

UTILIZAÇÃO DE LODO DE CURTUME EM COMPLEMENTAÇÃO AO SUBSTRATO
COMERCIAL NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTA BIQUINHO

Use of tannery sludge in complementation to the commercial substrate in the production of pepper seedlings

Rafael Nunes de Almeida¹; Diego Rogério Ferraz¹; Arildo Sebastião Silva¹; Erivelton Gonçalves Cunha¹;
Josean Castro Vieira¹; Tássio da Silva Souza¹; Sávio da Silva Berilli²

¹Aluno; Programa de Pós-Graduação em Agroecologia; Instituto Federal do Espírito Santo *Campus* de Alegre – IFES;
rafaelcabral1500@gmail.com; drferraz@yahoo.com.br; arildos.silva@gmail.com; eriveltoncunha.ufv@gmail.com;
jotajosean@gmail.com; tassiomuqui@hotmail.com

² Professor; Programa de Pós-Graduação em Agroecologia; Instituto Federal do Espírito Santo *Campus* de Alegre –
IFES; berrilli@gmail.com

Artigo enviado em 16/01/2017, aceito em 08/02/2017 e publicado em 11/04/2017.

Resumo: O cultivo de pimentas tem ganhado espaço no mercado brasileiro favorecendo principalmente a agricultura familiar, onde um dos desafios é diminuir o custo de produção. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de lodo de curtume bovino adicionado ao substrato comercial na germinação, desenvolvimento e qualidade de mudas de pimenta biquinho. O experimento foi conduzido em delineamento de blocos casualizados com 7 tratamentos, sendo dois substratos comerciais: Provaso® (TP) e Bioplant® (TL0); e cinco diferentes proporções de lodo desidratado (10, 30, 50, 70 e 90%) misturados ao substrato Bioplant®. Avaliou-se nesse experimento o percentual de germinação, características de desenvolvimento e Índice de Qualidade de mudas de Dickson (IQD). O potencial germinativo foi maior para os tratamentos com adição de lodo de curtume ao substrato comercial Bioplant®. Os melhores resultados para as características de desenvolvimento das mudas ocorreram com a adição de lodo desidratado ao substrato Bioplant® nos intervalos de 30 a 70% de lodo no substrato. O índice de qualidade de mudas foi maior para a mistura de 30% de lodo de curtume desidratado com Bioplant®.

Palavras-chave: *Capsicum chinense*, agricultura familiar, sustentabilidade.

Abstract: The cultivation of peppers has gained space in the Brazilian market favoring mainly family agriculture, where one of the challenges is to reduce the cost of production. The objective of this work was to evaluate the effect of different concentrations of bovine tannery sludge added to the commercial substrate on the germination, development and quality of pepper seedlings. The experiment was conducted in a randomized block design with 7 treatments, two commercial substrates: Provaso® (TP) and Bioplant® (TL0); And five different proportions of dehydrated sludge (10, 30, 50, 70 and 90%) mixed with the Bioplant® substrate. The percentage of germination, developmental characteristics and Dickson seedling quality index (IQD) were evaluated in this experiment. The germination potential was higher for the treatments with addition of tannery sludge to commercial Bioplant® substrate. The best results for the developmental characteristics of the seedlings occurred with the addition of tannery sludge to the Bioplant® substrate in the intervals of 30 to 70% of sludge in the substrate. The seedling quality index was higher for the 30% mixture of tannery sludge with Bioplant®.

Keywords: *Capsicum chinense*, family agriculture, sustainability.

INTRODUÇÃO

A utilização de resíduos agrícolas e industriais como substratos para produção de mudas é uma alternativa para tornar o processo produtivo mais sustentável, uma vez que contribui para redução e eliminação de um dos problemas ambientais decorrentes da atividade humana (ALVES e BARBOSA, 2013).

Além de serem dispostos de forma harmônica e sistemática no ambiente, a utilização de resíduos promove redução nos custos de produção agrícola, beneficiando toda a cadeia, do produtor ao consumidor final (SILVA JÚNIOR et al., 2014).

Dentre as atividades industriais desenvolvidas no Brasil, o beneficiamento de couro é uma atividade de elevada importância econômica para o país, no entanto, há uma constante preocupação com a geração de resíduos durante seu processo de produção (MALAFAIA et al., 2014), o que faz desta uma atividade considerada como atividade de elevado potencial poluidor (MARTINS e MOITA NETO, 2015).

Devido à isso, ao final do processo de curtimento do couro, a água residuária contendo partículas sólidas e dissolvidas é armazenada em tanques de decantação para que haja um tratamento prévio da água utilizada a fim de reduzir a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). O material que é decantado no fundo desses tanques, o qual é denominado “lodo de curtume”, deve ser desidratado e retirado de tempos em tempos, e armazenado em locais preparados para tal.

Dessa forma, o lodo de curtume é um dos resíduos mais preocupantes da atividade de beneficiamento de couro, que por outro lado, devido a sua origem, é um material rico em matéria orgânica, com potencial para uso na composição de substratos para produção de mudas (GIANELLO et al., 2011).

Um dos aspectos tidos como limitantes para sua utilização em outras atividades, tem sido a possível presença de cromo e do sódio em excesso, decorrentes do curtimento do couro (SILVA et al., 2011).

Dessa forma, na busca por uma alternativa para destinação dos resíduos das atividades coureiras,

diversos trabalhos têm buscado avaliar a viabilidade da utilização do lodo de curtume bovino para a produção de mudas, sejam elas florestais, hortaliças, ou perenes como a cafeicultura (PASSATO et al., 2014; BERILLI et al., 2015; QUADRO et al., 2015).

Na cadeia produtiva de hortaliças em especial, há uma constante busca pela produção de mudas de alta qualidade visando melhor desenvolvimento das culturas e conseqüentemente, aumento da produção a custos reduzidos (BARNABÉ CERQUEIRA et al., 2015).

Dentre as hortaliças, em razão da quantidade de produtos e subprodutos que podem ser extraídos de suas plantas, o cultivo de pimentas têm ganhado cada vez mais espaço no mercado brasileiro, principalmente para a agricultura familiar (NETO et al., 2013).

Como alternativa para redução dos custos de produção de pimentas, os agricultores familiares têm buscado produzir suas próprias mudas (ASSUNÇÃO, 2013), e nesse sentido, a utilização de substratos alternativos disponíveis no local pode contribuir ainda mais para a diminuição dos custos (SIMÕES et al., 2015). Com isso, O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações de lodo de curtume bovino adicionado ao substrato comercial na germinação, desenvolvimento e qualidade de mudas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense Jacq.*).

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus de Alegre, localizado no município de Alegre, região do Caparaó capixaba, na área experimental do setor de agroecologia do Instituto Federal, com coordenadas geográficas de 20°45'44" de latitude Sul, 41°27'42,83" de longitude Oeste, e altitude média de 134m. O experimento foi conduzido em casa de vegetação dotada de sistema de micro aspersão, mantendo-se a tensão de água no substrato próximo a capacidade de campo.

O arranjo experimental utilizado foi o delineamento em blocos casualizados com 7 tratamentos (Tabela 1) e 4 repetições, sendo que cada tratamento dentro do bloco, contou com 10 plantas,

totalizando 70 plantas por bloco e 280 plantas no total do experimento.

Os tratamentos constaram de 07 composições de substratos, sendo 2 comerciais, Bioplant® (Tabela 2) e Provaso (Tabela 3) e 5 de concentrações diferentes oriundos da mistura de lodo de curtume desidratado e substrato comercial Bioplant® (Tabela 1).

Para análise química, cada um dos materiais utilizados foram homogeneizados e posteriormente reduzidos por quarteação até a obtenção de amostras de 125 g de material. No laboratório de análise química, as amostras foram moídas e peneiradas em peneira com malha de 0,42 mm. As análises químicas para cada um dos elementos foram realizadas de acordo com a metodologia preconizada pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2013).

Tabela 1. Descrição dos tratamentos avaliados contendo substrato comercial Provaso® e Bioplant®, e as diferentes concentrações de lodo de curtume bovino: 10, 30, 50, 70, e 90 % e Bioplant®

Tratamentos	Componente do Substrato
TL0	100% de substrato comercial Bioplant®
TL10	10% de lodo de curtume + 90% Bioplant®
TL30	30% de lodo de curtume + 70% Bioplant®
TL50	50% de lodo de curtume + 50% Bioplant®
TL70	70% de lodo de curtume + 30% Bioplant®
TL90	90% de lodo de curtume + 10% Bioplant®
TP	100% de substrato comercial Provaso®

O Bioplant® já é um produto vendido no mercado como substrato, e por isso, as diferentes concentrações de lodo de curtume foram adicionadas a este substrato, diferentemente do composto orgânico Provaso, o qual é vendido como material para incorporação em canteiros e jardins, mas que, aqui foi testado como substrato devido ao relato de produtores da região sobre seu elevado potencial para produção de mudas de hortaliças.

O lodo de curtume utilizado, refere-se ao material proveniente dos tanques de decantação do processo de tratamento de água residuária dos

curtumes, onde o material orgânico presente foi pré-decomposto por processo anaeróbico e após retirada do lodo (material decantado) passou por desidratação ao ar livre (exposição ao sol).

Tabela 2. Características físicas e químicas do substrato comercial Bioplant®

pH*	N _T	P	K	Ca	CO _T	MO	C/N
..... g kg ⁻¹							-
5,62	6,2	15,5	4,4	18,4	210	522,1	33,9

*potencial hidrogeniônico (pH) em CaCl₂(CaCl₂ pH).
 P = fósforo; K= potássio; Ca = cálcio; CO_T = carbono orgânico total; MO = matéria orgânica.

Tabela 3. Características químicas do composto comercial Provaso®

pH	Umidade	N _T	CO _T	CTC	C/N	CTC/C
..... %				cmol _c . dm ⁻³	-	-
6,50	50	1	15	19,5	15	13

N_T = nitrogênio total; CO_T = carbono orgânico total; CTC = capacidade de troca catiônica; C/N = relação carbono e nitrogênio; CTC/C = relação capacidade de troca catiônica e carbono mineral.

Observa-se que as taxas de nutrientes como nitrogênio (N_T) são menores para o composto Provaso, assim como os valores para carbono orgânico (CO_T) e para relação carbono nitrogênio (C/N), características estas que confirmam a natureza do material do Provaso: um composto orgânico; no qual vem sendo utilizado por produtores para a produção de mudas, e segundo eles, gerado bons resultados.

Já o substrato comercial Bioplant®, há valores expressos para os nutrientes N (nitrogênio), P (fósforo), K (potássio), quantificáveis para este material, sendo estes, nutrientes estes tidos como macronutrientes essenciais para o desenvolvimento das mudas, principalmente pelo seu alto teor de fósforo. Esse fato evidencia a indicação desse material como um bom substrato para produção de mudas.

Tabela 4. Características químicas do lodo de curtume bovino utilizado nos substratos avaliados (g Kg⁻¹).

MO ¹ (g Kg ⁻¹)	293,1	Mg (g Kg ⁻¹)	21,3
MO ² (g Kg ⁻¹)	110,2	S (g Kg ⁻¹)	13,2
C org (g Kg ⁻¹)	61,2	C (g Kg ⁻¹)	61,2
N (g Kg ⁻¹)	17,3	Cr (g Kg ⁻¹)	40,0
P (g Kg ⁻¹)	7,6	Na (g Kg ⁻¹)	8,0
K (g Kg ⁻¹)	0,6	B (g Kg ⁻¹)	0,28
Ca (g Kg ⁻¹)	230,2		

MO¹ = matéria orgânica total; MO² = matéria orgânica compostável; C_{org} = carbono orgânico; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; Ca = cálcio; Mg = magnésio; S = enxofre; C = carbono inorgânico; Cr = cromo; Na = sódio; e B = boro.

O plantio foi realizado no dia 02 de setembro de 2016 com sementes de pimenta bico ou biquinho (*Capsicum chinense Jacq.*), da marca Feltrim®, sendo as características das sementes a germinação entre 75% e 99,9% de pureza. A semeadura foi realizada utilizando 3 sementes por célula com posterior desbaste realizado aos 21 dias após a semeadura, deixando-se apenas uma planta por célula. Para este experimento foram utilizadas bandejas com 128 células.

O experimento teve duração de 45 dias, período indicado para o transplante das mudas de pimenta (entre 40 e 50 dias). Para as avaliações das mudas foram utilizados: régua graduada, paquímetro digital, e balança de precisão.

As características avaliadas foram: número de plantas germinadas; altura da planta (AP) em mm; comprimento máximo de raízes (CRaiz) em mm; diâmetro do caule (DC) em mm; diâmetro da copa (DCO) em mm; número de folhas (NF); massa fresca da parte aérea (MFPA) em mg plântula⁻¹; massa fresca de raiz (MFR) em mg plântula⁻¹; massa seca da parte aérea (MSPA) em mg plântula⁻¹; massa seca de raiz

(MSR) em mg plântula⁻¹. Para a determinação de massas secas foi utilizada estufa de circulação forçada a 70° C por 72 horas seguido de pesagem do material. A metodologia utilizada foi semelhante à utilizada por Oliveira et al. (2014) e Crispim et al. (2015)

Após obtenção desses dados realizou-se o cálculo do Índice de Qualidade das mudas de Dickson (IQD) obtido pela equação:

$$IQD = \frac{MST}{\left(\frac{AP}{DC}\right) + \left(\frac{MSPA}{MSR}\right)}$$

Onde: IQD = índice de qualidade de Dickson; MST = Massa Seca Total (g); AP = Altura de Plantas (cm); DC = diâmetro do colo (mm); MSPA = Massa Seca da Parte Aérea (g); MSR = Massa Seca de Raiz (g).

O IQD tem sido utilizado para avaliação da qualidade de mudas de hortaliças (MARIANI et al., 2014; COSTA et al., 2015).

Os dados obtidos foram submetidos à teste de análise de variância pelo Teste t de Student a 1% de probabilidade através do software estatístico Assistat (SILVA e AZEVEDO, 2016). Para as doses de lodo de curtume adicionadas ao substrato Bioplant®, quando significativa, foram realizados gráficos de regressões lineares.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao avaliar os resultados de germinação desse experimento foram identificadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto ao potencial germinativo das sementes de pimenta, o que indica que os tratamentos tiveram efeito sobre a germinação (Figura 1). Maiores índices de germinação resultam em menores perdas de insumos o que acaba por reduzir ainda mais o custo de produção.

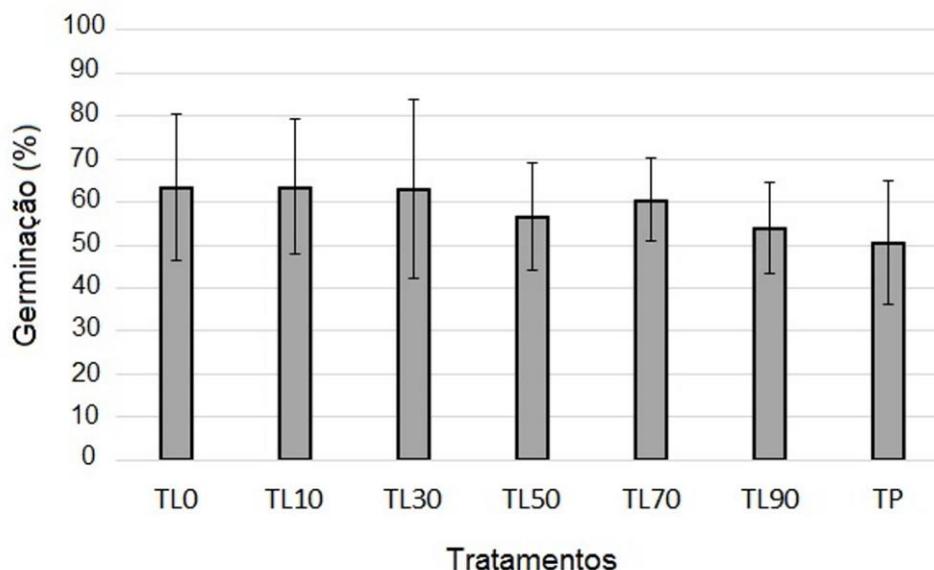


Figura 1 – Gráfico do potencial de germinação das sementes de pimenta biquinho para cada um dos tratamentos avaliados, onde: TL0 – 0% de lodo de curtume, 100% Bioplant®; TL10 – 10 % de lodo de curtume e 90% de Bioplant®; TL30 – 30% de lodo e 70% de Bioplant®; TL50 – 50% de lodo e 50% de Bioplant®; TL70 – 70% lodo de curtume e 30% de Bioplant®; TL90 – 90% lodo e 10% de Bioplant®; e TP – 100% Provaso®. Letras iguais entre colunas indica que os valores não diferem estatisticamente entre si pelo Teste t de Student.

A germinação de pimentas biquinho (*C. chinense jacq.*), ocorre de forma desuniforme, de modo que para muitas sementes comerciais a germinação ocorre em percentuais abaixo do indicado (entre 75% e 99,9%) pelo fabricante (SILVA et al., 2013 A; LINS et al., 2015), assim como observado neste trabalho, possivelmente decorrentes da perda da capacidade germinativa durante o armazenamento e não devido aos tratamentos aplicados.

Observou-se que os tratamentos influenciaram a germinação das sementes avaliadas e que o percentual de germinação foi abaixo do indicado pelo fabricante (entre 75% e 99%), como pode ser observado na Figura 1.

Os maiores valores de índice de germinação foram identificados para os tratamentos de Bioplant® sem adição de lodo de curtume (TL0) e para o tratamento com adição de 10% de lodo (TL10), decaindo gradativamente em função do aumento das doses de lodo. No entanto, o menor potencial de germinação foi identificado para o substrato comercial Provaso®.

Assim, em todos os demais tratamentos com Bioplant acrescido ou não de lodo de curtume, os percentuais de germinação apresentaram melhores resultados do que o substrato comercial Provaso®, exceto para a maior proporção de lodo associado ao substrato Bioplant®, o qual se igualou a capacidade germinativa do substrato Provaso®.

O desvio padrão apresentou valores expressivos em todos os tratamentos, evidenciando a ocorrência de desuniformidade de germinação entre os blocos e conseqüentemente entre sementes, fator este, indesejado no sistema de produção.

A redução do potencial germinativo relacionado à maiores concentrações de lodo nos tratamentos indicam a fitotoxicidade de algum elemento como o sódio, presente em elevada quantidade no lodo de curtume utilizado, podendo causar desequilíbrio osmótico nas células vegetais e prejudicar a germinação da muda, fato este relatado também por Berilli et al. (2014), ou também, possivelmente pela presença de outros elementos químicos como o cromo, presentes no lodo.

A toxicidade do cromo no lodo de curtume é relatada por outros autores em plantas como o feijão de corda (SILVA et al., 2013 B) onde o teor de cromo no lodo era de 2,25 mg.Kg⁻¹, no açai (DA SILVA et al., 2015) com concentração de cromo de 66,21 mg Kg⁻¹ no lodo de curtume, e no café conilon (BERILLI, et al., 2015) onde o lodo possuía concentração de 9.992 mg.dm³⁻¹ de cromo.

O valor de cromo encontrado no lodo utilizado neste experimento (40 g Kg⁻¹) se encontra acima dos valores encontrados em trabalhos como de Cavallet, Selbach e Gianello (2007): 8,04 g Kg⁻¹; Da Silva et al., (2015): 66,21 mg Kg⁻¹; e Quadro et al., (2015): 34 g Kg⁻¹.

Dada essa diferença, observa-se que a concentração de cromo pode variar nos resíduos de um curtume em relação ao outro, sendo necessário que sempre seja feita uma análise do lodo de curtume em que se deseja trabalhar.

Além do potencial de toxicidade do cromo, o sódio, também presente em excesso no lodo de curtume utilizado neste trabalho (Tabela 4), possui o potencial de estresse salino, que acaba por aumentar a condutividade elétrica (CE) no substrato promovendo desregulação osmótica entre células vegetais e a solução do solo (CAVALCANTE et al., 2001), o que pode impactar de forma negativa, na absorção de água das sementes e consequentemente prejudicar a sua germinação.

Nas análises biométricas das mudas, também foram identificadas diferenças estatísticas significativas para altura de plantas. Ao se comparar os resultados dos tratamentos com adição de lodo ao Bioplant[®] e o tratamento sem adição de lodo ao mesmo substrato (TL0), identificou-se ganhos no tamanho médio das plântulas (Tabela 5), onde no substrato com concentração de 70% e 90% de lodo obtiveram-se as maiores médias.

Tabela 5: Médias dos valores de altura da planta (AP); comprimento máximo das raízes (CRAiz); diâmetro do caule (DCA); número de folhas (NF); diâmetro da copa (DCO) de plântulas de pimenteira sob diferentes substratos

Tratamentos	AP	CRAiz	DCA	DCO	NF
..... mm					
TL0	15,8 d	40,5 c	0,25 d	9,50 e	2.50 c
TL10	16,1 cd	49,5 b	0,38 c	14,6 d	3.75 b
TL30	18,4 ab	56,7 a	0,50 b	22,4 a	4.75 a
TL50	17,2 bc	48,9 b	0,55 a	21,4 ab	4.25 ab
TL70	18,6 a	53,5 ab	0,59 a	19,4 b	4.50 ab
TL90	18,5 a	49,8 b	0,53 ab	16,8 c	3.75 b
TP	18,9 a	52,6 ab	0,57 a	22,1 a	4.50 ab
Média	17,7	50,2	0,48	18,0	4,00
DMS*	1,3	5,7	0,66	2,1	0,91
CV(%)**	5,02	7,67	9,37	7,92	15,43

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste t ao nível de 1%;*Diferença Mínima Significativa;**Coeficiente de Variação.

Em comparação com o substrato comercial Provaso[®], as concentrações de lodo de 30%, 70% e 90% associadas ao Bioplant[®] não apresentaram diferenças das médias de alturas de plantas.

Assim como no percentual de germinação, o parâmetro altura de plantas pode estar diretamente relacionado com a presença de maior quantidade de íons essenciais disponíveis no substrato, notadamente o

nitrogênio, visto que o lodo de curtume utilizado nessa pesquisa apresenta 1,7% de nitrogênio total (Tabela 4).

Contudo, os valores alcançados para altura de plantas neste trabalho estão dentro da faixa de valores encontrados por Crispim et al. (2015), onde se trabalhou com mudas de pimenta produzidas em substratos com diferentes concentrações de areia lavada, terra vegetal, substrato comercial Plantmax[®], esterco bovino e esterco caprino onde se obteve altura

de plantas entre 12,8 a 27,5 mm em mudas com 40 dias de idade.

Quanto ao parâmetro de comprimento máximo de raízes (Craiz), a adição de lodo de curtume nas concentrações de 30% e 70% apresentaram médias estatisticamente maiores do que a média de tamanho obtido pelo substrato comercial Bioplant®, sem a adição de lodo, indicando que houve um ganho no desenvolvimento das mudas com a adição do lodo. No entanto, quando comparado ao substrato comercial Provaso®, os substratos com adição de lodo de curtume apresentaram médias semelhantes à média obtida por este substrato.

O diâmetro do caule (DC) apresentou ganhos em relação ao Bioplant® nos tratamentos com a adição de lodo em concentrações de 50%, 70% e 90%, valores estes, que não diferiram significativamente do valor médio obtido pelo Provaso®. A menor média de diâmetro de caule foi obtida pela utilização do Bioplant®.

O ganho de diâmetro do caule provavelmente foi ocasionado pela disponibilidade de nitrogênio presente no lodo de curtume, sendo este elemento, grande responsável pela maior de produção de fitomassa (REBOUÇAS et al., 2010).

Vallone et al. (2010), trabalhando com mudas de cafeeiro produzidas em substrato alternativo com diferentes teores de esterco bovino e palha de arroz também identificou a não existência de diferenças significativas no diâmetro de caule entre os tratamentos alternativos com essas doses comparado aos valores obtidos em substrato comercial, sendo válido ressaltar que as doses de nitrogênio para este trabalho se encontraram próximas de 35 dS.m⁻¹.

O teor de nitrogênio é um fator que interfere diretamente no crescimento vegetal, onde possivelmente a disponibilidade insuficiente deste elemento pode acarretar em menor desenvolvimento da planta (ARAGÃO et al., 2011).

Para o número de folhas (NF) ocorreu ganho nos valores médios com a adição de lodo em todos os tratamentos quando comparados com o substrato Bioplant® sem adição de lodo. Porém, as médias estatisticamente maiores foram identificadas nos

tratamentos com concentração de 30%, 50% e 70% de lodo de curtume.

Os ganhos foliares com adição de lodo possivelmente estão relacionados a maior disponibilidade de nitrogênio no substrato já que o lodo de curtume utilizado apresentou níveis de nitrogênio em sua composição (Tabela 4) e ao se considerar que o nitrogênio é um dos nutrientes essenciais que está diretamente relacionado ao desenvolvimento e ganho de massa foliar na planta (CARNEVALI et al., 2014). As médias desses tratamentos não diferiram estatisticamente da média obtida com substrato comercial Provaso®.

Souza et al. (2013), avaliando o desenvolvimento de mudas de tomate cultivadas em substrato com diferentes proporções de esterco ovino, areia e solo, também identificou uma faixa de concentrações de substrato apresentando resultados estatisticamente semelhantes quando comparados ao substrato comercial convencional para produção de mudas olerícolas.

No parâmetro diâmetro de copa (DCO), também todos os tratamentos com adição de lodo de curtume apresentaram ganhos nos valores médios em relação ao substrato Bioplant®, tratamento este onde se identificou menor média. Porém, os tratamentos com concentração de 30% e 50% de lodo de curtume apresentaram as maiores médias.

Em relação ao parâmetro massa fresca da parte aérea (MFPA), os tratamentos com adição de lodo de curtume apresentaram maiores valores médios somente em relação ao tratamento com o substrato comercial Bioplant® (TL0), porém, em comparação ao substrato comercial Provaso®, não se obteve ganhos nos valores médios (Tabela 6).

Dentre as concentrações testadas, apresentaram maiores médias de massa fresca nos tratamentos com 30% e 70% de lodo de curtume (não havendo diferença estatística significativa entre esses dois tratamentos).

Para as médias de massa fresca da raiz (MFR), os valores médios obtidos nos substratos com adição de lodo também apresentaram aumento em relação ao valor médio do substrato comercial Bioplant®, porém, os substratos com concentrações de 30% e 70% não

apresentaram diferença significativa do substrato comercial Provaso®.

Para os valores de massa seca da parte aérea (MSPA) obteve-se ganhos com adição de lodo de curtume até a concentração de 70% de lodo em relação ao substrato comercial Bioplant®, sendo que os tratamentos com concentração de 30%, 50% e 70% apresentaram os maiores valores, que por sua vez, não diferiram estatisticamente com os valores alcançados pelo substrato comercial Provaso®.

Um fator possivelmente relacionado ao menor ganho de massa da parte aérea das mudas nos tratamentos com elevada adição de lodo (TL90), é que o cromo presente no lodo de curtume desse experimento (Tabela 4), possui capacidade de alterar bioquimicamente células vegetais normais, causando estresse oxidativo e distúrbios na ultraestrutura dos cloroplastos, o que compromete a taxa de fotossíntese diminuindo a produção de massa na planta (PANDA e CHOUDHURI, 2005).

Para os valores de massa seca de raiz (MSR), houve ganhos com a adição do lodo a partir da concentração de 30% em relação ao substrato comercial Bioplant® sem adição de lodo de curtume. Porém as maiores médias foram obtidas nas concentrações de 30% e 70% de lodo, valores estes que

não diferiram estatisticamente da média alcançada pelo substrato comercial Provaso® (Tabela 6).

De forma geral, houve maior produção de matéria seca total (MST) nos tratamentos com adição de lodo nas concentrações de 30% a 70% de lodo misturados ao substrato Bioplant®. Porém, a adição de lodo, em todas as concentrações testadas, gerou ganhos na produção de matéria seca comparado à produção de matéria seca obtida com o substrato comercial Bioplant®.

Em relação ao substrato comercial Provaso®, os tratamentos com adição de lodo a 30% e 70% não diferiram estatisticamente quanto a produção de matéria seca (Tabela 6).

Para o índice de qualidade de mudas de Dickson (IQD), a adição de lodo de curtume gerou aumento na qualidade das mudas para todas as concentrações testadas quando comparadas ao valor do índice gerado e mudas cultivadas no substrato Bioplant® sem adição de lodo de curtume. Todavia, o maior valor para o índice de qualidade das mudas foi atingido com utilização do substrato com adição de lodo de curtume em concentração de 30% (Tabela 6).

O tratamento TL30, também obteve valor médio estatisticamente maior que o valor alcançado pelo substrato comercial Provaso®.

Tabela 6: Médias dos valores de massa seca da parte aérea (MSPA) (mg plântula⁻¹); massa seca das raízes (MSR) (mg plântula⁻¹); massa seca total (MST) (mg plântula⁻¹); massa fresca da parte aérea (MFPA) (mg plântula⁻¹); massa fresca das raízes (MFR) (mg plântula⁻¹); índice de qualidade de Dickson (IQD) de plântulas de pimenteira sob diferentes substratos

Tratamentos	MFPA	MFR	MSPA	MSR	MST	IQD*10 ⁺³
TL0	4,1 e	2,7 d	3,5 c	2,4 c	5,1 e	1,61 f
TL10	15,3 d	4,3 cd	7,8 cd	2,4 c	12,3 d	3,16 e
TL30	21,9 b	7,9 a	18,2 a	6,8 a	25,0 a	9,30 a
TL50	18,1 c	5,5 bc	14,9 ab	4,9 b	19,9 bc	6,34 c
TL70	23,5 b	6,3 abc	17,6 a	5,6 ab	21,7 ab	6,45 bc
TL90	18,1 c	5,7 bc	12,7 b	4,3 b	17,0 c	5,46 d
TP	35,9 a	7,0 ab	17,2 a	5,6 ab	2,28 ab	7,03 b
Média	19,5	5,7	13,0	4,6	17,7	5,62
DMS*	1,98	2,09	3,29	1,52	3,49	0,61
CV(%)**	6,88	25,07	17,19	22,57	13,41	7,37

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste T de Student ao nível de 5% de probabilidade.

*Diferença Mínima Significativa; **Coeficiente de Variação.

De forma geral, a adição de lodo de curtume nas concentrações de 10%, 30%, 50%, 70% e 90% ao substrato Bioplant[®] proporcionou ganhos em todas as características avaliadas neste estudo quando comparadas com as mudas produzidas com Bioplant[®] sem adição de lodo, sendo que dentre as concentrações testadas a concentração de 30% de lodo obteve os melhores resultados. No entanto, a adição de lodo de curtume gerou resultados estatisticamente inferiores quando comparados com o substrato comercial Provaso[®], embora os tratamentos com lodo de curtume tenham condicionado maior percentual de germinação.

Uma vantagem da utilização do lodo de curtume é que pelo fato de ser resíduo que não possui custos para aquisição, quando utilizado em locais de cultivo próximo à fontes de geração desse resíduo, os custos de produção podem ser reduzidos.

É relevante também destacar que, a utilização do lodo de curtume como aditivo ao substrato, carece de constantes análises químicas para monitoramento das características químicas do lodo.

Possivelmente, em níveis de concentração entre 30% e 70% de lodo, o substrato oferece disponibilidade de nutrientes de forma satisfatória para o desenvolvimento da muda, já que o lodo possui relevante quantidade de matéria orgânica e elementos essenciais ao desenvolvimento das plantas como N, P, K, Ca, Mg, S.

Contudo, a partir desses níveis de concentração, o desenvolvimento das mudas de pimenta possivelmente pode estar sofrendo efeito tóxico de elementos como o cromo e o sódio, presentes em elevado teor no lodo de curtume utilizado (Tabela 4).

A fitotoxicidade do cromo presente no lodo de curtume é discutido por outros autores, como Berilli et al. (2015), que avaliou os níveis de cromo em diferentes partes de mudas de café produzidas por substrato à base de lodo de curtume.

Estudos a respeito da quantidade de cromo no fruto das pimentas são recomendados, para verificação do potencial de risco ou benefício desse elemento, uma vez que o cromo é um elemento já presente em boa parte dos alimentos diariamente consumidos, e apontado como elemento de importância na suplementação alimentar, principalmente de atletas (SILVA, 2014).

Embora o lodo de curtume seja um material com potencial teor de cromo devido a sua origem, é relevante ressaltar que sua aplicação no solo passa por efeito de diluição, além de ser retido em sua maior parte nas raízes das plantas, e em menor proporção em grãos e frutos (CAVALLET, SELBACH, GIANELLO 2007; SOUZA, DA SILVA, FERREIRA, 2011; RUSCITTI, RONCO, BELTRANO, 2011), concentrações estas que podem ser ainda mais reduzidas quando em cultivos com associações de fungos micorrízicos (RUSCITTI, RONCO, BELTRANO, 2011).

Além do potencial excesso de cromo, no lodo de curtume utilizado também foi identificado um alto teor de sódio, elemento com potencial para geração de estresse salino nos substratos o que pode prejudicar o desenvolvimento normal de mudas (ROSTAMI, SADEGHI, HOSSEINI, 2016).

As curvas de regressão apontam um padrão de resposta parecida para todas as características onde há um desenvolvimento crescente para cada característica até a concentração de 50% de lodo de curtume ao substrato Bioplant[®], com queda no desenvolvimento a partir daí, o que indica que pode haver um possível desequilíbrio nutricional gerando condições prejudiciais ao desenvolvimento das mudas. Foram alcançados altos valores para o coeficiente de determinação (R^2) (Figura 2), indicando que as curvas de regressão linear de segunda ordem são representativas para os dados deste experimento.

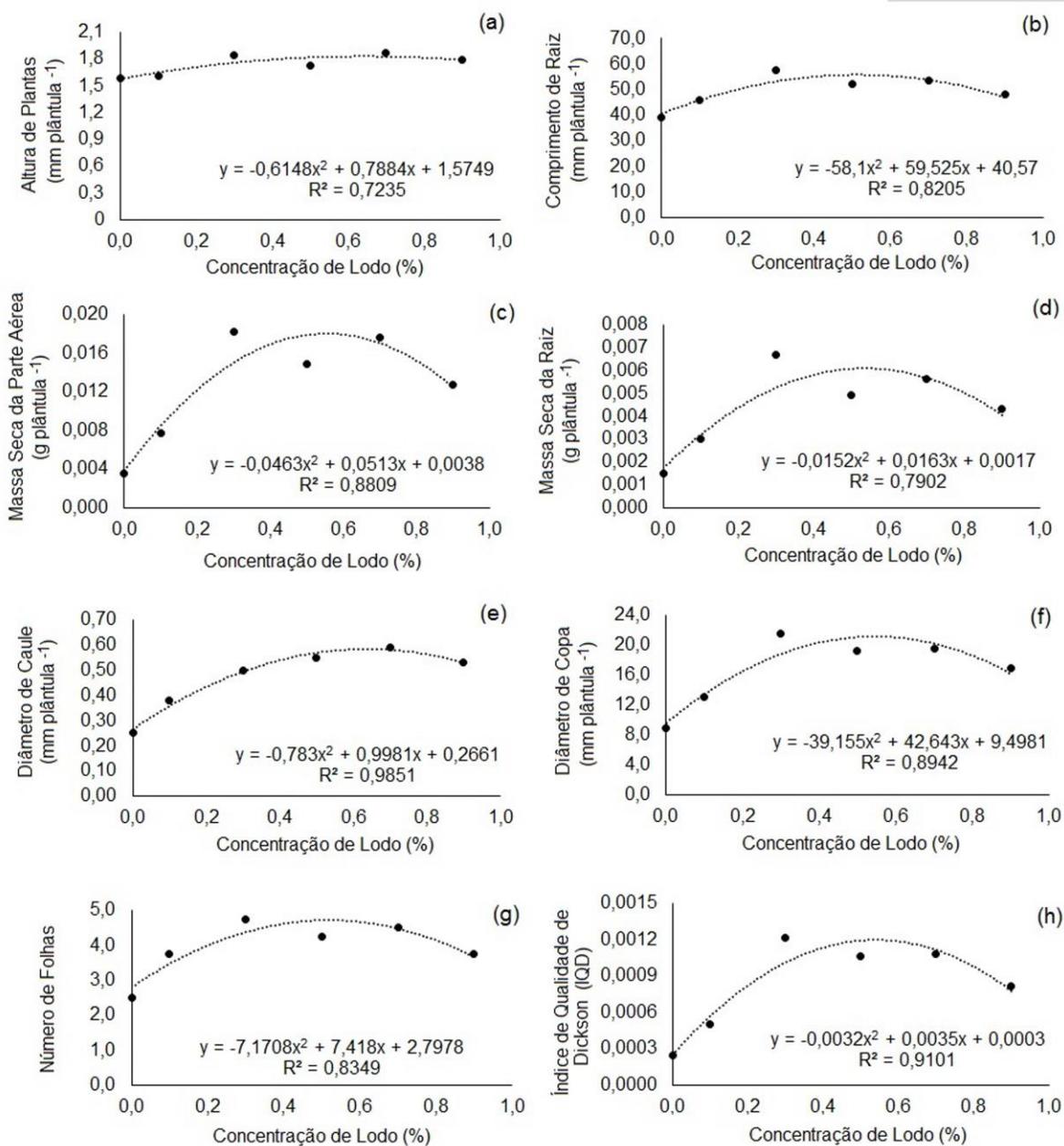


Figura 2. Regressões lineares de segunda ordem para os parâmetros biométricos e gravimétricos avaliados em mudas de pimenta bico em substratos com diferentes concentrações de lodo de curtume bovino e substrato comercial Bioplant®: 10%, 30%, 50%, 70% e 90% de lodo de curtume.

Para altura das plantas observa-se um crescimento gradativo até a concentração de 70% de lodo com posterior decréscimo (Figura 2 a).

Os valores estimados de regressão apontam para valor ótimo de altura em concentrações de lodo entre 50% e 70% (Tabela 7).

Tabela 7 - Concentrações ótimas estimadas para lodo de curtume % (Xv) e valores máximos de (Yv) para altura de plantas (AP) (mm plântula⁻¹), comprimento máximo das raízes (CR) (mm plântula⁻¹); diâmetro do caule (DCA) (mm plântula⁻¹); número de folhas (NF); diâmetro da copa (DCO) (mm plântula⁻¹); massa seca da parte aérea (MSPA) (g plântula⁻¹); massa seca das raízes (MSR) (g plântula⁻¹); índice de qualidade de Dickson (IDQ*10⁵) de plântulas de pimenteira bico estimados de acordo com a análise de regressão lineares de segunda ordem.

	AP	CRaiz	DCA	NF	DCO	MSPA	MSR	IDQ
 mm plântula ⁻¹ g plântula ⁻¹			
Xv	64,12	51,22	63,73	51,72	54,45	55,40	53,62	52,66
Yv	1,82	5,58	0,58	4,71	21,11	0,18*	0,06*	7,84**

*Valores multiplicados por 10;

** Para os valores de IDQ multiplicados por 10⁺³.

Quanto ao comprimento máximo das raízes o comportamento do desenvolvimento das mudas apresentou aumento gradativo até concentração de 30% de lodo com posterior decréscimo gradativo a partir de 50% de adição de lodo de curtume (Figura 2 b).

A curva de tendência aponta para valores ótimos estimados para concentração próxima de 50% de lodo (Tabela 7). Possivelmente, a adição de lodo em níveis inferiores à 30% geral condições de insuficiente disponibilidade de nutrientes e, adições de lodo em níveis de concentração a partir de 50% podem causar toxicidade às mudas de pimenta. Berilli et al. (2014), trabalhando com mudas de café produzidas em substratos com diferentes proporções de adição de lodo de curtume, identificou alterações na quantidade de cromo alocado nas raízes de cafeeiros, com potencial para causar toxidez às plantas.

Para os valores de massa seca da parte aérea (MSPA) obtidos neste estudo, identificou-se desenvolvimento com aumento gradativo até o nível de 30% de concentração de lodo de curtume com posterior diminuição nas concentrações acima desse nível (Figura 2, c).

Não diferente, os valores encontrados para massa seca da raiz (MSR) possibilitam observar desenvolvimento das mudas de pimenta com aumento gradativo de matéria seca até a concentração de 30% de lodo com posterior diminuição nas concentrações acima desta (Figura 2, d).

Já para o diâmetro de caule (DC) observa-se que houve aumento gradativo nos valores até a concentração de 70% de lodo com decréscimo na concentração de 90% de lodo (Figura 2, e).

O diâmetro de copa (DCO) apresentou aumento gradativo até a concentração de 30% de lodo de curtume com posterior diminuição para as concentrações acima desta (Figura 2, f).

Para o número de folhas (NF) os valores indicam aumento gradativo até a concentração de 30% de lodo com posterior decréscimo nas concentrações superiores (Figura 2, g).

Quanto ao índice de qualidade de Dickson (IDQ), observa-se aumento gradativo nos valores até a concentração de 30% (Figura 2, h) de lodo com decréscimo para as concentrações superiores a 30%.

De forma geral, a adição de lodo de curtume ao substrato Bioplant[®] proporcionou efeitos positivos para a germinação das sementes de pimenta em relação ao Provaso[®]. Os melhores resultados quanto ao desenvolvimento das mudas foi atingido com substrato comercial Provaso[®] e com o substrato Bioplant[®] acrescido de lodo de curtume bovino na concentração entre 30 e 70% de lodo.

CONCLUSÃO

A adição de lodo de curtume em concentração de 10% de lodo ao substrato comercial Bioplant[®] apresentou resultados satisfatórios para a germinação das sementes de pimenta bico.

O substrato à base de Bioplant[®] acrescido de lodo de curtume nas concentrações de 30% e 70% apresentaram vantagens no desenvolvimento das mudas de pimenta.

A adição de lodo de curtume ao substrato comercial Bioplant[®] na concentração de 30% de lodo resultou em maior qualidade das mudas pelo índice de qualidade de Dickson.

REFERÊNCIAS

- ALVES, V. C. e BARBOSA, A. S. Práticas de gestão ambiental das indústrias coureiras de Franca-SP. *Gest. Prod.*, v.20, n.4, 2013.
- ARAGÃO, V. F.; FERNANDES, P. D.; GOMES FILHO, R. R.; SANTOS NETO, A. M.; CARVALHO, C. M.; e FEITOSA, H. O. Efeito de diferentes lâminas de irrigação e níveis de nitrogênio na fase vegetativa do pimentão em ambiente protegido. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, v.5, n.4, p. 361-375, 2011.
- ASSUNÇÃO, P. E. V. Dispendios e viabilidade econômica da produção de pimenta no sul de Goiás. *Revista de Política Agrícola*, v. 22, n.3, p.110-118, 2013.
- BARNABÉ CERQUEIRA, F., FREITAS, G. A., SANDI, F., CARNEIRO, J. S., GIACOMINI, I., e NERES, J. C. I. Substratos e recipientes no desenvolvimento de mudas de pepino em alta temperatura. *Global Science Technology*, v.8, n.2, p. 61-73, 2015.
- BERILLI, S. S., BERILLI, A. P. C. G., CARVALHO, A. J. C., FREITAS, S. J., e FONTES, P. S. F. Níveis de cromo em mudas de café conilon desenvolvidas em substrato com lodo de curtume como adubação alternativa. *Coffe Science*, v.10, n.3, p. 320-328, 2015.
- BERILLI, S. S., QUIUQUI, J. P. C., REMBINSKI, J., SALLA, P. H. H., BERILLI, A. P. C. G., e LOUZADA, J. M. Utilização de lodo de curtume como substrato alternativo para produção de mudas de café conilon. *Coffe Science*, v.9, n.4, p. 472-479, 2014.
- CARNEVALI, T. O., VIEIRA, M. C. V., CARNEVALI, H. H. S., GONÇALVES, W. V., ARAN, H. D. V. R., e HEREDIA ZARATE, N. A. Adubos orgânicos na produção de biomassa de *Schinus terebinthifolius* Raddi (pimenta rosa). *Cadernos de Agroecologia*, v.9, n.4, 2014.
- CAVALCANTE, L. F., CARVALHO, S. S., LIMA, E. M., FEITOSA FILHO, J. C., & SILVA, D. A. Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade da água. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.23, n.2, p. 455-459, 2001.
- CAVALLET, L. E.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C. Concentração de crômio no sistema solo-planta-percolado em função da aplicação de resíduos de curtume em um argissolo de Estância Velha (RS). *Scientia Agraria*, v.8, n.1, p.87-93, 2007.
- COSTA, E.; PRADO, J. C. L.; CARDOSO, E. D.; BINOTTI, F. F. S. Substrate from vermiculite and cattle manure for ornamental pepper seedling production. *Horticultura Brasileira*, v.33, n.2, p.163-167, 2015.
- CRISPIM, J. G., RÊGO, E. R., PESSOA, A. M. S., e RÊGO, M. M. Utilização de substratos alternativos na produção de pimenteira ornamental (*Capsicum sp. L.*). *Cadernos de Agroecologia*, v.10, n.2, 2015.
- DA SILVA I, G. R., AMARAL, I. G., GALVÃO, J. R., PINHEIRO, D. P., SILVA JUNIOR, M. L. e MELO, M. C. Uso do lodo de curtume na produção de plantas de açaizeiro em fase inicial de desenvolvimento. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v. 10, n.4, p. 506-511, 2015.
- GIANELLO, C.; DOMASZAK, S. C.; BORTOLON, L.; KRAY, C. H. MARTINS, V. Viabilidade do uso de resíduos da agroindústria coureiro-calçadista no solo. *Ciência Rural*, v.41, n.2, p. 242-245, 2011.
- LINS, H.A., FERRAZ, J. C. B., COSTA, J. A., ALMEIDA NETO, I. P. e PIMENTA, T. A. Análise germinativa de sementes comerciais de coentro (*Coriandro sativum L.*) in Serra Talhada – PE. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, v.10, n.2, p. 05-07, 2015.
- MALAFAIA, G.; GUIMARÃES, A. T. B.; ESTRELA, D. C.; SILVA, W. A. M.; MENDES, B. O. e RODRIGUES, A. S. L. Encorajamento de estudos sobre a toxicidade induzida pela exposição a efluentes de curtume. *Revista Saúde e Biologia*, v.9, n.2, p. 01-03, 2014.
- MAPA. Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. *Manual de métodos analíticos oficiais para fertilizantes e corretivos*. Brasília, DF: Ministério da Agricultura Pesca e Abastecimento, 2013. Disponível em: <http://sistemasweb.agricultura.gov.br/arquivosislegis/a>

[nexos/arquivos/1204363.PDF](#). Acesso em: 16 mar. 2017.

MARIANI, A. MOTTA, I. S.; PADOVAN, M. P.; CARNEIRO, L. F.; COSTA, K. F.; SANTOS, M. C. S. Substratos alternativos com húmus de minhoca na produção de mudas de chicória. *Cadernos de Agroecologia*, v.9, n.4, 2014.

MARTINS, L. M.; e MOITA NETO, J. M. Uso de RIAM na avaliação de impactos ambientais de curtumes. *Revista Eletrônica do PRODEMA*, v.9, n.2, p. 41-52, 2015.

NETO, J. J. S., RÊGO, E. R., BARROSO, P. A., NASCIMENTO, N. F. F., BATISTA, D. S.; SAPUCAY, M. J. L. C. e RÊGO, M. M. Influência de substratos alternativos para produção de pimenteira ornamental (*Capsicum annuum* L.). *Agropecuária Técnica*, v.34, n.1, p. 21-29, 2013.

OLIVEIRA, F. A.; MEDEIROS, J. F.; LINHARES, P. S. F.; ALVES, R. C.; MEDEIROS, A. M. A.; e OLIVEIRA, M. K. T. Produção de mudas de pimenta fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. *Horticultura Brasileira*, v.32, n.4, p. 458-463, 2014.

PANDA, S. K. e CHOUDHURY, S. Changes in nitrate reductase activity and oxidative stress response in the moss polytrichum commune subjected to chromium, copper and zinc phytotoxicity. *Brazilian Journal Plant Physiology*, v.17, n.2, p. 191-197, 2005.

PASSATO, E. L., SCARAMUZZA, W. L. M. P., WEBER, O. L. S., BRESSIANI, A. L. e COLEGARIO, N. Atributos químicos de um cambissolo e crescimento de mudas de eucalipto após adição de lodo de curtume contendo cromo. *Revista Árvore*, v.38, n.5, p. 847-856, 2014.

QUADRO, M. S., TEDESCO, M. J., GIANELLO, C., BARCELOS, A. A., ANDREAZZA, R. e BORTOLON, L. Crescimento da cultura da cenoura após aplicações de resíduos de curtume e carboníferos no solo. *Bioscience Journal*, v.31, n.1, p. 127-134, 2015.

REBOUÇAS, J. R. L., DIAS, N. S., GONZAGA, M. I. S., GHEYI, H. R. e SOUSA NETO, O. N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água

residuária de esgoto doméstico tratado. *Revista Caatinga*, v.23, n.1, p. 97-102, 2010.

ROSTAMI, L., SADEGHI, H. e HOSSEINI, S. Response of caper plant to drought and different ratios of calcium and sodium chloride. *Planta Daninha*, v.34, n.2, p. 259-266, 2016.

RUSCITTI, M.; RONCO, M.; BELTRANO, J. Inoculation with mycorrhizal fungi modifies proline metabolism and increases chromium tolerance in pepper plants (*Capsicum annuum* L.). *Brazilian Journal Plant Physiology*, v.23, n.1, p.15-25, 2015.

SILVA F. A. S.; e AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *Afr. J. Agric. Res.*, v.11, n.39, p. 3733-3740, 2016.

SILVA JÚNIOR, J. V. DA.; BACKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; BRITO, L. P. S.; AVELINO, R. C.; e CAVALCANTE, I. H. L. Aproveitamento de materiais alternativos na produção de mudas de tomateiro sob adubação foliar. *Ciência Agrônômica*, v. 45, n. 3, p. 528-536, 2014.

SILVA, B. R., SCHARDOSIM, S. E., SELAU, D. E., CANDIA, A. S. S. F.; e SEIBERT, E. Avaliação da germinação e do desenvolvimento das mudas de diferentes variedades de pimentas. *Revista Técnico Científica do IF-SC*, v. 2, n. 2, p. 719, 2013, A.

SILVA, J. D. C., LEAL, T. T. B., ARAÚJO, R. M., GOMES, R. L. F., ARAÚJO, A. S. F.; e MELO, W. J. Emergência e crescimento inicial de plântulas de pimenta ornamental e celosia em substrato à base de composto de lodo de curtume. *Ciência Rural*, v. 41, n. 3, p. 412-417, 2011.

SILVA, L. F. M. *Teor de cromo em alimentos e ingestão dietética de cromo por atletas de basquetebol*. 2014. 89 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, RJ, 2014.

SILVA, M. D. M. LEAL, T. T. B.; ARAÚJO, R. M.; GOMES, R. L. F.; ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. Heavy metals in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) after

tannery sludge compost amendment. *Chilean Journal of Agricultural Research*, v. 73, n. 3, p. 282-287, 2013, B.

SIMÕES, A. C., ALVES, K. E. B. G., FERREIRA, R. L. F. e ARAÚJO NETO, S. E. Qualidade da muda e produtividade de alface orgânica com condicionadores de substrato. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 1, p. 521-526, 2015.

SOUZA, E. G. F., BARROS JÚNIOR, A. P., SILVEIRA, L. M., SANTOS, M. G.; e SILVA, E. F. Emergência e desenvolvimento de mudas de tomate IPA 6 em substratos, contendo esterco bovino. *Revista Ceres*, v. 60, n. 6, p. 902-907, 2013.

SOUZA, E. P.; DA SILVA, I. F.; FERREIRA, L. E. Mecanismos de tolerância a estresses por metais pesados em plantas. *Revista Brasileira de Agrociências*, v.17, n.2-4, p.167-173, 2011.

VALLONE, H. S., GUIMARÃES, R. J., MENDES, A. N. G., SOUZA, C. A. S., CUNHA, R. L. & DIAS, F. P. Diferentes recipientes e substratos na produção de mudas de cafeeiros. *Ciência Agrotec.*, v. 34, n. 1, p. 55-60, 2010.