

**POTENCIAL DE FITOEXTRAÇÃO DE COBRE POR AVEIA PRETA EM ÁREA DE VINHEDOS NO SUL DO BRASIL**André Gonçalves Panziera¹, Alexandre Swarowsky², ValduinoEstefanel³ & Bruno Casanova Vilaverde Gomes⁴1 - Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Doutorando na UFSM/Santa Maria-RS, andregpanziera@gmail.com2 - Engenheiro Agrônomo, Professor na UFN/Santa Maria-RS, alexandre@unifra.br3 - Engenheiro Agrônomo, Professor na UFN/Santa Maria-RS, valduino@unifra.br4 - Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Mestrando na UFSM/Santa Maria-RS, obrunovilaverde@gmail.com**Palavras-chave:**contaminação
fitorremediação
meio ambiente
solo**RESUMO**

Contaminações cúpricas em áreas de vinhedos no sul do Brasil são comuns devido ao combate de doenças fúngicas. A fitoextração pode viabilizar a descontaminação, pois é econômica e ambientalmente favorável. O objetivo deste estudo foi determinar a adaptação e o potencial de fitoextração da aveia preta em solo com diferentes doses de cobre. Foi coletado o solo contaminado por cobre em área de vinhedos em mata nativa, ambos nas dependências da Embrapa, no município de Bento Gonçalves - RS. Com base na análise química do solo contaminado, 5 dosagens (0, 45, 90, 135 e 180mg/kg) de sulfato de cobre II foram aplicadas em vasos com solo coletado de mata nativa, utilizado no cultivo da aveia preta em casa de vegetação. Foi monitorada a altura e o diâmetro do colmo das plantas e, no final do experimento, as raízes, o caule e a parte aérea foram submetidas à análise do teor de cobre. A média de altura, diâmetro e massa seca da aveia preta foram de 77,00cm; 9,58mm e 3031kg/ha, respectivamente. Nos níveis de contaminação de 0, 45; 90; 135 e 180mg/kg, ocorreu a extração de 97,92; 113,58; 108,13; 116,86 e 188,58mg/kg de cobre, respectivamente. A aveia preta demonstrou potencial de fitoextração frente às condições de solo e contaminações de cobre propostas.

Keywords:Contamination
environment
soil
phytoremediation**POTENTIAL OF COPPER PHYTOREMEDIATION FOR BLACK OATS IN VINEYARDS AREA IN THE SOUTH OF BRAZIL****ABSTRACT**

Copper contaminations in vineyard areas in the South of Brazil are common due to the fight against fungal diseases. Phytoremediation can enable decontamination, once it is economically and environmentally favorable. The aim of this study was to determine the adaptation and phytoremediation potential of black oats in soil with different copper doses. Soil contaminated by copper was collected from vineyards and native forest, both at Embrapa facilities, in the municipality of Bento Gonçalves, RS. Based on the chemical analysis of contaminated soil, 5 doses (0, 45, 90, 135 and 180 mg/kg) of copper sulfate II were applied in vessels with soil collected from native forest, used in the cultivation of black oats in vegetation houses. The height and diameter of the stem of the plants were monitored and, at the end of the experiment, the roots, the stem and the aerial part were submitted to analysis of the copper content. The average height, diameter and dry mass of black oats were 77.00 cm, 9.58 mm and 3031 kg/ha, respectively. At the contamination levels of 0, 45, 90, 135 and 180 mg/kg occurred the extraction of 97.92, 113.58, 108.13, 116.86 and 188.58 mg/kg of copper, respectively. The black oats showed phytoremediation potential through the proposed soil conditions and the copper contaminations.

INTRODUÇÃO

No sul do Brasil, o solo e o clima temperado favorecem a viticultura. A mesma condição climática também contribui para o desenvolvimento de doenças fúngicas nessas plantações. O controle de sua disseminação ocorre por meio da ação de sucessivas e extensas aplicações de fungicidas cúpricos na camada superficial do solo, conhecido como calda bordalesa (ANDREAZZA *et al.*, 2010; MACKIE *et al.*, 2012). Isto é preocupante, pois, embora o cobre (Cu) seja uma exigência nutricional da planta, em concentrações no solo maiores que a faixa de 20 até 40mg/kg, é possível ocorrer impactos negativos nas plantas pela sua toxicidade, como necrose, clorose e morte de ramos novos (BALASSA *et al.*, 2010; ABAT *et al.*, 2012; MACKIE *et al.*, 2012; SILVA *et al.*, 2012). A fertilidade do solo também pode ficar comprometida, diminuindo a produtividade das plantas (ZANCHETA *et al.*, 2011).

A técnica de fitorremediação pode ser uma alternativa viável para a descontaminação dessas áreas, pois é econômica, simples, ambientalmente favorável e de fácil instalação (BALASSA *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2010). Plantas com potencial acumulador de cobre podem ser utilizadas, contanto que sejam capazes de se adaptar em ambientes contaminados por cobre. A aveia preta (*Avena strigosa*) pode ser uma opção para o processo, pois a mesma é de baixo custo, bem como normalmente vigora em diversas regiões e climas temperados.

Pesquisas têm demonstrado a eficiência da aveia preta sob diferentes processos de fitorremediação. Lima *et al.* (2010) analisaram o potencial fitoextrator de aveia preta em solo contaminado por cádmio, encontrando mais de 100mg/kg desse elemento nas amostras de massa seca das plantas. Andrade *et al.* (2009) avaliaram a fitoextração de chumbo (Pb), induzida com ácido cítrico, pelo cultivo de aveia preta, obtendo-se o teor de Pb em suas raízes no valor de 4603,8mg/kg.

Embora existam estudos nesta área, para a técnica de fitorremediação ser eficaz, necessita-se informações refinadas sobre a interação da espécie com contaminante específico. No caso da aveia preta, existe a possibilidade desse vegetal conter uma resposta metabólica diferente, quando exposta a diversos níveis de cobre, bem como cultivada sob um tipo distinto de solo. Diante desse contexto, o objetivo desse trabalho foi determinar a adaptação e o potencial de fitoextrator da aveia preta, diante

de solo contaminado com diferentes concentrações de cobre.

MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo, foram utilizadas amostras de solo coletadas na área da Embrapa Uva e Vinho, localizada na cidade de Bento Gonçalves, RS. Para determinar o nível de contaminação de cobre apresentado na região, foi coletado uma amostra de 4Kg de solos na profundidade de 2 a 20cm, em um pomar com 5 anos de cultivo, sujeito às extensas e sucessivas aplicações de calda bordalesa, nas coordenadas geográficas 29°09'42,06''S e 51°31'44,40''W. Após, coletou-se 60kg de um solo sem nenhum tipo de cultivo e em mata nativa, em um terreno com 4% de inclinação, entre 2 a 20cm de profundidade, nas coordenadas geográficas 29°09'49,62''S e 51°32'16,26''W. Essa amostra natural de solo foi coletada para fins agricultáveis no procedimento experimental. Foram determinadas as condições físico-químicas dos dois tipos de solos coletados, conforme Tabela 1.

Tabela 1. Características físico-químicas do solo natural e contaminado por cobre da Embrapa Uva e Vinho, Bento Gonçalves-RS, na profundidade de 0 a 20cm.

Parâmetros	Solo Natural	Solo Contaminado
H+Al (cmol _c /dm ³)	4,9	3,9
CTC _{efetiva} (cmol _c /dm ³)	5,5	13,1
Saturação de Alumínio (%)	5,5	0,0
Argila (g/kg)	25	33
Matéria Orgânica (g/kg)	240	210
Fósforo Mehlich (mg/dm ³)	1,5	13,5
pH _{água}	5,3	5,9
Cálcio (cmol _c /dm ³)	4,1	10,8
Saturação de Bases (%)	51,7	77,2
Índice SMP	5,9	6,1
CTC _{pH 7} (cmol _c /dm ³)	10,1	17
Cobre (mg/kg)	40	110
Zinco (mg/kg)	11,3	35
Manganês (mg/kg)	71	68

H+Al = Hidrogênio + Alumínio; CTC_{efetiva} = Capacidade de Troca Catiônica.

O experimento foi realizado em casa de vegetação no Laboratório de Engenharia Ambiental do Centro Universitário Franciscano, Santa Maria - RS. Foram utilizados vasos plásticos de 16cm de diâmetro, por 10cm de altura. Para demonstrar um cenário com intensas concentrações cúpricas, realizou-se um delineamento inteiramente casualizado com a aveia preta cultivada sob cinco níveis de contaminações, com três repetições cada. O tipo de composto utilizado na contaminação foi o sulfato de cobre II (CuSO_4). Sob o conteúdo de cobre no solo natural, foi adicionado 45, 90, 135 e 180mg/kg de CuSO_4 , e mantido um tratamento como testemunha, sem contaminações.

A quantidade de calcário, ureia, fósforo e sementes por quilograma de solo foram determinados conforme proposto no Manual de Adubação e Calagem, para os estados Rio Grande do Sul e Santa Catarina (SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO, 2004). Em cada vaso foi aplicado 2,67g de calcário com 60,76% de PRNT para elevar à 6 o pH do solo. Nesta condição de acidez, tem-se maior disponibilidade de micronutrientes para as culturas. Após 60 dias, aplicou-se 0,23g de ureia com 44% de N, 0,34g de superfosfato triplo com 41% de pentóxido de fósforo (P_2O_5) e 0,2g de semente de aveia preta. Irrigou-se as amostras a cada dois dias a 80% de sua capacidade de vaso, seguindo como proposto por Casaroli, van Lier (2008) e Reichardt (1988).

Para cada planta foram mensurados semanalmente a altura do colo (H) e o diâmetro do colo (D). Para medir a altura do colo foi utilizada uma régua graduada, observando a elevação desde o início do colmo da planta, na superfície do solo, até seu meristema apical. Para o diâmetro do colmo, utilizou-se um paquímetro digital com precisão de 0,1mm. A semeadura ocorreu no dia 10 de julho de 2013. A temperatura foi registrada diariamente por termômetro digital, acoplado dentro da casa de vegetação. O monitoramento ocorreu de 30 de julho de 2013 até 22 de outubro de 2013, perfazendo um total de 104 dias de observação. Não foi considerado o ciclo total da aveia preta, pois a casa de vegetação tinha escala de outros experimentos a serem iniciados. Analisou-se estatisticamente os dados de altura (H) e diâmetro (D) do colmo, como também a relação H/D, por meio do teste de

Scott-Knott, sob probabilidade de 5%, por meio do programa Sisvar, versão 5.6.

Ao término do período de monitoramento, as amostras foram encaminhadas para análise química de cobre presente nas raízes, caule e folhas. Foi aplicado o teste Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados. A homogeneidade dos dados foi checada pelo programa Action, da plataforma Excel. Quanto aos efeitos significativos apontados pela análise de variância, os resultados foram comparados pelo teste de Tukey, com nível de probabilidade de 5%, também pelo programa Sisvar, versão 5.6. Realizou-se, para cada nível de dosagem, uma equação de regressão polinomial, correlacionando o acúmulo de cobre nas raízes, caule e folhas da aveia preta, em função das doses de cobre no solo. Além disso, foi calculado o índice de translocação (IT) de cobre, realizando-se o quociente entre a quantidade acumulada na parte aérea das amostras (caule e folhas) e o total de cobre na planta, em porcentagem. Realizou-se, para cada nível de contaminação, uma equação de regressão linear, correlacionando a evolução do comprimento da aveia preta em função dos dias após a sua emergência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Logo no primeiro mês de experimento, observou-se falta de pigmentação na extremidade de algumas folhas das amostras, cujas dosagens de cobre foram 135 e 180mg/kg. As plantas tendem a perder sua pigmentação natural, amarelando-se, quando expostas aos elevados teores de cobre (BALASSA *et al.*, 2010; ABAT *et al.*, 2012). Contudo, apesar de ser potencialmente tóxico, pequenas quantidades de cobre contribuem na assimilação de nitrogênio e carboidratos das plantas (SILVA *et al.*, 2012). Nesse sentido, o fenômeno não foi observado para as dosagens de 0,45 e 90mg/kg, onde a estrutura da aveia preta se desenvolveu com tonalidade verde acentuada.

O crescimento da aveia preta diminuiu conforme o aumento de contaminação, não havendo diferença estatística na altura do colmo para as doses 0,45 e 90mg/kg, conforme Tabela 2. Nesse conjunto ocorreu valor estatisticamente superior em relação aos níveis 135 e 180mg/kg. Esse resultado pode ter

ocorrido porque o cobre estava em concentrações menores, o que não afetou na absorção de outros nutrientes do solo pelas plantas, bem como não influenciou na fotossíntese. A formação estrutural e produtividade das plantas depende do teor de cobre presente no solo (YRUELA, 2009; MACKIE *et al.*, 2012). Dessa forma, a aveia preta aproveitou consideravelmente os níveis de cobre aplicados no solo.

Os valores obtidos de diâmetro e relação H/D aproximaram-se dos resultados observados nas plantas submetidas aos teores naturais de cobre no solo, sendo estatisticamente semelhantes, exceto na dosagem de 180mg/kg. O diâmetro do colmo é um parâmetro importante para determinar o potencial de crescimento de raízes dos vegetais após sua semeadura, enquanto que a relação H/D reporta-se ao estiolamento (SOUZA *et al.*, 2006; SILVA *et al.*, 2012). O valor adequado para a relação H/D está situado entre 5,4 e 8,1 (CARNEIRO, 1995). Nesse sentido, as plantas sujeitas a 0,45; 90 e 180mg/kg de Cu no solo cresceram saudavelmente, compatível com o que consta na literatura. Para a dosagem de 180mg/kg, os valores de altura e diâmetro foram maiores que em 135mg/kg. O parâmetro H/D, na dosagem de 135mg/kg, não entrou em consonância com a faixa de valores proposta por Carneiro (1995).

Em relação ao crescimento da aveia preta, percebe-se que para a dosagem de 180mg/kg, o valor do coeficiente de determinação foi de 0,98, enquanto que para as amostras de 135mg/kg, o mesmo correspondeu a 0,95, conforme Figura 1.

Plantas com dosagem de 135mg/kg demoraram mais para crescer, em comparação com as de 180mg/kg, parecendo ter dificuldades em adaptar-se durante o ciclo.

Ao final do período de 104 dias de observação, o comprimento das amostras variou de 88,61cm com R² de 0,99 para a testemunha até 70,02cm com R² de 0,98 para a última dosagem. O ciclo vegetativo da aveia preta é entre 140 e 160 dias, com altura variável de 1,0 a 1,2m (MORO, 2010). Normalmente, plantas que sobrevivem e mantêm seu aspecto natural em ambientes com intensa contaminação possuem uma tendência a serem hiperacumuladoras (KIDD *et al.*, 2009; RAJKUMAR *et al.*, 2010; MACKIE *et al.*, 2012). O solo do presente trabalho foi exposto às aplicações de cobre consideravelmente maiores que o comumente encontrado na natureza, que se situa de 20 a 40mg/kg (SILVA *et al.*, 2012). Assim, pode-se inferir que a aveia preta conseguiu tolerar e crescer de forma saudável, frente a intensa contaminação.

A massa seca produzida foi estatisticamente menor conforme o aumento das contaminações, exceto nos níveis 90 e 135mg/kg, conforme Tabela 4. Resultados similares sobre produção de massa seca foram obtidos por outros trabalhos (CERETTA *et al.*, 2002; CRUSCIOL *et al.*, 2008; MELO *et al.*, 2011), sendo por estes considerados altos. Assim, estes resultados indicam alta adaptação da aveia preta, que implica na extração de cobre em quantidades elevadas.

Tabela 2. Valores médios de diâmetro do colmo (D), altura do colmo (H) e relação altura e diâmetro (H/D) da aveia preta, submetidas às diferentes doses de cobre, no final de 104 dias de monitoramento. Médias com a mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Dose (mg/kg)	Altura do Colmo (H) (cm)	Diâmetro (D) (mm)	H/D (cm/mm)
0	88,03 a	10,93 a	8,05 a
45	83,06 a	10,29 a	8,07 a
90	77,18 a	9,72 a	7,94 a
135	66,54 b	7,99 b	8,33 a
180	70,02 b	8,96 b	7,81 b
Média	77,00	9,58	8,04
Desvio Padrão	8,89	1,15	0,19

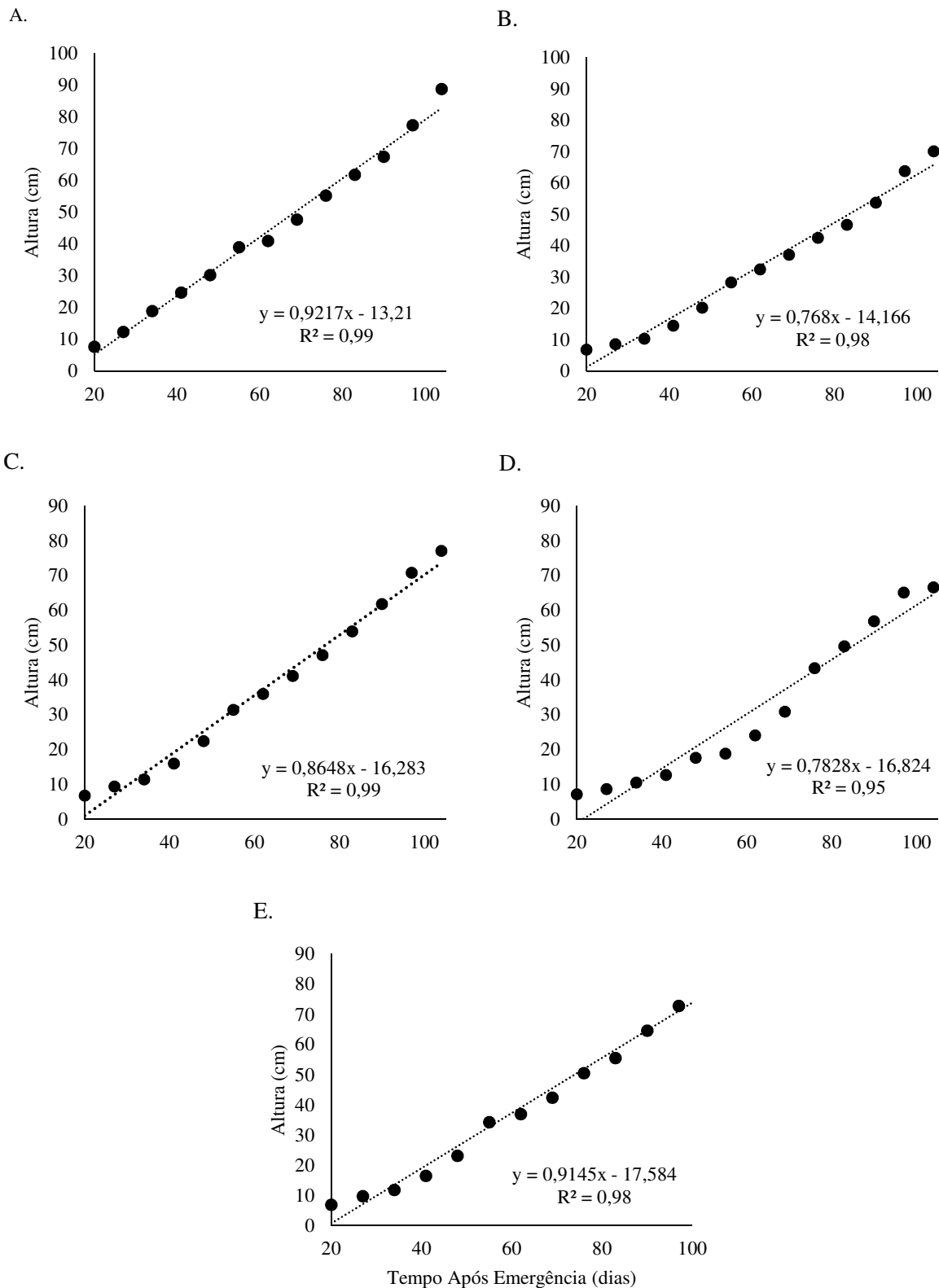


Figura 1. Alturada aveia preta para as concentrações de 0 (A); 45 (B); 90 (C); 135 (D) e 180mg/kg (E) de cobre no solo, em função do tempo após a sua emergência.

Tabela 3. Massa seca total, acúmulo de contaminante nas principais partes da aveia preta e índice de translocação (IT) de cobre na planta. Médias com a mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

Doses (mg/kg)	Massa Seca Total (kg/ha)	Raízes (mg/kg)	Caule (mg/kg)	Folhas (mg/kg)	Total (mg/kg)	IT (%)
0	3566,67 a	79,99 ± 3,10 a	8,13 ± 1,28 a	9,80 ± 1,91 a	97,92 a	18,32 a
45	3337,45 ab	92,67 ± 2,09 a	8,85 ± 0,75 ab	12,06 ± 3,06 a	113,58 ab	18,41 ab
90	3068,88 b	92,30 ± 12,25 a	8,97 ± 0,99 ab	6,86 ± 1,03 a	108,13 ab	14,64 ab
135	2741,12 b	97,50 ± 15,16 a	11,35 ± 1,89 ab	8,01 ± 1,89 a	116,86 b	16,57 b
180	2441,26 c	166,29 ± 43,61 a	10,08 ± 0,42 b	12,20 ± 2,98 a	188,58 b	11,82 b
CV (%)	5,77	32,58	13,28	24,36	29,00	17,40

Não diferiram significativamente os acúmulos nas doses das raízes e das folhas. Para as raízes, a possível explicação seja a ininterrupta captação de cobre do solo pela mesma. Nas folhas, o processo pode ter sido similar, pois as plantas necessitam de gradativas doses de cobre para assimilar o nitrogênio e carboidratos (SILVA *et al.*, 2012). Para o caule, o acúmulo estatisticamente superior entre a primeira e a última dosagem foram atribuídos ao maior transporte de cobre desta estrutura para as folhas.

O índice de translocação (IT) aponta o grau de transferência de uma substância para a parte aérea da planta (SANTOS *et al.*, 2010). Quanto maior o índice, mais concentração existe nas folhas da planta. Obteve-se 14,64% de IT para a dosagem de 90mg/kg, enquanto que esse valor se elevou para 16,57% para a dose de 135mg/kg. Diante do exposto, o IT não diminuiu gradativamente conforme o aumento da dosagem, indicando aparente capacidade da aveia preta em transportar ainda mais cobre para sua parte aérea. Isso porque a planta não distribui a absorção de uma substância uniformemente entre a raiz, caule e folha, pois isso varia conforme a fonte de captação, a necessidade e a forma como ela é utilizada (LIMA *et al.*, 2010).

A acumulação de cobre extraído do solo foi analisada para cada concentração (Figura 2). Nas raízes, as concentrações indicam uma tendência de elevação polinomial, com R² no valor de 0,87. Essa inclinação gráfica indica a propensão das raízes concentrarem mais cobre do que as dosagens propostas. A absorção média no último teor de cobre

foi de 166,29mg/kg. Esse grau de contaminação, incorporado apenas nas raízes, representa 34% a mais do que o necessário para descontaminar 1kg de solo da região de Bento Gonçalves, que está em cerca de 110mg/kg.

O caule apresentou acumulação máxima na dosagem de 135mg/kg, com valor médio de 11,35mg/kg de Cu, mantendo após este nível um crescimento de acúmulo crescente. Em virtude da forma estrutural da aveia, os resultados obtidos para o caule são relevantes, visto que, dada a situação em que seja necessária a remoção do corpo da aveia preta do solo, o caule está intimamente ligado às folhas, o que, portanto, não desprende de grandes esforços para uma possível extração. Outro ponto importante desse resultado é a possibilidade do cobre ser transferido para as folhas das plantas. Sendo uma estrutura de transporte de nutrientes (SHERAMETI & VARMA, 2010), talvez esse aspecto possa justificar a proximidade entre os teores de contaminantes apresentados.

Dentre as partes da estrutura da planta, o acúmulo de contaminantes nas folhas é o melhor local para fitorremediação. Isso porque, sendo as folhas a parte mais aparente e externa da planta, qualquer processo de remoção vegetativa, seja manual ou mecanizada, torna-se simples. Observou-se que as folhas das amostras com dosagens de 45 e 180mg/kg extraíram do solo em média 12,08 e 12,20mg/kg de cobre, respectivamente. Algumas amostras extraíram até 14,74mg/kg para a dose de 45mg/kg e 15,64mg/kg para 180mg/kg. Estima-se que plantas hiperacumuladoras conseguem apanhar

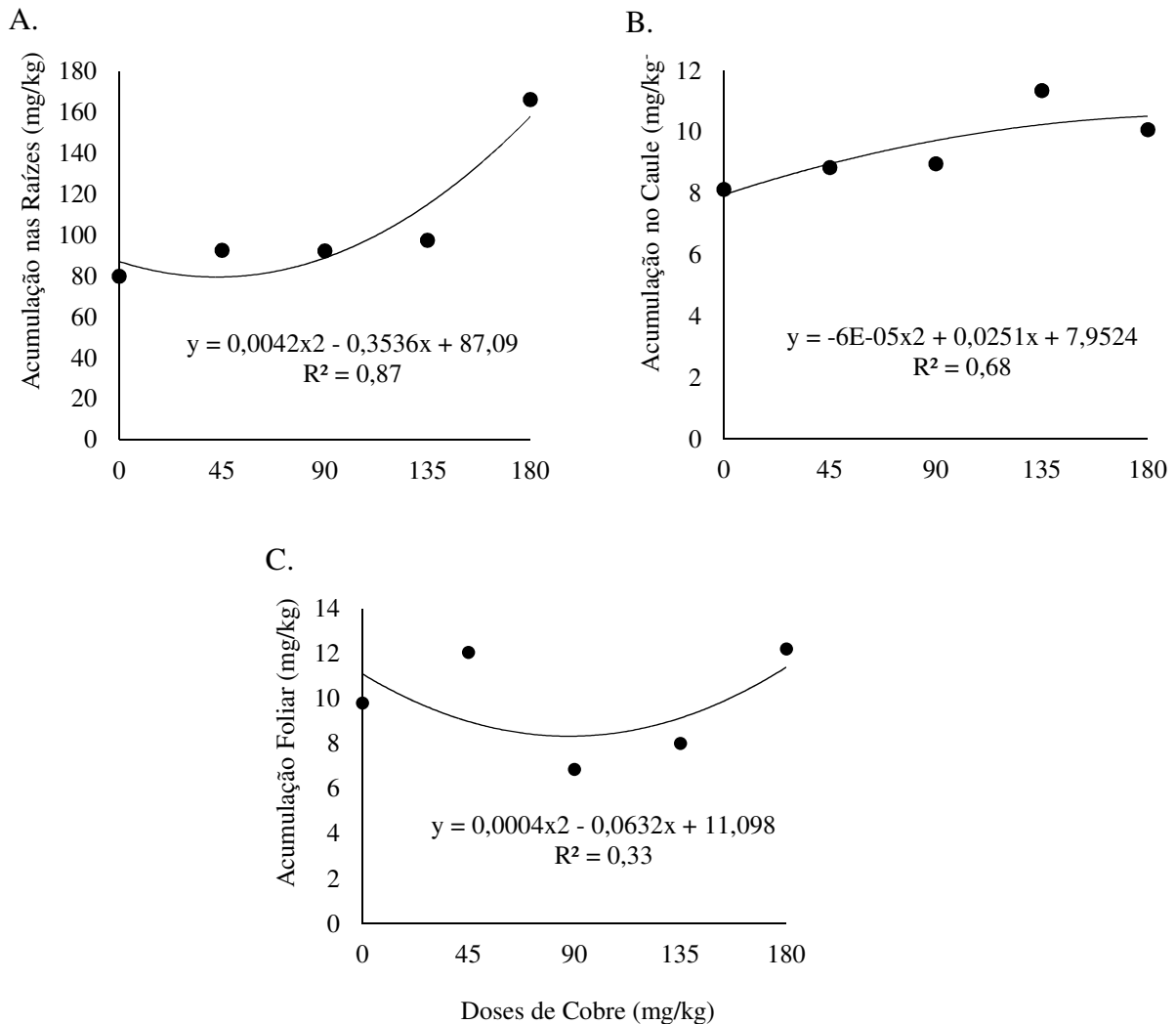


Figura 2. Regressão polinomial da acumulação de cobre nas raízes (A), caule (B) e folhas (C), em relação às dosagens aplicadas no solo das amostras.

valores iguais ou maiores que 20mg/kg de cobre em suas folhas (MCGRATH *et al.*, 2001; MACKIE *et al.*, 2012). Os resultados máximos deste estudo foram inferiores aos existentes na literatura. Porém, destaca-se que a aveia preta não foi cultivada dentro dos limites do seu ciclo vegetativo, que se situa entre 140 e 160 dias (MORO, 2010), permanecendo apenas 104 dias em desenvolvimento, o que pode ter contribuído para valores acumulados inferiores aos relatados na literatura.

Em termos de acumulação de cobre nas folhas por unidade de área, as amostras de aveia preta obtiveram uma extração do solo de 48,69kg/ha na dosagem de 0mg/kg; 56,48kg/ha para 45mg/kg; 53,77kg/ha para 90mg/kg; 58,11kg/ha para 135mg/kg e 93,77kg/ha para 180mg/kg. Para o cenário de

contaminação apresentado em Bento Gonçalves, conforme os dados do solo contaminado, os teores de cobre estão em cerca de 54,70kg/ha. Portanto, para as condições deste estudo, a aveia preta possui potencial para descontaminar 100% do cobre presente no solo com concentrações a partir de 135mg/kg.

CONCLUSÕES

- A aveia preta tolera e se adapta a todas as intensidades de contaminação por cobre propostas, dentro do período de tempo de desenvolvimento utilizado neste trabalho.

- Ocorreram acumulações de cobre nas raízes, caule e folhas de todas as amostras.
- A geração de massa seca expressa grande capacidade de reciclagem de nutrientes do solo pela aveia preta.
- Frente as condições propostas no presente trabalho, a aveia preta tem potencial para extrair teores de cobre do solo em 100 % para contaminações a partir de 135mg/kg.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAT, M.; MCLAUGHLIN, M.J.; KIRBY, J.K.; STACEY, S.P. Adsorption and desorption of copper and zinc in tropical peat soils of Sarawak, Malaysia. **Geoderma**, Amsterdam, v.175, p.58-63, 2012.

ANDRADE, M.G.; MELO, V.F.; GABARDO, J.; SOUZA, L.C.P.; REISSMANN, C.B. Metais pesados em solos de área de mineração e metalurgia de chumbo I – fitoextração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.33, n.6, p.1879-1888, 2009.

ANDREAZZA, R.; OKEKE, B.C.; LAMBAIS, M.R.; BORTOLON, L.; MELO, G.W.B.; CAMARGO, F.A.O. Bacterial stimulation of copper phytoaccumulation by bioaugmentation with rhizosphere bacteria. **Chemosphere**, Amsterdam v.81, n.9, p.1149-1154, 2010.

BALASSA, G.C.; SOUZA, D.C.; LIMA, S.B. Evaluation of the potential of *Ponte de riaparviflora Alexander* in the absorption of copper (Cu) and its effects on tissues. **Acta Scientiarum**, Maringá, v.32, n.3, p.311-316, 2010.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR, 1995. 451p.

CARASOLI, D. van LIER, Q.J. Critérios para determinação da capacidade de vaso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.32, p.59-66, 2008.

CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; HERBES, M.G.; POLETO, N.; SILVEIRA, M.J. da. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.1, p.49-54, 2002.

CRUSCIOL, C.A.C.; MORO, E.; LIMA, E.V.; ANDREOTTI, M. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008.

KIDD, P.; BARCELÓ, J.; BERNAL, M.P.; NAVARI-IZZO, F.; POSCHENRIEDER, C.; SHILEV, S.; CLEMENTE, R.; MONTERROSO, C. Trace element behaviour at the root-soil interface: implications in phytoremediation. **Environmental and Experimental Botany**, Amsterdam, v.67, n.1, p.243-259, 2009.

LIMA, C.V.S.; MEURER, E.J.; SCHMIDT, R.O.; SOUZA, E.D. Potencial de fitoextração do nabo forrageiro e da aveia preta em argissolo contaminado por cádmio. **Revista de Estudos Ambientais**, Blumenau, v.12, n.1, p.39-49, 2010.

MACKIE, K.A.; MÜLLER, T.; KANDELER, E. Remediation of copper in vineyards – A mini review. **Environmental Pollution**, Amsterdam, v.167, p.16-26, 2012.

MCGRATH, S.P.; ZHAO, F.J.; LOMBI, E. Plant and rhizosphere processes involved in phytoremediation of metal-contaminated soils. **Plant and Soil**, Berlin, v.232, n.1, p.207-214, 2001.

MELO, A.V.; GALVÃO, J.C.C.; BRAUN, H.; SANTOS, M.M.; COIMBRA, R.R.; SILVA, R.R.; REIS, W.F. Extração de nutrientes e produção de biomassa de aveia-preta cultivada em solo submetido a dezoito anos adubação orgânica e mineral. **Semina**, Londrina, v.32, n.2, p.411-420, 2011.

MORO, V. **Manejo de alturas da pastagem de aveia preta mais azevém e uso da suplementação de para cabras pré e pós parto**. 2010. 125f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2010.

RAJKUMAR, M.; AE, N.; PRASAD, M.N.V.; FREITAS, H. Potential of siderophore-producing bacteria for improving heavy metal phytoextraction. **Trends in Biotechnology**, Amsterdam, v.28, n.3, p.142-149, 2010.

REICHARDT, K. Capacidade de campo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, n.12, p.211-216, 1988.

SANTOS, G.C.G.; RODELLA, A.A.; ABREU, C.A.; COSCIONE, A.R. Vegetable species for phytoextraction of boron, copper, lead, manganese and zinc from contaminated soil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.67, n.6, p.713-719, 2010.

SHERAMETI, I.; VARMA, A. **Soil Heavy Metals**. 19. ed. Berlim: Springer, 2010. 492p.

SILVA, R.F.; SAIDELLES, F.L.F.; KEMERICH, P.D.C.; STEFFEN, R.B.; SWAROWSKY, A.; SILVA, A.S. Crescimento e qualidade de mudas de

Timbó e Dedaleiro cultivadas em solo contaminado por cobre. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.8, p.881-886, 2012.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO. **Manual de adubação e de calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: Comissão de Química e Fertilidade do Solo, 2004. 400p.

SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; FILHO, S.M.; LIMA, J.S.S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.16, n.3, p.243-249, 2006.

YRUELA, I. Copper in plants: acquisition, transport and interactions. **Functional Plant Biology**, Camberra, v.36, n.5, p.409-430, 2009.

ZANCHETA, AC.F. ABREU, C.A.; ZAMBROSI, F.C.B. ERISMANN, N.M.; LAGÔA, A.M.M.A. Fitoextração de cobre por espécies de plantas cultivadas em solução nutritiva. **Bragantia**, Campinas, v.70, n.4, p.737-744, 2011.