

NÍVEIS DE CROMO EM MUDAS DE CAFÉ CONILON DESENVOLVIDAS EM SUBSTRATO COM LODO DE CURTUME COMO ADUBAÇÃO ALTERNATIVA

Sávio da Silva Berilli¹, Ana Paula Candido Gabriel Berilli², Almy Júnior Cordeiro de Carvalho³,
Silvio de Jesus Freitas⁴, Maura da Cunha⁵, Patrícia Soares Furno Fontes⁶

(Recebido: 01 de setembro 2014 ; aceito: 07 de novembro de 2014)

RESUMO: A utilização de subprodutos das indústrias de beneficiamento de couro representa na agricultura um grande avanço nos processos de produção, ciclagem de nutrientes e consciência agroecológica. No entanto, o uso do lodo de curtume como substrato de mudas apresenta a presença de cromo, sendo este, considerado um elemento nocivo ao meio ambiente em condições específicas. O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina, objetivando identificar os níveis de acumulação de cromo nos tecidos, assim como, o desenvolvimento das mudas de café conilon propagadas durante quatro meses, em casa de vegetação, em substrato enriquecido com lodo de curtume como fonte de adubação alternativa. O delineamento experimental adotado foi em blocos casualizados com cinco tratamentos, quatro proporções de terra e lodo de curtume bovino desidratado (10, 20, 30 e 40% de lodo) e um substrato convencional de produção de mudas de café conilon. Foram avaliados os níveis de cromo nas diferentes partes das mudas e parâmetros biométricos do desenvolvimento, desde o plantio das estacas até os 120 dias. O órgão da planta que mais acumulou cromo nos tecidos foi a raiz, seguido das folhas e caules. O padrão de desenvolvimento vegetativo das mudas foi afetado pelas doses de lodo no substrato.

Termos para indexação: Sustentabilidade, nutrição, couro, *Coffea canephora*.

CHROMIUM LEVELS IN CONILON COFFEE SEEDLINGS DEVELOPED IN SUBSTRATE WITH TANNERY SLUDGE AS ALTERNATIVE MANURE

ABSTRACT: The use of by-products of the leather processing industries in agriculture represents a major breakthrough in production processes, nutrient cycling and agro-ecological awareness. However, the use of tannery sludge as seedling's substrate shows the presence of chromium, considered a harmful element, under specific conditions, to the environment. The experiment was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Espírito Santo - Campus Itapina, aiming to identify the levels of chromium accumulation in tissue, as well as, the development of conilon coffee seedlings that were propagated for four months in a greenhouse, in substrate enriched with tannery sludge as an alternative source of fertilizer. The experimental design consisted of randomized blocks, with five treatments, four ratios of soil and dehydrated bovine tannery sludge (10, 20, 30 and 40% sludge) and a conventional substrate of Conilon seedlings production. Levels of chromium were evaluated in different parts of seedlings and on biometric parameters of development, from planting the cuttings until 120 days. The plant organ, which most accumulated chromium in its tissues, was the roots, followed by the leaves and the stems. The pattern of seedlings vegetative growth was affected by the levels of silt in the substrate.

Index terms: Sustainability, nutrition, leather, *Coffea canephora*.

1 INTRODUÇÃO

A possibilidade de reutilização dos resíduos de curtume na agricultura amplia as chances de sucesso de uma destinação segura e equilibrada. Para isso, estudos referenciando o uso de lodos de curtumes, lodos urbanos, torta de filtro ou vinhaça na cana-de-açúcar vêm revelando o quanto é importante o aproveitamento destes resíduos, no âmbito econômico, agrônomo e industrial (BEBÉ et al., 2008; CASTILHOS; TEDESCO; VIDOR, 2002; CORRÊA et al., 2006; DAUDT; GRUSZYNSKI; KÄMPF, 2007; SERRANO et al., 2006).

Os estudos da utilização de resíduos da indústria de couros bovinos na agricultura já vem

sendo relatada por vários autores, tais como as raspas ou serragem de rebaixamento de couros wet-blue, estudados por Daudt, Gruszynski e Kämpf (2007), onde demonstram o potencial de uso na composição de substrato de mudas de plantas ornamentais, até o limite de 50% do volume do substrato. Porém, estudos realizados por Gianello et al. (2011), com utilização de aparas de couros associada a adubos NPK e calcário, na forma de adubação de cobertura nas culturas do sorgo e rabanete demonstram que não houve ganho de crescimento com os tratamentos com resíduo de couros, apesar de seu potencial como fonte de adubação nitrogenada.

^{1,2,6}Instituto Federal do Espírito Santo - Campus Itapina - Rod. BR 259 - Km 70 - Cx. P. 256 - 29.709-910 - Colatina -ES
savio.berilli@ifes.edu.br, ana.berilli@ifes.edu.br, patricia.fontes@ifes.edu

^{3,4,5}Universidade Estadual do Norte Fluminense - Av. Alberto Lamego, 2000 - Parque Califórnia - 28.013-602 - Campos -RJ
almy@pesquisador.cnpq.br, freitassj@yahoo.com.br, maura@uenf.br

Apesar de muitos trabalhos relatarem os benefícios da utilização dos resíduos de curtume nas suas diferentes formas, notadamente o lodo de curtume, esses trazem referência às características negativas do resíduo, as quais estão normalmente relacionadas ao conteúdo de cromo e sódio contidos nestes lodos, de modo que, quanto maiores as quantidades de lodo aplicado ou quanto maior a frequência de aplicação dos lodos em uma mesma área, maiores são os riscos de contaminação ambiental, devido ao acúmulo de cromo e sódio (DAUDT; GRUSZYNSKI; KÄMPF, 2007; GIANELLO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2008).

A presença de cromo em níveis tóxicos, nos tecidos vegetais está relacionada ao estresse oxidativo, envolvendo a peroxidação de lipídeos, podendo causar severos danos às membranas celulares. Esse estresse oxidativo por cromo desencadeia a degradação de pigmentos fotossintéticos, induzindo distúrbios na ultraestrutura dos cloroplastos, afetando o aparelho fotossintético e comprometendo o crescimento vegetal (PANDA; CHOUDHURY, 2005). Portanto, altos níveis de cromo nos tecidos vegetais podem comprometer a produtividade e a qualidade da fotossíntese dos vegetais adubados com lodos de curtume, os quais possuem tal elemento na sua composição.

Estudos envolvendo o crescimento vegetativo e a taxa de acumulação e translocação de cromo para os tecidos vegetais de plantas cultivadas com adubação feita com lodo de curtume possibilita elucidar questões importantes referentes ao uso do lodo, como fonte de adubação alternativa de baixo custo (BERILLI et al., 2014; MACEDO et al., 2012).

A quantidade a ser aplicada em lavouras ou a proporcionalidade do lodo utilizado em substratos de mudas está relacionado diretamente com a tolerância das plantas testadas, assim como ao tênue ponto de equilíbrio entre a disponibilidade de nutrientes presentes no lodo e seu potencial tóxico. Muitos trabalhos vêm relatando as variações de acumulação de cromo nos tecidos e seus efeitos tóxicos para as plantas (GIANELLO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2008; PANDA; CHOUDHURY, 2005), porém, nada foi relatado em plantas de café, até o momento.

A cafeicultura é uma atividade importante para vários estados brasileiros, notadamente o Espírito Santo, onde grande parte de seu parque cafeeiro (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner), está sendo renovado por cultivares

mais produtivas. Neste contexto, a possibilidade de produção de mudas com adubação alternativa, utilizando o lodo de curtume desidratado, se torna especialmente interessante, visto que resíduos de curtume no ES são descartados em lixões industriais, com grande potencial de contaminação por acumulação. Tendo-se em vista o potencial de uso agrícola do lodo de curtume e a necessidade das indústrias de couro bovino se tornarem mais sustentáveis, objetivou-se, neste trabalho, identificar o nível de acumulação de cromo nos tecidos de mudas de café conilon, propagadas em substrato enriquecido com lodo de curtume, como fonte de adubação alternativa e seus efeitos no desenvolvimento das mudas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo - Campus Itapina (IFES-Campus Itapina), localizado no município de Colatina, região noroeste capixaba, na área experimental do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, com coordenadas geográficas de 19° 32' 22" de latitude sul; 40° 37' 50" de longitude oeste e altitude de 71 metros. O experimento foi conduzido em viveiro de propagação de mudas de café, sendo o delineamento experimental de blocos casualizados, com cinco tratamentos e cinco repetições, sendo consideradas 30 mudas por repetição para cada tratamento, totalizando 150 plantas, por blocos e 750 plantas, em todo o experimento.

Os tratamentos constaram de quatro concentrações diferentes da mistura com lodo de curtume desidratado, sendo estes: T10; T20; T30; T40 e TC (tratamento convencional) o que corresponde às proporções de 10%, 20%, 30% e 40% do volume total do substrato misturado com solo, e o TC (terra de barranco – esterco bovino – adubos químicos), que é uma mistura considerada tradicional pelos produtores de mudas de café conilon, na região norte do ES. O genótipo utilizado para esse trabalho foi a variedade do café conilon clonal Vitória Incaper 8142 (FERRÃO et al., 2007). Esta variedade possui 13 clones, porém, para fins de experimentação, somente o clone V8 foi testado, sendo considerado por produtores da região o mais vigoroso. A composição dos tratamentos T-C; T10; T20; T30; T40 estão detalhados na Tabela 1, a seguir:

O solo utilizado para as misturas dos substratos com os tratamentos com lodo e tratamento convencional é classificado como um latossolo vermelho distrófico com as características descritas na Tabela 2:

O lodo de curtume foi cedido pela empresa Capixaba Couros LTDA ME, situada na Rua Projetada nº 30, Distrito Industrial, CEP: 29730-

000, Baixo Guandu - ES. Após o processamento do couro bovino cru, o lodo é liberado na forma líquido-concentrada, com 97% de umidade (base seca). Na sequência, o lodo foi colocado em tanques de evaporação até atingir umidade de, aproximadamente, 13,8 % (base seca). As características do lodo desidratado utilizado nesse experimento podem ser observadas na Tabela 3:

TABELA 1 - Descrição dos tratamentos contendo o tratamento convencional – TC, as diferentes proporções de lodo de curtume (10, 20, 30 e 40% de lodo) e solo.

| Tratamento | Componente do substrato |
|------------|--|
| TC | 136L de solo, 625g de superfosfato simples, 200g de calcário, 200g de KCl e 36L de esterco bovino. |
| T-10% | 10% de Lodo de curtume + solo |
| T-20% | 20% de Lodo de curtume + solo |
| T-30% | 30% de Lodo de curtume + solo |
| T-40% | 40% de Lodo de curtume + solo |

TABELA 2 - Características químicas do solo usado como componente do substrato das mudas.

| pH | P | K | Ca | Mg | Al | Na | C | M.O. | SB | T | t | m | V | Fe | Cu | Zn | Mn | S | B |
|----|-----------------------|----|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|-------------------|-------------------|---------------------------|----------------------|-----------------|-----------------|----|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | -mg/dm ³ - | | -----cmol/dm ³ ----- | -----cmol/dm ³ ----- | -----cmol/dm ³ ----- | % | g/dm ³ | g/dm ³ | --cmol/dm ³ -- | cmol/dm ³ | dm ³ | dm ³ | % | mg/dm ³ | mg/dm ³ | mg/dm ³ | mg/dm ³ | mg/dm ³ | mg/dm ³ |
| 5 | 5 | 48 | 0,8 | 1,3 | 0 | 0,03 | 0,47 | 8,1 | 2,3 | 3,1 | 2,3 | 0 | 74 | 7 | 0,6 | 0,8 | 7,9 | 112 | 0,4 |

Obs: SB: soma de bases; m: saturação de alumínio; V: saturação de base; T: CTC a pH 7; t: CTC efetiva.

TABELA 3 - Características físicas e químicas do lodo de curtume bovino desidratado usado no substrato das mudas.

| pH | N | P | K | Ca | Mg | C | C.E. | Cr | Na | Fe | Cu | Zn | Mn |
|-------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | dS/m | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- | -----mg/dm ³ ----- |
| 12,30 | 37 | 0,09 | 0,8 | 27 | 1 | 9,3 | 17,30 | 9952 | 550 | 57 | 1 | 1 | 1 |

As mudas foram produzidas a partir de estacas obtidas do tecido adulto de ramos ortotrópicos, retiradas de lavouras com bom aspecto fitossanitário e nutricional. Após a retirada dos ramos das plantas-mãe, estes foram encaminhados para a casa de vegetação, local onde foram eliminados 30 cm das extremidades dos ramos ortotrópicos (ramos contendo várias estacas). Em seguida, foi realizada a padronização das estacas com 6 a 8 cm de altura e folhas com 1/3 do limbo foliar. As estacas foram plantadas em sacolas de polietileno com dimensões de 11x20 cm, previamente enchidas com os substratos com 30 dias de antecedência da implantação do experimento. As irrigações foram feitas diariamente durante todo o experimento por microaspersor, mantendo sempre a capacidade de campo dos substratos do experimento. Para a avaliação das características iniciais das estacas, como a massa fresca e seca inicial, foram amostradas 50 estacas, e consideradas as médias iniciais para todos os tratamentos, para fins de análises de regressão.

O experimento teve duração de 120 dias, contados desde o plantio das estacas até a última avaliação, sendo que após o plantio das estacas, foram feitas avaliações mensais das características de número de folhas, altura da muda, diâmetro da copa, diâmetro do caule (paquímetro digital) e análises gravimétricas como massa fresca e seca da parte aérea, raiz e planta inteira (estufa de circulação forçada a 70 °C, até atingir peso constante para as massas secas). Para a pesagem das massas da parte aérea (caule e folhas), toda a estaca foi considerada, ou seja, a estaca plantada com suas folhas iniciais e as novas brotações; no entanto, quanto ao número de folhas, somente as folhas novas foram consideradas. Após a secagem em estufa, as amostras de tecidos foram trituradas em moinho de facas, tipo Willey equipado com peneira de 2 mm de diâmetro de abertura de malha. A análise de cromo foi realizada através de digestão úmida com $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$, e determinada pelo método proposto por Silva (1999). Os níveis de cromo em caules não foram detectados em grande parte das amostras, ou quando foram, obtiveram valores inexpressíveis, sendo que não foram usados para a análise estatística de média separadamente, sendo esses resultados usados para compor a somatória da parte aérea das análises (folha + caule) e análises de regressão.

Os dados dos níveis de cromo nos tecidos foram submetidos à análises de variância, pelo teste

F, e as médias, comparadas pelo teste de Duncan ($p < 0,05$). Para os dados quantitativos de cromo nos tecidos e para os dados de desenvolvimento das mudas, os graus de liberdade para tratamentos foram desdobrados, via análise de regressão. As regressões foram selecionadas, de acordo com o nível de significância (R^2). As análises estatísticas foram realizadas pelo Programa R (versão 2.15.1) e os gráficos foram gerados pelo programa Origin (versão 9.0 Professional – Academic).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de crescentes doses de lodo de curtume, no substrato das mudas de café conilon, mostrou-se influente na quantidade de cromo alocado nas diferentes partes das mudas de café, como folhas e raízes. Além disso, as diferentes doses de lodo também proporcionaram padrões de crescimento diferenciados entre os tratamentos (Tabela 4).

O padrão de fixação de cromo pela planta ocorre de forma diferente, dependendo dos tecidos envolvidos. Ao se observar o nível de cromo encontrado nas folhas das mudas de café, somente o tratamento com aplicação de 20% de lodo desidratado no substrato apresentou diferenças significativas, com relação ao tratamento convencional (Tabela 4). Todos os outros tratamentos com aplicação de lodo não diferiram estatisticamente da testemunha, indicando que a quantidade de cromo nas folhas de mudas desenvolvidas em substratos enriquecidos com lodo de curtume desidratado, é a mesma de folhas sem a aplicação do lodo, permanecendo relativamente constante.

Estes resultados demonstram também que, naturalmente, o solo ou adubos apresentam traços de cromo que as mudas de café absorvem e alocam nas folhas, pois mesmo o tratamento sem adição de lodo, apresentou, quando comparado aos demais tratamentos, quantidades equivalentes de cromo nas folhas das mudas de café. Aquino Neto e Camargo (2000), estudando o efeito da aplicação de lodo de curtume no desenvolvimento e acúmulo de cromo em plantas de alface, observaram que, quando aplicadas dosagens de 38 ou 57 t/ha, ocorreu pouca variação do nível de cromo na parte aérea das plantas, com valores em torno de 8 mg/kg. Os valores observados por estes autores, foram bem acima dos observados neste experimento (neste caso, no máximo 2,2 mg/kg). Estes autores observaram que dosagens menores apresentaram quantidades maiores de cromo na parte aérea.

TABELAS 4 - Médias dos níveis de cromo na folha, raiz, parte aérea e planta inteira de mudas clonais de café conilon cultivadas em substrato convencional ou com diferentes concentrações de lodo de curtume desidratado, associada à terra de barranco.

| Tratamento | Folha (mg/kg) | Raiz (mg/kg) | Parte aérea (mg/kg) | Planta (mg/kg) |
|------------|---------------|--------------|---------------------|----------------|
| T-C | 1,332 b | 0,686 c | 1,333 c | 2,018 c |
| T-10 | 1,940 ab | 24,76 b | 2,001 bc | 26,76 b |
| T-20 | 2,192 a | 35,78 ab | 2,412 b | 38,19 ab |
| T-30 | 1,388 b | 45,68 a | 2,508 b | 48,19 a |
| T-40 | 1,626 ab | 46,69 a | 3,306 a | 49,99 a |
| Média | 1,696 | 30,72 | 2,311 | 33,29 |
| CV (%) | 30,04 | 36,57 | 22,03 | 33,90 |

Médias seguidas de letras distintas entre si na coluna diferem estatisticamente entre si pelo teste Duncan, ao nível de 5%.

De acordo com Panda e Choudhury (2005), a presença de cromo nos tecidos foliares, em quantidades relativamente elevadas, proporciona um comprometimento da estrutura fotossintética ocasionada pela degradação de clorofilas, devido à atividade oxidativa do cromo na célula, tornando-se, portanto, um fator preocupante para o desenvolvimento da parte aérea das plantas. Este fato remete à hipótese de que o cromo presente no lodo seja o fator limitante para o bom desenvolvimento das mudas; no entanto, os resultados observados neste experimento demonstram uma pequena variação do nível de cromo nas folhas, com as crescentes doses de lodo aplicado ao substrato, pouco diferindo de mudas crescidas sem a adição do lodo. Isso indica que o cromo, possivelmente, não seja o fator limitante no desenvolvimento da parte aérea das mudas. Além disso, de acordo com Losi, Amrhein e Frankenberger (1994), a quantidade de cromo nas folhas, potencialmente tóxica para os vegetais, está acima de 18 mg/kg, apesar de Castilhos et al. (2001), constatarem níveis tóxicos de cromo nas folhas, acima de 5 mg/kg em soja.

Os níveis de cromo acumulados na parte aérea das mudas de café apresentaram gradativo incremento, porém, somente o tratamento com aplicação de 40% de lodo no substrato apresentou diferenças significativas dos demais tratamentos (Tabela 4). O padrão de acumulação de cromo na parte aérea e raízes das mudas, em função das doses de lodo no substrato podem ser observados no Gráfico 1.

Diferentemente do que ocorre na parte aérea, os níveis de cromo das raízes estão bem

acima dos encontrados nas mudas desenvolvidas em substrato sem o lodo, além disso, a raiz é o órgão vegetal estudado que apresentou maiores quantidades de cromo alocado, sendo o principal responsável pelo nível de cromo encontrado na planta inteira (Gráfico 1), sendo que, quanto maiores as doses de lodo no substrato, maior foi o acúmulo do cromo nas raízes. No entanto, é possível considerar que a resposta ao acúmulo de cromo nas diferentes partes das plantas, está relacionado à fisiologia das diferentes espécies estudadas, pois ao contrário dos resultados observados para esse experimento, Castilhos et al. (2002), relataram que houve maior acúmulo de cromo total nas folhas, com aplicação de lodo de curtume em rabanete, quando comparados aos níveis de cromo nas raízes. Outros autores observaram maiores concentrações de cromo nas raízes em relação às folhas ou partes aéreas de plantas cultivadas na presença de cromo como, cana-de-açúcar, capim elefante e milho (ARAÚJO et al., 2008; CAMILOTTI et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2008).

O desenvolvimento das mudas de café submetidas aos substratos com lodo de curtume apresentaram padrões inferiores aos das mudas com substratos convencionais, notadamente com relação à altura, massa fresca e seca da parte aérea e planta inteira, sendo que características como número de folhas apresentaram padrões de crescimentos próximos, em todos os tratamentos (Gráfico 2, 3 e 4). Esse conjunto de informações demonstra que somente o lodo desidratado misturado com terra não apresenta características favoráveis que superem o adubo convencional.

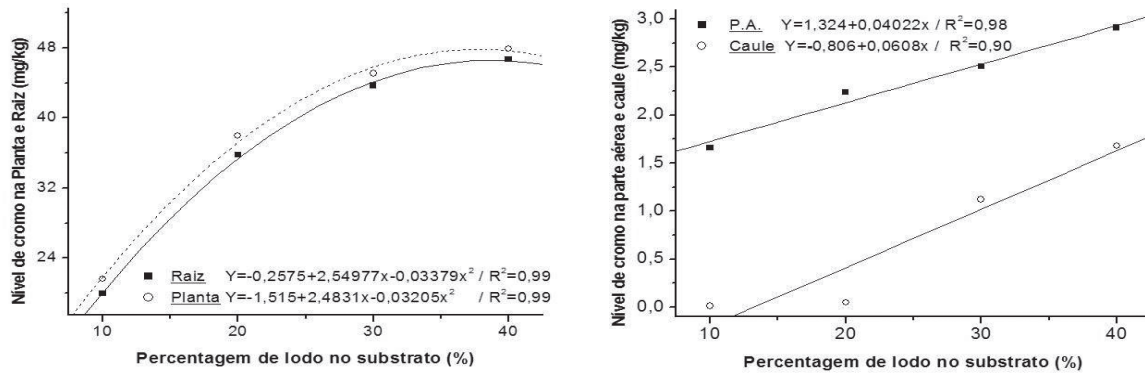


GRÁFICO 1 - Nível de cromo na planta inteira, raiz, parte aérea e caules de mudas de café conilon, desenvolvidas em substratos com diferentes doses de lodo de curtume, aos 120 dias de cultivo.

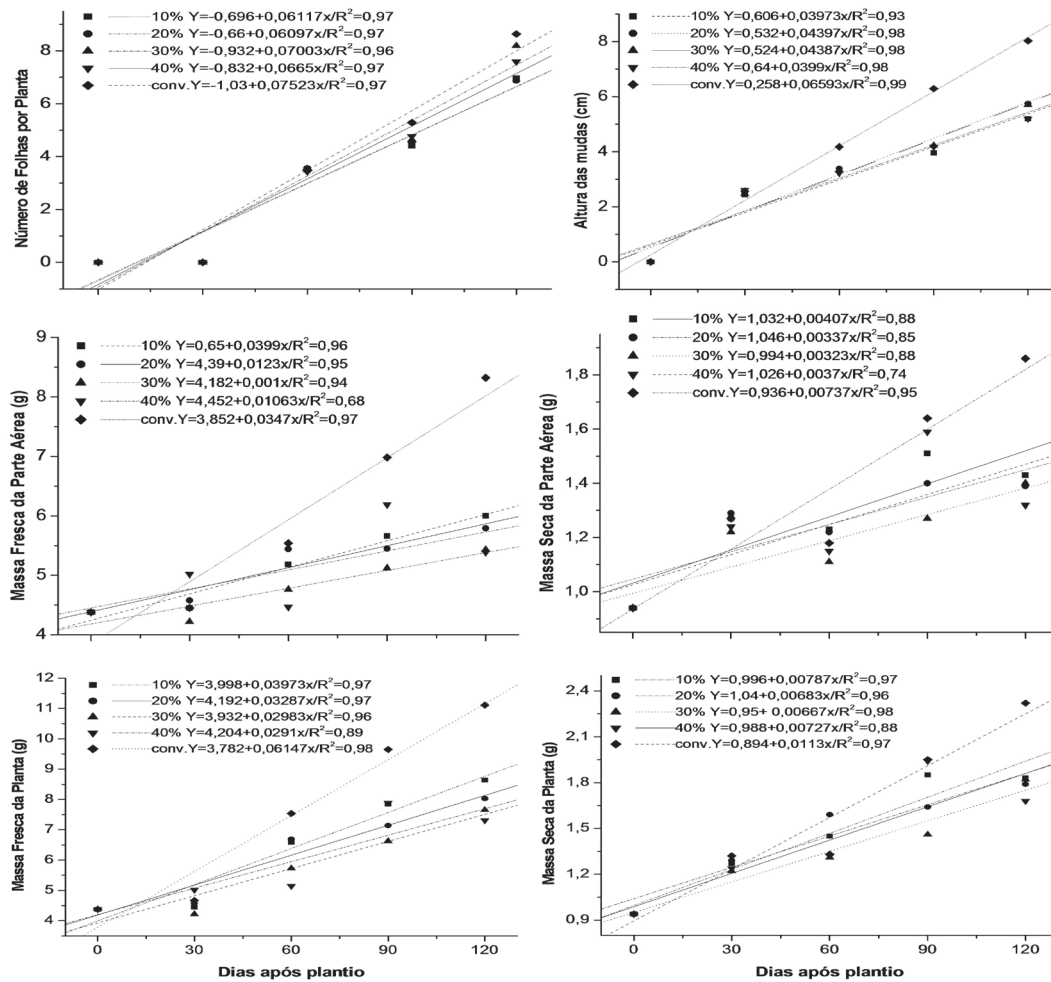


GRÁFICO 2 - Número de folhas, altura, massa fresca e seca da parte aérea e da planta inteira de mudas de café conilon, desenvolvidas em substratos com diferentes doses de lodo de curtume e substrato convencional, ao longo de 120 dias de cultivo.

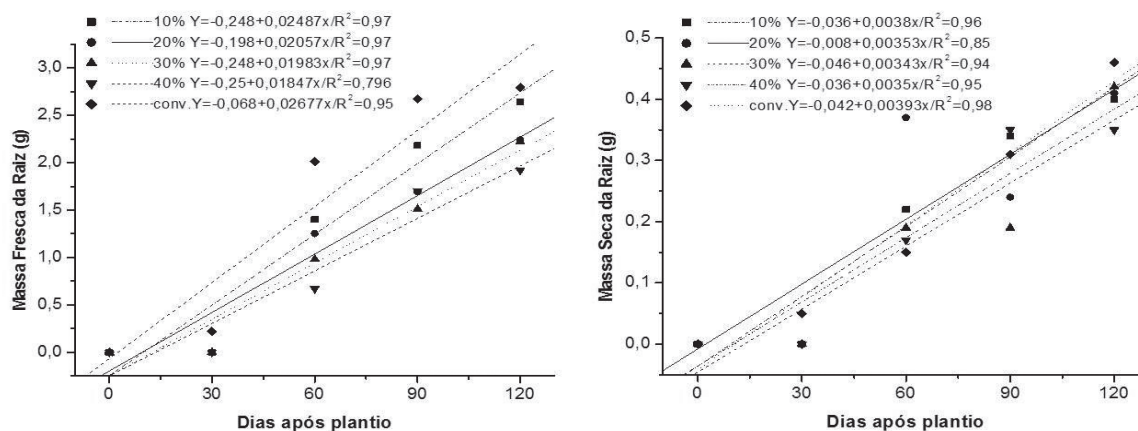


GRÁFICO 3 - Produção de massa fresca e seca das raízes de mudas de café conilon, desenvolvidas em substratos com diferentes doses de lodo de curtume e substrato convencional, ao longo de 120 dias de cultivo.

Tal efeito pode estar relacionado a alguns fatores inerentes ao lodo de curtume, como a insuficiência de nutrientes, mesmo este possuindo relativa quantidade de elementos essenciais às plantas (Tabela 3), ou a presença de elementos fitotóxicos, como o cromo ou causadores de desequilíbrio osmótico no substrato, como o sódio. Vários estudos vêm relatando a influência negativa do sódio em excesso no desenvolvimento das plantas, notadamente quanto à aplicação de lodo de curtume em quantidades elevadas ou com grande frequência (ARAÚJO et al., 2008; CARVALHO et al., 2012; SILVA; VIEIRA; OLIVEIRA, 2008).

O desenvolvimento da parte aérea das mudas, notadamente, foi superior para o substrato com adubação convencional. Esse padrão de resposta apresenta menores diferenças para as curvas de crescimento das raízes, demonstradas na forma de massa fresca e seca das raízes (Gráfico 3).

Ao se comparar a massa seca e fresca das raízes, é possível observar que a quantidade de água neste tecido amplia a diferença entre os tratamentos, de modo que a quantidade de matéria seca é muito semelhante entre eles. Com isso, é possível considerar que, apesar do acúmulo de cromo nos tecidos das raízes, com o aumento das doses de lodo no substrato (Gráfico 1), houve pouca influência no ganho de massa desse tecido, demonstrando que o cromo não é o fator limitante para o desenvolvimento das raízes. Os valores observados de massa fresca das raízes estão dentro de limites observados por outros autores (BRAUN et al., 2011; TATAGIBA; SANTOS; PEZZOPANE, 2010).

Ao relatar os efeitos do lodo de curtume no desenvolvimento da parte aérea e das raízes das mudas de café conilon, é possível observar que a parte aérea ficou comprometida nos tratamentos com aplicação de lodo de curtume no substrato, quando comparado às mudas desenvolvidas com substrato convencional; entretanto, o sistema radicular de nenhum tratamento foi comprometido.

Quando relaciona-se o nível de cromo na planta com o desenvolvimento das mudas, de um modo geral, percebe-se que os tratamentos com uso de lodo de curtume seguiram padrões de desenvolvimento bem semelhantes entre si, apesar de níveis crescentes deste elemento no tecido, com o aumento das doses de lodo no substrato. O fato do padrão de desenvolvimento das mudas diferenciar-se pouco com os tratamentos com lodo de curtume, isso sugere que exista algum fator limitante no lodo que impede um maior crescimento, visto que maiores quantidades de nutrientes são disponibilizados com maiores quantidades de lodo nos substratos. Tendo em vista que vários autores já relataram as limitações do uso de lodo pelo cromo e pelo sódio, é possível considerar que, no caso deste experimento, o sódio possa estar exercendo forte influência no desenvolvimento das mudas. Portanto, o uso de substâncias agregantes, justamente nos substratos das mudas, poderiam melhorar os resultados do aproveitamento de lodo no substrato, para propagação de mudas de café conilon.

Apesar dos tratamentos com aplicação de lodo no substrato apresentarem resultados de desenvolvimento das mudas, inferiores às mudas

com adubação convencional, a altura e as massas frescas e secas das plantas estão dentro de padrões aceitáveis para estas plantas, aos 120 dias de idade (BRAUN et al., 2011; TATAGIBA et al., 2010), mostrando que os lodos possuem potencial de utilização neste setor, como fonte de matéria orgânica e adubação alternativa.

Tão importante quanto uma alternativa para adubação de baixo custo é o serviço ambiental prestado ao planeta, com a utilização de um resíduo potencialmente tóxico ao meio ambiente, problemático para os curtumes e de difícil descarte.

4 CONCLUSÕES

Níveis de cromo nas raízes, entre 0,6 a 46,7 mg/kg não interferiram no ganho de massa das raízes, aos 120 dias de idade;

Para mudas de café, o cromo é um elemento com baixa mobilidade para a parte aérea em relação à quantidade de cromo alocada nos tecidos das raízes;

As curvas de crescimento das mudas adubadas com lodo de curtume seguiram próximas umas das outras e com bom padrão de crescimento; entretanto, as mudas desenvolvidas em substrato com adubação convencional, desenvolveram-se melhor, quando comparadas às mudas adubadas com lodo de curtume desidratado, demonstrando que mais estudos com o uso do lodo no substrato são necessários, para o uso recomendado em viveiros comerciais.

5 AGRADECIMENTOS

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo, a Empresa Capixaba Couros LTDA-ME e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro e parceria.

6 REFERÊNCIAS

AQUINO NETO, V.; CAMARGO, O. A. Crescimento e acúmulo de cromo em alface cultivada em dois latossolos tratados com CrCl_3 e resíduos de curtume. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, p. 225-235, 2000.

ARAÚJO, F. B. et al. Desenvolvimento do milho e fertilidade do solo após aplicação de lodo de curtume e fosforita. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 5, p. 507-511, 2008.

BEBÉ, F. V. et al. Desenvolvimento do milho e alterações químicas em solo sob aplicação de vinhaça. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 8, n. 2, p. 191-196, 2008.

BERILLI, S. S. et al. Utilização de lodo de curtume como substrato alternativo para produção de mudas de café conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 472-479, 2014.

BRAUN, H. et al. Desenvolvimento inicial do café conillon (*Coffea canephora* Pierre) em solos de diferentes texturas com mudas produzidas em diferentes substratos. **IDESIA**, Arica, v. 27, n. 3, p. 35-40, 2009.

CAMILOTTI, F. et al. Acúmulo de metais pesados em cana-de-açúcar mediante a aplicação de lodo de esgoto e vinhaça. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 284-293, 2007.

CARVALHO, T. C. et al. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica RR em condições de estresse salino. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 8, p. 1366-1371, 2012.

CASTILHOS, D. D. et al. Acúmulo de cromo e seus efeitos na fixação biológica de nitrogênio e absorção de nutrientes em soja. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 2, p. 121-124, 2001.

CASTILHOS, D. D.; TEDESCO, M. J.; VIDOR, C. Rendimentos de culturas e alterações químicas do solo tratados com resíduos de curtume e cromo hexavalente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 5, p. 1083-1092, 2002.

CORRÊA, J. C. et al. Caracterização química em substratos de resíduos industriais e urbanos para a obtenção de mudas de café. **Científica**, Jaboticabal, v. 34, n. 2, p. 238-248, 2006.

DAUDT, R. H. S.; GRUSZYNSKI, C.; KÄMPF, A. N. Uso de resíduos de couro wet-blue como componente de substrato para plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 91-96, jan./fev. 2007.

FERRÃO, R. G. et al. Cultivares de café conilon. In: _____. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 205-221.

GIANELLO, C. et al. Viabilidade do uso de resíduos da agroindústria coureiro-calçadista no solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 41, n. 2, p. 242-245, 2011.

- LOSI, M. E.; AMRHEIN, C.; FRANKENBERGER, W. T. Environmental biochemistry of chromium. **Reviews of Environmental Contamination and Toxicology**, New York, v. 135, p. 91-121, 1994.
- MACEDO, F. G. et al. Acúmulo e disponibilidade de cromo, cádmio e chumbo em solos tratados com lodo de esgoto por onze anos consecutivos. **Semina**, Passo Fundo, v. 33, n. 1, p. 101-114, 2012.
- OLIVEIRA, D. Q. L. et al. Utilização de resíduos da indústria de couro como fonte nitrogenada para o capim-elefante. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 417-424, 2008.
- PANDA, S. K.; 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 of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v. 17, n. 2, p.191-197, 2005.
- SERRANO, L. A. L. et al. Utilização de substrato composto por resíduos da agroindústria canavieira para produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 3, p. 487-491, 2006.
- SILVA, C. M. M. S.; VIEIRA, R. F.; OLIVEIRA, P. R. Salinidade, sodicidade e propriedades microbiológicas de Argissolo cultivado com erva-sal e irrigado com rejeito salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 10, p. 1389-1396, out. 2008.
- SILVA, F. C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370 p.
- TATAGIBA, S. D.; SANTOS, E. A.; PEZZOPANE, E. F. R. Mudas de *Coffea canephora* cultivadas sombreadas e a pleno sol. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 219-226, 2010.