

TOXICIDADE DE BORO EM CAFEIEIRO ARÁBICA, EM FASE DE FORMAÇÃO¹

Felipe Santinato²; Gustavo Caione³; Renato de Mello Prado⁴

¹Trabalho realizado pelo Departamento de Solos e Adubos – UNESP Jaboticabal – SP

²Engenheiro Agrônomo. fpsantinato@hotmail.com

³Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Produção Vegetal – UNESP Jaboticabal – SP. Caione.g@hotmail.com

⁴Prof.Dr. Departamento de Solos e Adubos – UNESP Jaboticabal – SP. rmprado@fcav.unesp.br

RESUMO: A faixa de teores adequados de boro na cultura do café é estreita e a tolerância da cultura à toxicidade depende do tipo de solo, teor inicial no solo e da idade da planta. A superestimação no cálculo da dose de boro ou ainda o insucesso na aplicação são as causas mais comuns de toxicidade das plantas por seu excesso. Com a finalidade de obter informações sobre a tolerância do cafeeiro a este micronutriente, avaliou-se o efeito de doses de B (zero; 2,48; 4,98; 9,98; 19,95 e 39,9 kg ha⁻¹ de B), utilizando como fonte o ácido bórico, aplicado via solo, em cafeeiro cultivar Catuaí Vermelho IAC 144 com doze meses, cultivado em solo argiloso no município de Campinas – São Paulo. Avaliou-se os teores foliares ao longo da condução do experimento, teor nos frutos e a produtividade. Após 390 dias, concluiu-se que os teores foliares de boro apresentaram variações ao longo dos meses com maiores valores nos estágios chumbinho atingindo níveis de toxicidade, no entanto, sem apresentar sintomas visuais. Apesar da ausência visual de toxicidade, a produtividade do cafeeiro apresentou queda linear com a aplicação de boro, atingindo 26% ao aplicar 39,9 kg ha⁻¹ de B.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., desordem nutricional, micronutriente.

BORON TOXICITY IN ARABIC COFFEE, IN PHASE OF TRAINING

ABSTRACT: The boron adequate content in coffee plants is narrow and the toxicity culture tolerance depends on soil type, initial content in the soil and the plants age. The boron doses calculation overestimation, or even, the unsuccessfully application are the most common causes of plants toxicity by its excess. Aiming to obtain information about the coffee tolerance to this micronutrient, were evaluate the B doses effect (zero;), utilizing “boron acic” as source, applied via soil, in Catuaí Vermelho IAC 144 with sixteen months of age, cultivated in Latossolo Vermelho Distroférrico, in Campinas, São Paulo State, Brazil. It was evaluated the foliar contents along the experimental conduction, fruit content and productivity. After 390 days, it’s concluded that the boron foliar contents presented variations along the months with the higher values in the “chumbinho” stage, reaching of toxicity levels, however, not showing visual symptoms. Despite the visual absence of toxicity, the productivity of coffee plants presented linear decies with the boron appliance, reaching 26% when used 39,9 kg ha⁻¹ of boron.

KEY WORDS: *Coffea arabica* L., nutritional disorder, micronutrient.

INTRODUÇÃO

A baixa produtividade das plantas cultivadas em muitos solos do mundo deve-se, em grande parte, ao excesso ou à deficiência de elementos minerais (AMARAL et al., 2011). Os micronutrientes são tão importantes quanto os macronutrientes para a nutrição das plantas, embora elas necessitem dos mesmos em quantidades inferiores (g ha⁻¹) que as dos macronutrientes (kg ha⁻¹). A falta de qualquer um dos micronutrientes no solo pode limitar o crescimento e a produção das plantas, mesmo quando os outros nutrientes essenciais estejam presentes em quantidades adequadas (CARMO et al., 2012). Os principais micronutrientes requeridos pelo cafeeiro são boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn) (MALAVOLTA, 2006), os quais, requeridos em pequenas quantidades, são de grande importância para o crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro (MIGUEL et al., 2002). O Boro é um dos micronutrientes que apresentam teores deficientes na maioria dos solos brasileiros, sendo necessária sua aplicação para explorar o máximo do potencial produtivo da cultura. Nas lavouras de média produtividade, no ano de alta produção, observaram-se percentuais elevados de problemas com Cu, Fe, Zn e B (MARTINEZ et al., 2003). Sendo B e Zn os micronutrientes mais deficientes em solos sob o cultivo de café no Brasil (Ferreira et al., 2001). Sua correção através de fertilizantes boratados é irregular, dependendo da safra, do modo de aplicação (FAGUNDES et al., 2010), tempo de aplicação e da fonte de B utilizada (ROSOLEM et al., 2007), além do tipo de solo cultivado (FERNANDES et al., 2012). O boro atua na divisão e diferenciação celular, síntese de compostos que formam a parede celular e estabilização

das novas células formadas, promovendo o crescimento das sementes, frutos e internódios dos ramos do cafeeiro (COETZER, 1990; MARSHNER, 1995; MARENCO & LOPES, 2005). Atua no processo reprodutivo do cafeeiro: na polinização através do crescimento e direcionamento quimiotrópico do tubo polínico, no aumento do número e de diferenciações de gemas florais e na inibição de hormônios que provocam abscisão de flores, garantindo bom pegamento da florada e maiores produtividades. Este benefício é evidenciado através do trabalho de Santinato et al. (1991) que ao aplicarem boro nos períodos de pré e pós florada obtiveram incremento de 32% na produtividade do cafeeiro. Tratando-se de um micronutriente, o B é aplicado em baixas doses, principalmente em plantas jovens de cafeeiro, pois nelas sua toxidez é mais grave pelo efeito de concentração da dose aplicada em relação à menor área foliar das plantas (MATIELLO et al., 2009). A superestimação no cálculo da dose ou ainda o insucesso na aplicação podem ocasionar toxicidade da planta por seu excesso. A água utilizada na irrigação das lavouras pode conter elevado teor de B o que pode acarretar em níveis tóxicos do elemento no solo (BINGHAM, 1973) e possível toxicidade nas plantas. Normalmente, os sintomas de toxicidade são caracterizados pelo surgimento de manchas verde-amarelo nas folhas velhas, local onde o micronutriente mais se acumula (BROWN, 1998), evoluindo para o aparecimento de pequenas manchas escuras e queima total nas bordas das folhas (MALAVOLTA, 2006). Em citros a toxicidade deste elemento resulta em amarelecimento das pontas das folhas, seguido de queda prematura (WUTSCHER & SMITH, 1993). A mobilidade do B varia muito entre as espécies de plantas, o que tem implicações na expressão de deficiência ou toxicidade em diferentes espécies e no manejo da adubação com esse micronutriente (BASTOS & CARVALHO, 2004). O limite de tolerância de boro nas plantas de cafeeiro em idade de formação é pouco conhecido e varia de acordo com o tipo de solo cultivado. Objetivou-se no presente trabalho avaliar a tolerância do cafeeiro Catuaí Vermelho IAC 144 à aplicação de doses elevadas de boro em solo argiloso.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no dia 14 de maio de 2011, em área anteriormente cultivada, pertencente ao extinto Instituto Brasileiro do Café (IBC), no município de Campinas, SP, coordenadas geodésicas 22°51'52,23" latitude sul e 47°02'51,63" longitude oeste, altitude de 670 m. O cultivar utilizado foi o Catuaí Vermelho IAC 144, plantado em janeiro de 2010, apresentando dezesseis meses de idade no início do experimento. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2006) apresentando segundo Raij et al. (2001), as seguintes características químicas antes da aplicação dos tratamentos: pH_(CaCl2) = 5,7; M.O = 34 g dm⁻³; P_{-resina} = 184 mg dm⁻³; K⁺ = 3,9 mmolc dm⁻³; Mg⁺² = 6 mmolc dm⁻³; Ca⁺² = 35 mmolc dm⁻³; S = 16 mg dm⁻³; Na = 0,4 mmolc dm⁻³; (H+Al) = 20 mmolc dm⁻³; CTC = 65,3 mmolc dm⁻³ e V = 69%; B = 0,7 mg dm⁻³; Fe = 36 mg dm⁻³; Zn = 5,8 mg dm⁻³; Cu = 6,9 mg dm⁻³; Mn = 8 mg dm⁻³. O espaçamento entre linhas da cultura foi de 4,0 m e 0,5 m entre plantas, totalizando 5.000 plantas ha⁻¹. Os tratamentos foram seis doses de boro: zero; 2,48 kg ha⁻¹; 4,98 kg ha⁻¹; 9,98 kg ha⁻¹; 19,95 kg ha⁻¹ e 39,9 kg ha⁻¹ de B. Utilizou-se como fonte o ácido bórico (17,0% de B), que segundo FERNANDES et al. (2012) é a melhor fonte do micronutriente, aplicado no solo em faixa de 0,1 m na projeção da copa das plantas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com quatro repetições. Cada parcela foi composta por seis plantas, sendo consideradas quatro como úteis para as avaliações. Os tratamentos nutricionais, fitossanitários e culturais foram efetuados com base nas recomendações vigentes para a região pelo Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) – PROCAFÉ (MATIELLO et al., 2010). As avaliações nutricionais do cafeeiro se procederam através da coleta das folhas, efetuadas 30; 90; 180; 240; 300 e 390 e dos frutos aos 390 dias após a aplicação dos tratamentos. Em cada avaliação foram coletadas 20 folhas do 3º e 4º pares, de ramos do terço médio das plantas de cada parcela. Os frutos foram colhidos quando o percentual de grãos verdes era inferior a 15%. Primeiramente fez-se a arruação das linhas de café de cada parcela, a fim de eliminar restos culturais que pudessem se misturar à produção. Depois estendeu-se um pano de colheita de cada lado da linha do cafeeiro de maneira que um pano sobrepuasse o outro, evitando perdas na derriça. Após a preparação da área iniciou-se a coleta dos frutos, os quais foram separados quanto o estágio de maturação e mensurados em recipientes graduados. Após a determinação do volume, os valores foram convertidos para o equivalente em café beneficiado (kg ha⁻¹), conforme descrito por REIS (2008). Em seguida o material seguiu para análise laboratorial juntamente com as folhas. O material vegetal coletado foi lavado em água deionizada e levado para secar em estufa de circulação forçada de ar a 70 °C até atingir peso constante, conforme descrito por Jones Junior et al. (1991). Após esse processo, os materiais vegetais foram pesados, moídos em moinho tipo Willey, de aço inoxidável, passados em peneira de malha de 0,841 mm² e acondicionados em embalagens de papel devidamente identificadas, para realização das análises químicas. O B foi analisado conforme metodologia proposta por Bingham (1982). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F (P<0,05) e análise de regressão para os efeitos significativos utilizando o programa estatístico SISVAR® (FERREIRA, 2011). Os coeficientes dos componentes de cada modelo foram testados, escolhendo-se os modelos significativos, com maior coeficiente de determinação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de doses de B no solo proporcionou aumento linear no teor foliar de B do cafeeiro em todos os meses avaliados, correspondendo às estações inverno, primavera, verão e outono (Figura 1).

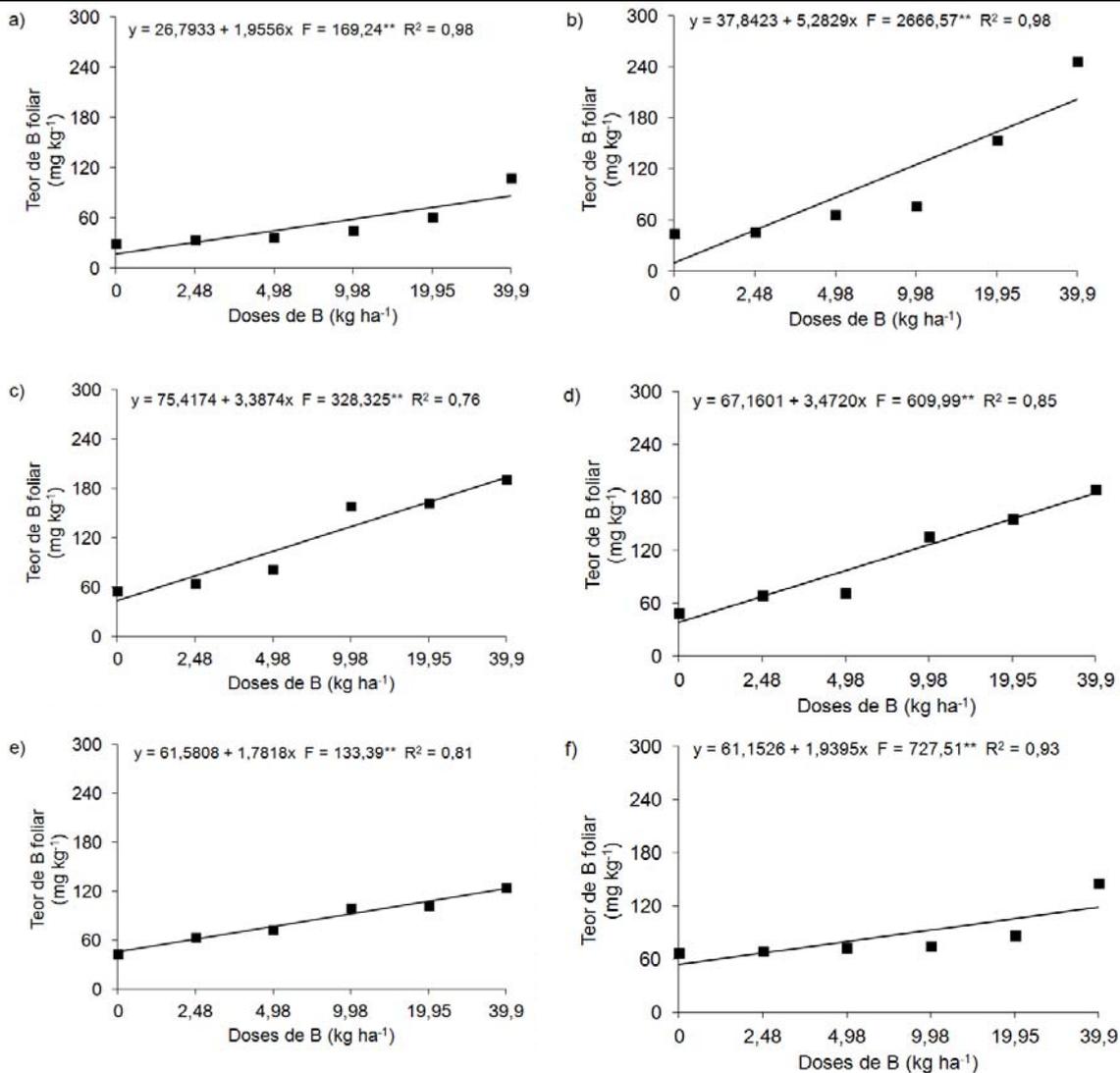
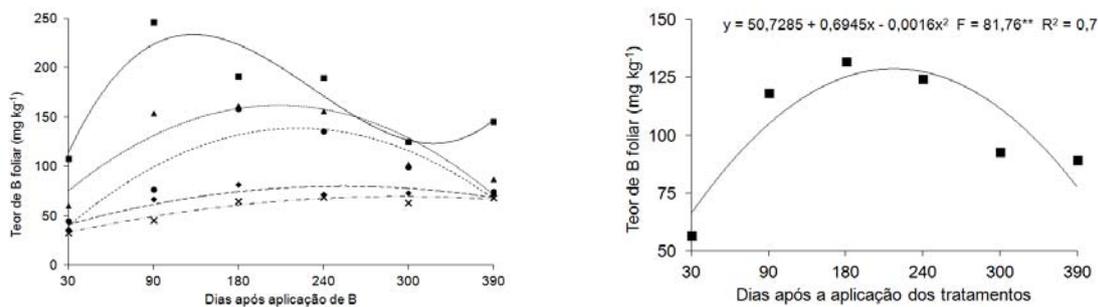


Fig.1. Teores foliares de B em cafeeiros aos 30 (a), 90 (b), 180 (c), 240 (d), 300 (e) e aos 390 (f) dias após a aplicação de doses de boro no solo.

O teor foliar de B, independentemente das doses de B aplicadas, apresentou aumento com ajuste quadrático em função dos dias, em que o ponto de máximo foi obtido aos 217 dias após a aplicação (Figura 2), correspondendo ao mês de dezembro, período em que ocorre a granação dos frutos. Este resultado é explicado pela função fisiológica do boro, já que o nutriente é requerido para a expansão celular dos frutos (MARENCO & LOPES, 2005). O mês de setembro (Figura 2) também apresentou teores elevados de B, pois é o período que antecede a floração do cafeeiro, época em que a planta exige grandes quantidades desse elemento. Outros autores também verificaram resultados semelhantes, sendo relatado que a maior exigência de B pela planta é durante a fase reprodutiva, especialmente para a germinação do pólen, florescimento e na frutificação (BLEVINS & LUKASZEWSKI, 1997). Santinato et al. (1991) estudaram a aplicação de B antes e depois da floração do cafeeiro, concluindo que quando fornecido em quantidade adequada o B acarreta em maior pegamento da florada e, conseqüentemente, elevadas produtividades. Entre janeiro e março, nota-se que na maioria dos tratamentos o teor foliar de B apresentou decréscimos (Figura 2). Isso acontece, pois o elemento passa a ser transportado para os frutos onde participa da divisão e diferenciação celular e do transporte de carboidratos das folhas para os frutos (MELLO, 2008). De acordo com indicações de vários autores, os teores foliares adequados de B para o cafeeiro estão entre 60 e 80 mg kg⁻¹ na fase de chumbinho (Loué, 1993; Malavolta, 1993; Novais et al; 1994; Matiello et al; 2010). Tendo como base esses trabalhos referência da literatura, observa-se a dose de 2,48 kg ha⁻¹ elevou os teores foliares de B chegando a valores adequados para a cultura durante a fase chumbinho, se estabilizando ao término do experimento. A dose de 4,98 kg ha⁻¹ elevou os teores chegando ao nível limiar superior durante a fase de chumbinho, também se estabilizando. As doses de 9,98 kg ha⁻¹ e 19,95 kg ha⁻¹ promoveram teores muito acima dos adequados para a cultura do café durante a fase de chumbinho. Após esta fase fenológica os teores diminuíram, mas ainda apresentavam valores elevados. A maior dose testada promoveu teores muito elevados desde a primeira avaliação aos 30 dias após

aplicação do tratamento, apresentando teores muito acima dos adequados durante a fase de chumbinho. Aos 90 dias após aplicação as plantas apresentaram os maiores teores, com valor superior inclusive ao teor de toxicidade que é de 200 mg kg⁻¹ (Loué., 1993; Malavolta., 1993; Novais et al.,1994; Matiello et al., 2010). No entanto apesar de apresentar teor de 248,63 mg kg⁻¹, não se verificou qualquer indício de sintomas visual de toxicidade nas plantas estudadas. Este fato é provavelmente devido ao tipo de solo em que se conduziu o estudo ser argiloso, suportando maiores doses do nutriente sem que haja sintomas visíveis de toxicidade. No experimento pioneiro de Franco & Gallo, (1976) testou-se doses elevadas de até 618 kg ha⁻¹ de B em cafeeiro cultivado em solo argiloso e em solo arenoso. Verificou-se que no solo arenoso a dose necessária para o aparecimento de sintomas de toxidez foi de 3,8 kg ha⁻¹ apresentando teor foliar em torno de 285 mg kg⁻¹ de B. No solo argiloso foi necessário aplicar dose entre 40,0 a 78,18 kg ha⁻¹ de B para o surgimento de sintomas de toxidez, sendo o teor foliar de 213 mg kg⁻¹ de B. Este trabalho evidencia que as doses adequadas de B para a cultura do café são diferentes para os dois tipos de solo, sendo o solo argiloso mais tolerante à altos níveis do nutriente. Corroborando este trabalho Correa et al. (1985), estudando a resposta de mudas de cafeeiro à aplicação de boro em dois Latossolos, um argiloso (75% de argila) e outro arenoso (11% de argila), chegaram a conclusão de que a capacidade de adsorção depende da textura do solo, ou seja, quanto maior o teor de argila maior a adsorção.



x y (2,48 kg ha⁻¹ de B)= 25,85 + 0,28x - 0,0004x²; R²= 0,95; F= 23**
 ◆ y (4,98 kg ha⁻¹ de B)= 32,41 + 0,36x - 0,0007x²; R²= 0,80; F= 64**
 ● y (9,98 kg ha⁻¹ de B)= 10,11 + 1,14x - 0,0025x²; R²= 0,83; F= 171**
 ▲ y (19,95 kg ha⁻¹ de B)= 52,87 + 1,02x - 0,0025x²; R²= 0,71; F= 192**
 ■ y (39,90 kg ha⁻¹ de B)= 14,75 + 3,98x - 0,0211x² + 0,00003x³; R²= 0,85; F= 216**

Fig.2. Teores foliares de B em cafeeiro arábica em função das épocas de avaliação e sua média dos tratamentos.

Os teores de B presentes nos frutos de café apresentaram valores lineares crescentes em função das doses de ácido bórico aplicadas (Figura 3), fato que reforça a ideia da função fisiológica do B durante a fase reprodutiva, demonstrando que a planta possui o mecanismo de acúmulo do nutriente no grão. Segundo Laviola et al., (2007) o acúmulo de B e Zn nos frutos são maiores que nos outros micronutrientes pois ambos possuem grande importância nos processos de divisão celular e na estabilização de membranas das novas células formadas.

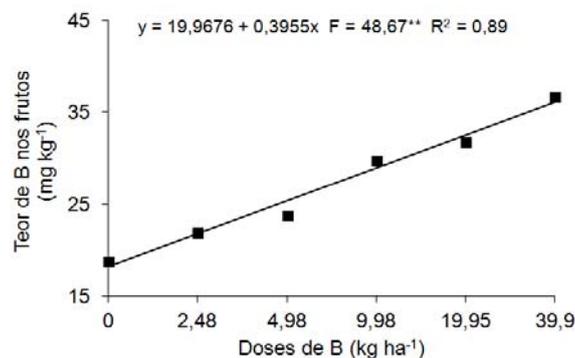


Fig. 3. Teores de B nos frutos em função dos tratamentos aplicados.

A aplicação de doses de boro resultou em redução com ajuste linear na produtividade do cafeeiro (Figura 4). A perda de produtividade é decorrente do elevado teor de B no solo no início do experimento que segundo Matiello et al., (2010) estava acima da faixa adequada de 0,5 mg dm⁻³. Verifica-se que a aplicação da maior dose de B resultou em decréscimo de 13 sacas de café beneficiadas por hectare, ou seja, cada kilograma de boro aplicado acarretou em redução de 0,33 sacas. Este fato indica efeito de toxicidade quando se aplicou o elemento. O efeito visual de toxicidade (nível de tecido) é o último evento biológico que ocorre e, neste caso, já houve danos a nível celular, subcelular e molecular. Isto explica

o fato de que as doses elevadas de B não terem proporcionado sintomas de toxidez; porém com decréscimo na produtividade. No experimento de Furlani Júnior et al., (2004) os autores relatam que doses acima de 1 g planta⁻¹ de B mostram-se prejudiciais para a produtividade do cafeeiro.

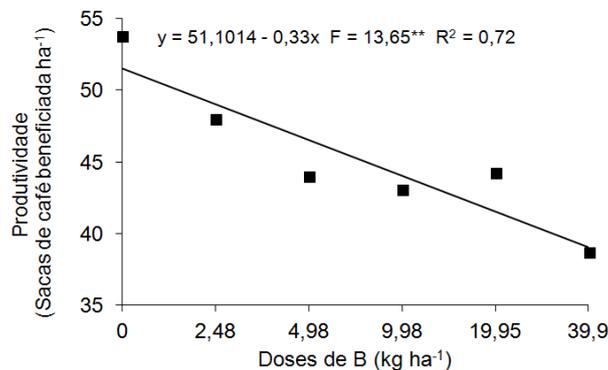


Fig. 4. Produtividade de cafeeiro Catuaí Vermelho IAC 144, primeira safra, em função de doses de B.

CONCLUSÕES

1. Os teores foliares de boro apresentaram variações ao longo dos meses com maiores valores nos estágios chumbinho atingindo níveis de toxicidade, no entanto, sem apresentar sintomas visuais.
2. Apesar da ausência visual de toxicidade, a produtividade do cafeeiro apresentou queda linear com a aplicação de boro, atingindo 26% ao aplicar 39,9 kg ha⁻¹ de B.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARAL, J.F.T. et al. Produtividade e eficiência de uso de nutrientes por cultivares de cafeeiro. *Coffee Science*, Lavras, v.6, n.1, p.65-74, jan.abr.2011.
- BASTOS, A.R.R.; CARVALHO, J.G. Absorção radicular e redistribuição do boro pelas plantas, e seu papel na parede celular. *Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica*, RJ, EDUR, v. 24, n.2, Jul.-Dez., p. 47-66, 2004.
- BINGHAM, F.T. 1973. Boron in cultivated soils and irrigation Waters. *Adv. In Chemistry Ser. N° 123*: 130-138.
- BINGHAM, F.T. Boron. In: PAGE, A.L., ed. *Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties*. Madison, American Society of Agronomy, 1982. p.431- 447. (Serie Agronomy, 9)
- BLEVINS, D.G.; LUKASZEWSKI, K.M. 1998. Boron in plant structure and function. *Ann. Rev. Plant Physiol. And Plant.Mol. Biol.* 49 481-500.
- BROWN, P.H. and HU, H. 1998. Phloem boron mobility in diverse plant species. *Bothanica Acta*, v.111, p.331-5.
- CARMO, D.L. et al. Micronutrientes em solo e folha de cafeeiro sob sistema agroflorestal no sul de Minas Gerais. *Coffee Science*, Lavras, v.7, n.1, p.76-83, jan.abr.2012.
- COETZER, L. A.; ROBBERTSE, P. J.; STOFFEBERG, E.; HOLTZHAUSEN, L. S.; BERNARD, R. O. The edect of boron on reproduction in tomato (*Lycopersicum esculatum*) and bean (*Phaseolus vulgaris*) *Plant Grond, Tydeskr*, v.7, n.4, p.212-17, 1990.
- CORREA, A.E.; PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Aplicação de boro no solo e respostas do cafeeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.20, n.2, p.177-181, 1985.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Sistema Brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Brasília, DF, 2006 Rio de Janeiro. 412 p.
- FAGUNDES, A.V.; GARCIA, A.W.R.; REIS, R.P.; ANDRADE, R.J. Aplicação de boro via líquida ou sólida no solo em cafeeiros em formação. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 36. Guarapari. Trabalhos apresentados..., Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2010. p. 56-57.
- FERNANDES, A.L.T.; PARTELLI, F.L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-40, 2012.
- FERNANDES, A.L.T.; SANTINATO, F.; SANTINATO, R. Fontes de boro na produção do cafeeiro em solo de cerrado. *Enciclopédia Biosfera*. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.8, n.15; p. 954-960. 2012.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.
- FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.V.; ABREU, C.A. Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura. Jaboticabal: Editora CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. 600p.
- FRANCO, C.M.; GALLO, J.R. Toxidade de boro ao cafeeiro. *Série Experimentação Cafeeira*. v.1, n.1. pg. 1-10. 1976.
- FURLANI JÚNIOR, E.; ALVES, C.C.; LAZARINI, E.; FERRARI, S. Aplicação de calcário e boro em cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Cultura Agrônômica*. Ilha Solteira. V.13. n.2. pg. 1-25. 2004.

- JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B. & MILLS, H.A. Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide. Athens, Micro Macro Publishing, 1991. 213p.
- LAVIOLA, B.G.; MARTINEZ, H.E.P.; SALOMÃO, L.C.C.; CRUZ, C.D.; MENDONÇA, S.M.; ROSADO, L.D.S. Acúmulo de nutrientes em frutos de cafeeiro em duas altitudes de cultivo: micronutrientes. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:1439-1449, 2007.
- LOUÉ, A. *Oligo-éléments em agriculture*. Paris, SCPA-Nathan, 1993. 577p.
- MALAVOLTA, E. *Manual de Nutrição de Plantas*. São Paulo: Editora Agronômica CERES Ltda, 2006. 631 p.
- MALAVOLTA, E. *Nutrição Mineral e adubação do cafeeiro*. São Paulo: Editora Agronômica CERES Ltda, 1993. 210p.
- MARENCO, R.A. & LOPES, N.F. *Fisiologia vegetal: Fotossíntese, respiração, relações hídricas e nutrição mineral*. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2005. 451p.
- MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2.ed. New York, Academic Press, 1995. 889p.
- MARTINEZ, H.E.P.; MENEZES, J.F.S.; SOUZA, R.B.; VENEGAS, V.H.A.; GUIMARÃES, P.T.G. Faixas críticas de concentrações de nutrientes e avaliação do estado nutricional de cafeeiros em quatro regiões de Minas Gerais Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 38, n. 6, p. 703-13, jun. 2003.
- MATIELLO, J.B.; GARCIA, A.W.; ALMEIDA, S.R.; Toxidez de boro prejudica mais cafeeiros jovens. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 35. Araxá. Rio de Janeiro: PROCAFÉ, 2009. p. 23-24.
- MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.A.; FERNANDES, D.R. *Cultura do Café no Brasil, Manual de Recomendações*. Rio de Janeiro e Varginha: Fundação Procafé, 2010. 542p.
- MIGUEL, A.E.; MATIELLO, J.B.; VIANA, A.S. & JAPIASSU, L. Teores de micronutrientes nas amostras de solo analisadas pelo laboratório do mapa em Varginha, Sul de Minas. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 28., Caxambu, 2002. Anais. Rio de Janeiro, MAPA/PROCAFÉ, 2002. p.76-77.
- NOVAIS, R.F.; WADT, P.G.S.; ALVAREZ, N.H.; BARROS, N.F. Levantamento do estado nutricional de cafezais do Estado do Espírito Santo com base no método de alcance matemático. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 21., Petrolina, 1994. Resumos. Petrolina, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. 2p.
- PRADO, R. de M. *Nutrição de Plantas*. São Paulo: Editora UNESP, 2008.407p.
- RAIJ, B. van; ANDRADE, J.C. de; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. (Ed.). *Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais*. Campinas: IAC, 2001. 285p.
- REIS, T.H.P.; SOARES, T.L.; GUIMARÃES, GONTIJO, P.T. Informações úteis no planejamento e no gerenciamento da atividade cafeeira. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.29, n. 247, p. 112-27, 2008.
- ROSOLEM, C.A.; LEITE, V.M. Coffee leaf and stem anatomy under boron deficiency. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 31:477-483, 2007.
- SANTINATO, R.; CAMARGO, R.P.; SENA, C.A.; SILVA, A.A. 1991. Efeitos de P, Ca e B via foliar no pegamento de floradas e frutificação do cafeeiro. 17º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Varginha. p. 89-91.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A.L.T. *Cultivo do cafeeiro irrigado por gotejamento*. 2.ed., Uberaba: Autores, 376p., 2012.
- WUTSCHER, H.K.; SMITH, P.F. Citrus. In: BENNETT, W.F., ed. *Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants*. Saint Paul, APS Press/The American Phytopathological Society, 1993. P. 165-170.