

Desempenho de substratos alternativos na produção de mudas de hortaliças

A adição de calcário durante o processo de compostagem é um procedimento relatado em algumas publicações técnicas e por alguns produtores, contudo, são escassos os resultados de pesquisa que descrevem seus efeitos sobre o processo de compostagem e produção de substratos. A utilização de substratos formulados com compostos orgânicos, em substituição aos substratos comerciais, diminui a dependência dos produtores por insumos externos. Além disso, a escolha por substratos alternativos reduz os custos de produção. Sendo assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adição de diferentes doses de calcário sobre o processo de compostagem da mistura de capim elefante (*Penisetum purpureum* Schum) e torta de mamona (*Ricinus communis* L.) para a produção de substratos, avaliando suas características físicas e químicas e o desenvolvimento de mudas de hortaliças cultivadas com o substrato produzido. Foram produzidos e utilizados cinco substratos diferentes para a produção das mudas: T1 (Composto 'Fazendinha'), T2 (Composto sem calcário), T3 (Composto + calcário equivalente a 0,05% da massa seca do composto), T4 (Composto + calcário equivalente a 0,5% da massa seca do composto) e T5 (Composto + calcário equivalente a 5,0% da massa seca do composto), sendo avaliados o pH, condutividade elétrica, teores de macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg), densidade e porosidade de cada substrato. As espécies utilizadas como plantas indicadoras foram a alface (*Lactuca sativa* L.) crespa 'Vera', beterraba (*Beta vulgaris*) cultivar 'Top Early Wonder' e tomate (*Solanum lycopersicum*) 'Perinh'. As plantas foram coletadas 28 dias após a semeadura, os parâmetros avaliados foram produção de massa fresca da parte aérea (mg), altura da parte aérea (cm), número de folhas e volume de raiz (mm³). Também foi avaliada a estabilidade dos torrões presentes nos substratos ao final do ciclo de produção das mudas, além da variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos ao longo do desenvolvimento das mudas por meio de amostragens realizadas aos 0, 7, 14 e 21 dias após a semeadura. O pH dos compostos foi afetado pela adição de calcário, onde na maior dosagem, observou-se maiores valores de pH. Os substratos formulados com composto orgânico, independente da adição ou não de calcário, apresentaram, de maneira geral, desempenho inferior ao substrato 'Fazendinha' quando utilizados para produção de mudas de alface, beterraba e tomate. Os valores de pH dos tratamentos à base de composto se mantiveram dentro da faixa adequada para o crescimento vegetal, e os valores de condutividade elétrica caíram em todos os tratamentos ao longo do período de desenvolvimento das mudas.

Palavras-chave: Composto orgânico; Calcário; Horticultura.

Performance of alternative substrates in the production of vegetables

The addition of lime during the composting process is a procedure reported by some technical publications and some producers, however, there are few research results describing its effects on the composting process and production of substrates. The use of substrates formulated with organic compounds, replacing commercial substrates, reduces the dependence of producers for external inputs. In addition, the choice of alternative substrates reduces production costs. Therefore, the objective of this work was to evaluate the effect of adding different doses of lime on the composting process of the mixture of elephant grass (*Penisetum purpureum* Schum) and castor bean pie (*Ricinus communis* L.) for the production of substrates, evaluating its physical and chemical characteristics and the development of vegetable seedlings grown with the produced substrate. Five different substrates were produced and used to produce the seedlings: T1 (Compound 'Fazendinha'), T2 (Compound without limestone), T3 (Compound + limestone equivalent to 0.05% of the dry mass of the compost), T4 (Compound + lime equivalent to 0.5% of the dry mass of the compound) and T5 (Compound + lime equivalent to 5.0% of the dry mass of the compound), being evaluated the pH, electrical conductivity, content of macronutrients (N, P, K, Ca and Mg), density and porosity of each substrate. The species used as indicator plants were lettuce (*Lactuca sativa* L.) curly 'Vera', beet (*Beta vulgaris*) cultivar 'Top Early Wonder' and tomato (*Solanum lycopersicum*) 'Perinha'. The plants were collected 28 days after sowing, the parameters evaluated were shoot fresh mass production (mg), shoot height (cm), number of leaves and root volume (mm³). The stability of the clods present in the substrates at the end of the seedling production cycle was also evaluated, in addition to the variation of the pH and the electrical conductivity of the substrates throughout the development of the seedlings by means of samplings performed at 0, 7, 14 and 21 days after sowing. The pH of the compounds was affected by the addition of limestone, where at the highest dosage, higher pH values were observed. The substrates formulated with organic compost, regardless of the addition or not of lime, showed, in general, a lower performance than the substrate 'Fazendinha' when used to produce lettuce, beet and tomato seedlings. The pH values of the treatments based on compost remained within the appropriate range for plant growth, and the values of electrical conductivity fell in all treatments throughout the development period of the seedlings.

Keywords: Organic compost; Limestone; Horticulture.

Topic: Ciências do Solo

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Received: 02/12/2020

Approved: 22/12/2020

Aldeane Sousa Brandão 

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9204268817361135>
<http://orcid.org/0000-0002-6969-0551>
aldeaneufrj@yahoo.com.br

Rafael Gomes da Mota Gonçalves 

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0244672026134100>
<http://orcid.org/0000-0001-9541-6698>
rafaelmotag@gmail.com

Tadeu Augusto van Tol de Castro 

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6353947754324048>
<http://orcid.org/0000-0003-4095-3976>
tadeuavantol@hotmail.com

Dione Galvão da Silva 

Embrapa Agrobiologia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1305126951006225>
<http://orcid.org/0000-0002-2310-1854>
dione.galvao@embrapa.br

Ricardo Luís Louro Berbara 

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8529910145308595>
<http://orcid.org/0000-0002-3649-9443>
rberbara@gmail.com

Marco Antônio de Almeida Leal 

Embrapa Agrobiologia, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6687333214208685>
<http://orcid.org/0000-0003-3988-2277>
marco.leal@embrapa.br



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0006

Referencing this:

BRANDÃO, A. S.; GONÇALVES, R. G. M.; CASTRO, T. A. V. T.; SILVA, D. G.; BERBARA, R. L. L.; LEAL, M. A. A.. Desempenho de substratos alternativos na produção de mudas de hortaliças. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, v.11, n.7, p.64-73, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.007.0006>

INTRODUÇÃO

Substrato para plantas é definido como todo material poroso, utilizado em mistura ou puro, que proporciona condições físicas e químicas para um bom desenvolvimento das plantas (VENCE, 2008). No processo de produção de mudas de hortaliças a escolha de substratos eficientes é fundamental para o bom desenvolvimento das plantas, refletindo tanto nas características nutricionais quanto na capacidade produtiva (CARMELLO, 1995).

Para que o substrato atenda adequadamente as exigências da produção de mudas de hortaliças, é necessário o conhecimento das características agronômicas da espécie a ser cultivada. Diversos fatores devem ser observados para escolha do melhor substrato para uma determinada cultura, como por exemplo suas características físicas e químicas (FONSECA, 2001). As propriedades físicas dos substratos, como a porosidade total e a densidade, são fundamentais para facilitar a difusão de oxigênio para as raízes e melhorar a capacidade de armazenamento de água (SOUZA et al., 1995). Enquanto as propriedades químicas, como pH, teor de matéria orgânica e de sais solúveis, e a capacidade de troca de cátions (CTC), são essenciais na dinâmica da disponibilidade de nutrientes (GRAZIANO et al., 1995; CARNEIRO, 1995).

Além desses fatores, a viabilidade econômica e a disponibilidade de matéria-prima na região são outros aspectos diretamente relacionados ao planejamento da produção de mudas (FONSECA, 2001). Nesse âmbito, é muito importante estudos relacionados a fontes alternativas para elaboração de substratos (CALDEIRA et al., 2013). A utilização de substratos formulados com compostos orgânicos, em substituição aos substratos comerciais, diminui a dependência dos produtores por insumos externos. Além disso, a escolha por substratos alternativos reduz os custos de produção (LEAL et al., 2007).

No contexto de fontes alternativas para produção de substratos, destacam-se os resíduos como a torta de mamona (*Ricinus communis* L.) (KLEIN, 2015) e o capim elefante (*Penisetum purpureum* Schum) (LEAL et al., 2013). Entretanto, há dificuldades em encontrar materiais com as características ideais para um bom substrato, sendo necessário a adição de outros produtos a fim de melhorar as propriedades químicas e físicas, além de atuarem como condicionadores do solo (SANTOS et al., 2000).

Resultados satisfatórios utilizando calcário no substrato foram relatados para produção de mudas de espécies florestais e perenes (SILVA et al., 2008; TUCCI et al., 2010). De acordo com Neves (1982), a prática de calagem normalmente não é adotada somente para melhorar a acidez do solo, visando também garantir o suprimento nutricional das plantas. No entanto, há uma carência de estudos com espécies hortícolas. As hortaliças de modo geral são culturas exigentes em cálcio e magnésio (TRANI et al., 1996).

Considerando a importância da fase de produção de mudas para o desenvolvimento das culturas e a escassez de informações sobre os substratos utilizados em espécies hortícolas, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de diferentes substratos, produzidos através do processo de compostagem com adição de diferentes doses de calcário, na produção de mudas de hortaliças (alface, beterraba e tomate), em comparação com um composto comercial.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da Área Experimental

O experimento foi conduzido na Fazendinha Agroecológica do Km 47, localizada no município de Seropédica – RJ, em casa de vegetação no setor de produção de mudas do Sistema Integrado de Produção Agroecológica, situada na latitude 22° 45'S, longitude 43° 41'W e 33 metros de altitude. O clima da região pertence à classe Aw segundo a classificação de Köppen.

Compostagem

A compostagem foi realizada em caixas de 100 litros, mantidas em local seco e arejado durante os 90 dias de incubação. O composto foi elaborado com 67,5% de capim elefante (CEL) (*Penissetum purpureum* Schum), fragmentado em pedaços de 3,0 cm com auxílio de uma picadeira mecânica, e 32,5% de torta de mamona (TM) (*Ricinus communis* L.), visando obter relação C:N inicial da mistura próxima de 20. A Tabela 1 mostra as características nutricionais do capim elefante e da torta de mamona utilizados na compostagem. Após 3 dias do início da incubação, foi adicionado calcário dolomítico, com as seguintes características: soma dos óxidos = 48,0%; CaO = 36,0%; MgO = 12,0%; poder de neutralização = 94,20%; PRNT = 85,0%; e as seguintes granulometrias: peneira 2,00 mm = 100,0%; peneira 0,84mm = 96,0% e peneira 0,30mm = 80,0%.

Os compostos foram elaborados utilizando-se as seguintes proporções: • composto sem calcário. • composto + calcário equivalente a 0,05% da massa seca do composto. • composto + calcário equivalente a 0,5% da massa seca do composto. • composto + calcário equivalente a 5,0% da massa seca do composto.

Tabela 1: Teores de N, Ca, Mg, P e K do capim elefante e da torta de mamona utilizados na compostagem.

	N	Ca	Mg	P	K
	g kg ⁻¹				
Capim elefante	7,30	3,36	3,43	1,55	11,39
Torta de mamona	56,40	4,23	4,43	8,86	10,25

Produção de mudas de hortaliças utilizando diferentes substratos

Foram produzidas mudas de três diferentes tipos de hortaliças, sendo uma folhosa, uma raiz e uma hortaliça fruto. As espécies utilizadas como planta indicadoras foram a alface (*Lactuca sativa* L.) crespa 'Vera', beterraba (*Beta vulgaris*) cultivar 'Top Early Wonder' e tomate (*Solanum lycopersicum*) 'Perinha'. As mudas foram produzidas utilizando diferentes tipos de substratos, em bandejas de poliestireno (ISOPOR) e abrigadas em casa de vegetação na Fazendinha Agroecológica do Km 47, localizada no município de Seropédica – RJ. As coletas e avaliações das mudas ocorreram aos 28 dias após a semeadura.

Os substratos utilizados para a produção das mudas consistiram em um substrato comercial "Fazendinha", proposto por Oliveira et al. (2011), utilizado como tratamento referência, e em quatro substratos produzidos a partir dos compostos contendo *Penissetum purpureum* Schum e torta de mamona (*Ricinus communis* L.), com adição diferentes doses de calcário. Os tratamentos foram T1: substrato comercial "Fazendinha", proposto por Oliveira et al. (2011), T2: composto sem calcário, T3: composto + calcário equivalente a 0,05% da massa seca do composto, T4: composto + calcário equivalente a 0,5% da

massa seca do composto, T5: composto + calcário equivalente a 5,0% da massa seca do composto).

Caracterização Físico Química dos Substratos Utilizados

Análise de pH e determinação da condutividade elétrica

Em cada amostragem, foram coletadas quatro repetições de 50 ml de substrato, para cada tratamento. A análise de pH foi realizada em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) foi determinada no mesmo extrato aquoso obtido para a medição do pH.

Determinação dos teores totais de macronutrientes

Os teores totais (mg L^{-1}) de N, Ca, Mg, K e P foram avaliados por meio de digestão da amostra, conforme o método descrito por Silva et al. (2009). Os valores de nutrientes totais, que são calculados com base na massa da amostra, foram convertidos para unidade baseada no volume (mg L^{-1}) utilizando-se os valores de densidade aparente.

Avaliação da densidade e porosidade

A densidade aparente (g dm^{-3}) e a densidade de partícula (g dm^{-3}) dos substratos foram calculadas a partir de amostras com volume de 100 ml. Os valores de porosidade total (%), microporosidade (%) e macroporosidade (%) foram calculados pelo método da mesa de tensão, utilizando anéis metálicos de 100 ml e tensão de 60 cm, conforme metodologia descrita por EMBRAPA (1997).

Avaliação do desenvolvimento de mudas de diferentes tipos de hortaliças

As plantas foram coletadas 28 dias após a semeadura, os parâmetros avaliados foram produção de massa fresca da parte aérea (mg), altura da parte aérea (cm), número de folhas e volume de raiz (mm^3). Para a determinação da massa fresca da parte aérea as mudas foram seccionadas na região do colo. A altura da muda foi considerada pela distância entre o colo da planta e a gema apical, mensurada com auxílio de uma régua milimetrada. O volume de raiz foi obtido por meio de sua imersão em uma proveta graduada, medindo-se o deslocamento de água.

A estabilidade dos torrões presentes nos substratos também foi avaliada ao final do ciclo de produção das mudas de hortaliças (vinte e oito dias após a semeadura), avaliando-se 4 mudas por parcela, conforme metodologia adaptada de Gruszynski (2002): Nota 1 - 50% ou mais do torrão fica retido no recipiente na retirada da muda; Nota 2 - 30 a 50% do torrão fica retido no recipiente na retirada da muda; Nota 3 - O torrão destaca-se do recipiente, porém não permanece coeso; Nota 4 - O torrão é destacado completamente do recipiente e mais de 90% dele permanece coeso.

Avaliou-se a variação do pH e da condutividade elétrica dos substratos ao longo do desenvolvimento das mudas por meio de amostragens realizadas aos 0, 7, 14 e 21 dias após a semeadura. Em cada amostragem, foram coletadas quatro células, totalizando 50 ml de substrato, para cada tratamento e para

cada espécie de hortaliça avaliada. As amostras foram armazenadas em freezer para posterior análise. A análise de pH foi realizada em solução de água destilada (5:1 v/v) e a condutividade elétrica ($\mu\text{S cm}^{-1}$) foi determinada no mesmo extrato aquoso obtido para a medição do pH.

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e quatro repetições. As análises estatísticas foram realizadas por meio da estatística descritiva dos dados através do programa Office Excel (2007) e a análise de variância por meio do teste de média Scott-Knott a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização dos Substratos

Os valores de pH dos substratos encontraram-se dentro da faixa recomendada. É possível observar que no composto em que houve a maior adição de calcário (T5), foram observados os maiores valores de pH entre os substratos produzidos, sendo menor apenas do que o pH observado no substrato “Fazendinha”, indicando que a aplicação de calcário contribuiu para o aumento do pH do substrato (Tabela 2). Os valores de condutividade elétrica (CE) estão elevados, próximos do limite superior recomendado, porém encontram-se dentro de uma faixa adequada. A CE não apresentou um padrão de variação entre os diferentes substratos (Tabela 2).

Tabela 2: Valores de pH e condutividade elétrica (CE) dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	pH	CE $\mu\text{S cm}^{-1}$
T1: Composto ‘Fazendinha’	7,38	1669
T2: Composto	6,86	1679
T3: Composto + 0,05% calcário	6,93	1675
T4: Composto + 0,5% calcário	6,87	1868
T5: Composto + 5,0% calcário	7,18	1696

Os substratos formulados com base no composto apresentaram valores muito semelhantes de teores de P. As maiores diferenças foram observadas nos teores de Ca e Mg, o que era esperado devido à adição destes nutrientes via calcário, sendo os maiores valores observados no T5. O teor de K também foi maior nos substratos em que houve adição de calcário, indicando que devido ao aumento dos teores de cálcio e magnésio (cátions divalentes) houve uma maior disponibilidade de potássio (Tabela 3). Os teores de N não apresentaram um comportamento linear entre os diferentes substratos. O substrato Fazendinha apresentou teores totais de N, P e K maiores que os substratos formulados com base no composto (Tabela 3).

Tabela 3: Teores totais dos macronutrientes (N, Ca, Mg, P e K) de substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	N	Ca	Mg	P	K
	----- mg L ⁻¹ -----				
T1: Composto “Fazendinha”	10125	7063	4544	3175	7000
T2: Composto	7508	3039	2577	2108	5450
T3: Composto + 0,05% calcário	9097	3910	2450	2303	6493
T4: Composto + 0,5% calcário	8546	4082	2526	2194	6188
T5: Composto + 5,0% calcário	9108	13332	4924	2587	6521

Não se observam grandes diferenças na densidade e porosidade entre os substratos formulados com

base no composto, porém, o substrato T5 possui os maiores valores de densidade aparente e densidade de partícula, entre os substratos que foram produzidos a partir dos compostos com adição de calcário (Tabela 4). O substrato 'Fazendinha' apresenta características diferentes dos demais substratos, principalmente em relação às densidades aparente e de partícula, sendo observados valores bem superiores aos demais. Em relação a porosidade, o substrato 'Fazendinha' apresentou valores de porosidade total e, principalmente, microporosidade, superiores aos observados nos substratos obtidos dos compostos com adição de calcário. No entanto, a macroporosidade do substrato fazendinha foi a menor entre os substratos avaliados, indicando que a adição do calcário dolomítico contribuiu para o aumento desta variável (Tabela 4).

Tabela 4: Valores de densidade aparente, densidade de partícula, porosidade total, microporosidade e macroporosidade dos substratos utilizados nos experimentos com mudas.

	Densidade		Porosidade		
	Aparente ----- g dm ⁻³ -----	Partícula	Total ----- % -----	Micro	Macro
T1: Composto "Fazendinha"	291,4	896,7	67,5	35,0	32,5
T2: Composto	150,2	371,9	59,5	25,1	34,5
T3: Composto + 0,05% calc.	181,4	495,7	63,3	26,8	36,5
T4: Composto + 0,5% calc.	180,6	488,2	63,0	27,5	35,5
T5: Composto + 5,0% calc.	190,4	506,4	62,3	25,6	36,7

Desenvolvimento e Crescimento das Mudanças de Hortaliças e Estabilidade dos Torrões dos Substratos

Analisando a Tabela 5, é possível observar que o substrato 'Fazendinha' e o substrato sem adição de calcário apresentaram os melhores resultados de massa fresca da parte aérea, altura, número de folhas e volume radicular em plantas de alface, sendo estatisticamente superior ao observado em mudas cultivadas em substrato com adição de calcário. No entanto, o substrato 'Fazendinha' resultou ainda em plantas significativamente mais desenvolvidas do que as mudas cultivadas em substrato sem adição de calcário. Leal et al. (2009), encontraram valores de 223,1 mg planta⁻¹ para produção de massa fresca de mudas de alface cultivar "Vera", após 21 de semeadura enriquecidas com torta de mamona em condições controladas. Somente o parâmetro estabilidade do torrão não apresentou diferença significativa entre os substratos avaliados. De maneira geral, segundo o que foi observado, a adição de calcário ao composto para produção do substrato não favoreceu o crescimento de mudas de alface, resultando em um menor desenvolvimento em comparação com o substrato sem calcário.

Observando os resultados obtidos em mudas de beterraba, é notável que o substrato 'Fazendinha' apresentou os maiores valores em todos os parâmetros avaliados, com exceção da estabilidade do torrão, que não diferiu significativamente entre os substratos avaliados (Tabela 6). A massa fresca da parte aérea de mudas de beterraba não diferiu significativamente entre o uso dos substratos produzidos, com e sem adição de calcário. No entanto, o substrato T4 apresentou altura e número de folhas significativamente superior aos observados pelos demais compostos produzidos, sendo inferior apenas às mudas cultivadas no substrato 'Fazendinha'. Já para o volume radicular, os substratos T3 e T5 apresentaram valores superiores aos substratos

T2 e T4 (Tabela 6).

Tabela 5: Massa fresca da parte aérea (mg planta⁻¹), altura (cm), número de folhas e volume radicular (mm³) de mudas de alface, e estabilidade do torrão dos diferentes substratos orgânicos utilizados na produção.

	Massa fresca da parte aérea mg planta ⁻¹	Altura -- cm --	Número de folhas	Volume de raiz -- mm ³ --	Estabilidade do torrão	
T1: Comp. "Fazendinha"	1370,8	a 10,14	a 3,93	a 1,95	a 4,00	a
T2: Composto	481,3	b 4,97	b 2,93	b 1,15	b 3,69	a
T3: Comp. + 0,05% calc.	283,5	c 3,72	c 2,60	c 0,80	c 3,75	a
T4: Composto + 0,5% calc.	185,3	c 3,07	c 2,28	c 0,50	c 3,81	a
T5: Composto + 5,0% calc.	193,0	c 3,20	c 2,38	c 0,75	C 4,00	a
CV (%)	17,21	11,85	9,11	23,11	8,13	

Tabela 6: Massa fresca da parte aérea (mg planta⁻¹), altura (cm), número de folhas e volume radicular (mm³) de mudas de beterraba, e estabilidade do torrão dos diferentes substratos orgânicos utilizados na produção.

	Massa fresca da parte aérea mg planta ⁻¹	Altura -- cm --	Número de folhas	Volume de raiz -- ml --	Estabilidade do torrão	
T1: Composto "Fazendinha"	933,8	a 12,47	a 5,98	a 1,10	a 1,69	a
T2: Composto	475,0	b 3,91	c 4,18	c 0,40	c 2,63	a
T3: Composto + 0,05% calc.	432,0	b 3,83	c 3,68	c 0,60	b 2,56	a
T4: Composto + 0,5% calc.	441,5	b 5,10	b 4,48	b 0,50	c 2,56	a
T5: Composto + 5,0% calc.	534,3	b 3,63	c 3,35	c 0,70	b 2,13	a
CV (%)	17,52	12,29	9,28	20,70	28,77	

Nas mudas de tomate (Tabela 7), todas as características avaliadas apresentaram diferenças significativas pelo uso dos diferentes substratos, com exceção no número de folhas, que não diferiu estatisticamente entre os tratamentos. Assim como para as demais hortaliças, o substrato 'Fazendinha' resultou em mudas com valores de massa fresca, altura e volume radicular superiores, quando comparado aos outros substratos testados. Comparando os substratos produzidos a partir dos compostos, com e sem adição de calcário, observamos que o substrato T4 resultou em maior produção de massa fresca do que os substratos T2, T3 e T5; já para o parâmetro altura, o substrato T5 foi responsável por valores superiores aos T2, T3 e T4; e o volume das raízes de mudas cultivadas no substrato sem adição de calcário (T2) foi superior ao observado nos tratamentos T3, T4 e T5. Em relação a estabilidade do torrão, o substrato T1 ('Fazendinha'), T2 e T4, não apresentaram diferenças significativas entre si, porém foram significativamente superiores aos substratos T3 e T5.

Tabela 7: Massa fresca da parte aérea (mg planta⁻¹), altura (cm), número de folhas e volume radicular (mm³) de mudas de tomate, e estabilidade do torrão dos diferentes substratos orgânicos utilizados na produção.

	Massa fresca da parte aérea mg planta ⁻¹	Altura -- cm --	Número de folhas	Volume de raiz -- mm ³ --	Estabilidade do torrão	
T1: Composto Fazendinha	1268,3	a 9,60	a 4,50	a 2,25	a 3,94	a
T2: Composto	208,5	c 7,27	c 3,88	a 1,10	b 3,94	a
T3: Composto + 0,05% calcário	206,8	c 7,21	c 4,00	a 0,95	c 3,19	b
T4: Composto + 0,5% calcário	360,3	b 6,91	c 3,75	a 0,95	c 4,00	a
T5: Composto + 5,0% calcário	178,8	c 7,42	b 3,90	a 0,75	c 3,50	b
CV (%)	16,75	11,83	10,59	30,43	6,09	

O melhor desempenho das mudas de alface, beterraba e tomate cultivadas no substrato 'Fazendinha' provavelmente está relacionado aos teores de N. Observa-se na Tabela 3 que o substrato 'Fazendinha' apresenta maior teor de N total. O N é o nutriente que geralmente limita o desenvolvimento de mudas de hortaliças, pois estas são produzidas em células de reduzido volume, e apresentam rápido crescimento, com ciclo entre 21 e 28 dias. Além disto, grande parte do N presente em materiais de natureza orgânica, como os substratos avaliados neste estudo, está na forma orgânica, permanecendo indisponível em curto prazo. Possivelmente, o que pode explicar o melhor desempenho do substrato Fazendinha em relação aos demais substratos é o teor elevado N disponível, pois ele recebe adição de 2,0% v/v de torta de mamona, que é um fertilizante orgânico de rápida mineralização.

Variação do pH e da Condutividade Elétrica dos Substratos ao longo da produção de mudas de hortaliças

Observa-se nas Figuras 1, 2 e 3 que os resultados de variação do pH estão muito semelhantes nos substratos das três hortaliças avaliadas, mantendo seus valores entre 6,6 e 7,6 durante todo o processo. Estes valores estão dentro da faixa adequada para o crescimento vegetal. Também não foram observadas variações expressivas dos valores de pH durante o desenvolvimento das mudas das três hortaliças avaliadas, demonstrando a estabilidade dos substratos em relação a essa característica. O substrato 'Fazendinha' foi o que apresentou os maiores valores de pH durante o ciclo de produção das mudas, estando associado ao seu maior pH natural em relação aos demais substratos.

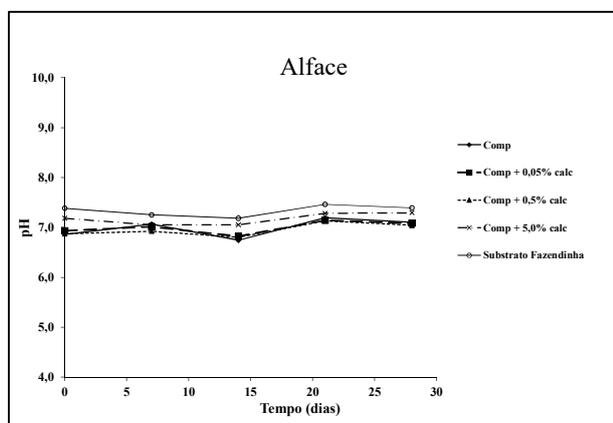


Figura 1: Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.

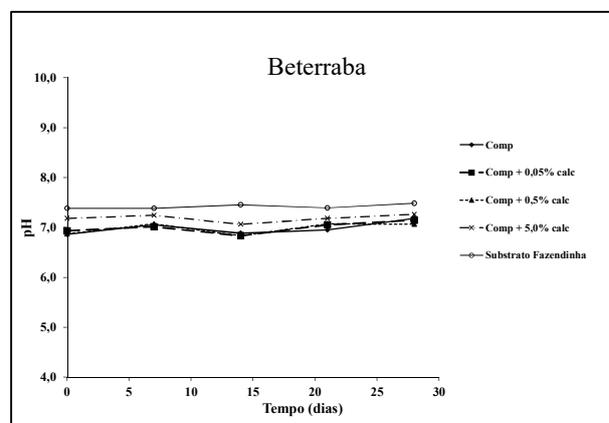


Figura 2: Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.

Em relação aos resultados de variação da condutividade elétrica, que estão apresentados nas Figuras 4, 5 e 6, é observada uma queda acentuada dos valores ao longo do desenvolvimento das mudas em todos os substratos, que ocorre devido à extração e perdas de nutrientes. Não foram observadas variações expressivas dos valores de condutividade elétrica entre os diferentes substratos avaliados. Mesmo o tratamento com maior dose de calcário não apresentou condutividade elétrica superior ao tratamento com composto puro, indicando que adição de calcário não interfere nos valores de condutividade elétrica ao longo do processo, para as três espécies testadas, sendo encontrado valores de CE entre 1500 e 2000 $\mu\text{S cm}^{-1}$ no tempo zero.

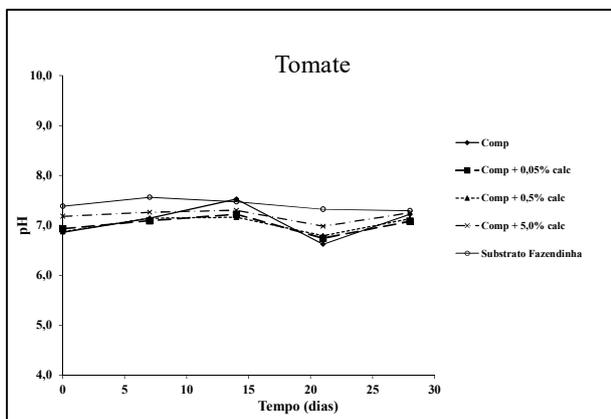


Figura 3: Valores de pH observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.

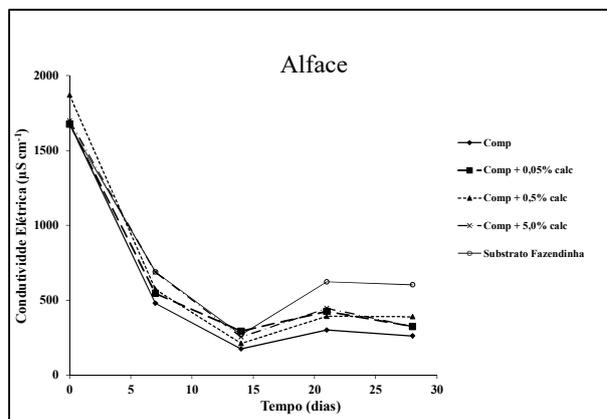


Figura 4: Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de alface.

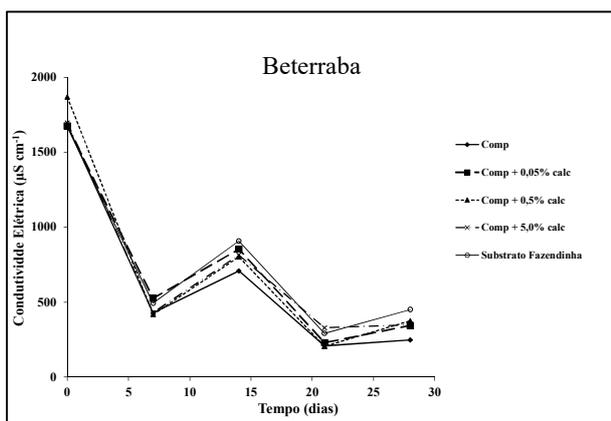


Figura 5: Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de beterraba.

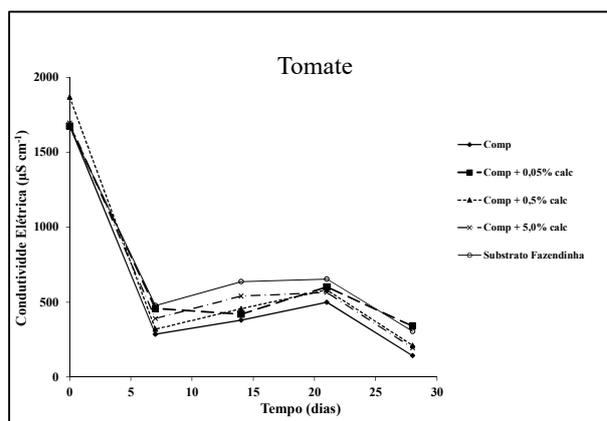


Figura 6: Valores de condutividade elétrica observados em diferentes substratos durante o desenvolvimento de mudas de tomate.

CONCLUSÕES

Os substratos formulados com composto orgânico, independente da adição ou não de calcário, apresentaram desempenho inferior ao substrato Fazendainha quando utilizados para a produção de mudas de alface, beterraba e tomate em sistema orgânico.

No entanto, foi notória a ocorrência de respostas diferenciadas no desenvolvimento das mudas devido alterações das doses de calcário utilizadas. Portanto, são necessários novos estudos que busquem, além da adição de calcário, fontes ricas em nitrogênio para serem incorporadas no processo de compostagem para a produção dos substratos, uma vez que, aparentemente, a maior limitação dos compostos produzidos foi a oferta insuficiente de nitrogênio para as mudas.

REFERÊNCIAS

CALDEIRA, M. V. W.; GOMES, D. R.; GONÇALVES, E. O.; DELARMELENA, W. M.; SPERANDIO, H. V.; TRAZZI, P. A.. Biossólido como substrato para produção de mudas de *Toona ciliata* var. *australis*. *Revista Árvore*, Viçosa, v.36, n.6, p.1009-1017, 2012.

CARMELLO, Q. A. C.. Nutrição e adubação de mudas hortícolas. In: MINAMI, K.. **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. 1995. p.27-37.

CARNEIRO, J. G. A.. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. 1995.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

FONSECA, T. G.. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO₂**

na água de irrigação. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2001.

GRAZIANO, T. T.; DEMATTÊ, J. B. I.; VOLPR, C. A.; PERECIN, D.. Interação entre substratos e fertirrigação na germinação e na produção de mudas de *Tagedes patula* L. (Compositae). **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.1, n.2, p.78-85, 1995.

GRUSZYNSKI, C.. **Resíduo agro-industrial 'casca de tungue' como componente de substrato para plantas.** Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. G. M.; PEIXOTO, R. T. G.; ALMEIDA, D. L.. Utilização de compostos orgânicos como substratos na produção de mudas de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, v.25, p.392-395, 2007.

LEAL, M. A. A.; GUERRA, J. M.; ESPINDOLA, J. A. A.; ARAÚJO, E. S.. Compostagem de misturas de capim-elefante e torta de mamona com diferentes relações C:N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.11, p.1195-1200, 2013.

LEAL, M. A. A.; AQUINO, A. M.; FERNANDES, R. C.; MATEUS, J. S.. **Diferentes níveis de enriquecimento de composto orgânico visando sua utilização como substrato para produção de mudas de hortaliças.** Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2009.

OLIVEIRA, E. A. G.. **Desenvolvimento de substrato orgânico, com base na vermicompostagem, para produção de mudas de hortaliças em cultivo protegido.** Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SANTOS, C. B.; LONGHI, S. J.; HOPPE, J. M.; MOSCOVICH, F. A.. Efeito do volume de tubetes e tipos de substratos na qualidade de mudas de *Cryptomeria japonica*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.10, n.2, p.1-15, 2000.

SILVA, A. R. M.; TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; SOUZA, P. A.; VENTURIN, N.. **Efeitos de doses crescentes de calcário na produção de mudas de sumaúma (*Ceiba pentandra* L. Gaertn).** Floresta, 2008.

SILVA, F. C.. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2 ed. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2009.

SOUZA, M. M.; LOPES, L. C.; FONTES, L. E. F.. Avaliação de substratos para o cultivo de crisântemo (*Chrysanthemum morifolium* Ramat., Compositae) 'White Polaris' em vasos. **Revista Brasileira de Horticultura Ornamental**, Campinas, v.1, n.2, p.71-77, 1995.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; AZEVEDO FILHO, J. A.. Alfaca, almeirão, chicória, escarola, rúcula e agrião d'água. In: RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; GUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C.. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. p.168-169.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; GAMA, A. S.; COSTA, H. S.; SOUZA, P. A.. Efeitos de doses crescentes de calcário em solo Latossolo Amarelo na produção de mudas de pau-de-balsa (*Ochroma lagopus* sw. *bombacaceae*). **Acta Amazonica**, 543-548, 2010.

VENCE, L. B.. Disponibilidade de água-aire em sustratos para plantas. **Ciencia del Suelo**, v.26, p.105-114, 2008.

A CBPC – Companhia Brasileira de Produção Científica (CNPJ: 11.221.422/0001-03) detém os direitos materiais desta publicação. Os direitos referem-se à publicação do trabalho em qualquer parte do mundo, incluindo os direitos às renovações, expansões e disseminações da contribuição, bem como outros direitos subsidiários. Todos os trabalhos publicados eletronicamente poderão posteriormente ser publicados em coletâneas impressas sob coordenação da **Sustenere Publishing**, da Companhia Brasileira de Produção Científica e seus parceiros autorizados. Os (as) autores (as) preservam os direitos autorais, mas não têm permissão para a publicação da contribuição em outro meio, impresso ou digital, em português ou em tradução.