

DISPONIBILIDADE DE MANGANÊS EM LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFEIEIRO SOB DOSES DE COBERTURA VEGETAL¹

Sarah Sasaki Jurkevicz²; Mario Miyazawa³; Cezar Francisco Araujo-Junior³

¹ Projeto financiado pelo Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR;

² Bolsista do CNPq pelo ProICI – IAPAR, estudante de Engenharia Ambiental - UTFPR, Campus Londrina, Paraná, Sarah.jurkevicz@hotmail.com;

³ Pesquisador do Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR, Rodovia Celso Garcia Cid, km 375, CEP: 86047-902 Londrina, Paraná. e-mail: miyazawa@iapara.br; cezar_araujo@iapar.br.

RESUMO: A cobertura vegetal desempenha um papel fundamental nos sistemas de cultivo, porque reduz o aquecimento superficial, mantém a umidade, reduz erosão hídrica acelerada e lixiviação, diminui a toxicidade de Al e metais pesados, desta forma, potencializa a fertilidade do solo. Além disso, a cobertura vegetal pode alterar a dinâmica dos nutrientes no sistema solo-planta. Assim, os objetivos deste estudo foram: a) avaliar efeito da cobertura vegetal na biodisponibilidade de Mn do solo para o cafeeiro e b) compreender a principal causa da alteração da disponibilidade de Mn no solo aerado. O estudo foi conduzido em uma lavoura cafeeira cultivar IPR 106, espaçamento 3,0 m x 1,0 m, recém-implantada e em casa de vegetação na estação experimental do IAPAR em Londrina. Nas linhas dos cafeeiros, os tratamentos aplicados foram: sem vegetação e doses de capim seco equivalente a 3,6 Mg ha⁻¹ e 12,0 Mg ha⁻¹, as entrelinhas foram manejadas com triturador rotativo com plantas espontâneas na superfície do solo. Após veranico, amostras de solos foram coletadas na profundidade de 0 a 2,5 cm, determinados o teor de Mn disponível e umidade. Para avaliar a eficiência do extrator, amostras de solos também foram colocadas em vasos de 5 kg, imediatamente foram semeadas e cultivadas plantas de milho por 17 dias e determinado Mn²⁺ da parte aérea. Os maiores valores de umidades foram obtidos em solos com cobertura vegetal, e as maiores concentrações Mn²⁺ foram determinadas em solos sem cobertura, aumentou de 1,30 (solo coberto) para 6,63 mg/kg (solo exposto). Os teores de Mn na parte aérea do milho cultivado em solo sem cobertura vegetal foram maiores do que nos solo com cobertura, de 87,4 mg/kg e 72,9 mg/kg, respectivamente. A disponibilidade do manganês aumenta com a acidificação do solo, que solubiliza o Mn(OH)₂ e MnCO₃ e diminui com a calagem. No entanto, a alteração do pH não explica o aumento da disponibilidade do manganês em solos sem cobertura vegetal. Além da acidificação, há outros fatores ambientais, ainda pouco estudados que interferem na disponibilidade do Mn²⁺ no solo aerado, como por exemplo: veranico, secagem na estufa, TFSA e autoclavagem. O reumedecimento dos solos após precipitações retorna as altas concentrações de Mn disponíveis a seus valores iniciais. Os resultados indicam que: a) a cobertura vegetal é essencial na manutenção da estabilidade de Mn disponível do solo; b) o manganês disponível no solo reduz com aumento da cobertura vegetal na superfície do solo; e c) o conteúdo de manganês na parte aérea do milho reduz com o aumento da umidade do solo nos dois estágios de desenvolvimento do milho, 10 DAG e 17 DAG.

PALAVRAS-CHAVE: solo aerado; complexo orgânico; microrganismos.

MANGANESE AVAILABILITY IN LATOSOL (OXISOL) CULTIVATED WITH COFFEE PLANTS UNDER COVERS RATES

ABSTRACT: The soil cover plays an fundamental role in several crops systems, because it reduces the surface heat, keep moisture, reduces soil erosion and leaching, reduces the toxicity of Al and heavy metals thus enhances soil fertility. The aims of this study were: a) to evaluate the effect of vegetation on soil Mn bioavailability in coffee and b) understand the main cause of the change in Mn availability in the soil aerated. This study included a field experiment in a coffee plantation recently planted and a greenhouse experiment at the Experimental Station of the Agronomic Institute of Paraná – IAPAR, Londrina. At the field experiment, dry grass rates were added under coffee canopy cultivar IPR 106, spacing 3,0 m x 1,0 m, and between coffee rows the weeds were managed through mechanical weed control and the residue distributed in the soil surface. At the coffee rows, the treatments were: bare soil and rates of dry grass equivalent to 3,6 Mg ha⁻¹ and 12,0 Mg ha⁻¹. After a dry period, soil samples were collected at a depth from 0.0 to 2.5 cm, determined the content of available Mn and humidity. Were also collected soil samples placed in pots 5 kg, were immediately sown and cultivated corn plants for 17 days and determined Mn²⁺ from the glance. The higher humidity values were obtained in soil with vegetation cover, and higher Mn²⁺ concentrations were determined in bare soil, increased from 1.30 (soil cover) to 6.63 mg / kg (soil bare). The concentrations of Mn in corn seedling in bare soil were higher than in the soil with coverage of 87.4 mg / kg and 72.9 mg / kg, respectively. Manganese is a micronutrient to

plants, increases the availability of the metal to the acidification of soil which solubilizes $Mn(OH)_2$ and $MnCO_3$ and decreases with lime. However, these chemical reactions do not explain the increased metal observed in soils without vegetation because there was no change in pH of the soil. There are other environmental factors, little speculated that increase the availability of Mn^{2+} in the soil aerated, for example, drought, drying in an oven, TFSA and autoclaving. However, the re-wetting of the soil with rain water, returns high concentrations of Mn available to their initial values. Based on the information from the literature and this study, it is concluded that: a) the vegetation cover is essential in maintaining the stability of soil available Mn; b) increased Mn availability of bare soil acidification did not occur; c) the unfavorable environment for microbial activity increases the availability of Mn^{2+} in the soil.

KEY WORDS: soil aerated, organic complex; microorganisms.

INTRODUÇÃO

A cobertura vegetal desempenha um papel fundamental nos sistemas de cultivo, pois reduz a amplitude térmica na camada superficial do solo, reduz a taxa de oxidação do carbono orgânico, mantém a umidade, reduz erosão hídrica acelerada e lixiviação, diminui a toxicidade de Al e metais pesados, desta forma, potencializa a fertilidade do solo. Em solos sob lavouras cafeeiras com ausência de cobertura vegetal (solos mantidos limpos) estão sujeitos a incidência direta dos raios solares e a temperatura das camadas superficiais, justamente aquelas em que há maior concentração de radicelas, atinge níveis incompatíveis com as funções dos cafeeiros ou mesmo com a vida dos seus tecidos Franco (1982). Assim, em lavouras cafeeiras adultas a cobertura proporcionada pela parte aérea da planta pode reduzir as oscilações térmicas na linha da cultura e com os processos de degradação da matéria orgânica e o impacto direto das gotas de chuva. Por outro lado, em lavouras recém-implantadas a baixa proteção proporcionada pela copa pode trazer consequências no acúmulo e manutenção da matéria orgânica, além de alterar a dinâmica de nutrientes, inclusive o manganês. O teor total de Mn no solo varia entre 100 a 3.000 mg/kg, a parte biodisponível varia entre 2 a 40 mg/kg (NH_4OAc 1,0M). A maior parte do Mn encontra-se na forma de MnO_2 insolúvel e menor fração na forma trocável Mn^{2+} (biodisponível, complexos orgânicos, óxidos, carbonatos, sulfetos) (Miyazawa & Pavan, 1993). O manganês atua de forma determinante ou integrante de vários processos, como na síntese de proteínas, permeabilidade de membrana, absorção iônica, respiração, síntese de amido e controle hormonal (Teixeira et al., 2005). O manganês absorvido pelas plantas está na forma de íon divalente, seu transporte ocorre via xilema, da raiz até a parte aérea. Este metal sofre pouca remobilização dentro da planta, segundo Heenan & Campbell (1980) quase não ocorre translocação do Mn das folhas velhas para as novas em desenvolvimento, onde o metal esteja deficiente. A deficiência diminui a fotossíntese e reduz a produtividade, resultando em manchas cloróticas entre as nervuras das folhas mais novas. A diferença entre a concentração de Mn necessário para a cultura e o presente nos tecidos vegetais, evidencia que absorção é pouco regulada pela planta e está relacionado com a concentração de Mn^{2+} existente na solução do solo, o que pode resultar no acúmulo do metal a níveis tóxicos (Clarkson, 1988). A principal reação de aumento de disponibilidade de Mn^{2+} em solos inundados (ambiente anaeróbico) é a redução do MnO_2 para Mn^{2+} por microrganismos, que ao oxidam a matéria orgânica para obterem energia, na ausência de oxigênio, reduzem o manganês liberando-o na forma inorgânica de Mn^{2+} (Turpeinen, 2002). A drenagem dessa área reoxida Mn^{2+} para MnO_2 por oxigênio atmosférico. Já em solo aerado, a reação mais conhecida que aumenta a disponibilidade do Mn^{2+} é a acidificação, que solubiliza as espécies de $Mn(OH)_2$ e $MnCO_3$. Geralmente a diminuição do pH está vinculada com a aplicação de fertilizantes nitrogenados ao solo. O aumento do pH por calagem promove a reação inversa, favorecendo a formação de $Mn(OH)_2$ e $MnCO_3$ e diminui a disponibilidade do Mn^{2+} . Existem outros fatores ambientais ainda pouco especulados que influenciam na disponibilidade do Mn^{2+} no solo aerado, como a influência da cobertura morta no solo que contribui para a diminuição do Mn disponível, e a exposição direta do solo aos raios solares que promove maior solubilização do Mn^{2+} com o aquecimento e secagem da superfície, mas o reumedecimento do solo pela água da chuva pode diminuir a disponibilidade do metal para plantas. Os objetivos desse trabalho foram: a) avaliar o teor de Mn biodisponível do solo pela cobertura vegetal em cafeeiro recém instalado no campo, e b) compreender principal causa da alteração da disponibilidade de Mn do solo aerado.

MATERIAL E MÉTODOS

Experimentos de campo e em casa de vegetação foram realizados em áreas localizadas na Estação Experimental do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Londrina, Paraná. O solo da área de estudo e utilizado no preenchimento dos vasos é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico – LVDF (Santos et al., 2006), muito argiloso.

Para o experimento de campo, doses de capim seco foram aplicadas em uma lavoura cafeeira cultivar IPR 106, espaçamento de 3,0 m x 1,0 m, equivalentes a 0,0; 3,6 e 12,0 Mg/ha de capim seco. O experimento foi instalado em faixa, em parcelas com dimensões de 0,8 x 10,0 m, com quatro repetições. Após veranico de 12 dias, amostras de solo foram coletadas na profundidade 0 a 2,5 cm e determinou-se a concentração de Mn disponível. O Mn disponível foi extraído com solução de Acetato de Amônio 1,0 M (NH₄OAc) pH 7, na proporção 1:10, sendo 1,0 g de amostra solo para 10 mL da solução extratora, as amostras foram adicionadas em um tubo falcon de 50 mL, que foi agitado por 1 hora a 150 rpm, centrifugado durante 10 min a 1000 rpm, para ser determinado o Mn através da Espectrofotometria de Absorção Atômica, EAA. As análises foram realizadas em duplicata. As amostras de folha de café foram coletadas após chuva superior a 10 mm, o Mn absorvido pelas mudas de café foi determinado a partir de cinco folhas de cada tratamento, sendo a primeira folha aberta e uma unidade de cada pé. As amostras foram secadas na estufa a 60°C, o metal foi extraído com solução de ácido clorídrico 1,0 M na proporção 1:10 e determinados por EAA. Para avaliar a disponibilidade do manganês em diferentes posições de amostragem da lavoura cafeeira, realizou-se amostragem na projeção da copa da cultura-lado oeste (Figura 1A), entrelinhas (Figura 1B) e projeção da copa da cultura-lado leste (Figura 1C). Após 20 dias sem ocorrência de chuvas, coletas de amostras de solo foram realizadas para avaliar a disponibilidade do manganês nas diferentes posições da lavoura cafeeira. Os procedimentos da amostragem e os analíticos para determinar o manganês seguiram os descritos anteriormente. A umidade gravimétrica do solo foi determinada após estabilizar em estufa a 105 °C durante 48 horas (Gardner, 1986). Para o experimento em casa de vegetação, coletou-se 5 litros de solo em cada faixa da lavoura cafeeira (linha e entrelinha). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizados, três repetições. Dez sementes de milho foram semeadas em cada vaso e estes foram mantidos com umidade correspondente à de capacidade de vaso (0,35 cm³ cm⁻³). Dez dias após a germinação, cinco plantas por vaso foram coletadas totalmente e o teor de Mn determinado. Na semana seguinte ou seja 17 dias após a germinação, nas cinco plantas remanescentes em cada vaso, o primeiro par de folhas abertas do pé de milho foi coletada para análise do Mn, também foi coletado o solo do vaso para determinação do metal. Para análise do Mn na planta, as folhas secas foram pesadas, colocadas em tubos falcon 45 mL com solução extratora de ácido clorídrico 1,0 M na proporção 1:20 (m/v), aqueceu-se as amostras em banho-maria durante 1 hora e foram filtradas. A concentração de Mn²⁺ foi determinada por EAA. A determinação de Mn²⁺ do solo ocorreu conforme descrito anteriormente.

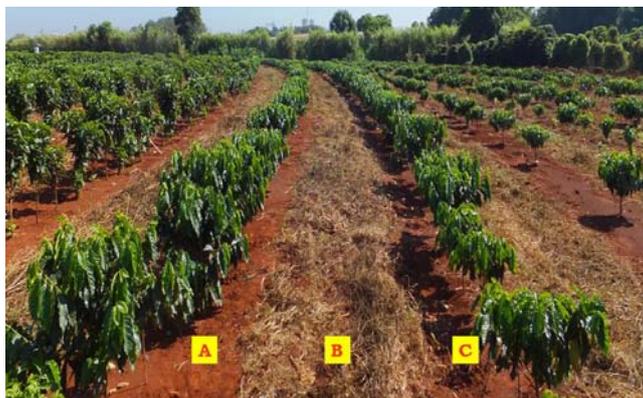


Fig. 1. Posições de coleta das amostras de solo em Latossolo cultivado com cafeeiros.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pela Figura 1, observa-se que a umidade do solo aumenta com as doses de palha seca na superfície do solo. A maior umidade do solo é provavelmente devido a menor incidência de raios solares na superfície do solo o que, reduz a evaporação e provavelmente condiciona um melhor ambiente ao desenvolvimento e atividade de microrganismos. Por outro lado, a concentração de Mn²⁺ foi menor na maior dose de palha. Resultados semelhantes foram mencionados no trabalho de Miyazawa & Pavan (1993), que experimentalmente constataram maiores concentrações de Mn no solo após maior exposição deste aos raios solares. Além disso, Miyazawa et al. (1996) observaram que o manganês liberado no

solo reduziu exponencialmente com a profundidade de 0 a 2,5 cm, 2,5 a 5,0 cm, 5 a 10 cm para 10-15 cm. Estes autores ressaltaram que este comportamento pode ser devido a maior energia na superfície do solo o que aumenta a solubilidade do manganês. A concentração de Mn nas folhas dos cafeeiros não teve relação com o teor de Mn do solo. Essa diferença pode estar relacionada a maior profundidade da raiz da planta que não teve acesso ao Mn do solo presente na profundidade de (0,0-2,5) cm, perfil onde ocorre maior diferenciação da concentração do metal.

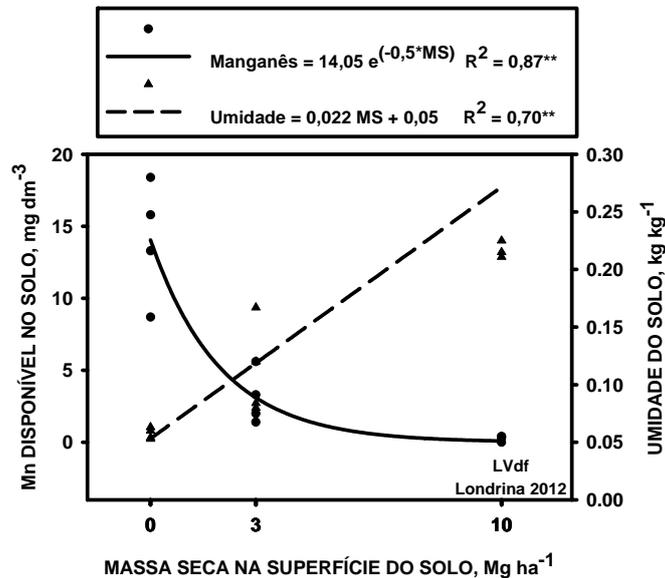


Fig. 2. Relações entre cobertura morta, umidade do solo e Mn-disponível no solo.

Experimento 2. Biodisponibilidade do Mn no solo e na planta.

a) Os resultados em campo tabela 2, demonstraram a relação inversamente proporcional entre o Mn solúvel e a umidade do solo. O solo com cobertura vegetal teve um valor de umidade 30% maior do que o solo sem cobertura, porque minimizou a evaporação da água e manteve a temperatura do solo menor. Segundo dados meteorológicos do IAPAR Londrina, no dia da coleta a temperatura às 15h no solo sem cobertura foi de 31,3 °C e no solo coberto foi de 28,6 °C.

Tabela 2- Umidade e concentração de Mn^{2+} presente no solo campo e na folha de milho.

Perfil:	Umidade	Mn, solo	pH	Mn 10 dias, milho	Mn 17 dias, milho
	%	mg/kg		mg/kg	mg/kg
A	13,46	6,58 ± 1,20	5,0	81,13 ± 13,38	66,49 ± 21,75
B	24,63	1,3 ± 0,43	4,7	72,94 ± 5,58	59,22 ± 8,78
C	16,52	6,63 ± 1,32	5,3	87,44 ± 8,96	66,33 ± 8,41

As amostras de solo analisadas apresentaram valores semelhantes de pH (tabela 2). Quanto maior for o valor do pH, maior é a concentração de OH^- nos solos, que favorece a precipitação do $Mn^{2+}OH^-$ em $Mn(OH)_2$.

b) Pelo dados apresentados na Tabela 2, percebe-se a correspondência entre o metal extraído do solo campo com o metal presente na planta após 10 dias da germinação, que evidencia a boa correlação entre o Mn extraído com NH_4OAc do solo e o Mn biodisponível. Decorridos 17 dias da germinação podemos observar valores semelhantes de Mn na

planta, mostrando que sob as mesmas condições de campo os solos que inicialmente apresentavam concentrações diferentes do metal, passaram a ter a mesma concentração Mn^{2+} .

DISCUSSÃO

Além das reações de acidificação e redução, há outros fatores ambientais que atuam fortemente na solubilidade de Mn em condição do solo aerado, sem alteração de pH e nem potencial redox. Fujimoto e Sherman (1945) verificaram aumento acentuado de Mn disponível do solo da Ilha de Havaí, de 1,9 mg/kg (seco na sombra) para 82,7 mg/kg (seco a 105 °C). Alguns pesquisadores observaram que o teor da solubilidade de Mn foi inversamente proporcional à umidade do solo e a reação foi reversível e rápida (aumento da umidade pela água da chuva) (Pavan e Miyazawa, 1984; Makino et al. 2000). O estudo de secagem das amostras de solos feito por Nelson (1977) constatou-se que os valores foram baixos para solos úmidos e congelados, 0,32 mg/kg, mas secadas a 120 °C aumentaram para mais de 80 vezes, 28,1 mg/kg. Além da temperatura de secagem, o tempo de armazenamento dos solos secos também aumenta teor de Mn, entretanto o armazenamento dos solos úmidos no laboratório não alteram a concentração do metal (Bartlett e James, 1980). O aumento de tempo de secagem do solo com raio solar também aumenta Mn disponível, de um dia para 21 dias, aumentou de 3,0 para 121 mg/kg (Miyazawa et al., 1993). No entanto, os teores de Mn^{2+} do solo aumentados pela secagem (veranico, estufa, autoclavado) voltam aos valores iniciais pelo reumedecimento. Os solo de Londrina-PR secos a 25 °C, 100 °C e 120 °C que estavam 33, 108 e 216 mg/kgm de Mn^{2+} , respectivamente, aos sete meses de incubação, reduziram para 16, 17 e 29 mg/kg, respectivamente (Miyazawa et al., 1996). Os mesmos autores observaram que 100, 250 e 500 mg/kg de Mn^{2+} ($MnSO_4$) adicionados aos solos naturais, aos sete meses de incubação sob condições aeradas, os teores de Mn disponíveis foram reduzidos para 8, 14 e 115 mg/kg, respectivamente. Pelos dados disponíveis na literatura, sugere-se que todas as alterações do ambiente do solo desfavorável (radiação solar, secagem, aquecimento, autoclavagem) às atividades microbianas causam um aumento na disponibilidade de Mn. Portanto, a preservação da atividade dos microrganismos no solo é fundamental na estabilidade da disponibilidade de Mn.

CONCLUSÕES

1. O manganês disponível no solo reduz com aumento da cobertura vegetal na superfície do solo.
2. O conteúdo de manganês na parte aérea do milho reduz com o aumento da umidade do solo nos dois estágios de desenvolvimento do milho, 10 DAG e 17 DAG.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTLETT, R. & JAMES, B. Studying dried, stored soil samples – some pitfalls. 44:721-724, 1980.
- CAMARGO, O.A.; MONIZ, A.C.; JORGE, J.A.; VALADARES, J.M.A.S. Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos do Instituto Agrônomo de Campinas. Campinas, Instituto Agrônomo, 2009. 77 p. (Boletim técnico, 106, Edição revista e atualizada).
- CLARKSON, D.T. **The uptake and translocation of manganese by plant roots.** In: GRAHAM, R.D.; HANNAM, R.J. & UREN, N.C., eds. Manganese in soils and plants. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1988. p.101-111.
- FRANCO, C. M. Efeito da temperatura do solo e suas oscilações sobre o crescimento e o acúmulo de nutrientes nas partes aéreas do cafeeiro. **Turrialba**, San José, v. 32, n. 3, p. 249—255, 1982.
- FUJIMOTO, C.K.; SHERMAN, G.D. 1945. The effect of drying, heating, and wetting on the level of exchangeable manganese in Hawaiian soils. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, 10:107-112, 1945.
- HEENAN, D. P.; CAMPBELL, L. C. Soybean nitrate reductase activity influenced by manganese nutrition. *Plant Cell Physiol.*, v. 21, n. 4, p. 731-736, 1980.
- MAKINO, T.; HASEGAWA, S.; SAKURAI, Y.; OHNO, S.; UTAGAWA, H.; MAEJIMA, Y.; MOMOHARA, K. Influence of soil-drying under field conditions on exchangeable manganese, cobalt, and copper contents, *Soil Science and Plant Nutrition*, 46:3, 581-590, Japan, 2000. < <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2000.10409123>>
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; MACHADO, P. L. O. de A.; OLIVEIRA, E. L.; YAMASHITA, M. Manganese dynamics in acid soils and up take by maize seedlings. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, Monticello, v. 27, n. 9 & 10, p. 2349—2359, 1996.
- MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; NETO, L.M.; Provável mecanismo de liberação do manganês no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.28, n.6, p.725-731, jun. 1993.
- NELSON, L.E. Changes in water soluble Mn due to soil sample preparation and storage. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**. Monticello, v. 8, p. 479-487, 1977.
- PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Disponibilidade do manganês no solo: dificuldades e problemas na interação da análise para fins de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v.8, p.285-289, 1984.

SANTOS, H. G. D.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. D.; OLIVEIRA, V. A. D.; OLIVEIRA, J. B. D.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F., Eds. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, v.1, p.306, 2 ed. 2006.

TEIXEIRA, I. R.; BORÉM, A.; ARAÚJO, G. A. de A.; ANDRADE, M. J. B. de. Teores de nutrientes e qualidade fisiológica de sementes de feijão. **Bragantia**, Campinas, v. 64, p. 83-88, 2005.

TURPEINEN, RIINA. Interactions between metals, microbes and plants – Bioremediation of arsenic and lead contaminated soils. Department of Ecological and Environmental Sciences, University of Helsinki. Lahti, 2002.