	28,60 a	3,00 ab	31,28 a
S ₆	4,00 a	27,63 a	3,43 a	30,13 a
CV (%)	39,32	44,16	22,77	60,34

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP; S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

²Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey $p \leq 0,05$.

A exemplo dos resultados observados nos bioensaios com alface, brócolis e beterraba, o substrato comercial (S1) mostrou-se incapaz de atender ao desenvolvimento minimamente adequado das mudas, apontando para sua dependência fertilização suplementar (Figura 14). Na produção convencional de mudas de hortaliças em bandejas, a suplementação nutricional é rotineira, comumente utilizando-se fertirrigação com adubos minerais de alta solubilidade, prática que não é admitida na agricultura orgânica (OLIVEIRA, 2011).



Figura 14. Mudas de tomate com 4 semanas, produzidas sobre o substrato comercial (S1), apresentaram os piores índices.

Fonte: o autor.

Os resultados das características altura das plantas, número de folhas e produção de massa fresca e de massa seca observados para tomate (Tabela 12), foram semelhantes aos obtidos para alface e beterraba. O substrato S5 produzido com a mistura de 82% de composto,

10% de casca de arroz carbonizada e 8% de cama de aves de postura foi o que se mostrou mais favorável ao desenvolvimento das mudas de tomate.

O desenvolvimento das mudas observado nos quatro experimentos, permite concluir que substratos orgânicos produzidos com a mistura de 4, 8 e 16% de cama de aves de postura adicionados à mistura de composto e casca de arroz carbonizada podem ser utilizados na produção de mudas de tomate, a exemplo do que foi observado com a produção de mudas de alface, brócolis e beterraba.

Tabela 13. Volume de raízes, altura, número de folhas e produção de massa fresca da parte aérea de mudas de tomate produzidas em substratos formulados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Substrato ¹	Tomate- Característica Muda			
	Volume raízes (cm ⁻³)	Altura (cm)	Folha (número)	Massa fresca parte aérea (g)
S ₁	1,00 b ¹	4,10 c ²	1,83 c	0,97 b
S ₂	3,67 a	17,58 b	2,67 b	13,83 a
S ₃	4,33 a	17,10 b	2,67 b	14,72 a
S ₄	4,33 a	26,73 a	2,97 ab	28,88 a
S ₅	4,33 a	28,60 a	3,00 ab	31,28 a
S ₆	4,00 a	27,63 a	3,43 a	30,13 a
CV (%)	39,32	44,16	22,77	60,34

¹S₁= comercial (controle); S₂= 90 % composto orgânico (CO) + 10 % casca de arroz carbonizada (CA); S₃= 88 CO + 10 CA + 2 % cama de aves poedeiras (CP); S₄= 86 CO + 10 CA + 4 % CP S₅=82 CO + 10 CA + 8 % CP; S₆= 74 CO + 10 CA + 16 % CP.

²Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey p ≤ 0,05.

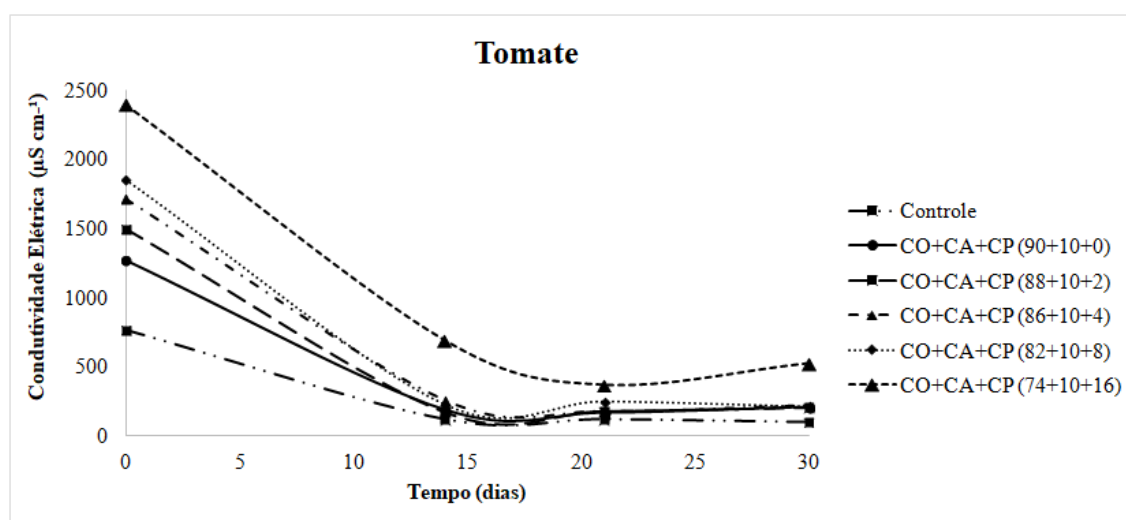


Figura 15. Valores de condutividade elétrica durante o desenvolvimento de mudas de tomate em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Fonte: o autor.

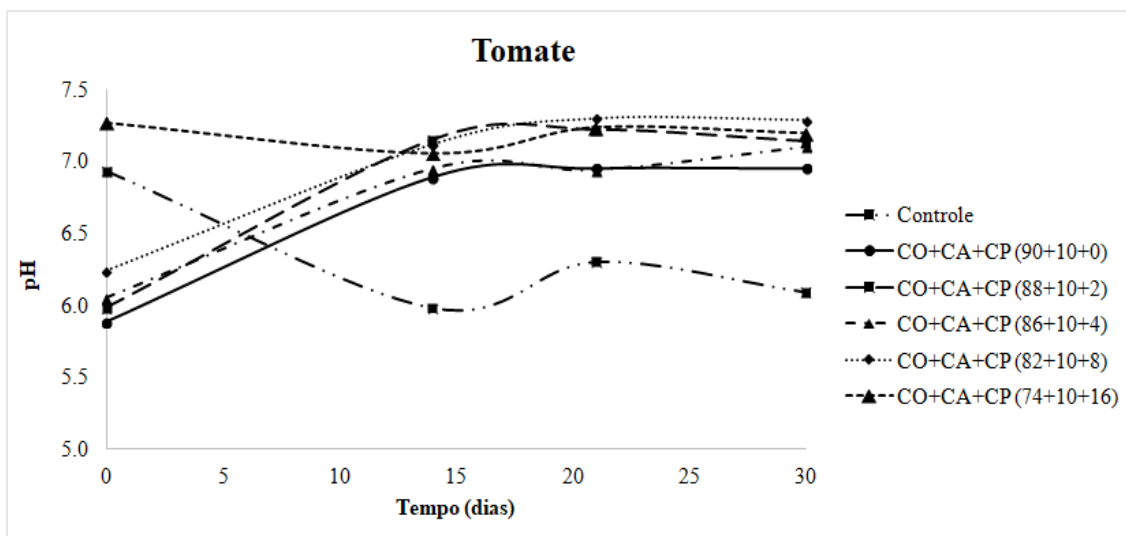


Figura 16. Valores de pH durante o desenvolvimento de mudas de tomate em substratos confeccionados a partir de composto orgânico combinado à casca de arroz carbonizada e complementados com doses de cama de aves poedeiras. Canguçu/RS, 2020.

Fonte: o autor.

5 CONCLUSÕES

O substrato formulado com a mistura de composto orgânico, confeccionado a partir de capim elefante e esterco bovino, combinados à casca carbonizada de arroz, mostra-se adequado à produção de mudas de alface, brócolis, beterraba e tomate em sistema orgânico, conferindo maior volume de raízes e padrão fitotécnico das mudas superior ao alcançado com o substrato comercial utilizado como referência.

A complementação com cama de aves poedeiras à formulação do substrato contendo uma mistura de composto orgânico e casca carbonizada de arroz, propicia que as características fitotécnicas tais como o número de folhas e a produção de matéria fresca de parte aérea de mudas orgânicas de brócolis e de beterraba e o número de folhas de alface e de tomate sejam favorecidas no que refere-se ao padrão comercial, sendo o benefício maximizado, a depender da proporção presente na formulação e da espécie de hortaliça.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluído o presente estudo, observou-se que em todas as espécies avaliadas, os substratos formulados à base de composto orgânico e casca de arroz carbonizada enriquecidos com cama de aves poedeiras propiciam respostas satisfatórias no desenvolvimento das mudas.

Algumas das misturas formuladas apresentam características físicas e químicas com reflexos nos desempenhos fitotécnicos, sob condições experimentais similares à realidade de agricultores que permitem recomendá-las para a produção de mudas de alface, brócolis, beterraba e tomate no estado do Rio Grande do Sul. Os resultados alcançados encorajam a confecção de protocolos direcionados à orientação de agricultores e agentes de assistência técnica e extensão rural para a manufatura de substratos orgânicos, utilizando matérias-primas locais, de menor custo monetário e com baixo impacto ambiental.

Verifica-se que o tempo de 21 dias, em lugar dos 30 dias tradicionalmente transcorridos entre a semeadura e o atingimento de condições ideais para o transplântio das mudas, mostra-se adequado particularmente para brócolis e tomate. Por outro lado, a perspectiva de utilização de bandejas com 72 células, pode permitir a manutenção das mudas nas bandejas por um período de tempo mais longo, resultando em mudas mais desenvolvidas, com vantagens para espécies como brócolis e tomate.

Atenção deve ser dada à concentração de N da cama de aves, visto que a adição de cepilho de madeira e casca de arroz ao piso do aviário durante o inverno chuvoso do sul do Brasil pode acarretar em um produto de baixa qualidade no que diz respeito a capacidade de fornecimento deste macronutriente essencial.

Considerando para além dos aspectos técnicos quantificados e registrados que apontam para a possibilidade de produzir um substrato polivalente destinado à produção de mudas de hortaliças em sistema orgânico, há o ganho intangível, mas observável, da aproximação entre a pesquisa e a geração de conhecimentos científicos, o ensino técnico agrícola e a sociedade, aqui representada principalmente pelos segmentos dos agricultores familiares e agentes de assistência técnica e extensão rural.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, DL; RIBEIRO, RLD; GUERRA, JGM. **Sistema Integrado de produção agroecológica: uma experiência de pesquisa em agricultura orgânica**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2003, 37p. (Embrapa - CNPAB. Documentos, 169).

ALTIERI, M. **Agroecologia, a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

ALTIERI, M. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos. 2003

ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. São Paulo: Expressão Popular, 2012.

ANDRIOLO, J.L.; LUZ, G.L. da; WITTER, M.H.; GODOI, R. dos S.; BARROS, G.T.; BORTOLOTO, O.C. Growth and yield of lettuce plants under salinity. **Horticultura Brasileira**, v.23, p.931-934, 2005.

ANSORENA, J.; BATALLA, E.; MERINO, D. Propiedades fisicoquímicas del compost de residuos de alimentos y su empleo como componente de sustratos. **ACTAS DE HORTICULTURA**, 67, 18-18, (2014).

ASGAV Disponível em: <<https://www.asgav.com.br/index.php/revista-interna-novo/revista-asgav-sipargs-no-63-70#page/24>>. Acesso em 18 jan.2021.

AUSTIC, R. E.; NESHEIM, M. C. Poultry production. Philadelphia: Lea & Febiger, 1990. p. 32. Disponível em: <<http://www.fcav.unesp.br/download/pgtrabs/zoo/m/3036.pdf>>

AVES E OVOS, Análise do mercado de ovos. 2007. Disponível em: <http://www.aveseovos.com.br/> . Acesso em: 20 ago. 2019.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E DO ABASTECIMENTO (MAPA). **Instrução Normativa nº 64**, de 18 de dezembro de 2008. Aprova o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal e as listas de substâncias permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção animal e vegetal. Diário Oficial da União, Brasília, DF 19 dez. 2008. Seção 1, p. 21-26.

BRASIL, MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). **Lei 10.831**, de 23 de dezembro de 2003. Dispõe sobre a agricultura orgânica e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 dez. 2003. Seção 1, p.8.

BRASIL. **Instrução Normativa n.17**, de 21 de maio de 2007. Aprova os Métodos Analíticos Oficiais para Análise de Substratos e Condicionadores de Solos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 maio. 2007. Seção 1, p.8.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 46**, de 6 de outubro de 2011, Estabelece o Regulamento Técnico para os Sistemas Orgânicos de Produção, bem como as listas de substâncias e práticas permitidas para uso nos Sistemas Orgânicos de Produção, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Brasília-DF, 46 p., 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa 17, 18 jun. 2014.

BRITO, A. M. DE; GAGNE, S.; ANTOUN, H. Effect of compost on rhizosphere microflora of the tomato and on the incidence of plant growth-promoting rhizobacteria. **Applied and environmental microbiology**, v. 61, n. 1, p. 194–199, 1995.

BUNT, A. C. Some physical and chemical characteristics of loamless pot-plant substrate and their relation to plant growth. **Plant and Soil, The Hague**, v. 38, p. 1954-1954, 1973.

BURÉS, S. **Sustratos**. Madrid: Ediciones Agrotécnicas, 1997. 341 p.

BURNELL, J. N. The biochemistry of manganese in plants. In: GRAHAM, R. D.; HANNAM, R. J.; UREN, N. C. **Manganese in soils and plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1988. p. 125-137.

CABALLERO R; PAJUELO P; ORDOVÁS J; CARMONA E; DELGADO A. Evaluation and correction of nutrient availability to *Gerbera jamesonii* in various compost-based growing media. **Scientia Horticulturae**, 122: 244-250, 2009.

CORTI, C.; CRIPPA, L.; GENEVINI, P.; CENTEMERO, M. Compost Use in Plant Nurseries: Hydrological and Physicochemical Characteristics. **Compost Science & Utilization**, v. 6, n. 1, p. 35–45, 1998.

CUNHA, N. G. *et al.* Estudo dos solos do município de Canguçu. Pelotas: EMBRAPA-CPACT; Ed. UFPel, 1997. 90 p. il. (Documentos CPACT; 31/97).

DA FONSECA, J. O. G. et al. Desempenho agrônomo de alface e rúcula em sucessão, em função de diferentes doses de composto fermentado, sob manejo orgânico. **Cadernos de Agroecologia**, v. 9, n. 3, 2014.

ECHER, MM; GUIMARÃES VF; ARANDA, AN; BORTOLAZZO, ED; BRAGA, JS. Avaliação de mudas de beterraba em função do substrato e do tipo de bandeja. Semina: Ciências Agrárias, v. 28, n. 1. Avicultura colonial. Avicultura colonial e orgânica – o que é? Disponível em: Acesso em: 22 set. 2015. p. 45-50, 2007.

EMBRAPA. Avicultura colonial. Avicultura colonial e orgânica – o que é? Disponível em: Acesso em: 22 set. 2019.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2013. 357 p.: il.

EMBRAPA. Manual de segurança e qualidade para avicultura de postura. Brasília: Embrapa/Sede, 2004. 97 p. (Qualidade e Segurança dos Alimentos).

FACHINELLO, JC; HOFFMANN, A; NACHTIGAL, JC. **Propagação de plantas frutíferas**. Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 221p.

FACTOR, T. L.; ARAÚJO, J. A. C. DE; VILELLA JÚNIOR, L. V. E. Produção de pimentão em substratos e fertirrigação com efluente de biodigestor. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 2, p. 143–149, abr. 2008.

FERNANDES, C.; CORÁ, J. E.; BRAZ, L. T. 2006. Desempenho de substratos no cultivo do tomateiro do grupo cereja. **Horticultura Brasileira**, v.24, p.42-46, 2006.

FERRAZ, M.V.; CENTURION, J.F.; BEUTLER, A.M. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2012. 421 p.

FOLETTTO, E. L. *et al.* Aplicabilidade das cinzas da casca de arroz. **Química Nova**, São Paulo, v. 28, p. 1055-1060, dez. 2005.

FRANÇA, L. G. F.; TINOCO, I. F. F. Diagnóstico do ambiente aéreo e características dos dejetos em aviários de postura verticais com sistema de coleta das dejeções automatizados ("Manure Belt"). In: XLIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA (CONBEA). Anais. Campo Grande, 2014.

FURLAN, F. *et al.* Substratos alternativos para produção de mudas de couve folha em sistema orgânico. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, 2007.

GLIESSMAN, S. R. (2000). **Agroecologia. Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. Porto Alegre: UFRGS.

GOMES FILHO, R.R. *et al.* Alteração da demanda química de oxigênio da água residuária da suinocultura, utilizada como solução nutritiva no cultivo hidropônico de *Brachiaria ruzizienses*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 28, 1999, Pelotas. **Anais...** Pelotas/PR: UFPEL, 1999. 1CD-ROM.

GOMES LAA; RODRIGUES AC; COLLIER LS; FEITOSA SS. Produção de mudas de alface em substrato alternativo com adubação. **Horticultura Brasileira** v.26, p.359-363, 2008.

GRUSZYNSKI, C. **Resíduo agro-industrial "casca de tungue" como componente de substrato para plantas**. 2002. 100 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

GUERRINI, I. A.; TRIGUEIRO, R. M. Atributos físicos e químicos de substratos compostos por biossólidos e casca de arroz carbonizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 6, p. 1069–1076, dez. 2004.

HOWARD, A. **Um Testamento Agrícola**. 1 ed. Expressão Popular, São Paulo. 2007. 360p.

IBGE. Censo Agropecuário 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em 18 jan. 2021.

IBGE. Folha SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 **Lagoa Mirim**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra. Rio de Janeiro: 1986. 796p. 6 mapas. (Levantamento de Recursos Naturais, 33)

KÄMPF, A.N. Análise física de substratos para plantas. Viçosa: **SBCS**, v. 26, p. 5-7, 2001.

- KÄMPF, A. N. **Produção comercial de plantas ornamentais**. Guaíba: Agrolivros, 2005. 256 p.
- KÄMPF, A.N. et al. **Floricultura: técnicas de preparo de substratos**. Brasília: LK, 2006. 132p.
- KÄMPF, A. N.; FERMINO, M. H. (Ed.). **Substrato para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Gênese, 2000. 312 p.
- KIEHL, J.K. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Ceres, 1985. 492p.
- KLEIN, C. Caracterização química e física de substratos para a produção de mudas de alface
- KNOTT, J. E. **Handbook for vegetable growers**. 2. Ed. New York: John Wiley & Sons, 1962. 245 p.
- KUHN, Odair José. **Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção**". 2007. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007. doi:10.11606/T.11.2007.tde-05042007-140014. Acesso em: 2021-03-30.
- LEAL, M. D. A.; AQUINO, A. M.; FERNANDES, R.; MATEUS, J. Diferentes níveis de enriquecimento de composto orgânico visando sua utilização como substrato para produção de mudas de hortaliças. **Embrapa Agrobiologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, (2009).
- LEAL M. A. A; GUERRA J. G. M; PEIXOTO R. T. G; ALMEIDA D. L. 2007. **Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças**. *Horticultura Brasileira* 25: 392-395.
- LEITE, P.S. **Efeito da adição de cinza e de pó de granito na compostagem de braquiária com gliricídia visando a produção de substrato e fertilizante orgânicos**. 2017. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica- RJ, 2017.
- LIEVENS, B.; VAES, K.; COOSEMANS, J.; RYCKEBOER, J. Systemic Resistance Induced in Cucumber Against Pythium Root Rot by Source Separated Household Waste And Yard Trimmings Composts. **Compost Science & Utilization**, v. 9, n. 3, p. 221–229, 1 jun. 2001.
- LIZ, R. S. DE; CALBO, A. G.; CARRIJO, O. A.; OLIVEIRA, C. A. DA S. Mini sensor Irrigas® na determinação da curva de retenção de água em substratos para hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 4, p. 504–509, dez. 2008.
- LUDWIG, F.; GUERRERO, A. C.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BOAS, R. L. Análise de crescimento de gerbera de vaso conduzida em diferentes substratos. **Horticultura Brasileira**, v. 28, n. 1, p. 70–74, mar. 2010.
- LUTZENBERGER, J. **Ecologia: Do jardim ao poder**. Porto Alegre: L&PM, 1992.
- MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. 1 ed. São Paulo: Editora Agronomica Ceres, 2006. 631 p.

MANDELBAUM R; HADAR Y. 1997. Methods for determining Pythium suppression in container media. **Compost Science and Utilization** 5: 15-22.

MAUAD, M. *et al.* Enraizamento de estacas de azaleia tratadas com concentrações de ANA em diferentes substratos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 4, p. 771-777, 2004.

MAZOYER, M.; ROUDART, L. **História das agriculturas no mundo: do neolítico à crise contemporânea**. Brasília, DF: NEAD, 2010.

MEDEIROS, A. R. *et al.* Utilização de compostos orgânicos para uso como substratos na produção de mudas de alface. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 3, n. 10, p. 261-266, 2010.

MEDEIROS, C. A. B. Carbonização de casca de arroz para utilização em substratos destinados à produção de mudas. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 1998. (**Comunicado Técnico**, 8).

MEDEIROS, C. A. B.; STRASSBURGER, A. S.; ANTUNES L. E. C. 2008. Avaliação de substratos constituídos de casca de arroz no cultivo sem solo do morangueiro. **Horticultura Brasileira** 26: S4827-S4831.

MEDEIROS, L. A. M. *et al.* Crescimento e desenvolvimento da alface (*Lactuca sativa* L.) conduzida em estufa plástica com fertirrigação em substratos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 2, p. 199-204, 2001.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S.; MAUCH, C. R.; SILVA, J. B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, volume 18, n. 3, 164-170, 2000.

MIGUEL, L. D. A. Origem e evolução dos sistemas agrários no Rio Grande do Sul. Dinâmica e diferenciação de sistemas agrários. p. 135-149, 2009.

MILNER, L. Manejo de irrigação e fertirrigação em substratos. In: FURLANI, A. M. C. et al. **Caracterização, manejo e qualidade de substratos para a produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2002. p.45-51.

MINAMI, K. 1995. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: T.A. Queiroz. 128p.

MIRANDA, S.C.; RIBEIRO, R.L.D.; RICCI, M. S. F.; ALMEIDA, D. L.; **Avaliação de substratos orgânicos para produção de mudas de alface em bandejas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 6p. (Embrapa Agrobiologia – Comunicado Técnico 24).

MORENG, R. E.; EVANS, J. S. **Ciência e produção de aves: aquecimento, criação, alojamento, equipamentos e produção de aves**. São Paulo: Roca, 1990. 390p.

NOMURA, E. S.; LIMA, J. D.; GARCIA, V. A.; RODRIGUES, D. S. Crescimento de mudas micropropagadas da bananeira cv. Nanicão, em diferentes substratos e fontes de fertilizante. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 3, p. 359–363, set. 2008.

ODUM, E. P. Barret, G. W. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

OFFICIAL JOURNAL OF EUROPEAN COMMUNITIES. Council Directive 1999/74/EC, of 19 July 1999. Disponível em: <<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1999:203:0053:0057:EN:PDF>> Acesso em: 8 dez. 2015.

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. de; CASTRO NETO, M. T. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico**. [S. l.]: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, 2005. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1022380>. Acesso em: 30 mar. 2021.

OLIVEIRA, E.A.G. **Desenvolvimento de substratos orgânicos, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido**. Seropédica, 2011, Dissertação, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia, 2011.

RAMOS, A. **Análise do desenvolvimento vegetativo e produtividade da palmeira pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth) sob níveis de irrigação e adubação nitrogenada**. 2002. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002. Doi:10.11606/T.11.2002.tde-04022003-163955. Acesso em: 2021-03-30.

REINERT, DJ; REICHERT, JM. Coluna de areia para medir a retenção de água no solo: protótipos e teste. **Ciência Rural**, v.36, n.6, p.1931-1935, 2006

RIBEIRO AC; GUIMARÃES PTG; ALVAREZ VH. 1999. (Eds.) Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais: Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação. Viçosa, MG.

SÁNCHEZ, M., M. A.; ROIG, A.; CEGARRA, J.; BERNAL, M. P.; NOGUERA, P.; ABAD, M.; ANTÓN, A. Composts as Media Constituents for Vegetable Transplant **Production**. **Compost Science & Utilization**, v. 12, n. 2, p. 161–168, 1 mar. 2004.

SANTIN, M. M.; SANTOS, H. S.; SCAPIM, C. A.; BRANDÃO, B. M. S.; BRANDÃO FILHO, J. U.T.; CALLEGAR, O.; SANTOS, A. J. A.; SANTOS, I. A. Relação entre substratos e métodos de aplicação de solução nutritiva na produção de mudas e a posterior resposta produtiva da beterraba. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 27, n. 3, p. 423–432, 11 abr. 2005.

SANTOS, M. R. G. **Produção de substratos e fertilizantes orgânicos a partir da compostagem de cama de cavalo**. 2016. 48 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Orgânica). Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2016.

SBCS. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Disponível em: <http://www.sbc.org.br/docs/manual_de_adubacao_2004_versao_internet.pdf> Acesso em 10 de dez de 2018.

SCHMITZ, J. A. K.; SOUZA, P. V. D. DE.; KÄMPF, A.N. Propriedades químicas e físicas de substratos de origem mineral e orgânica para o cultivo de mudas em recipientes. **Ciência Rural**, 32 (6): 973-944, 2002.

SEABROOK, P. **Manual Prático e Completo de Horticultura**. Ed. Círculo do Livro, São Paulo, 1981.

SEGANFREDO, M. A. O impacto ambiental na utilização de cama de aves como fertilizante do solo. 2000. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br>> Acesso em: 30 jul. 2019.

SILVA, A. C. DA; HIRATA, E. K.; MONQUERO, P. A. Produção de palha e supressão de plantas daninhas por plantas de cobertura, no plantio direto do tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 1, p. 22–28, jan. 2009.

SOUZA, F. X. Casca de arroz carbonizada: um substrato para propagação de plantas. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 46, n. 406, p. 11, jan./fev. 1993

SOUZA, J. L.; RESENDE, P. **Manual de olericultura orgânica**. Viçosa-MG: Aprenda Fácil Editora, 2003. 555 p.

SOUZA, R. J.; FERREIRA, A. Produção de mudas de hortaliças em bandejas: economia de sementes e defensivos. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, n. 623, p. 19-21. 1997.

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

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**. Número especial 2. p. 333-343. 2010.

STEIL, L. **Avaliação do uso de inóculos na biodigestão anaeróbia de resíduos de aves de postura, frangos de cortes e suínos**. 2001. 109 f. Dissertação (mestrado – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Química, 2001. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/88047>>)

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa. 573p, 2017.

TOLEDO, F.H.S.F.; VENTURIN, N.; MACEDO, R.L.G.; DIAS, B.A.S; SILVA, I.M.M; NEVES, Y.Y.B; NASCIMENTO, G.O.; CARLOS, L. Influência da qualidade química do substrato no teor de nutrientes em folhas de mudas de eucalipto. **Ecologia e Nutrição Florestal**, Santa Maria-RS, v.1, n.2, p.89-96, 2013.

VIEIRA, E. F. **Rio Grande do Sul: geografia física e vegetação**. Porto Alegre: Sagra, 1984. 184p.

VON ZUBEN, K. A. **Caracterização quantitativa e qualitativa dos resíduos em sistemas de produção de ovos: compostagem e biodigestão anaeróbia**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

WARRICK, A. W. & NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the Field. In: HILLEL, D., Ed, **Applications of soil physics**. New York, Academic Press, 1980, 350p.

WATTHIER M. **Substratos orgânicos: caracterização, produção de mudas e desenvolvimento à campo de alface e beterraba e influência na atividade enzimática.** 2016. 144 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre - RS, 2016.

WRAP - THE WASTES AND RESOURCES ACTION PROGRAMME. 2004. **To support the development of standards for compost by investigating the benefits and efficacy of compost use in different applications.** Oxon-UK, 72p.

YURI, J. E. *et al.* Efeito de composto orgânico sobre a produção e características comerciais de alface americana. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 1, p. 127-130, 2004.